**AVALIAÇÃO DE DANOS CAUSADOS POR *Xanthomonas*
axonopodis pv. *phaseoli* EM FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.)**

CECILIA GLADYS DÍAZ
Bióloga

Orientador: Prof. Dr. **Armando Bergamin Filho**

Tese apresentada à Escola de Agricultura
“Luiz de Queiroz”, Universidade de São
Paulo, para obtenção do Título de Doutor
em Agronomia, Área de Concentração:
Fitopatologia

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Fevereiro- 2000

Ao meu esposo Carlos, pela paciência e apoio,

Ofereço

AGRADECIMENTOS

Desejo agradecer à E.S.A. “Luiz de Queiroz” pela oportunidade de realizar meus cursos de pós-graduação (Mestrado e Doutorado). Sinto-me privilegiada de ter passado os melhores anos da minha vida nessa instituição. A satisfação foi ainda maior quando fui aceita para ser orientada pelo Prof. Dr. Armando Bergamin Filho. Embora tenham sido poucas as oportunidades de trocar opiniões, apoiou-me muito, principalmente pela sua total dedicação na fase final da correção da minha tese, deixando claro suas grandes virtudes: a capacidade de síntese e raciocínio.

Especialmente agradeço Dra. Solange Monteiro de Toledo Pizza Gomes Carneiro, que sempre foi muito acessível, ajudando a sanar as dúvidas surgidas no decorrer da minha tese e dando-me confiança ante as minhas “inseguranças”, com paciência e dedicação.

Sem o apoio financeiro do Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), teria sido impossível culminar meus estudos na ESALQ, Eu agradeço muito.

Eu queria deixar expresso meus agradecimentos aos momentos felizes que compartilhamos com toda esta “família da Fitopatologia”, principalmente nas horas do cafezinho; também à acolhida que me deram os funcionários (Marina, Rodolfo, Fernanda, Edivaldo, Jeferson e Sr. Pedro Arthuso), colegas e professores, que faziam com que meu dia a dia se tornasse mais agradável, longe do meu país e da minha família. Eu tive muita sorte de conhecer pessoas muito especiais, com as quais fizemos disciplinas juntas e que no transcurso dos anos viraram verdadeiros amigos. Seria ingrata não citar aqueles que fizeram de meus quatro anos os mais plenos, por exemplo, a Marise, como esquecer dela, sempre esteve disposta a ajudar-me, auxiliando-me ante as minhas dificuldades, com um coração tão grande, onde todos têm um lugar. Sinto felicidade ao lembrar das duas estagiárias Nilceli Fernandes Buzzerio e

Sílvia Afonseca Lourenço, que no seu primeiro dia na Fitopatologia tiveram que me acompanhar nas avaliações de campo, ouvindo um som esquisito para elas em “Portuñol”, o que pretendia ser a largura do folíolo central do feijoeiro. Não posso esquecer a expressão de sofrimento delas, diante da dificuldade de me entender. Felizmente, sempre estavam dispostas a ajudar-me com muita vontade; sem elas dificilmente poderia ter conduzido tanto trabalho de campo. “Niú” obrigado pela sua paciência durante a correção do português da minha tese.

Durante o cursar das disciplinas tive a sorte de conhecer e fazer amizade com pessoas como o José Renato Stangarlin, que logo se tornou um grande amigo. Não posso deixar de citar Fabiana, Hélio, Célia Tremacoldi, Celinha, Nelson Wulff e Leonardo Gianasi, com os quais durante os finais de semana prolongávamos nossas conversas e sonhos entre cafezinhos e bolos de fubá. Outros colegas interessantes que tive a satisfação de conhecer foram a Renatinha, a Elisa, o Everaldo, a Liliane e a simpática Raquel, sempre oferecendo um sorriso. Como eu poderia ter tempo para tristezas com tantas pessoas amáveis que preenchiam meus momentos?

Eu desejo agradecer em especial aos colegas Cláudia Vieira Godoy e Renato Beozzo Bassanezi, pelo constante apoio durante meus quatro anos em Piracicaba, a tal ponto de publicarmos artigos científicos juntos.

Agradeço os ensinamentos dos professores do Departamento de Fitopatologia da ESALQ, que merecem minha total admiração e respeito.

Eu sou muito feliz de ter conhecido um colega muito especial, o Dr. Éder Giglioti. Admiro nele a sua paixão pela Fitopatologia que realmente é contagiante. Com as amigas Kátia e Margareth conheci o verdadeiro sentido da palavra amizade. Obrigado.

A meus amigos argentinos, Jorge e sua esposa María, pela amizade, deixando-me compartilhar de suas vidas e assim não sentir-me tão longe da minha família. Agradeço ao Jorge a confecção do Summary.

À Universidade Nacional de Tucumán por fornecer-me a licença e o salário durante estes quatro anos

A todas as minhas colegas do Laboratório de Fitopatologia da Faculdade de Agronomia y Zootecnia de Tucumán, que durante a minha ausência assumiram desinteressadamente a carga horária das minhas aulas de Fitopatologia. Estendo este agradecimento ao meu chefe, Juan Carlos Ramallo, que em todo momento me deu seu apoio e confiança para culminar meus estudos.

À Estação Experimental Obsipo Colombres de Tucumán (EEOC) que permitiu que eu desenvolvesse parte da fase experimental da minha tese em suas instalações. Deixo expresso um agradecimento muito especial ao Dr. Daniel Ploper pelo apoio dado no acompanhamento dos ensaios desenvolvidos durante a minha permanência em Piracicaba.

Eu tive a sorte dos meus ensaios serem acompanhados pelo Roberto, técnico da EEOC, que demonstrou total seriedade e responsabilidade na coleta dos dados de campo, além do auxílio recebido pelos amigos, Victoria, Inés e os funcionários “Julito” e Daniel, que, durante as avaliações no campo, faziam essas jornadas de calor e cansaço mais amenas.

À minha mãe Lilian, ao meu pai Julio, às minhas irmãs Norah e Fabiola e às minhas sobrinhas Luciana e Daniela, com quem eu sempre pude contar, sendo um estímulo para agilizar meus estudos e não desvanecer nas horas de cansaço.

À Família Seghesi que me fez mais uma integrante dessa maravilhosa turma.

O Brasil investiu num filho que não é dele. Eu sei que seria impossível retribuir tanta generosidade, mas os conhecimentos adquiridos servirão para preparar novos fitopatologistas no meu país, que necessita muito de especialistas nesta área.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	xi
RESUMO.....	xii
SUMMARY.....	xiv
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Antecedentes.....	4
2.2 Etiologia.....	4
2.3 Métodos de Inoculação.....	5
2.4 Avaliação do Crestamento Bacteriano Comum.....	6
2.5 Modelos de avaliação de danos.....	7
2.5.1 Relação entre severidade e produção.....	7
2.5.2 Abordagem mecanística.....	7
2.6 Métodos para quantificação de danos.....	9
2.7 O conceito de lesão virtual.....	10
3 DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE UMA ESCALA DIAGRAMÁTICA PARA <i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i> EM FEIJOEIRO.....	12
3.1 INTRODUÇÃO.....	12
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.2.1 Definição dos níveis de severidade.....	13
3.2.2 Validação.....	14
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
4 EFEITO DO CBC NA ÁREA FOLIAR E NAS VARIÁVEIS DE ÁREA FOLIAR SADIA (<i>HAD</i> E <i>HAA</i>) E NOS COMPONENTES DA PRODUÇÃO DO FEIJOEIRO.....	21

4.1 INTRODUÇÃO.....	21
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
4.2.1 Local de instalação do ensaios.....	22
4.2.2 Obtenção e preservação do isolado.....	23
4.2.3 Cultivares.....	24
4.2.4 Inoculação de <i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i>	25
4.2.4.1 Concentração do inóculo.....	25
4.2.4.2 Inoculação em condições de campo.....	25
4.2.5 Instalação dos experimentos.....	27
4.2.5.1 Ensaios de primavera de 1997.....	27
4.2.5.2 Ensaios de primavera de 1998.....	28
4.2.5.3 Ensaios de verão de 1998.....	29
4.2.6 Avaliação da severidade da doença e níveis de injúria.....	30
4.2.7 Método da planta individual.....	31
4.2.8 Avaliação do hospedeiro.....	31
4.2.9 Análise dos dados.....	31
4.2.9.1 Cálculo de AUDPC (área sob a curva de progresso da doença).....	32
4.2.9.2 Cálculo de LAI sadio, HAD e HAA.....	32
4.2.10 Determinação da produção.....	33
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.3.1 Eficiência do método de inoculação e descrição das curvas de progresso do CBC.....	33
4.3.2 Abordagem de danos baseada na área foliar sadia das plantas.....	41
4.3.3 Determinação de danos baseados na HAD e HAA.....	45
5 QUANTIFICAÇÃO DO EFEITO DE <i>Xanthomonas axonopodis</i> PV. <i>phaseoli</i> NA EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA E NA PRODUÇÃO DO FEIJOEIRO.....	52
5.1 INTRODUÇÃO.....	52
5.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	53

5.2.1 Inóculo, concentração do patógeno e inoculação.....	54
5.2.2 Avaliação do crescimento bacteriano comum.....	56
5.2.3 Determinação da lesão virtual.....	56
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
6 CONCLUSÕES.....	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66

LISTA DE FIGURAS

	Página
3 DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE UMA ESCALA DIAGRAMÁTICA PARA <i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i> EM FEIJOEIRO.....	12
1 Coeficientes de determinação (R^2), coeficientes lineares (a) e coeficientes angulares (b) das regressões entre severidade real (variável independente) e severidade estimada (variável dependente) para cada avaliador.....	16
2 Severidade estimada com auxílio de escala diagramática (círculos cheios) e linhas de regressão obtidas entre severidades reais e estimadas (linhas cheias). Linhas tracejadas representam a situação ideal, com as estimativas idênticas à realidade.....	17
3 Erros absolutos (Severidade real menos estimada) para seis avaliadores.....	18
4 Estimativa de severidade do avaliador 3 comparadas com os demais avaliadores.....	20
4 EFEITO DO CBC NA ÁREA FOLIAR E NAS VARÁVEIS DE ÁREA FOLIAR SADA (HAD E HAA) E NOS COMPONENTES DA PRODUÇÃO DO FEIJOEIRO.....	21
1 Vista geral do método de inoculação empregado nos ensaios de primavera de 1997 e 1998 e verão de 1998. Las Talitas - Tucumán - Argentina.....	26

2	Croqui da área experimental apresentando a disposição das parcelas para as cultivares Carioca e Tuc - 180. Ensaio de Primavera de 1997 e 1998 e Verão de 1998. El Colmenar, Tucumán, Argentina.....	27
3	Curvas de progresso do crestamento bacteriano comum do feijoeiro, onde T1: três inoculações com <i>X. axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i> (sem areia); T2: duas inoculações com <i>X. axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i> (com areia); T3: três inoculações com <i>X. axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i> (com areia) e C: controle (cúprico e agrimicina). El Colmenar-Tucuman-Argentina.....	35
4	Valores individuais da AUDPC nas 72 plantas da cultivar de feijão Carioca e Tuc-180 nos ensaios de El Colmenar-Tucumán-Argentina.	37
5	Relação entre AUDPC e produção (gramas/m ²) nas 72 plantas avaliadas da cultivares de feijão Carioca e Tuc-180 nos ensaios de El Colmenar-Tucumán- Argentina.....	39
6	Relação entre AUDPC e produção (vagens/planta) nas 72 plantas avaliadas da cultivares de feijão Carioca e Tuc-180 nos ensaios de El Colmenar-Tucumán-Argentina.....	40
7	Efeito do crestamento bacteriano comum sobre a área foliar sadia do feijoeiro cv. Carioca para os ensaios de primavera de 1997 e 1998. El Colmenar- Tucumán. Argentina.....	42
8	Efeito do crestamento bacteriano comum sobre a área foliar sadia	

	do feijoeiro cv. Tuc-180 nos ensaios de primavera de 1997 e 1998. El Colmenar- Tucumán. Argentina.....	43
9	Relação entre a produção (g/m^2) e a variável <i>HAD</i> nas cultivares Carioca e Tuc-180 do feijoeiro nos ensaios de primavera de 1997 e 1998 e verão de 1998. El Colmenar- Tucumán. Argentina.....	47
10	Relação entre a produção (vagens/planta) e a variável <i>HAD</i> nas cultivares Carioca e Tuc-180 do feijoeiro nos ensaios de primavera de 1997 e 1998 e verão de 1998. El Colmenar- Tucumán. Argentina.	48
11	Relação entre a produção (g/m^2) e a variável <i>HAA</i> nas cultivares Carioca e Tuc-180 do feijoeiro nos ensaios de primavera de 1997 e 1998 e verão de 1998. El Colmenar- Tucumán. Argentina.....	50
12	Relação entre a produção (vagens/planta) e a variável <i>HAA</i> nas cultivares Carioca e Tuc-180 do feijoeiro nos ensaios de primavera de 1997 e 1998 e verão de 1998. El Colmenar- Tucumán. Argentina	51
	5 QUANTIFICAÇÃO DO EFEITO DE <i>Xanthomonas axonopodis</i> PV. <i>phaseoli</i> NA EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA E NA PRODUÇÃO DO FEIJOEIRO.....	52
1	Vista geral do método de inoculação empregado nos experimentos 1 e 2 durante a safra “das águas”. Piracicaba -São Paulo.....	55
2	Equipamento <i>LI-6400 Portable Photosynthesis System</i> , utilizado na determinação da relação entre severidade da doença e taxa fotossintética	58

- 3 Relação entre a taxa fotossintética líquida relativa e a severidade do crestamento bacteriano comum em duas cultivares de feijoeiro (IAC-Carioca e Rosinha) em dois experimento (Exp.1 e Exp.2) e no conjunto dos dois experimentos (Exp 1+2). O parâmetro β (relação entre lesão virtual e lesão visual) foi calculado por meio da equação $P_x/P_0=(1-x)^\beta$, onde P_x é a fotossíntese líquida da folha com severidade x , P_0 é a fotossíntese líquida média das folhas sadias e x é a severidade da doença..... 63
- 4 Relação entre HAD (com e sem β) e produção (g/m^2) para as cultivares IAC-Carioca e Rosinha. Círculos cheios indicam valores de HAD sem o parâmetro β . Círculos vazios indicam valores de HAD com o parâmetro β . Linhas contínuas representam retas de regressão entre os círculos cheios e produção (sem β); a equação da reta e seu coeficiente de determinação aparecem na parte inferior das figuras. Linhas tracejadas representam a reta de regressão entre os círculos vazios e produção (com β); a equação da reta e seu coeficiente de determinação aparecem na parte superior das figuras..... 64

LISTA DE TABELAS

	Página
3 DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE UMA ESCALA DIAGRAMÁTICA PARA <i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i> EM FEIJOEIRO.....	12
1 Escala diagramática de severidade (porcentagem da área foliar doente) do crestamento bacteriano comum causado por <i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i>).....	15
4 EFEITO DO CBC NA AREA FOLIAR E NAS VARÁVEIS DE ÁREA FOLIAR SADIA (<i>HAD</i> E <i>HAA</i>) E NOS COMPONENTES DA PRODUÇÃO DO FEIJOEIRO.....	21
1 Sorteio dos tratamentos e parcelas correspondentes para o experimento de quantificação de danos de <i>X. axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i> . Ensaio de Primavera.....	28
2 Datas das inoculações e respectivos estádios vegetativos da cultura do experimento de quantificação de danos de <i>X. axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i> . Ensaio de Primavera de 1997. El Colmenar, Tucumán, Argentina.....	28
3 Datas das inoculações e respectivos estádios fenológico da cultura do experimento de quantificação de danos de <i>X. axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i> . Ensaio de Primavera de 1998. El Colmenar, Tucumán - Argentina.....	29
4 Datas das inoculações e respectivos estádios fenológicos da cultura do experimento de quantificação de danos de <i>X. axonopodis</i> pv.	

