



**PROGRESSO ESPACIAL E TEMPORAL DA
ANTRACNOSE A PARTIR DE DIFERENTES NÍVEIS
DE INÓCULO INICIAL EM SEMENTES DE
FEIJOEIRO**

VIVIANE TALAMINI

5.65294

362

2003

55862

ME1047892

VIVIANE TALAMINI

**PROGRESSO ESPACIAL E TEMPORAL DA ANTRACNOSE A
PARTIR DE DIFERENTES NÍVEIS DE INÓCULO INICIAL EM
SEMENTES DE FEIJOEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Agronomia, área de concentração em Fitopatologia, para obtenção do título de "Doutor".

Orientador:

Prof. Dr. Edson Ampélio Pozza

BIBLIOTECA CENTRAL - UFLA



55862

BIBLIOTECA CENTRAL

UFLA

N.º CLAS. T635.65294

TAL

PRO

N.º REGISTRO 55862

DATA 22/09/03

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2003

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Talamini, Viviane

Progresso espacial e temporal da antracnose a partir de diferentes níveis de inoculo inicial em sementes de feijoeiro / Viviane Talamini. -- Lavras : UFLA, 2003.

144 p. : il.

Orientador: Edson Ampélio Pozza.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1. *Colletotrichum lindemuthianum*. 2. *Phaseolus vulgaris*. 3. Antracnose. 4. Progresso espaço-temporal. 5. Epidemiologia. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-635.65294

VIVIANE TALAMINI

**PROGRESSO ESPACIAL E TEMPORAL DA ANTRACNOSE A
PARTIR DE DIFERENTES NÍVEIS DE INÓCULO INICIAL EM
SEMENTES DE FEIJOEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Agronomia, área de concentração em Fitopatologia, para obtenção do título de "Doutor".

APROVADA em 20 de março de 2003

Prof. PhD. Armando Bergamin Filho	ESALQ/USP
Profª. Drª. Elaine Aparecida de Souza	UFLA
Prof. PhD. José da Cruz Machado	UFLA
Prof. Dr. Paulo Estevão de Souza	UFLA



Prof. Dr. Edson Ampélio Pozza
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

Dedico

A DEUS

"...Que através da sua presença no próximo, nos transmite a luz da sabedoria...
...que através de sua presença em nós, possibilita-nos estender a mão ao próximo
em desamparo...
...que nas dificuldades foi o apoio, nas alegrias a companhia, a certeza de que a
vida veio Dele e a Ele retorna".

AOS MEUS PAIS JOSÉ E ZILMA

"...se um dia, já homem feito e respeitado,
sentires que a terra cede a teus pés,
que tuas obras se desmoronam,
que não há ninguém a tua volta para te estender a mão,
esquece a tua maturidade,
passa pela tua mocidade,
volta à tua infância e
balbucia entre lágrimas e esperanças
as últimas palavras que sempre te restarão na alma.
Meu Pai, Minha Mãe..."

Rui Barbosa

AOS AMIGOS

"...Amigo é coisa para se guardar no lado esquerdo do peito,
dentro do coração..."

Milton Nascimento

AO FREDERICO

Que em todos os momentos esteve ao meu lado.

AOS MESTRES

"Vocês me guiaram para além das teorias e das técnicas.
Mostraram a dificuldade de chegar
à maravilhosa complexidade da natureza.
Suas lições incluíram compreensão, amizade e a consciência
do valor de nossa profissão."

AGRADECIMENTOS

A Deus.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Fitopatologia, por possibilitar a realização desse trabalho.

À Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior (Capes) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Edson Ampélio Pozza, pela orientação, confiança, amizade e apoio prestados no decorrer deste trabalho.

Aos membros da banca: Armando Bergamin Filho, Elaine Aparecida de Souza, José da Cruz Machado e Paulo Estevão de Souza pelas valiosas sugestões e contribuições para o enriquecimento deste trabalho.

Aos docentes do Departamento de Fitopatologia, pela contribuição a minha formação e ensinamentos recebidos.

Aos funcionários do Departamento de Fitopatologia pelos momentos de descontração.

Aos colegas da Epidemiologia: Deila, Daniel, Augusto, Frederico e José Renato pelo grande auxílio na condução dos experimentos.

A todos os colegas de curso, que partilharam dos momentos bons e também dos momentos difíceis desta etapa de minha vida.

Ao meu namorado Frederico, pelo incentivo nos momentos em que tudo parecia difícil, pelo carinho, ajuda, compreensão e pelos momentos felizes.

Aos meus queridos pais José e Zilma, aos meus irmãos Volnei, Josie, Gilnei (in memoriam), Volni e Roberto, ao meu cunhado Zigomar e minhas cunhadas Lia, Simone e Ivete que sempre apoiaram minhas escolhas.

E finalmente aos meus queridos sobrinhos Guilherme, Aline, Gabriela, Lucas e Fellipe que tornam meus passeios em casa sempre felizes.

Muito obrigada

BIOGRAFIA

Viviane Talamini, filha de José Antunes Talamini e Zilma Raithz Talamini, nasceu em Vacaria, no Estado do Rio Grande do Sul, em 28 de Janeiro de 1975.

Em 1992, ingressou na Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC na cidade de Lages – SC, onde obteve o Título de Engenheiro Agrônomo no ano de 1996. Nessa instituição trabalhou com projetos nas áreas de Microbiologia e Fitopatologia

Em março de 1997 iniciou o curso de Mestrado em Fitopatologia na Universidade Federal de Lavras, sob a orientação do Prof. Paulo Estevão de Souza, concluindo-o em abril de 1999.

Em maio de 1999 ingressou no curso de Doutorado em Fitopatologia na Universidade Federal de Lavras, sob orientação do Prof. Edson Ampélio Pozza, concluindo-o em março de 2003. Durante esse período desenvolveu pesquisas nas áreas de Epidemiologia, Patologia de Sementes e Biologia Molecular. Foi membro do Colegiado de Curso e Coordenadora Administrativa do Núcleo de Estudos em Fitopatologia (NEFIT).

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	i
ABSTRACT	ii
CAPÍTULO 1 Progresso espacial e temporal da antracnose a partir de diferentes níveis de inóculo inicial em sementes de feijoeiro	1
1 Introdução Geral	2
2 Referencial Teórico	4
2.1 Transmissão de <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> e fatores epidemiológicos ligados ao progresso da antracnose	6
2.2 Mistura de cultivares visando minimizar o progresso da doença	10
3 Referências Bibliográficas	15
CAPÍTULO 2 Relação entre níveis de <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> em sementes de feijão e o progresso da antracnose no cultivo da seca e das águas em Lavras-MG.	19
1 Resumo	20
2 Abstract	21
3 Introdução	22
4 Material e Métodos	24
4.1 Área experimental	24
4.2 Preparo da área experimental e condução dos experimentos	24
4.3 Delineamento experimental	24
4.4 Análise dos lotes de sementes e inoculação do patógeno	25
4.5 Avaliação da doença, do estágio vegetativo e da área foliar.	25
4.6 Análise do progresso temporal da doença.	26
4.7 Produção de grãos	27
4.8 Dados meteorológicos	27

4.9 Teste de transmissibilidade de <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> da planta para as sementes	28
4.10 Análise dos dados	29
5 Resultados e discussão	30
5.1 Área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) e da severidade (AACPS) da antracnose	30
5.2 Correlação entre intensidade da doença e variáveis ambientais	33
5.3 Curvas de progresso da antracnose	37
5.4 Escolha do melhor modelo	39
5.4.1 Taxas de progresso da doença para o plantio da seca	48
5.4.1.1 Tempo de sanitização e razão de sanitização	53
5.4.2 Taxas de progresso da doença para o plantio das águas	54
5.5 AACPD e produção de grãos	59
5.6 Teste de transmissibilidade da planta para a semente	60
6 Conclusões	64
7 Referências bibliográficas	65
CAPÍTULO 3 Análise do padrão espacial e do gradiente da antracnose do feijoeiro em duas épocas de cultivo	68
1 Resumo	69
2 Abstract	70
3 Introdução	71
4 Material e Métodos	72
5 Resultados e Discussão	75
6 Conclusão	86
7 Referências Bibliográficas	87
CAPÍTULO 4 Níveis de inóculo e mistura de linhagens no progresso da antracnose do feijoeiro	90
1 Resumo	91

2 Abstract	92
3 Introdução	93
4 Material e métodos	95
4.1 Área experimental	95
4.2 Preparo da área experimental e condução dos experimentos	95
4.3 Delineamento experimental	95
4.4 Análise dos lotes de sementes e inoculação do patógeno	96
4.5 Avaliação da doença, do estágio vegetativo e da área foliar	97
4.6 Análise do progresso da doença	99
4.7 Produção de grãos	100
4.8 Dados meteorológicos	100
4.9 Teste de transmissibilidade de <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> da planta para as sementes	100
4.10 Análise dos dados	101
5 Resultados e Discussão	102
5.1 Experimento da seca (março a junho de 2001)	102
5.1.1 Incidência e severidade da antracnose do feijoeiro	102
5.1.2 Duração da área foliar sadia (HAD) e absorção da área foliar sadia (HAA)	105
5.1.3 Eficiência da mistura em reduzir o progresso da antracnose	107
5.1.4 Correlação entre intensidade da doença e variáveis ambientais	109
5.1.5 Incidência e severidade da antracnose nas vagens	112
5.1.6 Teste de transmissibilidade de <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> da planta para as sementes	115
5.2 Experimento das águas (dezembro de 2001 a março de 2002)	116
5.2.1 Incidência (AACPI) e severidade (AACPS) da antracnose do feijoeiro	116
5.2.2 Duração da área foliar sadia (HAD) e absorção da área foliar sadia	