	<i>phaseoli</i> . Ensaio de verão de 1998. El Colmenar, Tucumán, Argentina.....	30
5	Efeito do crestamento bacteriano comum no <i>LAI</i> sadio e <i>HAD</i> nas 20 plantas do feijoeiro cv. Tuc-180 mais sadias e 20 mais doentes para os ensaios de primavera e verão. Las Talitas, Tucumán. Argentina	45
	5 QUANTIFICAÇÃO DO EFEITO DE <i>Xanthomonas axonopodis</i> PV. <i>phaseoli</i> NA EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA E NA PRODUÇÃO DO FEIJOEIRO.....	52
1	Condições ambientais (temperatura, concentração de CO ₂ , umidade relativa, PAR-irradiação fotossinteticamente ativa), severidade, AUDPC e produção dos experimentos 1 e 2 (máx.=máxima; méd.=média). Safra das águas de 1997, Piracicaba, São Paulo.....	59

LISTA SE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

AUDPC	Área sob a curva de progresso da doença (<i>Area Under Disease Progress Curve</i>)
β	Beta
DAP	Dias após o plantio
LAI	Índice de área foliar (<i>Leaf Area Index</i>)
LAD	Duração da área foliar (<i>Leaf Area Duration</i>)
HAA	Absorção da radiação solar pela área foliar sadia (<i>Healthy Area Absorption</i>)
HAD	Duração da área foliar sadia (<i>Healthy Leaf Area Duration</i>)
HRI	Radiação diária interceptada pela área foliar sadia (<i>Healthy Radiation Interception</i>)
R^2	Coefficiente de determinação
RI	Radiação interceptada
RUE	Eficiência de uso da radiação em MJ^{-1}

AVALIAÇÃO DE DANOS CAUSADOS POR *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* EM FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.)

Autora: Cecilia Gladys Díaz

Orientador: Prof. Dr. Armando Bergamin Filho

RESUMO

A quantificação dos danos causados por *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, agente causal do crestamento bacteriano comum do feijoeiro, foi o objetivo deste trabalho. O trabalho foi desenvolvido em três etapas. Na primeira, uma escala diagramática para auxiliar na quantificação da severidade da doença foi desenvolvida e validada. A escala conta com oito níveis de severidade (0,97, 1,9, 3,3, 8,0, 12,0, 22,0, 31,0 e 51,0%). A validação foi feita por seis avaliadores, a maioria deles sem experiência na avaliação do crestamento bacteriano comum. 50 folhas com diferentes níveis de severidade foram usadas para a validação. A maioria dos avaliadores apresentou alta precisão nas avaliações (R^2 entre 0,81 a 0,95), mas detectou-se tendência generalizada de superestimar a severidade da doença, principalmente entre valores de 20 e 40%. A escala foi adequada para a avaliação da severidade da doença em condições de campo

Na segunda fase, para a avaliação dos danos propriamente ditos, instalou-se três ensaios de campo com as cultivares IAC-Carioca e Tuc-180. Dois ensaios foram conduzidos durante as primaveras de 1997 e 1998 e o terceiro, no verão de 1998, no Municipio Las Talitas, Tucumán-Argentina. Empregou-se o método da planta individual e diferentes severidades foram obtidas em função no número de inoculações. Para cada planta foram

determinadas as seguintes variáveis: severidade da doença, área sob a curva de progresso da doença (*AUDPC*), duração da área foliar sadia (*HAD*) e absorção da área foliar sadia (*HAA*). Ao final do ciclo da cultura, foram determinados os componentes da produção: número de vagens por planta e produção por planta (g/m^2). Os resultados obtidos mostraram a falta de correlação entre as variáveis severidade da doença e *AUDPC* e os componentes da produção. As variáveis relacionadas à área foliar (*HAD* e *HAA*) apresentaram correlação com os componentes de produção avaliados nos três ensaios (R^2 entre 0,66 e 0,83 para *HAD*-produção e 0,53 e 0,79 para *HAA*-produção).

Na última etapa, o efeito do patógeno na eficiência fotossintética e na produção do feijoeiro foi quantificado. Dois experimentos de campo foram conduzidos durante a safra das águas de 1997, em Piracicaba-SP, com duas cultivares, IAC-Carioca e Rosinha. Diferentes níveis de severidade foram obtidos variando-se o número de inoculações com o patógeno. A severidade da doença foi avaliada com auxílio de escala diagramática. A duração da área foliar sadia (*HAD*) correlacionou-se linearmente com produção (g/m^2) nos dois experimentos (R^2 entre 0,66 e 0,78), ao contrário da severidade de doença. Fotossíntese foi relacionada com área foliar doente por meio da equação $P_x/P_0=(1-x)^\beta$, onde P_x é a fotossíntese líquida da folha com severidade x , P_0 é a fotossíntese líquida média das folhas saudas, x é a severidade da doença e β expressa a relação entre lesão virtual e lesão visual. Os valores de β , determinados por regressão não-linear, foram de $3,08 \pm 0,18$ ($R^2=0,84$) e $3,19 \pm 0,14$ ($R^2=0,71$) para os cultivares IAC-Carioca e Rosinha, respectivamente. A incorporação de β ao cálculo de *HAD*, de modo geral, não melhorou o ajuste dos dados.

DAMAGE ASSESSMENT CAUSED BY *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* IN COMMON BEAN (*Phaseolus vulgaris*, L.)

Author: Cecilia Gladys Díaz

Adviser: Dr. Armando Bergamin Filho

SUMMARY

The objective of this research was the quantification of losses caused by *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, the causal agent of the common bacterial blight disease of common bean. This work was developed in three stages. In the first stage a diagrammatic scale was developed and validated in order to help the quantification of disease severity. This scale has eight severity levels (0.97, 1.9, 3.3, 8.0, 12.0, 22.0, 31.0, and 51.0%). The scale validation was made by six evaluators, most of them without any experience in the evaluation of common bacterial blight. Fifty leaves with different disease severity levels were employed to the scale validation. Most of evaluators exhibit a high level of accuracy in the evaluations (R^2 ranging between 0.81 to 0.95); in spite of this, a generalized tendency to overestimation of disease severity was detected, mainly between the 20 and 40% scale values. The scale was adequate for the disease severity assessment under field conditions.

In the second stage, in order to evaluate the real losses, three field trials were established employing the bean varieties IAC-Carioca and Tuc-180. Two of them were developed during the spring seasons of 1997 and 1998, and the third in the summer of 1998. All of them were located in the town of Las Talitas, state of Tucumán-Argentina. In order to evaluate the disease losses was employed a single plant method and different severity levels were obtained in function of the number of inoculations. For each plant the following variables were defined: disease severity, area under the disease progress curve

(*AUDPC*), green leaf area duration (*HAD*) and health leaf area absorption (*HAA*). The yield components number of pods per plant and seed production per plant (g/m^2), were evaluated at the end of the culture cycle. Data analysis showed no correlation between the variables disease severity, *AUDPC* and yield components. Variables related with (*HAD* and *HAA*) showed a correlation with the yield components evaluated in the three trials. (R^2 ranging between 0.66 to 0.83 for *HAD*-yield and 0.53 to 0.79 for *HAA*-yield).

In the last stage was assessed the pathogen incidence over the variables photosynthetic efficiency and production in common bean. Two field trials employing the cultivars IAC-Carioca and Rosinha were conducted during the rainy season of 1997 in Piracicaba, state of São Paulo-Brazil. Different levels of severity were obtained varying the number of pathogen inoculations. The disease severity was evaluated employing a diagrammatic scale. The green leaf area duration (*HAD*) was linearly correlated with seed production (g/m^2) in both trials, but not with the disease severity. Photosynthesis was correlated with diseased leaf area using the following equation: $P_x/P_o=(1-x)^\beta$, in which P_x is the liquid photosynthesis of the leaf with severity x , P_o is the average liquid photosynthesis of health leaves, x is the disease severity and β express the relation between the virtual lesion and the visual lesion. The β values founded with non-linear regression were 3.08 ± 0.18 ($R^2=0.84$) and 3.19 ± 0.14 ($R^2=0.71$) for the cultivars IAC-Carioca and Rosinha, respectively. The incorporation of the β parameter in the estimate of *HAD*, in general manner, did not improve the relation with yield.

1 INTRODUÇÃO

O feijão, principal fonte protéica da população brasileira, ocupa uma posição de destaque na economia do país, embora a produtividade média nacional seja baixa, em torno de 600 Kg/ha, devido predominantemente à cultura estar na forma de subsistência e à não-utilização de tecnologias agrônômicas adequadas, como o uso de sementes melhoradas. Apenas 15% da produção brasileira é produzida sob pivô central, conseguindo-se, nesse caso, até 3.800 Kg/ha, caracterizando a passagem da cultura da forma de subsistência para uma cultura altamente tecnificada (Menezes, 1997).

Um dos fatores responsáveis pela obtenção dos baixos rendimentos produtivos do feijoeiro comum no Brasil são os problemas fitossanitários, de grande importância, particularmente nos trópicos (Rava, 1984). Dentre as doenças de origem bacteriana que afetam a cultura, o crestamento bacteriano comum (CBC), causado por *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* (Smith) Vauterin, Hoste, Kersters & Swings é a de maior importância. A doença é relevante na cultura do feijão pela sua ampla distribuição e pelo seu efeito direto nos rendimentos, além de sua transmissibilidade através das sementes, nas quais a bactéria pode permanecer viável durante anos.

Em países como Colômbia, Canadá e Estados Unidos, a presença desta bacteriose é citada como um dos principais problemas da cultura do feijão, onde se estimam diminuições na produção ao redor de 30-50% em condições de alta umidade e calor (Wallen & Jackson, 1975; Yoshii, 1976). No Brasil não existem estimativas de danos ocasionados pelo CBC (Rava & Sartorato, 1994). Para

Goodwin (1992), o dano ocasionado pelo crestamento bacteriano comum é resultante não somente da intensidade da doença, como também da redução na fotossíntese.

A quantificação de dano requer métodos precisos para avaliar incidência e severidade, além de métodos padronizados. As escalas disponíveis para avaliar o crestamento bacteriano comum apresentam certa dificuldade de ser empregada no campo, já que são uma combinação de escalas descritivas e diagramáticas, geralmente usadas em programas de melhoramento (Van Scoonhove & Pastor Corrales, 1987).

Weller & Saettler (1980b) são de opinião que a epidemiologia do crestamento bacteriano comum é pouco compreendida e que um estudo quantitativo da dinâmica populacional de *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* em condições de campo poderia contribuir para uma melhor compreensão desse patossistema. Alternativamente, as abordagens mecanísticas dos modelos de danos poderiam descrever os vários processos fisiológicos do crescimento da planta e incorporar os efeitos da doença. O uso de modelos mecanísticos é de grande importância para um total entendimento da resposta da produção à doença (Gaunt, 1987; Loomis et al., 1979; Loomis & Adams, 1983; Pinnschimdt et al., 1994).

Desde 1955 os fitopatologistas notaram a importância da determinação da área foliar do hospedeiro na avaliação das doenças (Last, 1955). Waggoner & Berger (1987) propuseram que as variáveis derivadas da área foliar sadia (*HAD* e *HAA*) fornecem melhor estimativas da produção do que medidas de intensidade da doença. Monteith (1977) definiu a produção de uma cultura como o produto da radiação interceptada (*RI*) e a eficiência no uso dessa radiação (*RUE*). Os fitopatógenos afetam de maneira diferente essas duas variáveis (*RI* e *RUE*). No caso da *RUE*, Bastiaans (1991) propõe a determinação da lesão virtual, caracterizada pelo parâmetro β , como uma das maneiras de dar mais significado biológico à avaliação da intensidade da doença.

Lopes (1999), ressaltou a importância de incorporar no cálculo de *HAA* e *HAD*, ou em modelos similares, o tamanho da lesão virtual, além da visual. A lesão virtual poderia funcionar como um corretivo da severidade, sendo de grande valor no ajuste das avaliações realizadas no campo, além de determinar precisamente a área foliar afetada pelo patógeno e acoplar esses efeitos aos modelos que tentam explicar a redução da produção.

Do exposto, os objetivos deste trabalho foram:

- (i) Desenvolver e validar uma escala diagramática para o crestamento bacteriano comum;
- (ii) Estabelecer a função de danos (ou de produção) do crestamento bacteriano comum e correlacionar a produção com a doença e com as variáveis derivadas da área foliar sadia (*HAD* e *HAA*);
- (iii) Determinar o parâmetro β para o patossistema feijoeiro/CBC e incorporar o tamanho da lesão virtual nos modelos de quantificação de danos (ou produção).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Antecedentes

Xanthomonas axonopodis pv. *phaseoli* (Smith) Vauterin, Hoste, Kersters & Swings, agente causal do crestamento bacteriano comum, é de ocorrência generalizada na cultura do feijoeiro, principalmente nas regiões quentes e úmidas do globo (Saettler, 1991). No Brasil, tem sido relatada em praticamente todas as regiões produtoras de feijão, apresentando maior importância no Norte do Estado do Paraná, no Estado do Rio de Janeiro e na Região do Brasil Central, sobretudo nas safras das águas (Vieira, 1983).

Segundo Robbs (1954), esta bacteriose foi constatada, pela primeira vez, em 1938, no Estado do Pará. Atualmente é considerada a mais importante doença bacteriana do feijoeiro (Costa, 1972; Menezes 1997)

2.2 Etiologia

Xanthomonas axonopodis pv. *phaseoli* (Smith) Vauterin, Hoste, Kersters & Swings pertence ao Domínio Bactéria, Divisão Gracilicutes, Classe Proteobacteria, Família Pseudomonadaceae. Apresenta a forma de bastonetes, não forma esporos, é gram-negativa, móvel e tem um (raramente dois) flagelo polar. A maioria das espécies digere o amido e produz ácido a partir da lactose. Atualmente a espécie *Xanthomonas axonopodis* conta com 34 patovares, sendo reconhecido o agente causal do crestamento bacteriano comum como *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*.

2.3 Métodos de inoculação

Vários são os métodos de inoculação disponíveis para garantir a penetração da bactéria do crestamento bacteriano comum nos tecidos do hospedeiro. Os métodos de inoculação incluem a perfuração da haste da planta com agulha ou escalpelo previamente contaminado com suspensão bacteriana; o atrito foliar provocado pela mistura de suspensão bacteriana e carborundum; o uso de alta pressão nas pulverizações da suspensão bacteriana; infiltração de suspensão bacteriana sob vácuo nas folhas e caules; perfuração com agulhas múltiplas imersas em suspensão bacteriana; corte nas folhas provocadas por uma tesoura contaminada com o inóculo (Pastor Corrales et al., 1981).

Todos esses métodos de inoculação demandam tempo excessivo para as inoculações, sendo adequados para uso em casa de vegetação; no campo, tornam-se tediosos e de baixo rendimento. Faria & Melo (1989) procuraram avaliar o uso de polvilhamento de areia fina usando polvilhadeira motorizada como agente incitante de ferimentos, seguido ou precedido da pulverização da suspensão bacteriana com o mesmo aplicador. Os autores concluíram que o polvilhamento de areia seguido ou antecedendo a pulverização das plantas com suspensão bacteriana foi adequado ao aparecimento dos sintomas da doença em feijoeiro, em condições de campo. Eles explicam que o método de indução de ferimento por jato de areia, embora drástico, permitiu diferenciar cultivares. Sugeriram, ainda, que para garantir maior severidade da doença, as inoculações deveriam ser repetidas duas ou três vezes antes do início da floração.

Torres & Maringoni (1999), ao compararem os métodos de inoculação com agulhas múltiplas e com lâmina de barbear em três estádios fenológicos de desenvolvimento do feijoeiro (V4, R5 e R7), verificaram que os dois métodos foram eficazes em discernir as reações de suscetibilidade e de resistência das plantas. O método de agulhas múltiplas foi o mais prático e o estágio fenológico (R5) o que apresentou maior uniformidade nos resultados. Aggour et al. (1989) perceberam também a vantagem do método de inoculação com agulhas múltiplas

ao proporcionar uma melhor colonização pelas bactérias nos tecidos foliares da planta.

Zapata et al. (1985) recomendam a inoculação do trifólio, no estágio de florescimento, com agulhas múltiplas e a inoculação das vagens através de rabiscos praticados com estas agulhas. Comentam também que o método de agulhas múltiplas confere a vantagem do aparecimento de um grande número de lesões ao mesmo tempo e os sintomas expressados são semelhantes aos encontrados no campo, além de não ocasionar escape.

Um das técnicas mais empregadas na atualidade é a incisão de folhas primárias com tesouras previamente mergulhadas no inóculo (Sartorato & Rava, 1981; Webster et al., 1980). A concentração do inóculo pode influenciar notoriamente na reação à doença. Em vista disso, o critério generalizado entre os pesquisadores é de usar uma concentração de 10^7 - 10^8 células bacterianas/mL (Cafati, 1971; Pompeu & Crowder, 1973; Saettler & Ekpo, 1975; Schuster & Coyne, 1971; Webster et al., 1980).

O método de inoculação no campo usado por Zapata et al. (1985) consistiu em provocar ferimentos nas folhas com areia lançada com uma pistola de ar comprimido e posteriormente pulverização com a suspensão bacteriana com o mesmo equipamento. Esse método simula muito bem os métodos naturais de inoculação de *X. axonopodis* pv. *phaseoli* através dos ferimentos ocasionados pelo impacto das partículas de solo nas folhas do hospedeiro.

2.4 Avaliação do Crestamento Bacteriano Comum

O melhor parâmetro para avaliar a quantidade do crestamento bacteriano comum é através da severidade (porcentagem de tecido afetado) nas folhas e vagens, como se constata nas escalas usadas por van Schoonhove & Pastor Corrales (1987).

As escalas diagramáticas constituem-se atualmente na principal ferramenta

de avaliação da severidade da doença. Para essa doença, cada pesquisador e também alguns centros de pesquisa desenvolveram um método de avaliação que melhor cumprisse com seus objetivos. Quando a técnica de inoculação é por incisão de folhas primárias ou primeiras trifolioladas a escala de avaliação tem valores de 0-5 ou 0-6 (Sartorato & Rava, 1981; Webster et al., 1980). De um modo geral, essas escalas não permitem uma avaliação precisa, quantitativa, da doença.

Saettler (1977), analisando a grande variabilidade de técnicas em uso nos diferentes centros de pesquisa, considerou importante padronizar os métodos, época de inoculação e a escala de avaliação da doença.

2.5 Modelos de avaliação de danos

2.5.1 Relação entre severidade e produção

A relação entre doença e produção é mais freqüentemente resumida como um simples modelo empírico que descreve as performances dos cultivos na presença da doença. Tais modelos podem ser robustos e úteis, mas seu uso é geralmente limitado às condições específicas nas quais eles foram desenvolvidos. Mudanças no sistema de produção geralmente invalidam essa relação. Os modelos representam um meio conveniente para resumir em um formato prático e claro, geralmente uma equação, a grande quantidade de dados obtidos. A equação simplifica o cálculo dos danos a partir da quantidade de doença conhecidas num estágio específico de desenvolvimento da cultura.

2.5.2 Abordagem mecanística

Os estudos de danos concentram-se no aumento do número de lesões ou no progresso da intensidade da doença no tempo. Essas curvas são resumidas através de sua taxa relativa de mudança, r (dia^{-1}), ou através da área sob a curva

de progresso da doença *AUDPC* (dias) (Vanderplank, 1963). Bergamin & Amorim (1996), ressaltam que nem a taxa de mudança de x (r) nem a soma de x (*AUDPC*) nos dá informação a respeito do tamanho da folhagem e quanto tempo ela opera ou quanta insolação ela absorve. Lopes et al. (1994) alertam que os fitopatologistas têm invertido a lógica das coisas, já que concentraram-se mais no estudo do patógeno do que no hospedeiro e, com esta visão, a aplicação dos modelos tradicionais para avaliar danos podem resultar em alguns insucessos. Nesse contexto, Waggoner & Berger (1987) indicam que a produção ou matéria seca de uma planta é função em grande parte da fotossíntese que ocorre nas folhas, que é função do índice de área foliar.

A estimativa do índice de área foliar pode ser realizado manualmente ou por equipamentos específicos, radiômetros de múltiplo espectro ou analisadores de copa, onde a refletância ou a transmissão da luz solar são relacionadas à área foliar (Campbell & Norman, 1989). Para relacionar a curva de progresso da doença e o crescimento da planta é suficiente subtrair a área foliar doente da duração da área foliar (*LAD*). Isto se faz através da integração da área foliar sadia e operacional durante o período de crescimento do hospedeiro. Esta integração resulta no que Waggoner & Berger (1987) chamam de duração de área foliar sadia (*HAD*). A inclusão da absorção da radiação leva à definição de absorção da área foliar sadia (*HAA*) (MJ m^{-2}).

Waggoner & Berger (1987), indicam que estas duas variáveis são melhores estimadores da produção, quando comparadas com a intensidade da doença, uma vez que *HAD* e *HAA* adicionam certo realismo biológico às abordagens empíricas.

O conceito da *HAD* e *HAA* mostrou sua validade para as avaliações de perdas de produção de muitos patossistemas diferentes, tais como *Phytophthora infestans*-batata (Haverkort & Bicomumpaka, 1986; Rotem et al. 1983a, Rotem et al. 1983b; van Oijen, 1990), *Alternaria solani*-batata (Johnson & Teng, 1990), *Aschochyta fabae*-*Vicia faba* (Madeira et al., 1988), *Pyricularia oryzae*-arroz

(Pinnschmidt & Teng, 1993), *Blumeria graminis*-cevada (Daamen & Jorritsma, 1990), *Phaeoisariopsis griseola*-feijão comum (Bergamin et al., 1997).

O trabalho de Bergamin Filho et al. (1997), aplicando os modelos de avaliação de danos tradicionais e os baseados na área foliar remanescente do hospedeiro para patossistema *Phaeoisariopsis griseola*-feijoeiro, indicou que as maiores produtividade da cultura do feijão estiveram sempre relacionadas aos maiores valores de *HAD* e *HAA*, revelando que *HRI* (radiação diária interceptada pela área foliar sadia) é a variável explanatória chave para um sistema transportável de manejo de doença.

2.6 Métodos para a quantificação de danos

Ensaio que contenham parcelas com plantas sadias e parcelas com plantas doentes, estas exibindo diferentes níveis de severidade, são geralmente empregados para o estabelecimento da função de dano, de tal modo a obter um conjunto de variáveis independentes (níveis de doença) que possam ser relacionadas com um conjunto de variáveis dependentes (níveis de dano) (Bergamin et al. 1995). Os diferentes níveis de injúria podem ser obtidos de várias maneiras (Bergamin et al., 1995): diferentes concentrações de inóculo, número de inoculações, época de inoculação, etc.

Diferentes métodos têm sido empregados para a quantificação de danos em ensaios de campo. Os mais empregados são o método da parcela experimental e o método de plantas individuais. O método da parcela experimental foi inicialmente utilizado com parcelas pareadas, envolvendo a comparação de produção de duas parcelas em cada repetição, sendo uma protegida da ocorrência da doença e a outra com ocorrência natural do patógeno. Outra versão da parcela experimental, considerada mais eficiente que a anterior, utiliza tratamentos múltiplos, que envolve a comparação de parcelas com diferentes níveis de doença com uma parcela sadia (Shane & Theng, 1987).

O método das plantas individuais implica na seleção de 50 a 2000 plantas

em um campo comercial ou experimental, escolhidas de modo a obter uma grande variação na intensidade dos sintomas, além de plantas saudias. Cada planta é colhida individualmente e considerada como um dado para a análise de regressão (Shane & Teng, 1987). Algumas das vantagens deste método são o menor espaço requerido para a instalação do experimento, além de ser menos trabalhosa, podendo ser instalados em campos comerciais. É possível obter uma variação completa da intensidade da doença durante uma única estação de cultivo. Dentre as desvantagens do método, destacam-se a maior dificuldade de quantificação do fenômeno de compensação (plantas saudias que crescem ao lado de plantas doentes tendem a produzir mais, minimizando o dano causado pelo patógeno) e o uso de dados originados por uma planta individual para prever o que acontecerá numa plantação, além da variação natural de produção que existe entre plantas individuais, mesmo geneticamente idênticas, devido principalmente a condições ambientais.

2.7 O conceito de lesão virtual

Para a quantificação dos efeitos na fisiologia da planta deve-se considerar a intensidade da infecção em estudo. A lesão virtual consiste de uma lesão visual e uma área adjacente na qual a atividade fotossintética é zero. Este conceito foi introduzido por Bastiaans (1991) como uma base para o modelo que quantifique a competência fotossintética das folhas doentes. A relação entre severidade da doença e fotossíntese é descrita com um único parâmetro, β , que é a relação entre lesão virtual e lesão visual. Os valores de β maiores que 1 são interpretados como um indicativo de que a doença não só reduz a área foliar como, também, a capacidade fotossintética dos tecidos verdes remanescentes.

Os valores de β reportados para doenças causados pelos patógenos obrigados são de 1,26 para *Puccinia recondita* em trigo de inverno (Baastians, 1991) e 8,74 para *Blumeria graminis* em trigo de inverno (Baastians, 1991). Os

valores de β reportados para doenças causadas por patógenos facultativos são de 3,04 e 3,74 para *Pyricularia oryzae* em arroz (Baastians, 1991); 2,68 para *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* em feijão comum (Goodwin, 1992); 7,24 para *Colletotrichum lindemuthianum* em feijão comum (Bassanezi et al., 1997); 11,0 para mancha foliar de *Cercospora* em amendoim (van der Werf et al. 1990, baseado nos dados de Boote et al., 1980); 2,01 para *Rhynchosporium secalis* em cevada (van der Werf et al. 1990, baseado nos dados de Martin, 1986); 1,66 para *Septoria nodorum* em trigo (van der Werf et al. 1990, baseado em dados de Rooney, 1989) e 4,70 para *Uromyces appendiculatus* no feijão (Lopes, 1999).

O parâmetro β pode ter outra aplicabilidade, que consiste na correção da porcentagem de severidade das doenças obtidas através de escalas diagramáticas, já que estas são desenvolvidas baseadas na habilidade do olho humano (Horsfall & Cowling, 1978).

3 DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE UMA ESCALA DIAGRAMÁTICA PARA *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* EM FEIJOEIRO

3.1 INTRODUÇÃO

O crestamento bacteriano comum do feijoeiro (CBC), causado por *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, é a doença bacteriana mais importante do feijoeiro e está distribuída por todas as principais regiões produtoras (15). O patógeno causa maiores danos em clima quente (acima de 28°C), com umidade relativa alta (9). Em condições de temperatura e umidade favoráveis o tecido do limbo foliar torna-se seco e quebradiço, com as margens apresentando um aspecto queimado (Zaumeyer e Thomas, 1957).

A avaliação da resistência genética dos cultivares de feijoeiro ao CBC é realizada com o auxílio de escalas de notas, a maioria de natureza qualitativa e de pouca precisão (Arp et al. 1971; Coyne & Schuster, 1974; Schuster et al. 1979, Schuster & Coyne, 1971; Yoshii et al, 1978). Seu emprego, portanto, produz resultados variáveis quando diferentes avaliadores a utilizam. Além disso, a falta de precisão impede sua utilização em trabalhos epidemiológicos.

Saettler (1977), discutindo a grande variabilidade das técnicas em uso para a avaliação da severidade do CBC, considerou importante padronizar os métodos e época de inoculação e as escalas de avaliação da doença. Berger (1980) enfatiza que escalas diagramáticas devem ser de fácil uso, aplicáveis a uma ampla série de diferentes condições, e devem produzir resultados reprodutíveis, além de apresentar níveis suficientes que representem todos os estádios de desenvolvimento da doença.

Adicionalmente, na quantificação de danos causados pelas doenças a seus hospedeiros, faz-se necessário métodos precisos para a quantificação da severidade. As escalas desenvolvidas pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) (van Schoonhoven & Pastor-Corrales, 1987), que combinam escalas descritivas e diagramáticas, apresentam sérias dificuldade para sua utilização no campo.

O objetivo deste trabalho, assim, foi desenvolver e validar uma escala diagramática para avaliação da severidade de *X. axonopodis* pv. *phaseoli* suficientemente precisa e simples para ser usada tanto na avaliação de resistência quanto em trabalhos epidemiológicos e de quantificação de danos.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Definição dos níveis de severidade

A escala diagramática para avaliar a severidade do CBC foi construída a partir de 100 folhas de feijoeiro das cultivares IAC-Carioca e Rosinha, que apresentavam sintomas típicos do crestamento bacteriano comum, coletadas aleatoriamente de um campo experimental localizado em Piracicaba-SP. Cada folha teve sua área total e sua área lesionada desenhadas em folhas de plástico transparente. Determinou-se a área afetada (tecido necrosado e halo amarelado) e a área foliar total, separadamente, no medidor de área foliar LI-3000 (LICOR). Em vista da dificuldade de manter as folhas bem conservadas por longo período de tempo, optou-se por fotografá-las. As fotografias serviram, posteriormente, para a validação da escala. O menor nível de doença observado foi de 0,97% (para uma área foliar total de 33,3 cm²) e o maior foi de 51% (para uma área foliar de 31,8 cm²). Além dos níveis mínimo e máximo, foram escolhidos mais seis níveis, de acordo com a lei de acuidade visual de Weber-Fechner (Horsfall & Barrat, 1945).