(HAA)	124
5.2.3 Eficiência da mistura em reduzir o progresso da antracnose	129
5.2.4 Correlações entre intensidade da doença e variáveis ambientais	131
5.2.5 Incidência e severidade da antracnose nas vagens	132
5.2.6 Teste de transmissibilidade de <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> da planta para as sementes	137
6 Conclusão	138
7 Referências Bibliográficas	139
CONSIDERAÇÕES FINAIS	143

RESUMO

TALAMINI, Viviane. **Progresso espacial e temporal da antracnose a partir de diferentes níveis de inóculo inicial em sementes de feijoeiro.** Lavras: UFLA, 2003. 144p. Tese (Doutorado em Fitopatologia).*

As sementes são eficientes meios de disseminação de fitopatógenos, principalmente das espécies do gênero *Colletotrichum*. Dentre as espécies desse fungo associadas às sementes, a grande maioria tem habilidade de causar sintomas nas plântulas, por exemplo *Colletotrichum lindemuthianum*. Quando ocorre a transmissão para a planta suscetível, esta irá constituir o foco inicial da doença e a partir daí, em ambiente favorável, a epidemia pode progredir no espaço e no tempo. Sendo assim, conduziram-se estudos para verificar o progresso espaço-temporal da antracnose do feijoeiro na época da seca (04/03/1998) e na época das águas (15/12/1998) em Lavras-MG, onde foram testados diferentes níveis de infecção das sementes (0; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0%) por *C. lindemuthianum*. Somente no cultivo da seca a área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) e da severidade (AACPS) foram influenciadas por diferentes níveis de inóculo. Na época da seca também se obteve correlação positiva e significativa entre a porcentagem de sementes detectadas no teste do rolo de papel, com os níveis de inóculo levados ao campo, com a AACPI e com a AACPS. A análise do padrão espacial e do gradiente, utilizando-se 0,5% de sementes como fonte de inóculo, permitiu observar maior incidência da doença no plantio da seca de acordo com a área abaixo da curva do gradiente da doença. No plantio da seca o padrão de distribuição da antracnose foi agregado. No plantio das águas o padrão de distribuição foi agregado, exceto para as duas primeiras avaliações. Em ambos os plantios houve melhor ajuste do modelo exponencial. Em outros experimentos conduzidos na época da seca (15/03/2001) e das águas (15/12/2001), estudou-se o progresso da antracnose do feijoeiro com três níveis de infecção das sementes (0; 1,0 e 4,0%) utilizando misturas de linhagens suscetível e resistente (0, 25, 50 e 75% da linhagem resistente), na época das águas, incluiu-se 100% resistente. Os níveis de inóculo 1,0 e 4,0% proporcionaram maior intensidade da doença nas plantas e nas vagens em relação à parcela livre de inóculo em ambas épocas de cultivo. Na época da seca, a mistura não foi eficiente em reduzir a AACPI e a AACPS. Verificaram-se menores valores da duração da área foliar sadia (HAD) e da absorção da área foliar sadia (HAA) nos níveis de inóculo 1,0 e 4,0%.

* Comitê de orientação: Edson Ampélio Pozza – UFLA (Professor Orientador); José da Cruz Machado – UFLA; Elaine Aparecida de Souza – UFLA.

ABSTRACT

TALAMINI, Viviane. **Spatial and temporal progress of anthracnose with different levels of initial inoculum in bean seeds.** Lavras: UFLA, 2003. 144p. Thesis (Doctoral in Phytopathology).*

Seeds are efficient ways of dissemination of plant pathogens such as the species of *Colletotrichum*. Most *Colletotrichum* species associated to seeds, are able to cause disease on plants, including *C. lindemuthianum*. When transmission to susceptible plant occurs, it will constitute the initial focus of the disease, and from it, depending on environmental conditions, the epidemics will progress in space and in time. Initially studies were conducted to verify the progress of anthracnose of bean in the drought (04/03/1998) and in the rainy (15/12/1998) seasons, when different levels of infection of seeds (0; 0,5; 1,0; 2,0 and 4.0%) for *C. lindemuthianum* were tested. Only in the drought season the area under of disease progress curve of the incidence (AUDPCI) and of severity (AUDPCS), were influenced by different levels of inoculum. The analysis of the space standard and of the gradient using 0,5% of seeds as source of inóculo allowed to observe greater incidence of the disease in the drought season. In the drought season the standard of distribution of anthracnose was aggregate. In the rainy season the standard of distribution was aggregated, except for the two first evaluations. In the both cultivation season there were a better adjustment to the exponential model. In other experiments in the drought (15/03/2001) and in the rainy (15/12/2001) seasons the progress of anthracnose of the beans with three levels of infection of seeds (0;1,0 4.0%) were studied using mixtures of susceptible and resistant lines (0, 25, 50 and 75% of the resistant line) and in the rainy season included 100% resistant. The levels of inóculo 1,0 and 4.0% provided greater intensity of the disease in relation to free inoculum plots in both seasons. In the drought season the mixture was not efficient in reducing the AUDPCI and the AUDPCS. Lower values of the healthy leaf area duration (HAD) and of the healthy leaf area absorption (HAA) occurred when levels of inoculum 1,0 and 4,0% were used..

* Guidance Committee: Edson Ampélio Pozza – UFLA (Major Professor); José da Cruz Machado – UFLA; Elaine Aparecida de Souza – UFLA.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

As sementes são responsáveis por propagar aproximadamente 90% das plantas cultivadas destinadas à alimentação humana e animal (Neergaard, 1979). Devido à sua ampla utilização, a semente é considerada eficiente meio de disseminação de fitopatógenos por ser um organismo vivo, rico em proteínas, carboidratos e minerais. Com isso está garantida a sobrevivência de inúmeros patógenos por longos períodos de tempo (Tanaka & Machado, 1985).

Patógenos associados às sementes podem ser responsáveis pela queda do poder germinativo e do vigor das mesmas e causar a sua deterioração em armazéns, introduzir patógenos em novas áreas e ainda distribuir de forma eficiente focos iniciais de infecção na lavoura (Machado, 1988), de onde a doença pode progredir no espaço e no tempo (Campbell & Madden, 1990).

Os fungos são os patógenos de maior frequência associados às sementes (Machado, 1994), dentre eles destacam-se os representantes do gênero *Colletotrichum* Corda (anamórfico de *Glomerella* Spauld & Shrenk) (Kirk et al., 2001). Esses patógenos estão distribuídos em todas as regiões de cultivo do mundo. Quando o ambiente é favorável e há ocorrência de hospedeiros suscetíveis à incidência desses microorganismos, pode causar grandes prejuízos.

Colletotrichum lindemuthianum (Sacc. & Mag.) Bri. & Cav. encontra-se associado às sementes do feijoeiro, sendo potencialmente transmitido por essa via (Richardson, 1990). Entender as particularidades da transmissão desse patógeno, assim como a epidemiologia da antracnose, é importante visando gerar subsídios para melhorar o aspecto sanitário da produção de sementes.

A associação de patógenos com sementes por ocasião da semeadura nem sempre assegura a ocorrência de doenças, embora a maioria dos patógenos transportados por sementes seja potencialmente capaz de estar associado a doença (Machado, 1988; 1994). Nesse contexto não se deve esquecer da

abordagem epidemiológica, ou seja, para ocorrer a doença é necessária a perfeita interação entre o patógeno, o hospedeiro (semente) e o ambiente (McGee, 1995).

Sendo assim, a epidemiologia aliada à patologia de sementes pode contribuir com importantes ferramentas para estudar a transmissão de patógenos. O conhecimento do progresso de doenças no espaço e no tempo, das variáveis climáticas e do estágio fenológico do hospedeiro durante a epidemia auxiliam no estabelecimento de padrões de tolerância para patógenos em sementes (Taylor et al., 1979). Os resultados práticos obtidos podem contribuir para o aumento da produtividade de diversas culturas.

Diante do exposto, os objetivos do trabalho foram: i) abordar as particularidades da transmissão de *Colletotrichum lindemuthianum* por sementes; ii) verificar o progresso da doença no espaço e no tempo a partir de sementes infectadas; iii) verificar o progresso no tempo da antracnose a partir de sementes infectadas por *C. lindemuthianum* em mistura de linhagens suscetível e resistente.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Os agentes etiológicos de doenças de plantas podem ser transportados em mistura, na superfície ou no interior de sementes. Em ambiente favorável podem ser transmitidos para a planta e estarem associados a doenças na fase inicial de cultivo, além de serem introduzidos em novas áreas (Baker & Smith, 1966; Neergaard, 1979, Machado, 1988; 1994). Patógenos associados às sementes sobrevivem por mais tempo, além de manterem sua viabilidade e características originais (Tanaka & Machado, 1985). Entende-se por transmissão a passagem do patógeno de uma geração a outra, seja a partir de uma ou mais sementes, às plantas emergentes oriundas do mesmo lote, ou ainda a partir de plantas doentes, no campo de produção, às sementes em formação (Baker & Smith, 1966).