3.2.2 Validação

Das 100 folhas colhidas escolheu-se 50 para a validação da escala, sendo a severidade destas estimada por seis avaliadores com auxílio da escala desenvolvida. A precisão e acurácia de cada avaliador foi determinada por meio de regressão linear, com a severidade real como variável independente e a severidade estimada como variável dependente. A precisão das estimativas foi obtida pelo coeficiente de determinação (R^2) e pela variância dos erros absolutos (severidade estimada menos severidade real) (Godoy, et.al. 1997; Nutter & Schultz, 1995). A acurácia de cada avaliador foi obtida por meio do teste t aplicado ao coeficiente angular (b) da reta obtida pela regressão linear (severidade real vs. severidade estimada). Em condições ideais o valor de b não deve diferir da unidade (Nutter et al. 1993). O teste t também foi aplicado ao coeficiente linear da reta (a). Neste caso, em condições ideais, a não deve diferir de zero (Nutter et al. 1993).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os oito níveis de severidade do CBC utilizados na elaboração da escala estão representados na Figura 1. O menor nível corresponde a uma porcentagem de severidade de 0,97% e o maior, de 51%. Os níveis intermediários, seguindo-se a lei de Weber-Fechner (Horsfall & Barrat, 1945), correspondem às severidades de 1,9, 3,3, 8,0, 12,0, 22,0 e 31,0%.

A validação da escala desenvolvida mostrou que a maioria dos avaliadores apresentou alta precisão nas suas avaliações (Figura 2), indicado pelos altos coeficientes de correlação (R^2), entre 0,81 e 0,95. Considerando-se conjuntamente precisão e acurácia (Tabela 1), os avaliadores 3 e 5 destacaram-se dos demais. Os avaliadores 1, 2, 4 e 6 apresentaram tendência de superestimar a severidade do crestamento bacteriano comum, de acordo com os

valores de b significativamente maiores que a unidade (Tabela 1). Essa tendência fica bem evidente quando os erros absolutos (severidade real menos severidade estimada) são examinados (Figura 3).

Tabela 1. Coeficientes de determinação (R^2), coeficientes lineares (a) e coeficientes angulares (b) das regressões entre severidade real (variável independente) e severidade estimada (variável dependente) para cada avaliador.

	Avaliadores					
	1	2	3	4	5	6
a	0,52*	0,28	0,47*	2,16*	-0,35	1,74*
b	1,64*	2,39*	0,88	2,23*	1,05	0,51*
R^2	0,81	0,86	0,95	0,91	0,91	0,89

*asterisco representa situações nas quais a hipótese nula ($a=0$ ou $b=1$) foram rejeitas pelo test-t ($p<0.01$)

Os maiores desvios ocorreram sempre dentro da faixa de severidade entre 20 e 40% (Figura 3). Uma das possíveis razões para tal fato é a maior frequência de halos amarelos nesses estádios de desenvolvimento da doença, o que pode confundir o avaliador. Apesar disso, os erros absolutos (Figura 3) raramente ultrapassaram 10%. Nutter (1989) considera excelente um avaliador cujos erros não ultrapassem 5% e bom aquele cujos erros sejam menores que 10%. Por esse critério, o resultado conseguido neste trabalho pode ser considerado entre bom e excelente, dependendo do avaliador.

Figura 1. Escala diagramática de severidade (porcentagem da área foliar doente) do crestamento bacteriano comum causado por *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*.

Figura 2. Severidade estimada com auxilio de escala diagramática (círculos cheios) e linhas de regressão obtidas entre severidades reais e estimadas (linhas cheias). Linhas tracejadas representam a situação ideal, com as estimativas idênticas à realidade.

Figura 3. Erros absolutos (Severidade real menos estimada) para seis avaliadores.

Um outro indicador de precisão (Nutter & Schultz, 1995) para avaliar o desempenho dos avaliadores é a reprodutibilidade das avaliações entre os avaliadores. A Figura 4 mostra a correlação obtida entre o avaliador 3 e os demais. Os coeficientes de determinação obtidos foram altos em todos os casos, variando de 0,80 a 0,90. Isso indica que a severidade estimada pelo avaliador três explicou 80% da variação das avaliações do avaliador um, 82% do dois, 88% do quatro, 84% do seis e 90% do cinco (Figura 4). Estes resultados indicam que os resultados obtidos pelos diversos avaliadores podem ser comparados entre si, fato que demonstra a utilidade da escala proposta neste trabalho.

Figura 4. Estimativa de severidade do avaliador 3 comparadas com os demais avaliadores.

4 EFEITO DO CBC NA AREA FOLIAR E NAS VARÁVEIS DE ÁREA FOLIAR SADIA (*HAD* E *HAA*) E NOS COMPONENTES DA PRODUÇÃO DO FEIJOEIRO

4.1 INTRODUÇÃO

Um dos fatores responsáveis pela obtenção dos baixos rendimentos produtivos do feijoeiro comum no Brasil são os problemas fitossanitários, de grande importância, particularmente nos trópicos (Rava, 1984). Dentre as doenças de origem bacteriana que afetam a cultura, o crestamento bacteriano comum (CBC), causado por *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* (Smith 1887) Vauterin, Hoste, Kersters & Swings (1995) é a de maior importância. A doença é relevante na cultura do feijão pela sua ampla distribuição e pelo seu efeito direto nos rendimentos, além de sua transmissibilidade através das sementes, nas quais a bactéria pode permanecer viável durante anos.

Em países como Colômbia, Canadá e Estados Unidos, a presença desta bacteriose é citada como um dos principais problemas da cultura do feijão, onde se estimam diminuições na produção ao redor de 30-50% em condições de alta umidade e calor (Wallen & Jackson, 1975; Yoshii, 1976). No Brasil não existem estimativas de danos ocasionados pelo CBC (Rava & Sartorato, 1994). Para Goodwin (1992), o dano ocasionado pelo crestamento bacteriano comum é resultante não somente da intensidade da doença, como também da redução na fotossíntese.

Desde 1955 os fitopatologistas notaram a importância da determinação da área foliar do hospedeiro na avaliação das doenças (Last, 1955). Waggoner & Berger (1987) propuseram que as variáveis derivadas da área foliar sadia (*HAD* e *HAA*) fornecem melhor estimativas da produção do que medidas de intensidade da doença. Monteith (1977) definiu a produção de uma cultura como o produto da radiação interceptada (*RI*) e a eficiência no uso dessa radiação (*RUE*). Os fitopatógenos afetam de maneira diferente essas duas variáveis (*RI* e *RUE*). No caso da *RUE*, Bastiaans (1991) propõe a determinação da lesão virtual, caracterizada pelo parâmetro β , como uma das maneiras de dar mais significado biológico à avaliação da intensidade da doença.

Lopes (1999), ressaltou a importância de incorporar no cálculo de *HAA* e *HAD*, ou em modelos similares, o tamanho da lesão virtual, além da visual. A lesão virtual poderia funcionar como um corretivo da severidade, sendo de grande valor no ajuste das avaliações realizadas no campo, além de determinar precisamente a área foliar afetada pelo patógeno e acoplar esses efeitos aos modelos que tentam explicar a redução da produção.

Do exposto, o objetivo deste trabalho foi estabelecer a função de danos (ou de produção) do cretamento bacteriano comum e correlacionar a produção com a doença e com as variáveis derivadas da área foliar sadia (*HAD* e *HAA*).

4. 2. MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Local de instalação do ensaio

Cinco ensaios para avaliar danos ocasionados pelo cretamento bacteriano comum foram instalados nos campos experimentais da Estação Agro - Industrial Obispo Colombres, no município de Talitas, Tucumán, Argentina. Tucumán é uma província da Argentina localizada ao noroeste do país, entre 26 e 28° de latitude Sul e 64 e 66° de longitude Leste. Janeiro é o mês mais quente do

ano, atingindo uma temperatura máxima de 30,4°C e uma mínima de 19,5°C; julho é o mês mais frio, com temperatura máxima de 18,9°C e mínima de 6,5°C. A média de precipitação para a zona mais úmida gira em torno de 800 e 1000 mm e na zona mais seca entre 600 e 800 mm anuais. Os meses de outubro e abril são mais chuvosos, com cerca de 80% do total anual.

Segundo a classificação de Duckman & Masefield (1970) e Thorne & Thorne (1979), Tucumán corresponderia ao clima temperado quente (subtropical). Este clima é caracterizado por apresentar precipitação adequada para a produção agrícola no mínimo seis meses por ano. Os invernos são moderadamente frios devido à influência das massas de ar polares. Este clima permite uma safra na primavera com altos riscos de geadas, representando pouca significância para a produção da província, com as maiores produções de feijão concentrando-se no verão.

4.2.2 Obtenção e preservação do isolado

Para o isolamento da bactéria, coletou-se folhas no campo apresentando sintomas típicos da doença (ver descrição no item 2.3). As folhas foram lavadas em água de torneira e com o auxílio de um bisturi cortaram-se pequenos quadrados (2x2 mm), incluindo o tecido sadio (verde) e o infectado (amarelo) e desconsiderando-se a área necrosada. A desinfecção dos fragmentos foi efetuada segundo a metodologia descrita por Maringoni (1993). Cada fragmento de folha foi colocado em um tubo com 1 mL de solução salina a 0,9% de NaCl, onde permaneceu por um tempo mínimo de 30 minutos. A partir da suspensão obtida depositou-se uma gota (0,1 mL) no centro da placa de Petri contendo meio nutriente ágar+sacarose, recomendado por Maringoni (1993), espalhando-a com a ajuda de uma alça de Drigalsky. Estas placas foram mantidas a 28°C durante 72-96 horas.

A presença de *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* foi confirmada

através de uma prova de patogenicidade em casa de vegetação, onde inoculou-se algumas folhas de feijão no estágio V3/V4 pelo método de agulhas múltiplas. As plantas foram colocadas em câmara úmida e incubadas a 28°C, por 24 horas. Aos sete dias após a inoculação, observou-se lesões de aspecto encharcado, que com o decorrer do tempo tornaram-se necróticas e rodeadas por um halo amarelo, típico do gênero *Xanthomonas*. A partir destes sintomas, fez-se um novo isolamento obtendo-se, posteriormente, colônias com as mesmas características culturais das colônias originais que geraram os sintomas.

A bactéria isolada não apresentou capacidade de produzir melanina em meio de cultura. Esta característica fisiológica da bactéria é manifestada através do tingimento do meio de cultura por uma coloração marrom-escura. Por conseguinte, os isolados correspondiam a *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, não produtora de melanina. Isso permitiu diferenciá-los dos isolados produtores de melanina, que correspondem à variante *fusca*. A partir destas colônias, com a finalidade de obter colônias puras, fez-se um plaqueamento por esgotamento, que é a forma de obter colônias isoladas e puras. As colônias obtidas desta maneira foram preservadas pelo método de tiras de papel de filtro dessecado como sílica-gel (Takatsu, 1980). Este método é seguro, rápido e não requer grande espaço para armazenamento, além de preservar por muito tempo as colônias bacterianas.

4.2.3 Cultivares

As cultivares utilizadas foram o Carioca, que é uma “raça” meso-americana de regiões quentes, considerada possuidora de genes de tolerância à bacteriose, e a cultivar Tuc-180, que é uma “raça” andina de zonas frescas de grão vermelho, com uma produção de 1000 Kg/ha, que não apresenta tolerância ao crestamento bacteriano comum.

4.2.4 Inoculação de *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*

4.2.4.1 Concentração do inóculo

Para a produção do inóculo, os pedacinhos de papel de filtro onde foram preservadas as bactérias foram transferidos assepticamente a uma placa contendo o meio nutriente ágar+sacarose , a qual foi incubada a 28°C. Após o crescimento das bactérias, foram repicadas várias placas a fim de garantir quantidade suficiente de inóculo para as inoculações em campo. Para a preparação da suspensão bacteriana, as colônias foram transferidas a partir das placas de Petri para um erlenmeyer de um litro de capacidade contendo solução salina (0,9% de NaCl). De acordo com a curva padrão desenhada por Valarini (1990), determinou-se a concentração de inóculo desejada, 10^8 ufc/mL.

4.2.4.2 Inoculação em condições de campo

A inoculação foi realizada quando as plantas apresentavam o primeiro trifólio completamente expandido, estágio V3/V4 (Michaels, 1991). O inóculo foi aplicado no final da tarde, com prévia irrigação de 30 minutos para garantir um microclima úmido para as bactérias iniciarem o processo de multiplicação e posterior penetração. Os ferimentos foram provocados por um jato de areia fina seca pulverizada com um pulverizador costal motorizado (Faria & Melo, 1989; Rava et al. 1990; Zapata et al., 1985) seguido da pulverização da suspensão bacteriana (10^8 ufc/mL) com o mesmo equipamento. A vazão utilizada foi de 300 L/ha (Figura 1 e Figura 2) (Costa et al., 1990). As inoculações sempre foram feitas ao final da tarde.

Figura 1. Vista geral do método de inoculação empregado nos ensaios de primavera de 1997 e 1998 e verão de 1998. Las Talitas - Tucumán - Argentina.

4.2.5 Instalação dos experimentos

4.2.5.1 Ensaios de primavera de 1997

Este ensaio foi semeado em 6 de outubro de 1997, utilizando-se as cultivares Carioca e Tuc-180, na Estação Experimental Agroindustrial Obispo Colombres, localizado em El Colmenar, Tucumán, Argentina. O campo para a semeadura foi preparado de maneira convencional e contava com um sistema de irrigação por aspersão. Para cada cultivar foi semeada uma área de 455 m² (13x35 m). Cada área continha 12 parcelas (4 tratamentos com 3 repetições por cultivar – Tabela 1). As datas das inoculações em cada tratamento e o estágio vegetativo da cultura correspondente, encontram-se na Tabela 2. A colheita de cada planta marcada e da parcela toda foi realizada em 8 de janeiro de 1998. O delineamento experimental do ensaio foi em blocos casualizados, com três repetições. As parcelas controle foram tratadas semanalmente com cúpricos e agrimicina. Foram realizadas nove avaliações semanais (4/11/97, 11/11/97, 18/11/97, 25/11/97, 2/12/97, 9/12/97, 16/12/97, 23/12/97 e 30/12/97), sendo estas aos 27, 35, 43, 51, 59, 67, 75, 83 e 90 dias após o plantio (DAP).

Figura 2. Croqui da área experimental apresentando a disposição das parcelas para as cultivares Carioca e Tuc - 180. Ensaio de Primavera de 1997 e 1998 e Verão de 1998. El Colmenar, Tucumán, Argentina.

Tabela 1. Sorteio dos tratamentos e parcelas correspondentes para o experimento de quantificação de danos de *X. axonopodis* pv. *phaseoli*. Ensaio de Primavera de 1997 e 1998 e Verão de 1998. El Colmenar, Tucumán, Argentina.

Tratamentos	Número das parcelas
T1. Três inoculações com <i>X. axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i> (sem areia)	104 - 203 - 301 - 404 - 503 – 601
T2. Duas inoculações com <i>X. axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i> (com areia)	103 - 201 - 302 - 403 - 501 – 602
T3. Três inoculações com <i>X. axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i> (com areia)	102 - 204 - 303 - 402 - 504 – 603
C. Controle (Cúprico e agrimicina)	101 - 202 - 304 - 401 - 502 – 604

Tabela 2. Datas das inoculações e respectivos estádios vegetativos da cultura do experimento de quantificação de danos de *X. axonopodis* pv. *phaseoli*. Ensaio de Primavera de 1997. El Colmenar, Tucumán, Argentina.