Determinar a potencial transmissão, para as diferentes combinações patógeno-hospedeiro, requer estudos regionais e repetidos por um período representativo da gama de variação das condições edafoclimáticas nas áreas de cultivo. A transmissão, nesse caso, não leva em conta a taxa de dispersão do inóculo entre plantas (Machado, 1994).

Vários fatores influenciam a transmissão de patógenos a partir de sementes, como a quantidade e posição do inóculo, a microflora do solo e o tempo de sobrevivência do patógeno na semente (Tanaka & Machado, 1985). Sendo assim, a infecção de sementes não assegura a transmissão do patógeno, porque além do hospedeiro, os fatores ligados ao ambiente e ao patógeno devem ser considerados (Machado, 1988; 1994).

O maior ou menor progresso da doença devido à alta ou baixa taxa de transmissão de inóculo pela semente resulta da interação entre o patógeno, o hospedeiro e o ambiente. Sendo assim, um efetivo programa de manejo e o

desenvolvimento de métodos confiáveis para os testes de sanidade dependem do entendimento da epidemiologia da doença (McGee, 1995).

O gênero *Colletotrichum* é o agente etiológico da doença geralmente conhecida como antracnose, mas também pode causar tombamento, queda e queima das folhas, queimas de flores, entre outros. Os fungos desse gênero são conhecidos por apresentarem grande sucesso na infecção de ampla variedade de plantas em ambientes tropicais e temperados. Várias espécies desse gênero estão distribuídas no mundo todo, em diversas culturas (Waller, 1992) e, dependendo do patossistema, os danos causados podem trazer sérios prejuízos aos agricultores (Machado, 1988).

As duas principais fontes de inóculo para ciclos secundários de infecção por *Colletotrichum* spp. são os conídios produzidos em acérvulos quando o fungo está na fase anamórfica e os ascósporos nos peritécios, na fase teleomórfica (Alexopoulos et al., 1996). As sementes contaminadas ou infectadas são o principal veículo para disseminar esses patógenos a longas distâncias (Neergaard, 1979; Machado, 1988).

Os patógenos podem estar associados às sementes de diferentes maneiras, simplesmente acompanhando-as, sem estar intimamente ligados a elas, aderidos à sua superfície e carregados de forma passiva e ainda ser transportados nos tecidos internos, infectando as sementes. *Colletotrichum* spp. pode ser transportado tanto aderido à superfície quanto infectando as sementes (Baker & Smith, 1966; Tanaka & Machado, 1985; Machado, 1994).

Outro aspecto importante é a habilidade das espécies do gênero *Colletotrichum* associadas às sementes serem transmitidas para a parte aérea da plântula, onde ocorre a esporulação em lesões características. Os esporos são disseminados e inoculados em tecidos da mesma planta e de plantas vizinhas (Menten, 1991). A partir daí, o progresso da doença pode ser rápido se o ambiente for favorável à epidemia, e quanto maior a incidência do patógeno nas

sementes, maior será a porcentagem de focos no campo de cultivo. Para aqueles patógenos policíclicos, ou seja, completam vários ciclos de infecção na mesma safra ou ciclo do hospedeiro, os danos podem ser ainda maiores (Maffia et al., 1988).

O conhecimento da incidência e da distribuição das plântulas doentes no campo assume importância, pois a frequência dos pontos de infecção contribuirá para o progresso da doença. Uma simulação interessante do número de focos primários de infecção foi feita por Maffia et al. (1988) no patossistema feijoeiro x *C. lindemuthianum*, onde a plântula infectada não morre. Nesse caso, os autores admitiram uma lavoura plantada no espaçamento 0,3 x 0,1m (com aproximadamente 330.000 plantas por hectare). Se considerarmos 1% de transmissão do patógeno pelas sementes haverá, em apenas um hectare, 3.300 plantas de feijão com antracnose ou focos iniciais da doença. A epidemia resultante poderá ser desastrosa se o ambiente for favorável.

2.1 Transmissão de *C. lindemuthianum* e fatores epidemiológicos ligados ao progresso da antracnose do feijoeiro

A antracnose é considerada uma das mais importantes doenças do feijoeiro e seu agente etiológico é o fungo *Colletotrichum lindemuthianum*. Ocorre principalmente em regiões de temperatura moderada a fria, com alta umidade relativa do ar. Em regiões favoráveis ao progresso da doença, as perdas podem chegar a 100%, quando se utilizam sementes infectadas (Chaves, 1980). *Colletotrichum lindemuthianum* pode ser introduzido em áreas isentas da doença, bem como incrementar seu inóculo em locais já contaminados, por meio do uso consecutivo de sementes com o patógeno (Maffia et al., 1988; Vechiato et al., 1997b).

Essa doença é distribuída mundialmente, causando perdas econômicas nas Américas Central, do Norte e do Sul, Europa, África, Austrália e Ásia. Em

áreas onde se utilizam sementes infectadas pode ocorrer o tombamento das plântulas e também a germinação e estabelecimento de plantas doentes, as quais constituirão o foco inicial de inóculo. As plântulas originadas de sementes infectadas, em geral, têm seus cotilédones, folhas primárias e hipocótilos doentes. Nesses órgãos o patógeno esporula abundantemente e constitui a fonte de inóculo para ciclos secundários de infecção (Araya Fernandez et al., 1987; Machado, 1988; Menten, 1991). Assim, ocorrem perdas na quantidade, na qualidade e no comércio dos grãos, tanto para semente quanto para consumo (Tu, 1992). Portanto, o uso de sementes sadias em áreas livres do patógeno é fundamental para reduzir as perdas provocadas pela antracnose (Araya Fernandez et al., 1987; Tu, 1992).

O transporte do fungo pelas sementes não assegura, necessariamente, a sua transmissão à progênie (Machado, 1988; 1994). A transmissão nesse caso pode estar condicionada à severidade da infecção do fungo nas sementes, ou seja, estar relacionada com o tamanho da lesão e a quantidade de inóculo presente nas mesmas (Machado, 1994).

Vários trabalhos demonstraram a transmissão do patógeno da semente para as plantas (Oliveira, 1991; Tu, 1992; Vechiato et al., 1997b). Em estudos da relação entre a severidade de infecção das sementes e a transmissão da antracnose do feijoeiro, observou-se o aumento da transmissão com o aumento da severidade da infecção por *C. lindemuthianum* nas sementes (Tu, 1992).

Vechiato et al. (1997b) utilizaram sementes selecionadas com diferentes níveis de incidência de *C. lindemuthianum* e observaram a variação de 70 a 100% na taxa de transmissão em sementes com incidência de 1 a 5% do patógeno. Esses autores observaram correlação positiva significativa entre incidência do fungo nas sementes e a porcentagem de plântulas com sintomas de antracnose. Quando utilizou-se o nível de 0,5% de incidência de *C. lindemuthianum* nas sementes, não foi constatada a transmissão do fungo. Isso

poderia ser explicado pelo nível de severidade de infecção, reforçando a idéia da transmissão estar relacionada com o tamanho da lesão e a quantidade de propágulos infectivos presentes nas sementes (Tu, 1992).

Para verificar a influência do inóculo primário, foram feitos estudos inoculando plântulas de feijão cultivar Manteigão Fosco 11 com um isolado de *C. lindemuthianum*, para simular sementes infectadas. A maior porcentagem de plântulas inoculadas promoveu aumento significativo da incidência da antracnose em folhas e vagens em experimentos realizados em duas localidades da Zona da Mata de Minas Gerais e em duas épocas de cultivo (secas e águas). Nas folhas, a incidência foi maior durante a estação chuvosa e ficou demonstrada a alta dependência do regime de chuvas para o início da epidemia. Ao contrário, observou-se menor número de vagens infectadas nessa mesma época. De acordo com os autores, essa diferença foi devido ao crescimento vigoroso da cultura durante a estação chuvosa. As plantas formaram copa mais densa e as vagens ficaram protegidas pelas folhas dos respingos de água. Durante a estação das secas, o crescimento vegetativo foi menor e as vagens encontraram-se mais expostas ao inóculo de *C. lindemuthianum* via respingos da chuva (Araya Fernandes et al., 1987).

Foram realizados estudos na região do Alto Paranaíba em Minas Gerais, no ano de 1985, período das secas (fevereiro a maio), para avaliar a eficácia do tratamento químico das sementes no controle da antracnose do feijoeiro. Os danos na cultura e na produção de grãos foram relacionados com o índice de ocorrência de *C. lindemuthianum* nas sementes utilizadas. Observou-se incidência de 23% de plantas infectadas aos 45 dias do plantio em parcelas provenientes de sementes com 4% de infecção. Em parcelas tratadas com a mistura benomyl + thiram, houve redução na infecção para 1,5% e o percentual de plantas infectadas no mesmo período foi de 3,7% (Machado, 2000).

Conforme já é de conhecimento amplo, a temperatura é um fator decisivo para infecção e disseminação da antracnose do feijoeiro. A doença é favorecida por temperaturas entre 13 e 27°C, com ótimo a 21°C e umidade relativa acima de 91% (Chaves, 1980). O progresso da doença geralmente é menor em altas temperaturas; porém, em Ontario no Canadá, temperaturas de até 35°C não foram limitantes ao progresso da antracnose. Isto pode ser devido a estas temperaturas altas ocorrerem durante poucas horas do dia e as temperaturas amenas noturnas permitirem altas taxas de progresso da doença. Entretanto, prolongado período de altas temperaturas durante o dia pode restringir o progresso da doença nas plantas infectadas.