Tratamentos	Data	Estádio da cultura
1ª Inoculação	04/novembro/1997	V4 ¹
2ª Inoculação	10/novembro/1997	V4 e R5 ²
3ª Inoculação	18 e 28/novembro/1997	V4 e R6 ³

¹V4 (terceira folha trifoliolada)

²R5 (emissão dos botões florais)

³R6 (abertura das primeiras flores)

Fonte¹⁻²⁻³ Michaels (1991)

4.2.5.2 Ensaios de primavera de 1998

As cultivares Carioca e Tuc-180 foram semeadas em 7 de outubro de 1998 na Estação Experimental Agroindustrial Obispo Colombres, localizada em El

Colmenar, Tucumán - Argentina. O campo foi preparado da mesma forma que no ensaio anterior (item 4.3.5.1). A área semeada para cada cultivar consistia de 12 parcelas, onde foram dispostos por sorteio os quatro tratamentos. Cada parcela consistiu de 8 sulcos espaçados em 0,5 m com 8 metros de comprimento. Os tratamentos, o cronograma das inoculações e o delineamento experimental foram idênticos aos ensaios precedentes. Os estágios da cultura do feijão nas quais foram efetuadas as inoculações foram as mesmas que os dos ensaios anteriores (Tabela 3). As aplicações de cúpricos e agrimicina na parcela controle foram semanais. As datas das avaliações foram 3/11/98, 11/11/98, 19/11/98, 27/11/98, 5/12/98, 13/12/98, 21/12/98 e 30/12/98, correspondendo a 27, 34, 43, 51, 59, 67, 75 e 84 DAP, respectivamente. A colheita deste experimento deu-se em 10 de janeiro de 1999.

Tabela 3. Datas das inoculações e respectivos estádios fenológico da cultura do experimento de quantificação de danos de *X. axonopodis* pv. *phaseoli*. Ensaio de Primavera de 1998. El Colmenar, Tucumán - Argentina.

Tratamentos	Data	Estádio da cultura
1ª. Inoculação	05/novembro/1998	V4 ¹
2ª. Inoculação	13/novembro/1998	V4 e R5 ²
3ª. Inoculação	20 e 28/novembro/1998	V4 e R6 ³

¹V4 (terceira folha trifoliolada)

²R5 (emissão dos botões florais)

³R6 (abertura das primeiras flores)

Fonte¹⁻²⁻³ Michaels (1991)

4.2.5.3 Ensaios de verão de 1998

O ensaio do verão de 1998 foi desenvolvido nos campos experimentais da Estação Experimental Agroindustrial Obispo Colombes, localizado em El Colmenar, Tucumán, Argentina. A semeadura das cultivares Carioca e Tuc-180

foi realizada no dia 13 de fevereiro de 1998.

O preparo do campo, área semeada para cada cultivar, características das parcelas e tratamentos foram idênticos aos efetuados no ensaio de primavera do ano anterior (item 4.3.5.2), exceto pelo número de plantas avaliadas por parcela, sendo estas em número de quatro. As inoculações de cada tratamento seguiram a representação da Tabela 4. As aplicações na parcela controle mantiveram o mesmo delineamento que do ensaio de primavera de 1997 (item 4.3.5.1). As datas das avaliações foram 18/03/98, 25/03/98, 01/04/98, 20/04/98, 28/04/98, 08/05/98, 26/05/98 e 29/05/98, sendo estas aos 31, 38, 45, 52, 59, 67 e 77 DAP, respectivamente. A colheita deste experimento deu-se em 8 de junho de 1998. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com três repetições.

Tabela 4. Datas das inoculações e respectivos estádios fenológicos da cultura do experimento de quantificação de danos de *X. axonopodis* pv. *phaseoli*. Ensaio de verão de 1998. El Colmenar, Tucumán, Argentina.

Tratamentos	Data	Estádio da cultura
1 ^a . Inoculação	06/março/1998	V4 ¹
2 ^a . Inoculação:	18/março/1998	V4 e R5 ²
3 ^a Inoculação	24 e 25/março/1998	V4 e R6 ³

¹V4 (terceira folha trifoliolada)

²R5 (emissão dos botões florais)

³R6 (abertura das primeiras flores)

Fonte¹⁻²⁻³ Michaels (1991)

4.2.6 Avaliação da severidade da doença e níveis de injúria

Para avaliação da severidade do crestamento bacteriano comum foi elaborada uma escala diagramática com oito níveis, correspondente a 0,97% para o nível inferior e 51% para o superior e os intermemediários de 1,9; 3,3; 8,0; 12,0; 22,0 e 31,0 (Capítulo 1).

Durante ensaio preliminar, tentou-se obter parcelas com diferentes níveis de severidade variando a concentração de inóculo, mas este método não permitiu evidenciar diferenças entre os tratamentos. Maior sucesso foi obtido variando as freqüências de inoculação, segundo os esquemas mencionados anteriormente.

4.2.7 Método da planta individual

Considerou-se como parcela útil as três linhas centrais, deixando como bordadura as cinco restantes. Nesta área útil foram marcadas seis plantas, duas por sulco, espaçadas a dois metros entre si. Semanalmente foram medidos, com o auxílio de régua, o folíolo central de todo trifólio de todas as plantas marcadas. Cada um destes trifólios foram individualizados com etiqueta numerada. As avaliações iniciaram-se no estágio V3/V4 (Michaels, 1991), sendo aos 31, 31 e 27 DAP para os ensaios de primavera de 1997, verão de 1998 e primavera de 1998 (cv. Carioca), respectivamente e 31 e 27 DAP para os ensaios de primavera de 1997 e verão de 1998, respectivamente (cv. Tuc-180).

4.2.8 Avaliação do hospedeiro

A estimativa da área foliar ($LA\text{ cm}^2$), foi realizada através do método proposto por lamauti (1995), que consistiu em medir, com o auxílio de régua, o folíolo central de cada trifólio. Os intervalos das medições variaram de 7 a 9 dias. Estes dados serviram para calcular a área foliar total de acordo com a equação proposta por lamauti (1995) ($R^2=0,95$).

$$AF = 2,137094 * [(LFC)^{1.96418}] + (-2.701269) \quad (1)$$

onde AF = área foliar; LFC = largura do folíolo central

4.2.9 Análise dos dados

Os ensaios de campo forneceram uma série de parâmetros básicos sobre a doença e o hospedeiro, que foram determinados diretamente: a severidade do

crestamento bacteriano comum e as variáveis derivadas: área sob a curva de progresso da doença (*AUDPC*), área foliar doente de cada planta marcada, índice de área foliar (*LAI*), duração da área foliar sadia (*HAD*) e absorção da área foliar sadia (*HAA*).

4.2.9.1 Cálculo de *AUDPC* (área sob a curva de progresso da doença)

Para o cálculo da *AUDPC* foi necessário calcular a área foliar total e a quantidade total da doença, efetuando-se a somatória dos valores da área foliar e da quantidade de doença de cada planta. Com estes valores, calculou-se a área sob a curva de progresso da doença (*AUDPC*) de acordo com a equação

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

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

4.2.9.2 Cálculo de *LAI* sadio, *HAD* e *HAA*

Para o cálculo do *LAI* sadio foi utilizada a seguinte equação:

$$LAI \text{ sadio} = LAI_i (1 - x_i) \quad (3)$$

onde LAI_i é o índice de área foliar no tempo t_i e x_i é o tecido doente no tempo t_i . Após o cálculo do *LAI*, calcula-se a variável derivada *HAD*, utilizando-se a seguinte equação:

$$HAD = \sum_{i=1}^{n-1} \{ [LAI_i (1 - x_i) + LAI_{i+1} (1 - x_{i+1})] / 2 \} (t_{i+1} - t_i) \quad (4)$$

onde LAI_i é o índice de área foliar no tempo t_i e x_i representa o tecido doente, no tempo t_i .

A variável *HAA* considera a energia absorvida pela respectiva área foliar. Os valores de radiação foram fornecidos pela Estação Meteorológica da EEAO, Las Talitas, em Tucumán, em cal/cm/dia e transformados para MJm⁻² de acordo

com a fórmula:

$$\text{Radiação} = (\text{cal/cm/dia} \times 4,186 \times 10,000/1,000000) \quad (5)$$

Na equação foram incluídos os valores médios de radiação calculados entre os intervalos das avaliações. *HAA* foi calculado através da equação

$$HAA = \sum_{i=1}^{n-1} I_i \{ \{ (1 - x_i) [1 - \exp(-kLAI_i)] + (1 - x_{i+1}) [1 - \exp(-kLAI_{i+1})] \} / 2 \} (t_{i+1} - t_i) \quad (6)$$

onde LAI_i é o índice de área foliar no tempo t_i ; x_i representa o tecido doente correspondente no tempo t_i ; k é o coeficiente de extinção (=0,7 para o feijoeiro, Miglioranza, 1992) e I é a radiação (MJ.m^{-2}).

4.2.10 Determinação da produção

A partir de cada planta marcada, no final do ciclo da cultura, foram determinadas as variáveis da produção: peso (g/m^2) dos grãos de cada planta e número de vagens de cada planta.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Eficiência do método de inoculação e descrição das curvas de progresso do CBC

As curvas de progresso do crestamento bacteriano comum, nos ensaios realizados na primavera de 1997 e 1998 e verão (1998) para os cultivares Carioca e Tuc 180, estão representadas na Figura 3. No ensaio de primavera de 1997, os primeiros sintomas foram visualizados 15 dias após a inoculação. A severidade da doença aumentou rapidamente após os 65 dias do plantio, atingindo níveis máximos aos 80 DAP, com 13% para o tratamento com três inoculações com areia e 7% para o tratamento com duas inoculações e com areia. Para o tratamento T1 (três inoculações sem areia) e C (com controle químico), os níveis máximos de severidade foram de 5,5 e 3,0%, respectivamente, aos 85

DAP. Nos tratamentos T2 e T3 observou-se um rápido decréscimo na severidade gerado por uma forte desfolha, em virtude de fatores externos à doença (mecânicos). Neste ensaio verificou-se que a doença ocorreu com maior intensidade no final do ciclo, no estágio R8 (enchimento de vagens), sendo um dos fatores pelo qual a área foliar sadia não foi afetada e a redução na produção (1%) foi baixa, como descrito mais adiante. A demora para atingir os níveis máximos de severidade neste ensaio possivelmente foi devida às condições climáticas não favoráveis para o desenvolvimento da doença, uma vez que a média de temperatura na primavera ficou em torno de 20°C.

No ano seguinte, quando realizou-se um outro ensaio com a mesma cultivar e na mesma localidade, obteve-se níveis menores de severidade (máximo de 8%), apesar dos primeiros sintomas terem aparecido mais cedo que no ano anterior (35 DAP). A diminuição dos níveis de severidade deve ser devido às condições ambientais desfavoráveis, igualmente ao ensaio anterior. Neste ensaio, os tratamentos foram melhor evidenciados, possivelmente pela maior experiência adquirida no método de inoculação. As curvas de progresso do cretamento bacteriano comum para a cultivar Tuc-180 seguiram um padrão semelhante às da cultivar Carioca, aumentando progressivamente até o final do ciclo. O aparecimento dos sintomas no cv. Tuc-180 deu-se mais precocemente do que no Carioca, fato este atribuído à maior suscetibilidade e ao ciclo mais curto desse cultivar. Assim, no experimento de primavera de 1997, o aumento dos sintomas foi observado aos 53 DAP (16% para tratamento 4) e para o ano seguinte aos 45 DAP, atingindo-se 11%.

Figura 3. Curvas de progresso do crestamento bacteriano comum do feijoeiro, onde **T1**: três inoculações com *X. axonopodis* pv. *phaseoli* (sem areia); **T2**: duas inoculações com *X. axonopodis* pv. *phaseoli* (com areia); **T3**: três inoculações com *X. axonopodis* pv. *phaseoli* (com areia) e **C**: controle (cúprico e agrimicina). El Colmenar-Tucuman-Argentina.

No verão de 1998, quando as condições climáticas favoreceram o desenvolvimento da doença, a severidade atingiu aproximadamente 23% aos 55 DAP. Sabe-se que o crestamento bacteriano comum é uma doença que desenvolve-se em condições de clima quente e úmido (Sutton & Wallen, 1970), ocasionando maiores danos a 28°C do que a temperaturas inferiores (Goss, 1940; Patel & Walker, 1963). Em todos os ensaios constatou-se que o aumento da severidade do crestamento bacteriano comum atingiu o máximo aos 80 DAP, para o cv. Carioca, e aos 70 DAP, para o cv. Tuc-180.

O uso do jato de areia seguido da pulverização com a suspensão bacteriana mostrou-se um método de inoculação eficiente no estabelecimento do crestamento bacteriano comum no feijoeiro em condições de campo, não só conseguindo-se diferenças entre os tratamentos, como também atingindo níveis de severidade de até 60%. Faria & Melo (1989) constataram a praticidade deste método de inoculação em condições de campo, sugerindo duas a três vezes a repetição da inoculação, antes do início da floração, para garantir maior severidade da doença. A concentração bacteriana utilizada neste experimento foi suficiente para estabelecer a doença no campo. Com este método de inoculação e a concentração de inóculo de 10^9 ufc/mL, Zapata et al. (1985) conseguiu o estabelecimento da doença em condições de campo e verificou o aparecimento dos sintomas aos sete dias após a inoculação.

O progresso da doença também pode ser estimado através da área sob a curva de progresso da doença (*AUDPC*) (Vanderplank, 1963). Neste trabalho, observou-se uma distribuição contínua entre os valores de *AUDPC* para todos os ensaios, ou seja, as plantas apresentaram diferentes áreas sob a curva de progresso da doença, condições estas necessárias para o estabelecimento de uma função de dano (Figura 4).

Figura 4. Valores individuais da *AUDPC* nas 72 plantas da cultivar de feijão Carioca e Tuc-180 nos ensaios de El Colmenar-Tucumán-Argentina.

Para a cultivar Carioca (primavera-1997), observou-se que os valores da *AUDPC* variaram entre 0 a 500 unidades de área, embora a maioria das plantas tenha se concentrado entre 0 e 250. No ano seguinte, os valores da *AUDPC* ficaram entre 0 e 300. Esta redução entre os anos de 1997 e 1998 deu-se devido as condições edafoclimáticas desfavoráveis ao desenvolvimento da doença.

Para a cultivar Tuc-180, atingiu-se valores da *AUDPC* ligeiramente maiores. Durante o experimento de primavera de 1997, variaram entre 0 e 450 unidades de área. No ano seguinte, a *AUDPC* atingiu até 600 unidades de área, concentrando-se nos valores de 0 a 350. No verão, como já era esperado, alcançou-se valores superiores a 900 unidades de área.

Ao correlacionar-se a *AUDPC* de todos os ensaios com os componentes da produção (Figuras 5 e 6), gramas/m² e número de vagens/planta, constatou-se que para a cultivar Carioca, nos ensaios de primavera de 1997 e 1998, não houve correlação. Para a cultivar Tuc-180 observou-se uma ligeira tendência exponencial para o ensaio de primavera de 1997 e 1998, tendência não constatada no ensaio de verão de 1998.