A disseminação dos esporos produzidos em acérvulos jovens ocorre por respingos de água, porém o vento pode disseminar massas de esporos de acérvulos mais velhos e os ascosporos dos peritécios (Bailey et al., 1992). Essa disseminação ocorre a distâncias relativamente curtas, ou seja, de uma planta para outra. O transporte do patógeno a longas distâncias geralmente é feito por meio das sementes contaminadas.

Observa-se, portanto, o efeito da precipitação e do vento na disseminação da doença a partir da fonte de inóculo. Em Ontário, no Canadá, durante os anos de 1978 e 1979 foram instalados experimentos para avaliar o padrão de distribuição da antracnose do feijoeiro de um foco inicial de infecção (Tu, 1981). Segundo o autor, a distribuição da antracnose seguiu a direção predominante do vento. No ano de 1979, a disseminação da doença foi maior em relação ao outro ano. A maior precipitação nesse ano provavelmente contribuiu para essa diferença.

Estudos epidemiológicos da dispersão (vento, água, homem, insetos, entre outros) a partir de focos de infecção envolvem o estudo do gradiente da doença. Devido à dispersão de um patógeno a partir de uma fonte de inóculo, a doença será mais intensa naquelas plantas próximas a essa fonte em relação às

plantas mais distantes. Com isso a disseminação de doenças, a partir de uma fonte de inóculo está ao longo de um gradiente, e a determinação dos padrões de tolerância de patógenos em sementes poderá ser alterada em função desse gradiente (Maffia et al., 1988).

Com relação à transmissão do patógeno da planta para a semente Araya et al. (1985) verificaram correlação positiva significativa entre a porcentagem de vagens infectadas e a transmissão de *C. lindemuthianum* para as sementes. Os mesmos autores, porém, não observaram correlação entre a incidência da antracnose nas folhas e a transmissão do patógeno para as sementes. A ausência de correlação entre a severidade da antracnose no campo e a infecção de sementes por *C. lindemuthianum* também foi observada nos trabalhos de Lasca et al. (1980) e Gomes & Porto (1981).

Vechiato et al. (1997a) correlacionaram diferentes níveis de severidade da antracnose em plantas de feijão, naturalmente infectadas, com a incidência de *C. lindemuthianum* nas sementes, em três regiões e duas épocas de cultivo no estado de São Paulo. Estes autores somente encontraram correlação significativa em dois locais de plantio em uma época de cultivo. Os demais experimentos não mostraram coeficientes de correlação significativos.

2.2 Mistura de cultivares visando minimizar o progresso da doença

A maioria das doenças de plantas de etiologia fúngica são controladas pelo uso de cultivares resistentes, obtidas por meio do melhoramento genético ou pelo desenvolvimento de novas moléculas fungicidas. Porém, a eficiente disseminação e a característica policíclica de patógenos em monocultivos leva à rápida seleção de populações capazes de “vencer” a resistência da cultura e sobreviver na presença de fungicidas. A substituição de cultivares e fungicidas podem ser realizadas, mas isso gera custos para o agricultor, consumidor e meio ambiente (Wolfe, 2000).

O plantio de cultivares geneticamente uniformes, em grandes áreas, favorece as epidemias de doenças de plantas. Uma alternativa para minimizar esse problema é o cultivo de variedades resistentes ao patógeno ou a combinação de diferentes genótipos da planta. A combinação de culturas geneticamente diferentes no mesmo local reduz o inóculo inicial e/ou a taxa de progresso da doença. A diversidade pode ser alcançada utilizando, no mesmo local e ao mesmo tempo, diferentes cultivares ou linhagens da mesma espécie possuidoras de genes para resistência a diferentes raças e também misturas nas proporções de cultivares suscetíveis e resistentes. Esta técnica é denominada de multilinhas ou mistura de cultivares (Ntahimpera et al, 1996).

Desta forma, o progresso no espaço e no tempo de uma série de doenças pode ser restringido pelo uso dessas misturas. Além disso, é uma estratégia simples e barata para o manejo de epidemias e pode ser integrada com outras estratégias de controle (Browning & Frey, 1969).

O mecanismo de redução na quantidade de doença em mistura de cultivares deve-se à menor quantidade de inóculo inicial efetivo, pois os esporos caem sobre plantas resistentes, germinam, mas não conseguem infectar. Tem-se também menor taxa de progresso da doença devido à proporção de hospedeiros resistentes e menor dispersão do patógeno entre as plantas (Browning & Frey, 1969; Wolfe 1985).

O uso de mistura de cultivares foi sugerida em 1952, por Jensen, como alternativa para o controle da ferrugem da aveia; em seguida, Borlaug (1953) também propôs a mistura para o controle da ferrugem do trigo. A primeira mistura de cultivares produzida em escala comercial foi a Miramar 63, desenvolvida por melhoristas da Colômbia no ano de 1963, composta por 10 cultivares de trigo com diferentes genes para resistência à ferrugem. A partir daí, alguns trabalhos foram feitos com misturas de cultivares como medidas de controle de doenças de culturas como aipo, trigo e arroz (Wolfe, 1985).

Experimentos de campo e simulações permitiram verificar o efeito da distribuição do inóculo e de hospedeiros suscetíveis na eficiência da mistura no patossistema ferrugem x aveia. Nesses casos, a efetividade de controle da doença diminuiu com o aumento de genótipos suscetíveis por unidade de área. A mistura das cultivares ao acaso foi mais eficiente em reduzir o progresso da doença. Outra observação interessante foi o maior progresso da ferrugem quando o inóculo inicial estava distribuído em vários pontos nas parcelas (Mundt & Leonard, 1986; Lannou et al., 1994).

O progresso da antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) foi verificado em misturas de linhagens suscetíveis e resistentes de *Stylosanthes scabra* durante três anos consecutivos. Na mistura com mais de 50% da linhagem suscetível, a área abaixo da curva de progresso foi significativamente menor em dois dos três anos (Chakraborty et al., 1991).

Em outros patossistemas, o uso de mistura de genótipos não proporcionou bons resultados. Por exemplo, na cultura do aipo, embora as misturas fossem satisfatórias em controlar a cercosporiose (*Cercospora apii*), o efeito foi temporário (Berger, 1973). No patossistema *Brassica napus* x *Erysiphe polygoni*, a redução do oídio devido à mistura de cultivares parcialmente resistente e altamente suscetível diminuiu com o passar do tempo (Sitch & Whittington, 1983).

Algumas vezes a redução no progresso da doença pelo uso de mistura não é verificada. Pode ocorrer, nesses casos, menor número de infecções nas plantas suscetíveis devido à perda do inóculo em hospedeiros resistentes, porém ocorre a compensação pelo maior crescimento dessas lesões. A importância do crescimento das lesões é maior em misturas de cultivares em relação a monocultivos (Lannou et al., 1994). Fatores experimentais como diversidade de raças do patógeno, bordadura e tamanho de parcelas, pressão de inóculo e

presença de plantas de diferentes idades também podem interferir nos resultados (Chakraborty et al., 1991).

No entanto, a maioria dos resultados obtidos por meio dessa técnica foram positivos. Van den Bosch et al. (1990) analisaram a taxa de progresso da ferrugem em mistura de cultivares suscetíveis e resistentes de trigo e estabeleceram a seguinte regra: “na mistura de plantas suscetíveis e resistentes, a taxa de progresso aumenta linearmente com o logaritmo da proporção de plantas suscetíveis”.

Em alguns países da África, o feijoeiro geralmente é cultivado por meio de misturas de variedades feitas pelo próprio agricultor. Pindji & Trutman (1992) realizaram um estudo para verificar o progresso da mancha angular sob a influência da adição de variedades resistentes a essas misturas. Ao adicionar 25, 50 e 75% da variedade resistente a *Phaeoisariopsis griseola* nas misturas locais, observaram-se reduções na severidade da mancha angular em relação ao uso isolado da mistura local em três de quatro experimentos. Segundo os autores, a falta do efeito protetor da mistura em um dos experimentos foi causada pela alta pressão da doença.

Experimentos de campo para caracterizar o efeito de misturas de cultivares no progresso da antracnose do feijoeiro permitiram observar menor incidência e severidade em misturas contendo 25% ou mais da cultivar resistente. Valores da área abaixo da curva de progresso da doença foram sempre menores em relação ao uso de 100% de cultivares suscetíveis (Ntahimpera et al., 1996).

Zhu et al. (2000) testaram cultivo do arroz em monocultura (uma única cultivar em centenas de hectares) contra a técnica da mistura de cultivares (plantar várias cultivares no mesmo campo) em grandes propriedades agrícolas, na China. Esses autores verificaram redução em 94% da intensidade da brusone (*Magnaporthe grisea*). Essa doença fúngica é devastadora nessa região e

normalmente requer aplicações repetidas de fungicidas. Os agricultores adeptos dessa estratégia cessaram as aplicações de fungicidas e ainda tiveram aumento de 18% na produtividade.

Apesar dos bons resultados obtidos pelas pesquisas, ainda há resistência ao uso dessa técnica. Dentre as razões para essa resistência está a facilidade de colheita em monocultivos e a qualidade do produto ser de interesse tanto do produtor quanto do consumidor. No caso do arroz cultivado na China a colheita é manual; portanto, facilita a separação e a classificação do produto, e este, por sua vez, pode ser encaminhado para diferentes mercados. Nesse sentido, a mistura pode não ser a alternativa para todos os problemas enfrentados pelo agricultor no controle de doenças e obtenção de produções estáveis na agricultura moderna, mas sua performance em situações experimentais deve ser abordada (Wolfe, 2000). No futuro, as misturas de linhagens poderão desempenhar importante papel para o desenvolvimento da agricultura sustentável (Mundt, 2002).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXOPOULOS, C.J.; MIMS, C.W.; BLACKWELL, M. **Introductory mycology**. 4th ed. New York: J. Wiley. 1996.

ARAYA FERNADEZ, C.M.; DHINGRA, O.D.; KUSHALAPPA, A.C. Influence of primary inoculum on bean anthracnose prevalence. **Seed Science & Technology**, v.15, p.45-54, 1987.

ARAYA, C.; DHINGRA, O.; KUSHALAPPA, A. Relacion entre la incidencia de *Colletotrichum lindemuthianum* en el campo y transmision del patógeno por semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris*). **Phytopathology**, v.75, p.1175, 1985. (abstr.).

BAILEY, J.A. et al. Infection strategies of *Colletotrichum* species. In: BAILEY, J.A.; JEGER, M.J. (Ed.). **Colletotrichum: Biology, pathology and control**. England: CAB International Wallingford, 1992. p.88-120.

BAKER, K.F.; SMITH, S.H. Dynamics of seed transmission of plant pathogens. **Annual Review of Phytopathology**, v.3, p.311-334. 1966.

BERGER, R.D. Infections rates of *Cercospora apii* in mixed populations of suscetible and tolerant celery. **Phytopathology**, v.63, p.535-537, 1973.

BORLAUG, N.E. New aproach of wheat varieties to the breeding. **Phytopathology**, v.43, p.443-447, 1953.

BROWNING, J.A.; FREY, K.J. Multiline cultivars as a means of disease control. **Annual Review Phytopathology**, v.7, p.355-382, 1969.

CAMPBELL, C.L., MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: J. Wiley, 1990.

CHAKRABORTY, S. et al. Anthracnose development in pure and mixed stands of the pasture legume *Stylosanthes scabra*. **Phytopathology**, v.81, p.788-793, 1991.

CHAVES, G. Anthracnose. In: SCHWARTZ, H.F.; GALVES, G.E. (Ed.). **Bean production problems: disease, insect, soil and climatic of *Phaseolus vulgaris***. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1980. 424p.

GOMES, J.C.; PORTO, M.D.M. Avaliação da reação de 15 cultivares de feijão a *Colletotrichum lindemuthianum* sob condições de campo e transmissão do patógeno pelas sementes. **Fitopatologia Brasileira**, v.6, p.554, 1981. Resumo.

JEGER, M.J. **Spatial components of plant disease epidemics**. New Jersey: Prentice Hall, 1989.

JENSEN, N.F. Intra-varietal diversification in oat breeding. **Agronomy Journal**, v.44, p.30-34, 1952.

LANNOU, C.; VALLAVIEILLE-POPE, C.; GOYEAU, H. Host mixture efficacy in disease control: effects of lesion growth analyzed through computer-simulated epidemics. **Plant Pathology**, v.43, p. 651-662, 1994.

LASCA, C.C. et al. Estudos preliminares sobre a relação entre a ocorrência de antracnose em cultura de feijão e infecção de sementes por *Colletotrichum lindemuthianum*. **Fitopatologia Brasileira**, v.5, p.412, 1980. Resumo.

MACHADO, J.C. **Patologia de sementes**. São Paulo: Gráfica Nagy, 1988.

MACHADO, J.C. Padrões de tolerância de patógenos associados à sementes. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v.2, p.229-263, 1994.

MACHADO, J.C. **Tratamento de sementes no controle de doenças**. Lavras: LAPS/UFLA/FAEPE, 2000. 138p.

MAFFIA, L.A.; MUCHOVEJ, J.J.; MAFFIA, A.M.C. Fundamentos epidemiológicos no estudo da transmissão de patógenos por sementes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DE SEMENTES, 3., 1988, Lavras. **Anais...** Lavras, 1988. p.41-47.

MAUDE, R.B. **Seedborne diseases and their control: principles and practice**. Cambridge: Cab International, 1996.

McGEE, D.C. Epidemiological approach to disease management through seed technology. **Annual Review Phytopathology**, v.33, p.445-466, 1995.

MENTEN, J.O.M. Situação atual e perspectivas da patologia de sementes no Brasil. In: MENTEN, J.O.M. **Patógenos em sementes: detecção, danos e controle químico**. Piracicaba: ESALQ/FEALQ, 1991a. p.21-36.

MUNDT, C.C. Use of multiline cultivars and cultivar mixtures for disease management. **Annual Review of Phytopathology**, v.40, p.381-410, 2002.

MUNDT, C.C.; LEONARD, K.J. Analysis of factors affecting disease increase and spread in mixtures of immune and susceptible plants in computer-simulated epidemics. **Phytopathology**, v.76, p.832-840, 1986.

MUNDT, C.C. et al. Computerized simulation of crown rust epidemics in mixtures of immune and susceptible oat plants with different genotype unit areas and spatial distributions of initial disease. **Phytopathology**, v.76, p.590-598, 1986.

NEERGAARD, P. **Seed pathology**. London: MacMillan, 1979.

NTAHIMPERA, N. et al. Anthracnose development in mixtures of resistant and susceptible dry bean cultivars. **Phytopathology**, v.86, p.668-673, 1996.

OLIVEIRA, S.M.A. **Transmissão de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.) Scribner por sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e seu controle através de tratamento químico e biológico**. 1991. 72 p. Tese (Doutorado em que Fitopatologia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

PINDJI, M.M.; TRUTMANN, P. Managing angular leaf spot on common bean in Africa by supplementing farmer mixtures with resistant varieties. **Plant Disease**, v.76, p.1144-1147, 1992.

RICHARDSON, M.J. **An annotated list of seed-borne diseases**. Zurich: The International Seed Testing Association-ISTA, 1990.

SITCH, L.; WHITTINGTON, W.J. The effect of mixtures on development of swede powdery mildew. **Plant Pathology**, v.32, p.41-46, 1983.

TANAKA, M.A.S. & MACHADO, J.C. **Patologia de sementes. Informe Agropecuário**, v.11, p.40-46, 1985.

TAYLOR, J.D.; PHELPS, K.; DUDLEY, C.L. Epidemiology and strategy for the control of halo-blight of beans. **Annals of applied biology**, v.93, p.167-172, 1979.

TU, J.C. Anthracnose (*C. lindemuthianum*) on white bean (*Phaseolus vulgaris*) in southern Ontario: spread of the disease from an infection focus. **Plant Disease**, v.65, p.477-480, 1981.

TU, J.C. *Colletotrichum lindemuthianum* on Bean: Population dynamics of the pathogen and breeding for resistance. In: BAILEY, J.A.; JEGER, M.J. (Ed.). *Colletotrichum: biology, pathology and control*. England: CAB International Wallingford, 1992. p.203-224.

VAN DEN BOSCH, F. et al. Focus expansion in plant disease, IV. Expansion rates in mixtures of resistant and susceptible hosts. **Phytopathology**, v.80, p.598-602, 1990.

VECHIATO, M.H. et al. Antracnose do feijoeiro: correlação entre severidade em vagens e a incidência do patógeno nas sementes. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, p.159-163, 1997a.

VECHIATO, M.H.; KOHARA, E.Y.; MENTEN, J.O.M. Transmissão de *Colletotrichum lindemuthianum* em sementes de feijoeiro comum. **Summa Phytopathologica**, v.23, p.265-268, 1997b.

WALLER, J.M. *Colletotrichum* diseases of perennial and other cash crops. In: BAILEY, J.A.; JEGER, M.J. (Ed.). *Colletotrichum: biology, pathology and control*. England: CAB International Wallingford, 1992. p.167-85.

WOLFE, M.S. Crop strength through diversity. **Nature**, v.406, p.681-682, 2000.

WOLFE, M.S. The current status and prospects of multiline cultivars and variety mixtures for disease resistance. **Annual Review Phytopathology**, v.23, p.251-273, 1985.

ZHU, Y. et al. Genetic diversity and disease control in rice. **Nature**, v.406, p.718-722, 2000.

CAPÍTULO 2

**RELAÇÃO ENTRE NÍVEIS DE *Colletotrichum lindemuthianum* EM
SEMENTES DE FEIJÃO E O PROGRESSO DA ANTRACNOSE NO
CULTIVO DA SECA E DAS ÁGUAS EM LAVRAS-MG.**

1 RESUMO

TALAMINI, Viviane. Relação entre níveis de *Colletotrichum lindemuthianum* em sementes de feijão e o progresso da antracnose no cultivo da seca e das águas em Lavras-MG. In:_____. **Progresso espacial e temporal da antracnose a partir de diferentes níveis de inóculo inicial em sementes de feijoeiro**. 2003. Cap. 2. p.19-67. Tese (Doutorado em Fitopatologia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.*

O objetivo foi estudar a relação entre níveis de infecção de sementes de feijão com *Colletotrichum lindemuthianum* e o progresso da antracnose no cultivo da seca (04/03/1999) e das águas (15/12/1999) em Lavras - MG. Utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso com 5 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos consistiram de parcelas com 0; 0,5; 1; 2 e 4% de infecção das sementes com *C. lindemuthianum*. Foram avaliadas a incidência e a severidade da antracnose, semanalmente, até o final do ciclo do feijoeiro, quando procedeu-se a colheita. No cultivo da seca a área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) e da severidade (AACPS) da antracnose foram influenciadas por diferentes níveis de infecção das sementes. No cultivo das águas, a intensidade da doença não foi influenciada pelos diferentes níveis de inóculo. Maiores AACPS foram observadas no cultivo da seca, devido ao ambiente favorável. O modelo linear obteve maior ajuste às curvas de progresso da incidência e da severidade da antracnose nos diferentes tratamentos e nas duas épocas de plantio. Obtiveram-se maiores taxas de progresso da doença nos maiores níveis de inóculo. Não se verificaram correlações entre a produção e a incidência e severidade da antracnose em ambos os experimentos. No cultivo da seca verificaram-se correlações positivas e significativas entre os níveis de inóculo levados ao campo com a porcentagem de sementes infectadas no teste de sanidade.