A falta de relação entre a produção e a *AUDPC* é bastante comum para os patossistemas do feijoeiro, como encontrado por Carneiro (1995) e Godoy (1995), para *Phaeoisariopsis griseola*, Iamauti (1995), para *Uromyces appendiculatus* e Nunes (1994), para *Colletotrichum lindemuthianum*. A justificativa para este comportamento foi enunciada por Waggoner & Berger (1987), que citaram que a variável *AUDPC* não nos fornece a informação a respeito do tamanho e da duração da área foliar da planta e da insolação absorvida por esta área foliar. Assim, plantas com a mesma severidade mas com a área foliar diferente apresentam potenciais distintos da produção.

Figura 5. Relação entre *AUDPC* e produção (gramas/m²) nas 72 plantas avaliadas da cultivares de feijão Carioca e Tuc-180 nos ensaios de El Colmenar-Tucumán- Argentina.

Figura 6. Relação entre *AUDPC* e produção (vagens/planta) nas 72 plantas avaliadas da cultivares de feijão Carioca e Tuc-180 nos ensaios de El Colmenar-Tucumán-Argentina.

Carneiro (1995) indica que esta falta de correlação entre os componentes da produção e *AUDPC* provavelmente seja devida a diferentes fatores como: a variação da área doente durante o ciclo da cultura; plantas maiores, por possuírem maior tecido foliar, podem suportar maiores intensidades de doença; a intensidade de doença avaliada pela *AUDPC* não fornece estimativas da quantidade de tecido sadio disponível; epidemias de duração e intensidade diferentes podem levar a valores de *AUDPC* semelhantes, afetando a planta em diferentes estádios de desenvolvimento e acarretando danos diferentes.

Ao contrário da falta de correlação observada no patossistema em estudo, Yoshii et al. (1976), observaram que a produção do feijoeiro esteve negativamente correlacionada com a incidência do cretamento bacteriano comum ($R^2 = 0,736$). A perda da produção estimada foi de 22% para infecção natural e de 45% para inoculações artificiais. Canteri (1998) também desvendeu relação entre *AUDPC* e produção para o patossistema *Phaeoisariopsis griseola*-feijão.

4.3.2 Abordagem de danos baseada na área foliar sadia das plantas

Para melhor visualizar as diferenças entre as plantas e determinar o efeito da doença na área foliar, selecionaram-se arbitrariamente três grupos de plantas, baseados nos valores de *AUDPC*: <150 unidades, entre 150 e 300 e >300 (Figura 7 e 8). Observou-se no ensaio de primavera de 1997 e 1998 (cv. Carioca), ao contrário do esperado, que as plantas mais doentes (maior *AUDPC*) apresentaram os maiores índices de área foliar sadio e as que tiveram menor *AUDPC* apresentaram menores valores de LAI sadio.

Figura 7. Efeito do crestamento bacteriano comum sobre a área foliar sadia do feijoeiro cv. Carioca para os ensaios de primavera de 1997 e 1998. El Colmenar- Tucumán. Argentina

Figura 8. Efeito do crestamento bacteriano comum sobre a área foliar sadia do feijoeiro cv. Tuc-180 nos ensaios de primavera de 1997 e 1998. El Colmenar- Tucumán. Argentina

O efeito do crestamento bacteriano comum nas variáveis da área foliar sadia (*LAI* sadio e *HAD*) foi melhor evidenciado no ensaio que envolveu o cv. Tuc-180, como observado na Tabela 5 e Figura 8. Durante o ensaio da primavera de 1997, as plantas com menor *AUDPC* apresentaram o *LAI* sadio maior, acarretando um *HAD* maior e por conseguinte uma produção maior quando comparadas com as 20 plantas mais doentes. Porcentualmente isto significou que se os valores médios de *HAD* para o grupo menos doente foi de 125 e para o mais doente 86, estas diferenças representam um decréscimo de *HAD* de 31% do grupo mais doente em relação ao mais sadio. No ano seguinte o comportamento foi semelhante ao anterior (decréscimo de *HAD* de 26%). Já no verão não foi evidenciado nenhuma diferença entre a produção, devido a pouca variação do *LAI* sadio entre plantas.

Durante este trabalho, constatou-se uma característica desta doença, ou seja, a ausência da desfolha. Este fato foi destacado nas curvas de progresso do índice de área foliar sadio ao não se observar diferença entre a queda das curvas do *LAI* sadio, apesar de Wallen & Jackson (1975) terem observado, no mesmo patossistema, que entre a quinta e a sexta avaliação iniciou-se uma desfolha prematura por motivo da infecção. Godoy (1995), ao observar a influência da desfolha causada pela mancha-angular na produção do feijoeiro, constatou que o *LAI* sadio das plantas sadias aumentou até a quinta avaliação (54 DAP), sendo que nas plantas mais doentes esta queda foi observada na quarta avaliação (49 DAP) devido a um processo de desfolha precoce em relação ao ciclo da cultura. Na última avaliação, a autora constatou um *LAI* sadio muito inferior ao das plantas sadias. Madeira et al. (1988), analisando o patossistema *Ascochyta fabae-Vicia faba*, observaram que parcelas com plantas infectadas mostraram uma queda mais acentuada no índice de área foliar do que nas parcelas de plantas sadias, sugerindo a senescência precoce. A aceleração da senescência das folhas já tem sido apontada como uma das maiores causas da redução da área foliar verde em alguns patossistemas, como a pinta preta e a murcha causada por *Verticillium* em

batata (Johnson et al. 1987) e a mancha foliar em alfalfa causada por *Stemphyllum botryosum* (Basu, 1976).

Tabela 5. Efeito do crestamento bacteriano comum no *LAI* sadio e *HAD* nas 20 plantas do feijoeiro cv. Tuc-180 mais sadias e 20 mais doentes para os ensaios de primavera e verão. Las Talitas, Tucumán. Argentina.

	<i>LAI</i> Sadio (última avaliação)	<i>HAD</i>	<i>AUDPC</i>	Produção (g/m ²)
Primavera-1997				
20 plantas com <i>AUDPC</i> < 150	1,9 *	125,0*	58,0*	181,0*
20 plantas com <i>AUDPC</i> > 300	0,77	86,0	256,0	134,0
Primavera-1998				
20 plantas com <i>AUDPC</i> > 150	1,61	81,9	88,2	253,0
20 plantas com <i>AUDPC</i> < 300	1,31	61,0	302,4	206,0
Verão -1998				
20 plantas com <i>AUDPC</i> < 150	0,57	67,5	140,0	207,0
20 plantas com <i>AUDPC</i> > 300	0,67	73,0	535,0	207,0

*Média de 20 plantas

Rotem et al. (1983b) concluíram que a avaliação da área sadia é mais adequada para trabalhos de estimativa de danos, uma vez que fornece uma visão melhor sobre os fatores que afetam a cultura e a doença.

4.3.3 Determinação de danos baseados na *HAD* e *HAA*

Procurou-se encontrar uma relação funcional entre os componentes da

produção (vagens/planta e g/m^2) de cada planta com as variáveis de área foliar sadia (*HAD* e *HAA*), já que quando utilizou-se a severidade como preditor da produção não se conseguiu correlação. Nas Figuras 9 e 10 estão representadas as variações da produção em relação a estas variáveis, considerando-se as duas cultivares (Carioca e Tuc-180). Os melhores ajustes para a produção (g/m^2) foram obtidos com a duração da área foliar (*HAD*). Tais ajustes forneceram altos coeficientes de determinação, principalmente por se tratar de ensaios de campo com plantas individuais (Madden, 1983). Para ambos os cultivares, os coeficientes de determinação variaram de 0,83% para o melhor ajuste e de 0,66% para o pior. No caso das vagens/planta estes coeficientes foram superados, sendo o maior de 0,87% e o inferior de 0,70%.

A relação linear encontrada entre a variável *HAD* e os componentes da produção coincide com as encontradas para os patosistemas *Colletotrichum lindemuthianum*-feijão (Nunes, 1996; Gianasi 1999), *Phaeoisariopsis griseola*-feijão (Godoy, 1995; Carneiro 1995) e *Uromyces appendiculatus*-feijão (Iamauti, 1995). Esta linearidade pode ser explicada pelo hábito de crescimento indeterminado do feijoeiro, não se aplicando às culturas com crescimento determinado (Bergamin & Amorim, 1996).

Segundo Portes (1988), quanto maior a área foliar do feijoeiro, maior a interceptação da luz e conseqüentemente maior produção de matéria seca e de grãos, concordando com os resultados obtidos durante este experimento, já que na cultivar Carioca encontrou-se um *LAI* maior que 6,0 e uma produção de 350-500 g/m^2 . Em relação ao cv. Tuc-180, *LAI* foi igual a 4 e a produção de 100-350 g/m^2 . Godoy (1995) constatou diferenças na produção entre as duas cultivares estudadas (Carioca e Rosinha). A cv. Carioca, por apresentar durante o experimento uma menor área foliar, teve uma menor produção.

Figura 9. Relação entre a produção (g/m^2) e a variável *HAD* nas cultivares Carioca e Tuc-180 do feijoeiro nos ensaios de primavera de 1997 e 1998 e verão de 1998. El Colmenar- Tucumán. Argentina.

Figura 10. Relação entre a produção (vagens/planta) e a variável *HAD* nas cultivares Carioca e Tuc-180 do feijoeiro nos ensaios de primavera de 1997 e 1998 e verão de 1998. El Colmenar- Tucumán. Argentina.

Quando foi plotada a absorção da área foliar (*HAA*) com produção (g/m^2) (Figura 11), observou-se que os coeficientes de determinação variaram de 0,53% a 0,79%. Para vagens/planta (Figura 12), estes coeficientes variaram de 0,51 a 0,82. Godoy (1995), para o patossistema *Phaeoisariopsis griseola*-feijão, e Iamauti (1995), para *Uromyces appendiculatus* - feijão, descrevem uma curva exponencial para a relação entre *HAA* e produção. Este fato pode ser decorrente das relações fonte-dreno, presente na cultura do feijoeiro, como propõe Silva et al. (1998).

Os melhores ajustes para os dados da produção no patossistema em estudo foram obtidos com a variável *HAD*, ao contrário dos resultados obtidos para os demais patossistemas estudados do feijoeiro, onde o melhor ajuste para os valores da produção foram obtidos quando correlacionou-se a variável *HAA*, como demonstrado nos trabalhos de Carneiro (1995), Godoy (1995), Iamauti (1995) e Nunes (1994). Silva et al. (1998) observaram que os coeficientes resultantes da regressão entre *HAA* e produção foram inferiores, semelhante ao observado neste trabalho. Os autores suportam a idéia que maiores considerações sobre a fisiologia da planta podem levar a melhores resultados da relação entre *HAA* e produção. O conceito de *HAA* faz com que seja atribuída importância diferenciada às áreas foliares presentes em cada avaliação, de acordo com a quantidade de irradiação disponível para as plantas. Resta saber se a diferença em absorção nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura têm 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.

Lopes et al. (1994) indicam que um sistema transportável capaz de gerar recomendações precisas e acuradas a nível de propriedade é o principal objetivo a ser alcançado com a adoção desta nova abordagem de quantificação de danos.

Carioca **Tuc -180**

Figura 11. Relação entre a produção (g/m^2) e a variável *HAA* nas cultivares Carioca e Tuc-180 do feijoeiro nos ensaios de primavera de 1997 e 1998 e verão de 1998. El Colmenar- Tucumán. Argentina.

Carioca **Tuc -180**

Figura 12. Relação entre a produção (vagens/planta) e a variável *HAA* nas cultivares Carioca e Tuc-180 do feijoeiro nos ensaios de primavera de 1997 e 1998 e verão de 1998. El Colmenar- Tucumán. Argentina.

5 QUANTIFICAÇÃO DO EFEITO DE *Xanthomonas axonopodis* PV. *phaseoli* NA EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA E NA PRODUÇÃO DO FEIJOEIRO

5.1 INTRODUÇÃO

O crestamento bacteriano comum do feijoeiro, causado por *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* (Smith) Dye, é a principal doença bacteriana da cultura do feijoeiro. Danos de 38% e 45% já foram relatados na literatura (Wallen & Jackson, 1975; Yoshii et al, 1976). Goodwin (1992) considera que a redução da eficiência fotossintética das plantas doentes é a causa principal dos danos causados pela bactéria.

Waggoner & Berger (1987), baseados nos estudos clássicos de Monteith (1972), propuseram que a produção de grãos ou matéria seca é função, em grande parte, da área verde (sadia) fotossintetizante da planta e não da área ocupada pelo patógeno (o mesmo que severidade de doença). Johnson (1987) refinou ainda mais esse conceito ao propor que a produção é função não só da área foliar sadia (e da radiação absorvida por ela), mas também de sua eficiência fotossintética.

Os fitopatógenos podem afetar a eficiência fotossintética de seus hospedeiros de diversas maneiras (Johnson, 1987; Shtienberg, 1992). Bastiaans (1991) propôs um modelo para quantificar esse efeito: $P_x/P_0=(1-x)^\beta$, onde P_x é a fotossíntese líquida da folha com severidade x , P_0 é a fotossíntese líquida média das folhas saudias, x é a severidade da doença e β expressa a relação entre lesão virtual e lesão visual. Valores de β iguais à unidade indicam que o patógeno não

afeta a eficiência fotossintética; valores de β superiores à unidade indicam reduções na eficiência fotossintética. Lopes (1999) ressaltou a conveniência de incorporar a lesão virtual em modelos de danos. O valor de β característico de cada patossistema, assim, poderia funcionar como um corretivo da severidade.

Este trabalho, portanto, teve como objetivos a quantificação do parâmetro β para os cultivares IAC-Carioca e Rosinha infectados por *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* e a correção dos valores de severidade obtidos com auxílio de escala diagramática, com o intuito de definir modelos de danos (ou de produção) mais precisos para o crestamento bacteriano comum do feijoeiro.

5.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Dois experimentos de campo foram conduzidos com as cultivares de feijão IAC-Carioca e Rosinha. O primeiro foi semeado em 13/12/1996 e o segundo em 28/12/96. Práticas culturais, como capina e irrigação, foram realizadas conforme a necessidade. Para cada cultivar, foi semeada uma área de 400 m². Cada área continha 12 parcelas (4 tratamentos com 3 repetições por cultivar). Os tratamentos foram T1=sem inoculação; T2=uma inoculação; T3=duas inoculações; T4= três inoculações. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, sendo cada parcela constituída de 6 sulcos com 6 metros de comprimento, espaçados de 0,5 m. A densidade do plantio foi 12 plantas por metro linear, utilizando-se como área útil as duas linhas centrais, nas quais foram marcadas seis plantas, duas por sulco, espaçadas de dois metros entre si, totalizando 36 plantas de cada cultivar para cada um dos dois experimentos. Todas as avaliações foram realizadas nas plantas marcadas.

5.2.1 Inóculo, concentração do patógeno e inoculação

O isolado utilizado foi o Xp-CNF-15, fornecido pelo CNPF-EMBRAPA de Goiânia. Utilizou-se uma concentração de inóculo de 10^8 ufc/mL. A inoculação foi realizada quando as plantas apresentavam o primeiro trifólio completamente expandido (estádio V3/V4). O inóculo foi aplicado no final da tarde, com irrigação prévia de 30 minutos para garantir um microclima úmido para a multiplicação e posterior penetração da bactéria. Ferimentos foram feitos nas plantas por meio de pulverização com areia e posterior abrasão das folhas com lixa de madeira (grão médio). Após esse procedimento, aplicou-se a suspensão bacteriana por meio de pulverização com alta pressão. (Figura 1)

Figura 1. Vista geral do método de inoculação empregado nos experimentos 1 e 2, durante a safra "das águas". Piracicaba - São Paulo.