* Comitê de orientação: Edson Ampélio Pozza – UFLA (Professor Orientador); José da Cruz Machado – UFLA; Elaine Aparecida de Souza – UFLA.

2 ABSTRACT

TALAMINI, Viviane. Relation between levels of *Colletotrichum lindemuthianum* in beans seeds and the progress of anthracnose in the drought and rainy season at Lavras-MG. In: _____. **Spatial and temporal progress of anthracnose with different levels of initial inoculum in bean seeds.** 2003. Cap.2, p.19-67. Thesis (Doctoral in Phytopathology)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.*

The objectives of this study was to verify the relationship between levels of infection of bean seeds with *Colletotrichum lindemuthianum* and the progress of the anthracnose in the drought (04/03/1999) and rainy (15/12/1999) seasons at Lavras-MG. The experimental design was in randomized blocks with 5 treatments and 4 replicates. The treatments consisted of plots with 0; 0,5; 1; 2 and 4% of infection of seeds by *C. lindemuthianum*. The incidence and the severity of the anthracnose were evaluated weekly, until the end of the crop cycle. Only in the drought season, the area under the disease progress curve of the incidence (AUDPCI), and of the severity (AUDPCS) were influenced by different levels of infection of the seeds. Higher AUDPCS was observed in the drought, due the favorable environment. The linear model was adjusted to the curves of progress of the diseases. Higher rates of disease progress curve were observed with higher levels of inoculum. Correlations was not observed between yield with either incidence, severity, healthy leaf area duration (HAD) and healthy leaf area absorption (HAA) in both experiments. In the drought season occurred positive and significant correlations between the levels of inoculum in the field and percentage of infected seeds in the healthy test.

* Guidance Committee: Edson Ampélio Pozza – UFLA (Major Professor); José da Cruz Machado – UFLA; Elaine Aparecida de Souza – UFLA.

3 INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é cultivado em todo Brasil e constitui um dos alimentos básicos para a população. O consumo per capita dessa leguminosa aumentou 31% nos últimos anos, atingindo até 17 kg/ano. Minas Gerais é um dos principais produtores de feijão do Brasil, e somente com essa cultura movimentou recursos da ordem de 623 milhões de reais/ano. A área plantada nesse Estado chegou a 399.900 hectares, com produção aproximada de 422.000 toneladas e produtividade média em torno de 1.050 kg/ha (Agrianual, 2002).

Essa leguminosa é cultivada durante todo o ano numa grande diversidade de ecossistemas; sendo assim, vários fatores podem ocasionar danos durante o cultivo, com conseqüentes perdas na produção. Dentre os fatores, a ocorrência de doenças é de extrema importância, pois além de diminuir a produtividade e aumentar os custos, pode ainda depreciar a qualidade do produto.

Somente com uso de fungicidas os custos podem ultrapassar o valor de R\$ 250,00 por hectare (Agrianual, 2002). Para um pivô de 100 hectares, o produtor necessitaria lançar mão de R\$ 25.000,00 para controlar apenas as doenças de etiologia fúngica.

A antracnose do feijoeiro, cujo agente etiológico é o fungo *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. Magn.) Scribner, é uma das principais doenças do feijoeiro, principalmente no Sul do Estado de Minas Gerais. As sementes são capazes de transportar esse patógeno e gerar plântulas doentes na lavoura, as quais constituirão focos primários de infecção para a antracnose (Machado, 1994). Quanto mais precoce for o aparecimento da doença, maiores poderão ser as perdas, chegando a 100% de redução na produtividade (Chaves, 1980).

Na região Sul de Minas Gerais, em determinadas épocas do ano ocorrem temperaturas entre 15-22°C e alta umidade relativa do ar. Essas condições, aliadas ao uso de cultivares suscetíveis, favorecem o progresso da antracnose (Chaves, 1980).

O progresso de determinada doença representa a integração dos efeitos do hospedeiro, patógeno e ambiente durante a epidemia e pode oferecer subsídios para analisar, comparar e entender a dinâmica das doenças de plantas (Campbell & Madden, 1990). A melhor representação de uma epidemia pode ser feita por meio da curva de progresso da doença, expressa pela plotagem da proporção de doença *versus* tempo. Desta forma, pode-se determinar a época de início da epidemia, a quantidade de inóculo inicial (X_0), a taxa de progresso da doença (r), a área abaixo da curva de progresso, a quantidade máxima (X_{max}) da doença e a duração da epidemia (Bergamin Filho, 1995). O uso de modelos adaptados especialmente para epidemias de doenças de plantas constitui ferramenta para auxiliar na análise de curvas de progresso da doença (Campbell & Madden, 1990).

Diante do exposto, objetiva-se, com esse trabalho: i) estudar a evolução da antracnose provocada por *C. lindemuthianum* transmitido via-semente, com diferentes níveis de infecção das sementes por meio da curva de progresso da doença; ii) correlacionar a intensidade da doença com a produção e com as variáveis ambientais da região; iii) correlacionar incidência e a severidade da antracnose com a produção e iv) verificar a transmissibilidade de *C. lindemuthianum* da planta para sementes a partir dos diferentes níveis de inóculo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área experimental

Dois experimentos foram instalados na área experimental do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Lavras em altitude de 918 metros, latitude sul de 21°14', longitude oeste de 45°00' em Latossolo Roxo. O primeiro plantio foi realizado no dia quatro de março e conduzido até junho de 1998 (plantio das secas) e o segundo plantio foi realizado no dia 15 de dezembro de 1998 e conduzido até março de 1999 (plantio das águas).

4.2 Preparo da área experimental e condução dos experimentos

Antes da instalação dos experimentos foram retiradas amostras de solo, as quais foram encaminhadas ao Departamento de Solos da Universidade Federal de Lavras para ser feita a análise físico-química. Com base nos resultados das análises foram definidas a calagem e as dosagens ideais de NPK (nitrogênio, fósforo e potássio). Foi realizada adubação no sulco de plantio, na proporção de 500Kg/ha da formulação 4-14-8, e cobertura com 150Kg/ha de sulfato de amônia, aos 25 dias após o plantio.

As irrigações por aspersão foram realizadas somente no plantio das secas (40mm semanalmente, divididos em duas vezes). Para controle de pragas, foi aplicado o inseticida triazophos (50mL/20 litros de água). Para o controle de plantas daninhas e da ferrugem foram realizadas capinas manuais e pulverizações com o fungicida Plantvax (40g/20 litros de água).

4.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições. Cada parcela, com 20m², foi constituída por nove linhas, com cinco metros de comprimento, sendo consideradas como área

útil as sete linhas centrais. Utilizaram-se sementes da cultivar Carioca semeadas no espaçamento de 0,5 m entre linhas, mantendo-se estande de 12 plantas por metro linear.

Os tratamentos consistiram de: T1- Testemunha (sementes não inoculadas); T2- 0,5% de inóculo; T3- 1% de inóculo, T4- 2% de inóculo, T5- 4% de inóculo. As sementes inoculadas foram semeadas ao acaso na parcela no momento do plantio.

As parcelas foram separadas por 4 fileiras de milho, plantadas 30 dias antes da instalação de cada experimento, objetivando conter ou minimizar a disseminação dos propágulos do patógeno de uma parcela para outra.

4.4 Análise dos lotes de sementes e inoculação do patógeno.

Foram selecionados lotes de sementes suscetíveis, da cultivar Carioca comum, livres de infecção (sementes sadias) por *C. lindemuthianum*. Para isso foi utilizado o método do rolo de papel descrito por Machado (1994). Antes do plantio, as sementes foram tratadas com benomil + thiram.

As sementes infectadas foram obtidas mantendo as sementes de feijão por 7 dias em meio de cultura agarizado com crescimento fúngico, em potencial osmótico de -1,0 Mpa, à temperatura de 20°C, com 12 horas de luz e 12 horas de escuro em estufa BOD (Carvalho et al., 1998).

4.5 Avaliação da doença, do estágio vegetativo e da área foliar.

Foram marcadas aleatoriamente dez plantas, entre os estádios V3/V4, em cada parcela, com fita plástica para avaliações da antracnose. As avaliações foram iniciadas 19 dias após o plantio e realizadas em intervalos de sete dias até o enchimento das vagens no 68º dia (estádio R8), totalizando oito avaliações. O estágio vegetativo do feijoeiro foi avaliado com base na escala de Fernandez et al. (1986).

Determinou-se a incidência (%) e a severidade (porcentagem da área foliar lesionada) em cada avaliação. A incidência foi determinada contando-se o número de plantas com sintomas, no total das dez plantas avaliadas. A severidade foi determinada avaliando-se todas as folhas de cada planta com sintomas, utilizando a escala de avaliação para antracnose do feijoeiro de Pastor Corrales (Tamayo, 1995).

4.6 Análise do progresso temporal da doença.

A análise da dinâmica temporal foi realizada de acordo com a área abaixo da curva de progresso da antracnose (AACPD) para a incidência e para a severidade da doença (AACPI e AACPS, respectivamente). O cálculo da AACPD se deu por meio da seguinte fórmula (Campbell & Madden, 1990):

$$AACPD = \sum_{i=1}^{n-1} (Y_i + Y_{i+1}/2)(t_{i+1} - t_i)$$

onde Y é a intensidade da doença, t o tempo e n o número de avaliações no tempo.

As curvas de progresso da doença por tratamento foram submetidas ao ajuste do modelo Linear e dos modelos linearizados Exponencial, Monomolecular, Logístico e Gompertz.

Para o ajuste de modelos às curvas, observou-se o coeficiente de determinação corrigido (R^2) proveniente da regressão entre valores observados e valores estimados, a forma da curva da derivada (dy/dt), o quadrado médio do resíduo (QME), o desvio padrão e o gráfico dos resíduos (y observado - y estimado) em função da variável independente “dia após o plantio” (Campbell & Madden, 1990; Bergamin Filho, 1995).

Após a escolha do modelo que melhor ajustou-se aos dados, foram calculados o tempo e a razão de sanitização (Campbell & Madden, 1990).

Os tratamentos foram comparados utilizando-se a área abaixo da curva de progresso para a incidência e severidade da antracnose e as taxas de progresso obtidas a partir da seleção do melhor modelo. A área abaixo da curva de progresso da doença foi utilizada para comparar as épocas de plantio.

As taxas de progresso da doença obtidas a partir do melhor modelo foram comparadas por meio da equação (Campbell & Madden, 1990):

$$(\theta_1 - \theta_2) \pm t[P/2; n_1 + n_2 - (2p)] s[d]$$

onde p é o número de parâmetros do modelo; n_1 e n_2 são o número de observações para cada curva de progresso; t é o valor do teste t no nível de significância P e $n_1 + n_2 - (2p)$ os graus de liberdade; e $s[d]$ é o erro padrão das diferentes taxas.

4.7 Produção de grãos

O primeiro experimento, com plantio em março de 1998, foi colhido no dia 29 de junho. A colheita do segundo experimento, com plantio em dezembro de 1998, foi no dia 15 de março de 2002. As sementes foram retiradas das vagens e pesadas com 10% de umidade. Os resultados foram expressos em gramas por parcela. A produção foi correlacionada com a AACPI e AACPS em ambos experimentos.

4.8 Dados meteorológicos

A intensidade da antracnose foi correlacionada com a temperatura média, máxima e mínima, umidade relativa do ar e precipitação em cada experimento.

Os dados meteorológicos citados anteriormente e também a radiação solar incidente, foram obtidos da estação meteorológica da Universidade Federal de Lavras, localizada a cerca de 200 metros do experimento.

4.9 Teste de transmissibilidade de *Colletotrichum lindemuthianum* da planta para as sementes

Após a colheita das parcelas experimentais, retirou-se uma subamostra de duzentas sementes de cada tratamento. Nessas sementes foi analisada a transmissão do patógeno. Para isso foi utilizado o método do rolo de papel (Machado, 1994). Esse método consiste em distribuir uniformemente 50 sementes da amostra a ser testada sobre duas folhas de papel filtro umedecidas com água destilada esterilizada; em seguida cobre-se essas sementes com outra folha do mesmo papel também umedecido e enrola-se no sentido da largura, formando, assim, os rolos. Assim, foram feitas quatro repetições de 50 sementes, para totalizar 200 sementes avaliadas. Os rolos foram acondicionados em sacos escuros para evitar a entrada de luz, levados à câmara de crescimento e mantidas por sete dias na temperatura de 20°C. Ao final desse período, as sementes germinadas foram avaliadas por meio da incidência de sintomas característicos do fungo nos cotilédones. Sintomas duvidosos foram cuidadosamente observados na lupa e, quando necessário, foram feitas lâminas para verificar a presença de estruturas características do patógeno.

Foram feitos testes de correlação entre a porcentagem de sementes infectadas no teste de sanidade e os diferentes níveis de inóculo levados ao campo, área abaixo da curva da incidência e da severidade e a produção de grãos.

4.10 Análise dos dados

As análises foram feitas nos programas SAS (The SAS System for Windows, SAS Institute Inc. Cary, NC, USA) e SISVAR. Os gráficos foram plotados no programa Microsoft® EXCEL 97.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em ambas as épocas de cultivo verificou-se a germinação de plântulas doentes provenientes das sementes infectadas. Portanto, a inoculação das sementes foi eficiente em transmitir o inóculo inicial do agente etiológico, essencial para estabelecer o processo doença. *C. lindemuthianum* tem habilidade de esporular abundantemente no hipocótilo, cotilédones e folhas primárias das plântulas de feijoeiro e constituir a fonte de inóculo para ciclos secundários de infecção (Machado, 1988).

5.1 Área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) e severidade (AACPS) da antracnose

No cultivo da seca (março) detectou-se diferença entre os tratamentos, por meio do teste Scott & Knott ($P < 0,001$), tanto na incidência (AACPI) quanto na severidade (AACPS). Os níveis 0; 0,5 e 1,0 % de sementes infectadas diferiram e apresentaram menores valores AACPI e AACPS com relação aos níveis 2,0 e 4,0 % (Tabela 1). Isso reflete uma tendência de maior intensidade da doença em função da maior quantidade de inóculo inicial.

No período das águas (dezembro), o resultado obtido anteriormente não se repetiu. Os valores da área abaixo da curva de progresso da antracnose para incidência e para a severidade, nos diferentes tratamentos, não diferiram significativamente entre si quando foram submetidos ao teste de médias (Tabela 1).

Na época da seca predominaram temperaturas amenas, em torno de 20°C, favoráveis ao progresso da antracnose do feijoeiro, e o fator umidade foi fornecido por meio da irrigação (Figura 1). Isso, por si só, justificou a maior severidade da antracnose nesse cultivo. Ao contrário, na época das águas, apesar

da alta precipitação pluviométrica, o progresso da antracnose foi lento, pois a ocorrência de temperaturas elevadas (25°C) provavelmente determinou menor progresso da doença (Figura 1).

TABELA 1 Área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) e da severidade (AACPS) da antracnose do feijoeiro no cultivo das secas e das águas em Lavras-MG.

Sementes infectadas (%)	AACPI		AACPS	
	Secas*	Águas	Secas	Águas
0,0	483 aA	787 aA	39 aA	22 aB
0,5	523 aA	442 aA	29 aA	23 aB
1,0	690 aA	770 aA	53 aA	26 aB
2,0	1495 bA	1198 aA	120 bA	37 aB
4,0	1024 bA	1645 aA	92 bA	30 aB

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem significativamente entre si por meio do teste Scott Knott ($P < 0,001$).

A análise entre experimentos permitiu verificar diferenças entre as duas épocas de cultivo com relação à severidade da antracnose. No experimento conduzido na época da seca, a severidade da doença foi maior em relação à época das águas ($P < 0,001$). Já para a incidência, diferença significativa não foi observada (Tabela 1). Para doenças foliares, a severidade é a variável mais apropriada para quantificar a intensidade da doença (Bergamin Filho, 1995). A avaliação baseada somente na incidência não mostraria a real intensidade da doença nos experimentos. A maior severidade da antracnose, nesse caso, poderia estar condicionada ao ambiente favorável, aliado ao uso do sistema de irrigação por aspersão. A irrigação desempenhou papel fundamental tanto para disseminar conídios quanto para sua germinação e infecção das plantas.

Claudiano (1990) também observou incidências crescentes da antracnose em relação à proporção de níveis iniciais de focos de infecção por *C. lindemuthianum* em Lavras e Lambari.

A maior porcentagem de plântulas inoculadas com *C. lindemuthianum* promoveu aumento significativo da incidência da antracnose em folhas e vagens em experimentos conduzidos na Zona da Mata de Minas Gerais e em duas épocas de cultivo. Nas folhas, a maior incidência foi verificada na estação chuvosa; segundo os autores, o início da epidemia ficou condicionada ao regime da precipitação (Araya Fernandes et al., 1987). Esse ensaio difere do presente estudo pois os autores inocularam as plântulas com o agente etiológico e, assim, simularam sementes infectadas e avaliaram somente a incidência da doença. Atualmente, com novos processos de inoculação de sementes (Carvalho et al., 1998), estudos visando verificar a influência do inóculo primário podem ser feitos utilizando sementes inoculadas, assim, a transmissão para a planta pode ser realmente verificada.

Vechiato et al. (1997a) obtiveram correlação positiva entre a infecção das sementes por *C. lindemuthianum* e a porcentagem de plântulas com sintomas de antracnose em experimentos conduzidos em casa-de-vegetação.