5.2.2 Avaliação do crestamento bacteriano comum

Para quantificar o crestamento bacteriano comum foi empregada escala diagramática desenvolvida por Díaz & Bassanezi (dados não-publicados). Estimou-se a severidade da doença (%) para todas as folhas das plantas marcadas, a intervalos semanais. Com os dados de severidade ao longo do tempo calculou-se a área sob a curva de progresso da doença (*AUDPC*) pelo método de integração trapezoidal.

Avaliação do hospedeiro e determinação da função de produção

A estimativa da área foliar (*LA*, cm²) foi realizada por meio da equação proposta por lamauti (1995):

$$AF = 2,137094 * ((LFC)^{1.96418}) - 2.701269$$

onde *AF*= área foliar e *LFC*=largura maior do folíolo central.

As avaliações foram feitas a intervalos de 7 a 9 dias, totalizando de 6 a 7 avaliações, dependendo da cultivar. Com base no estande final da parcela útil e na área foliar da planta, calculou-se o índice de área foliar (*LAI*) de cada planta, para cada data de avaliação. Os valores de duração da área foliar sadia (*HAD*) foram calculados segundo a equação (Waggoner & Berger, 1987):

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

onde *LAI_i* é o índice de área foliar no tempo *t_i* e *x_i* representa o tecido doente, considerando a lesão visual no tempo *t_i*. O valor de β foi incorporado ao cálculo de *HAD* substituindo-se (1-*x_i*) por *Y_i*=1-(1-*x_i*)^β, onde *Y_i* é a lesão virtual no tempo *t_i* e *x_i* é a lesão visual no tempo *t_i* (Bassanezi, 2000).

5.2.3 Determinação da lesão virtual

Com o início do aparecimento dos sintomas, foram iniciadas as avaliações, sempre no mesmo horário, para a determinação da relação entre

severidade da doença e taxa fotossintética, utilizando-se o equipamento *LI-6400 Portable Photosynthesis System* (LICOR), (Figura 2). Foram escolhidas folhas de mesmo tamanho e idade fisiológica com diferentes níveis de severidade da doença. Após cada avaliação as folhas foram destacadas e a região do folíolo central que estava dentro da câmara de trocas gasosas foi marcada com auxílio de uma moldura. A área lesionada foi desenhada em plástico transparente e a severidade da doença nessa região foi estimada com auxílio de medidor de área foliar *LI-3000* (LICOR). Considerou-se como área lesionada qualquer área da folha com tecido necrótico, incluindo o halo clorótico ao redor. Os valores de β foram estimados por regressão não-linear, utilizando-se o programa STATISTICA (StatSoft, Tulsa, E.U.A.) e a equação $P_x/P_0=(1-x)^\beta$ (Bastiaans, 1991). O teste t (Campbell & Madden, 1990) foi realizado para verificar se os valores de β diferiram da unidade.

Figura 2. Equipamento *LI-6400 Portable Photosynthesis System*, utilizado na determinação da relação entre severidade da doença e taxa fotossintética.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições ambientais (temperatura do ar, concentração de CO₂, umidade relativa e intensidade da radiação fotossinteticamente ativa) de ambos os experimentos, assim como os valores máximos e médios de severidade da doença, AUDPC e produção, encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Condições ambientais (temperatura, concentração de CO₂, umidade relativa, PAR-radiação fotossinteticamente ativa), severidade, AUDPC e produção dos experimentos 1 e 2 (máx.=máxima; méd.=média). Safra das águas de 1997, Piracicaba, São Paulo.

Experimento e cultivar	Temperatura (°C)		Concentração de CO ₂ (ppm)		Umidade relativa (%)		PAR (μmol.m ⁻² .s ⁻¹)		Severidade (%)		AUDPC		Produção (g/m ²)	
	Máx.	Méd.	Máx.	Méd.	Máx.	Méd.	Máx.	Méd.	Máx.	Méd.	Máx.	Méd.	Máx.	Méd.
1 - IAC Carioca	43,2	40,3	423	364	57	36	2233	1807	14,0	9,55	307	114	634	420
1 - Rosinha	43,2	40,3	423	364	57	36	2233	1807	19,0	13,6	505	209	552	209
2 - IAC Carioca	42,7	40,6	395	366	74	46	2264	1758	11,6	9,25	401	157	408	278
2 - Rosinha	42,7	40,6	395	366	74	46	2264	1758	10,9	8,7	377	202	345	199

Os valores estimados do parâmetro β da equação $P_x/P_0=(1-x)^\beta$ (Bastiaans, 1991), levando-se em conta os dois experimentos, foram de $3,19 \pm 0,14$ ($R^2=0,84$) para a cultivar IAC-Carioca e $3,08 \pm 0,18$ ($R^2=0,71$) para a cultivar Rosinha (Figura 3). Ambos foram maiores que 1 ($P<0,001$), indicando que o patógeno reduz a taxa fotossintética nos tecidos verdes remanescentes das folhas infectadas, o que está de acordo com Goodwin (1992), que relatou $\beta=2,68 \pm 0,22$ ($R^2=0,59$) para o mesmo patossistema (cultivar Sprint).

Bastiaans (1991) relata $\beta=3,0$ para o patossistema arroz-*Magnaporthe grisea*. Outros patossistemas, segundo o mesmo autor, apresentam valores

maiores (trigo-*Erysiphe graminis*, $\beta=8,7$) e menores (trigo-*Puccinia recondita*, $\beta=1,2$) para esse parâmetro.

No caso específico de outras doenças do feijoeiro, Bassanezi (2000) determinou valores de β de 2,17, 3,81 e 7,97 para ferrugem, mancha-angular e antracnose, respectivamente. Lopes (1999) relata valores de β semelhantes àqueles encontrados por Bassanezi (2000) para ferrugem e antracnose.

Não houve diferença significativa para os valores de β entre variedades (IAC-Carioca e Rosinha). Bastiaans & Roumen (1993) também não detectaram diferença entre valores de β para três cultivares de arroz infectadas por *Magnaporthe grisea* (*Pyricularia grisea*). Bassanezi (2000), trabalhando com três doenças do feijoeiro (ferrugem, antracnose e mancha-angular), duas cultivares (Carioca e Rosinha), diferentes estádios de desenvolvimento do hospedeiro e diferentes temperaturas, só detectou diferenças significativas no valor de β para as diferentes doenças. Lopes (1999) observou que o estresse nutricional teve pouco impacto sobre os valores de β para folhas de feijoeiro com ferrugem e antracnose. O parâmetro β , portanto, parece ser bastante robusto, característico de cada patossistema, e não-influenciável por variações de ambiente, estádio de desenvolvimento ou condição nutricional do hospedeiro. Fatores de estresses abióticos que poderiam afetar a fotossíntese das folhas também afetam, simultaneamente e do mesmo modo, o desenvolvimento da doença e o aparecimento de sintomas (Lopes, 1999; Bassanezi, 2000).

Produção (g/m^2) e AUDPC não apresentaram correlação entre si (dados não-apresentados), fato já demonstrado para diversas doenças do feijoeiro (Iamauti, 1995; Nunes & Bergamin Filho, 1996; Bergamin Filho et al., 1997; Carneiro et al., 1997). A incorporação de β nas estimativas de severidade da doença não alterou os resultados (dados não-apresentados). Um dos motivos para a não-correlação entre severidade e produção deve ser a característica de crescimento indeterminado das cultivares de feijoeiro empregadas neste trabalho

(Bergamin Filho et al., 1997). Para hospedeiros de crescimento determinado geralmente há boa correlação entre severidade de doença e produção (Lopes et al., 1994; Bergamin Filho et al., 1995).

Produção e *HAD*, ao contrário, correlacionaram-se linearmente tanto para IAC-Carioca quanto para Rosinha (Figura 4), com altos coeficientes de determinação (0,78 e 0,76 para IAC-Carioca e 0,76 e 0,66 para Rosinha, experimentos 1 e 2, respectivamente). Esse fato já havia sido relatado para outras doenças do feijoeiro (Iamauti, 1995; Nunes & Bergamin Filho, 1996; Bergamin Filho et al., 1997; Carneiro et al., 1997; Silva et al., 1998) e é de ocorrência comum para diversos patossistemas (Lopes et al., 1994; Bergamin Filho et al., 1995).

A incorporação de β ao cálculo de *HAD*, ao contrário do esperado, não contribuiu para melhorar o ajuste do modelo aos dados (Figura 4), produzindo coeficientes de determinação praticamente idênticos (0,78 vs. 0,78 e 0,76 vs. 0,75 para IAC-Carioca; 0,76 vs. 0,76 e 0,66 vs. 0,68 para Rosinha, com e sem β , experimentos 1 e 2, respectivamente). Também para os coeficientes angulares das retas, a incorporação de β não alterou significativamente os resultados (Figura 2): 1,39 e 1,38, com e sem β , para IAC-Carioca, experimento 1; 0,95 e 0,95, com e sem β , para IAC-Carioca, experimento 2; 2,63 e 2,53, com e sem β , para Rosinha, experimento 1; 1,62 e 1,75, com e sem β , para Rosinha, experimento 2.

Resultados semelhantes a esses foram relatados recentemente por Bassanezi (2000) para três doenças do feijoeiro (ferrugem, mancha-angular e antracnose). Somente quando a severidade da doença era elevada desde poucos dias após o plantio até a colheita é que a incorporação de β no cálculo do *HAD* melhorou os valores de R^2 . O trabalho de Bassanezi (2000), com três doenças fúngicas do feijoeiro, e os dados apresentados neste trabalho, com o cretamento bacteriano comum do feijoeiro, são os primeiros publicados na literatura que

incorporam o parâmetro β no cálculo de *HAD*. Estudos adicionais são necessários antes que se possa construir uma moldura conceitual que explique os resultados encontrados. O aumento da eficiência fotossintética das folhas sadias de plantas doentes, não-quantificado nesses estudos, pode ser área promissora para pesquisa adicional (Stangarlin, 1999). Eficiência maior de folhas sadias de plantas doentes pode anular em parte o efeito da incorporação de β no cálculo de *HAD*, explicando, assim, os resultados aqui relatados.

Figura 3. Relação entre a taxa fotossintética líquida relativa e a severidade do crestamento bacteriano comum em duas cultivares de feijoeiro (IAC-Carioca e Rosinha) em dois experimento (Exp.1 e Exp.2) e no conjunto dos dois experimentos (Exp 1+2). O parâmetro β (relação entre lesão virtual e lesão visual) foi calculado por meio da equação $P_x/P_0=(1-x)^\beta$, onde P_x é a fotossíntese líquida da folha com severidade x , P_0 é a fotossíntese líquida média das folhas sadias e x é a severidade da doença.

Experimento 1

Experimento 2

Figura 4. Relação entre *HAD* (com e sem β) e produção (g/m^2) para as cultivares IAC-Carioca e Rosinha. Círculos cheios indicam valores de *HAD* sem o parâmetro β . Círculos vazios indicam valores de *HAD* com o parâmetro β . Linhas contínuas representam retas de regressão entre os círculos cheios e produção (sem β); a equação da reta e seu coeficiente de determinação aparecem na parte inferior das figuras. Linhas tracejadas representam a reta de regressão entre os círculos vazios e produção (com β); a equação da reta e seu coeficiente de determinação aparecem na parte superior das figuras.

6 CONCLUSÕES

1. A escala diagramática elaborada para avaliar a severidade do crestamento bacteriano comum permite avaliações acuradas, precisas e reprodutíveis; a escala pode ser usada tanto na diferenciação de resistência entre cultivares quanto em estudos epidemiológicos mais refinados;
2. Os valores de *HAD*, comparados aos de *AUDPC* e *HAA*, foram os que melhores se correlacionaram com os componentes da produção (vagens/planta e gramas/m²);
3. A severidade não representou um bom preditor da produção;
4. O crestamento bacteriano comum do feijoeiro tem efeito maior na fotossíntese do que o esperado pela quantidade de lesão visível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGGOUR, A.R; COYNE, D.P.; VIDAVER, A.K.; ESKRIDGE, K.M. Transmission of the common blight pathogen in bean seed. **Journal of the American Society for horticultural Science**, v.114, p.1002-1008, 1989.
- ARP, G.; COYNE, D. P.; SCHUSTER, L. Disease reaction of bean varieties to *Xanthomonas phaseoli* and *Xanthomonas phaseoli* var. *fuscans* using two inoculation methods. **Plant Disease Reporter**, v. 55, p. 577-579, 1971.
- BASSANEZI, R.B.; MARTINS, M.C.; GODOY, C.V.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. Efeito da antracnose na eficiência fotossintética do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, n.4, p.520-524, 1997.
- BASTIAANS, L. Ratio between virtual and visual lesion size as a measure to describe reduction in leaf photosynthesis of rice due to leaf blast. **Phytopathology**, St. Paul, v.81, p.611-615, 1991.
- BASTIAANS, L.; ROUMEN, E.C. Effects on leaf photosynthetic rate by leaf blast for rice cultivars with different types and levels of resistance. **Euphytica**, v.66, p.81-87, 1993.
- BERGAMIN FILHO, A. Avaliação de danos e perdas. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L (Ed) **Manual de Fitopatologia: Princípios e**

conceitos. 3^a ed., São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v.1, cap. 33, p.672-690.

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: Epidemiologia e Controle Econômico**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1996. 299 p.

BERGAMIN FILHO, A.; CARNEIRO, S.M.T.P.; GODOY, C.V.; AMORIM, L.; BERGER, R.D.; HAU, B. Angular leaf spot of *Phaseolus* beans: relationships between disease, healthy leaf area and yield. **Phytopathology**, v.87, p.506-515, 1997.

BERGER, R. D. Measuring disease intensity. In: TENG, P.S.; KRUPA, S.V. (Ed.): **Crop loss assessment**, p. 28-31. Proc. E. C. Stakman Commem. Symp. Misc. Publ. 7, agric. Exp. Stn., University of Minnesota, St. Paul, 1980.

BOOTE, K.J.; JONES, G.H; SMERAGE, C.S; BARFIELD, C.S; BERGER, R.D. Photosynthesis of peanut canopies as affected by leafspot and artificial defoliation. **Agronomy Journal**, v.72, p.247-252, 1980

CAFATI KOMPTZKI, C. Reação de variedades de feijoeiro a *Xanthomonas phaseoli* (E.F.Sm.) Dows. e *Xanthomonas phaseoli* var *fuscans* (Burk.) Starr & Burk. Piracicaba, 1971. 59 p. Dissertação (M.S.)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"- Universidade de São Paulo

CAFATI, C.R; SAETTLER, A.W. Role of non host species as alternate inoculum sources of *Xanthomonas phaseoli*. **Plant Disease Reporter**, v.64, p.194-196, 1980.

- CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley & Sons, 1990. 532 p.
- CAMPBELL, G.S.; NORMAN, J.M. The description and measurement of plant canopy structure. In: RUSSEL, G.; MARSHALL, B.; JARVIS, P.G. (Ed.) **Plant canopies: Their growth, form and function**. Cambridge: University Press, 1989. p.1-19.
- CANTERI, G.M. Uso de medidas da área foliar sadia e refletância no manejo da mancha angular do feijoeiro. Piracicaba, 1998. 81p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" –Universidade de São Paulo.
- CARNEIRO, S.M.T.P.G. Quantificação de danos causados por *Phaeoisariopsis griseola* em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.) no município de Londrina - PR, Piracicaba, 1995. 102 p. Dissertação (M.S.)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"- Universidade de São Paulo.
- CARNEIRO, M.,T.,P.,G.,S.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO , A. Avaliação de dano provocado pela mancha angular em feijoeiro; Relação entre severidade , área foliar e componentes de produção. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, n.3, p.427-431, 1997
- COSTA, A.S. Investigações sobre moléstias de feijoeiro no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FEIJÃO, 1 Campinas, 1971, **Anais**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, v.2, p.305-384, 1972.
- COYNE, D.P.; SCHUSTER, M.L. Differential reaction of pods and foliage of beans (*Phaseolus vulgaris*) to *Xanthomonas phaseoli*. **Plant Disease Reporter**, v.54,

p.278-282, 1974.

DAAMEN, R.A.; JORRITSMA, I.T.M. Effects of podery mildew and weather on winter wheat yield.2. Effects of mildew epidemics. **Netherlands Journal of Plant Pathology**, v.96, p.35-46, 1990.

DUCKMAN, A.N; MASEFIELD, G.B. **Farming systems of the world**. London: Chatto & Windus, 1970.

FARIA, C.J.; MELO, E.P. Inoculação do feijoeiro com *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* em condições de campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, n.8, p.987-990, 1989.

GAUNT, R.E. Measurement of disease and pathogens. In : TENG, P.S. **Crop loss assessment and pest management**. St Paul: APS Press, 1987. cap. 2, p.6-18.

GIANASI, L. Antracnose do feijoeiro: Quantificação de danos e efeito do trifetil acetato de estanho no crescimento do hospedeiro e no progresso da doença. Piracicaba, 1999. 120 p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" –Universidade de São Paulo.

GODOY, C.V. Danos causados pela mancha angular em feijoeiro no Município de Piracicaba, Piracicaba, 1995. 72p. Dissertação (M. S). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" –Universidade de São Paulo.

GODOY, C.V.; CARNEIRO, S. M.T.P.G.; IMAUTI, M.T.; DALLA PRIA; M.; AMORIM, L.; BERGER, R.D.; BERGAMIN FILHO, A. Diagramatic scales for

beans diseases: Development and validation. **Journal of Plant Disease and Protection**, v.104, n. 4, p. 336-345, 1997.

GOODWIN, P.H. Effects of common bacterial blight on leaf photosynthesis of bean. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v.14, p.203-206, 1992.

GOSS, R.W. The relation of temperature to common and halo blight of beans. **Phytopathology**, v.30, p.259-264, 1940.

HAVERKORT, A.J.; BICAMUMPAKA, M. Correlation between intercepted radiation and yield of potato crops infested by *Phytophthora infestans* in Central Africa. **Netherlands Journal of Plant Pathology**, v.92, p.239-247, 1986.

HORSFALL, J.G.; BARRATT, R. W. An improved grading system for measuring plant disease. **Phytopathology**, v. 35, p. 655, 1945 (Abstract).

HORSFALL, J.G.; COWLING, E.B. Patometry: The measurement of plant disease. In: HORSFALL, J.G.; COWLING, E.B. (Ed.). **Plant Disease an advanced treatise. How disease develops in populations**. New York: Academic Press, v.2, p.119-136, 1978.

IAMAUTI, M. T. Avaliação de danos causados por *Uromyces appendiculatus* no feijoeiro. Piracicaba, 1995. 108 p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" –Universidade de São Paulo.

- JOHNSON, K.B. Defoliation, Disease and Growth: a reply. **Phytopathology**, v.77, p.1495-1497, 1987.
- LAST, F.T. Effect of powdery mildew on the yield of spring sown barley. **Plant Pathology**, v.4, p.22-24, 1955
- LOOMIS, R.S.; ADAMS, S.S. Integrative analysis of host-pathogen relations. **Annual Review of Phytopathology**, v.21, p.341-362, 1983
- LOOMIS, R.S.; RABBINGE, R.; Ng, E. Explanatory models in crop physiology. **Annual Review of Plant physiology**, v.30, p.339-367, 1979
- LOPES, D.B. Photosynthetic competence of bean leaves with Rust and Anthracnose. Florida, 1999. 157 p. Thesis (Ph.D.)- University of Florida.
- 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, n.3-4, p.143-151, 1994.
- MADDEN, L.V. Measuring and modeling crop losses at field level. **Phytopathology**, v.73, p.1591-1596, 1983.
- MADDEN, L.V. Modeling yield losses at the field scale. In SIXTY INTERNATIONAL CONGRESS OF PLANT PATHOLOGY, **Proceeding** Montreal. 1993.
- MADEIRA, A.C.; CLARK, J.A; ROSSAL, S. Growth, light interception and disease

in field bean (*Vicia faba*): the effects of late infection by *Ascochyta fabae*.
Annals of Applied Biology, v.112, p.585-595, 1988.

MARINGONI, A C. Detecção de *Xanthomonas campestris* pv phaseoli [Smith] DYE em sementes de feijoeiro e conseqüências epidemiológicas, Piracicaba, 1993,132 p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" –Universidade de São Paulo.

MARTINS, P.J Gaseous exchange studies of barley leaves infected with *Rhynchosporium secalis* (Oudem). **Physiological and Molecular Plant Pathology**. v.28, p3-14, 1986.

MENEZES J. R Manejo de doenças na cultura de feijão In: SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO DO FEIJÃO IRRIGADO. Piracicaba, SP 1997.p.140-152.

MICHAELS, T.E. The Bean Plant. In: HALL, R. (Ed) **Compendium of bean diseases**, St. Paul: APS Press, 1991. p.1-4.

MIGLIORANZA, E. Modelo matemático - fisiológico para simular o crescimento e a produtividade da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.) Viçosa, 1992. p.184. Dissertação (M.S)- Universidade Federal de Viçosa.

MONTHEITH, J.L. Climate and the efficiency of crop production in Britain. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, v.281, p.277-294, 1977.

NUNES, W.M.C Avaliação de danos causados pela antracnose (*Colletotrichum*

lindemuthianum (Sacc. & Magn.) Scribner) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Piracicaba, 1994. 72p. Dissertação (M.S)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz- Universidade de São Paulo.

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

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

NUTTER, F.W Jr.; P.M. SCHULTZ. Improving the accuracy and precision of disease assesment:selection of methods and use of computer-aided training programs. **Candians Journal Plant Pathology**. v.17, p.174-184, 1995.

NUTTER, JR. F. W. Disease Pro: a computer program for evaluating and Improving a person ability to assess disease proportion. **Phytopathology**, v.79, p.1135, 1989 (Abstract).

PASTOR-CORRALES, M.A.; BEEBE, S.E.; CORREA F.J. Comparing two inoculation techniques for evaluating resistance in beans to *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PLANT PATHOGENIC BACTERIA, 5, Cali, **Proceeding**. Cali; CIAT, 1981. p.493-503

PATEL, P.N.; WALKER, J.C. Relation of air temperature and age and nutrition of the host to the development of halo and common bacterial blight of beans. **Phytopathology**, ST. Paul, v. 53, p.407-411, 1963.

- PINNSCHMIDT, H.O; TENG, P.S.; YOUNG, L. Methodology for quantifying rice yield effects of blast. In: ZEIGLER, R. S.; LEONG, S.A; TENG, P.S. (Ed.). **Rice Blast Disease**. Wallingford: C.A B. International, 1994. p.381-408.
- PINNSCHMIDT, H.O; TENG, P.S. Empirical versus mechanistic approaches to adjust yield expectations for multiple pest damage on rice. VI INTERNATIONAL CONGRESS OF PLANT PATHOLOGY. 1993. **Proceeding**, p.116.
- POMPEU, A.S.; CROWDER, L.V. Methods of inoculation and bacterial concentration of *Xanthomonas phaseoli* Dows for the inheritance on disease reaction in *Phaseolis vulgaris*, L. crosses (dry beans), under growth chamber conditions. **Ciência e Cultura**, v.25, n.11, p. 1078-1081, 1973.
- PORTES, T.A. Ecofisiologia In : ZIMMERMANN, M.O.J.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.) **Cultura do feijoeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1988. p.125-156.
- RAVA, C.A. Patogenicidade de isolamentos de *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.19, n.4, p.445-448, 1984.
- RAVA, C.A.; SARTORATO, A. Crestamento Bacteriano Comum. 217-242 In: RAVA, C.A, SARTORATO, A. (Ed.) **Principais doenças do feijoeiro comum e seu controle**, Brasília: EMBRAPA, 1994. 300 p.
- ROBBS, CH. F. A bacteriose do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L) no Distrito Federal, **Agronomia**, v.12, n.3-4, p.231-233, 1954.

ROTEM, J.; BASHI, E.; KRANZ, J. Studies of crop loss in potato blight caused by *Phytophthora infestans*. **Plant Pathology**, v. 32, p. 117-122, 1983a.

ROTEM, J.; KRANZ, J.; BASHI, E. Measurement of healthy and diseased halum area for assessing late blight epidemics in potatoes. **Plant Pathology**, v.32, p. 109-115, 1983b.

SAETTLER A. W.; EPKO, E.J.A. Patogenic variation in *Xanthomonas phaseoli* and *Xanthomonas phaseoli* var. *fuscans*. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v.18, p.67-70, 1975.

SAETTLER, A. W. Breeding dry edible beans (*Phaseolus vulgaris* L.) for tolerance to *Xanthomonas* bacterial blights. **Fitopatologia Brasileira**, v.2, p.179-186, 1977.

SAETTLER, A.W. Common bacterial blight. In: HALL, R. (Ed.) **Compendium of bean disease**. St Paul: APS Press, p.28-29, 1991.

SARTORATO, A.; RAVA SEIJAS, C. A S.; New tolerance sources to common bacterial blight of beans in Brazil. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v 24, p.11-12, 1981.

SCHUSTER, M.L.; COYNE, D. P.; NULAND, D.S.; SMITH, C.C. Transmission of *Xanthomonas phaseoli* and other bacterial species of varieties in seeds of tolerant bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars. **Plant Disease Report**, v.63, p.955-959, 1979.

SCHUSTER, M.L.; COYNE, D.P. New virulent strains of *Xanthomonas phaseoli*. **Plant Disease Report**, v.55, p.505-506, 1971.

- SHANE, W.W.; TENG, P.S. Generating database for disease-loss modeling. In: TENG, P.S. **Crop loss assessment and pest management**, St Paul: APS Press, 1987. cap.8, p.82-89.
- SILVA, M.B. da; do VALE, F.X.R.; 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 feijão. **Summa Phytopathologica**, v.24, n.3-4, p.226-231, 1998.
- STANGARLIN, J. R. Atividades de ribulose-1,5-bifosfato carboxilase (Rubisco), clorofilase, 'Beta'-1,3 glucanase e quitinase e conteúdo de clorofila em cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) infectados com *Uromyces appendiculatus* ou *Phaeoisariopsis griseola*. Piracicaba, 1999 119 p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" –Universidade de São Paulo.
- SHTIENBERG, D. Effects of foliar diseases on gas exchange processes: a comparative study. **Phytopathology**, v.82, p.760-765, 1992.
- SUTTON, M.D.; WALLEN. B.R. Epidemiological and ecological relations of *Xanthomonas phaseoli* and *Xanthomonas phaseoli* var. *fuscans* on beans in southwestern Ontario, 1961-1968, **Canadian Journal of Botany**, v.48, p.1329-1334, 1970.
- TAKATSU, A. Preservação das bactérias fitopatogênicas pelo método de dissecação. **Fitopatologia Brasileira**, v.5, p.461, 1980.
- THORNE, D.W.; THORNE, M.D **Soil, water and crop production**. Avi Publ., Westport, 1979.

- TORRES, J.P.; MARINGONI, A.C. Métodos de inoculação, estágio de desenvolvimento fenológico e reações de cultivares de feijoeiro a *X. axonopodis* pv. *phaseoli*. **Ciência e Agrotécnica**, v.23, n.1, p.124-129, 1999.
- VALARINI, P.J. Método de detecção de *Xanthomonas campestris* pv *phaseoli* em sementes de feijão, Piracicaba. 1990. 167p.Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" –Universidade de São Paulo.
- van der WEF; BASTIAANS, L.; ROSSING, W.A.H.; RABBINGE, R. Modeling crop response to growth reducing factors. P.87-102. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOTIC STRESS OF BARLEY IN ARID AND SEMI-ARID ENVIRONMENTS. 1990. **Proceedings**, Bozeman, Montana, Montana State University.
- van OIJEN, M. Photosynthesis is not impaired in healthy tissue of blighted potato plants. **Netherlands Journal of Plant Pathology**, v.96, p.55-63, 1990.
- van SCHOONHOVEN, A.; M. A. PASTOR-CORRALES. **Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol**.-CIAT, Cali, 1987.
- VANDERPLANK, J.E. **Plant diseases: epidemics and control**. Academic Press, New York 1963.
- VIEIRA, C. **Doenças e pragas do feijoeiro**. Viçosa: UFV, 1983, 231p.
- WAGGONER, P.E.; BERGER, R.D. Defoliation, disease and growth. **Phytopathology**, v.77, p.393-398, 1987.
- WALLEN, V.R.; JACKSON, H.R. Model for yield loss determination of bacterial

blight of field beans utilizing aerea infrared photography combiner with field plot studies. **Phytopathology**, v.65, p.942-948, 1975.

WEBSTER, D. M.; S. R. TEMPLE; H. F. SCHWARTZ. Selection for resistance to *Xanthomonas phaseoli* in dry beans. **Crop Science**, v.20, p.519-522, 1980.

WELLER, D.M.; SAETLER, A.W. Evaluation of seedborne *Xanthomonas phaseoli* and *Xanthomonas phaseoli* var. *fuscans* as primary inocula in bean blight. **Phytopathology**, v.70, n.2, p.148-155, 1980a

WELLER, D.M. SAETLER, A.W. Colonization and ditribution of *Xanthomonas phaseoli* and *Xanthomonas phaseoli* var. *fuscans* in field - Grown Navy Beans **Phytopathology**, v.70, n.6, p.500-506, 1980b.

YOSHII, K.; GALVEZ, G.E.; ALVAREZ, G. Screening bean germoplams for tolerance to common blight caused by *Xanthomonas phaseoli* and the importance to pathogenic variation to varietal improvement. **Plant Disease Reporter**, v. 62, p. 343-347, 1978.

YOSHII, K.; GALVEZ, G.E.; ALVAREZ, G. Estimation of yield losses in beans caused by commom blight. **PROCEEDING OF THE AMERICAN PHYTOPATHOLOGY SOCIETY**, v.3, p.298-299, 1976.

ZAPATA, M.; FERYTAG, G.F.; WILKINSON, R.E. Evaluation for Bacterial Blight resistance in Beans, **Phytopathology**, v.75, n.9, 1985.

ZAUMEYER, W.J.; THOMAS, H.R. A monographic study of bean diseases and methods for their control. Washington, 1957. 255 p. (**Technical Bulletin**, n.868).