Na região do Alto Paranaíba, em Minas Gerais, no ano de 1985, verificou-se incidência de até 23% de plantas infectadas em parcelas com níveis de 4% de sementes infectadas. Quando as sementes foram tratadas com a mistura de fungicidas benomyl + thiram, ocorreu redução na infecção das sementes para 1,5% e do percentual de plantas infectadas no campo para 3,7% (Machado, 2000). No presente trabalho, observaram-se mais de 50% de plantas doentes no campo, para a época da seca, provenientes de sementes com nível de 2% de infecção.

Em outro experimento, conduzido na Zona da Mata, observou-se maior incidência da antracnose em sementes com nível de inóculo de 3,8% em relação

à parcela controle, livre de sementes infectadas. Para a severidade não houve diferença significativa (Pereira et al., 2002).

No patossistema *Colletorichum gossipii* var. *cephalosporioides* x algodoeiro, verificou-se rápida disseminação da ramulose e a intensidade da doença foi maior naquelas plantas próximas da fonte de inóculo. O progresso da doença cessou a partir dos 123 dias após a emergência, pois a precipitação diminuiu e a temperatura mínima caiu para 12,8°C (Santos et al., 1994). Segundo os autores, os efeitos da precipitação e da temperatura foram marcantes para o progresso da doença nesse patossistema. Efeitos do ambiente também foram determinantes para a maior quantidade da antracnose no plantio da seca em Lavras-MG.

5.2 Correlação entre intensidade da doença e variáveis ambientais

Correlações entre a intensidade da antracnose nos diferentes tratamentos e as variáveis ambientais temperatura máxima ($T_{\text{máx}}$), temperatura média ($T_{\text{méd}}$), temperatura mínima ($T_{\text{mín}}$), precipitação (Pre) e umidade relativa do ar (UR) foram realizadas com o intuito de observar qual a relação entre a antracnose e o ambiente em ambas as épocas.

Para a época das águas, não foi detectado coeficiente de correlação significativo. Ao contrário, correlações significativas foram detectadas na época da seca (Tabela 2).

Altos coeficientes de correlação, significativos, entre a intensidade da antracnose com a temperatura máxima, média e mínima foram encontrados em todos os tratamentos no plantio da seca. Essa correlação foi negativa e indica uma relação inversa, ou seja, conforme a temperatura diminuiu, a intensidade da doença aumentou. A melhor temperatura para o progresso da antracnose está entre 17 e 20°C, e a umidade relativa, acima de 91% (Chaves, 1980).

TABELA 2 Coeficiente de correlação entre a incidência e severidade da antracnose nos diferentes níveis de inóculo com as variáveis climáticas no plantio da seca (março a junho de 1998).

Variáveis ambientais ¹	Níveis de inóculo nas sementes (%)					
		0	0,5	1,0	2,0	4,0
T _{máx} (°C)	I ²	-0,92 **	-0,82 **	-0,87 **	-0,94 **	-0,86 **
	S	-0,84 **	-0,74 *	-0,90 **	-0,94 **	-0,89 **
T _{méd} (°C)	I	-0,92 **	-0,73 *	-0,79 *	-0,80 *	-0,81 *
	S	-0,71 *	-0,65 *	-0,79 *	-0,84 **	-0,83 *
T _{mín} (°C)	I	-0,87 **	-0,80 *	-0,76 *	-0,87 **	-0,82 *
	S	-0,85 **	-0,82 *	-0,83 **	-0,83 **	-0,87 **
Pre + irrig (mm)	I	0,14 ns	0,05 ns	0,12 ns	0,09 ns	0,25 ns
	S	0,33 ns	0,23 ns	0,31 ns	0,22 ns	0,18 ns
UR (%)	I	-0,28 ns	-0,04 ns	-0,08 ns	-0,12 ns	-0,05 ns
	S	0,12 ns	0,08 ns	0,07 ns	0,009 ns	0,03 ns

1 Temperatura máxima (T_{máx}), temperatura média (T_{méd}), temperatura mínima (T_{mín}), precipitação + irrigação (Pre + irrig) e umidade relativa do ar (UR)

2 I: incidência S: severidade

3 ns: não significativo, * significativo (P<0,05), ** significativo (P<0,01)

Durante o ciclo da cultura na época da seca (março a junho), a temperatura diminuiu e ocorreu maior progresso da doença. Outro fator importante foi o uso da irrigação por aspersão (Figura 1). Apesar da falta de correlação, provavelmente a irrigação proporcionou umidade necessária para a germinação dos conídios do fungo e foi veículo para disseminar os propágulos a curtas distâncias e, assim, promover maior progresso da antracnose.

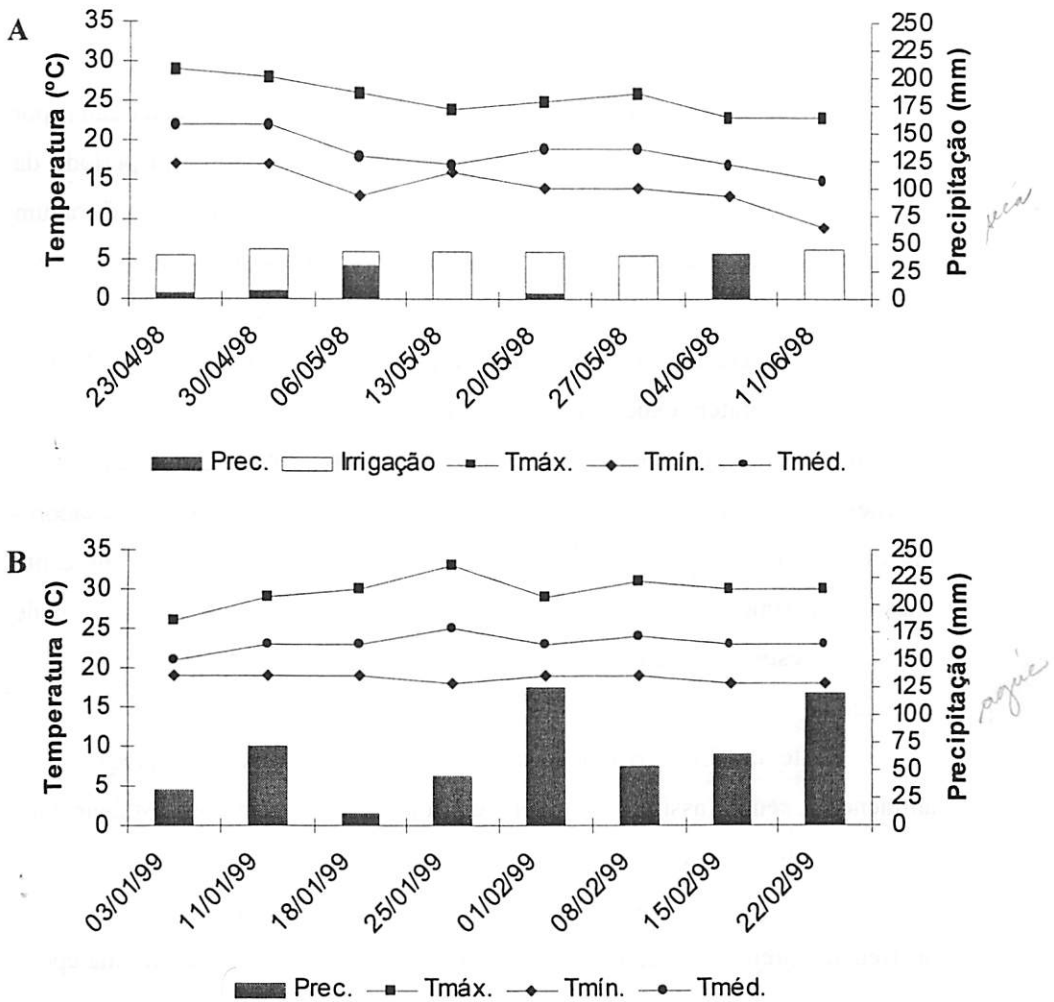


Figura 1 Variáveis ambientais obtidas no experimento da seca (A) e das águas (B) (Prec.: precipitação, Tmáx.: temperatura máxima, Tméd.: temperatura média, Tmín.: temperatura mínima).

Claudiano (1990) verificou, em seus estudos, maiores incidências da antracnose nas folhas, vagens e sementes no cultivo da seca em Lavras-MG.

Essa autora também utilizou irrigação por aspersão nos experimentos conduzidos nesse período.

Lavras está localizada no Sul de Minas, região caracterizada por apresentar temperaturas amenas, com média em torno de 20°C no período da seca (Estação Meteorológica da UFLA). O cultivo do feijoeiro também é comum nessa região e nessa época, portanto a fiscalização de sementes visando detectar a presença de *C. lindemuthianum* nos lotes deve ser rigorosa.

A Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes – ABRATES propôs, em caráter experimental, o nível de tolerância de 1% para *C. lindemuthianum* em sementes certificadas (Machado, 1994). Geralmente esses padrões de tolerância são propostos com base na experiência de pesquisadores da área, quando na realidade deveriam ser estabelecidos levando em conta ensaios experimentais (Pozza, 2000; Taylor et al., 1979). O presente estudo pode auxiliar no estabelecimento dos níveis de tolerância para as regiões produtoras de feijão do Sul de Minas.

Neste trabalho verificou-se a alta influência do ambiente no progresso da antracnose, sendo assim, os níveis de tolerância devem ser estabelecidos levando-se em ^{consideração} conta a região, a época e as condições ambientais onde o lote será plantado (Machado, 1994). Determinados lotes passíveis de serem rejeitados, acarretando prejuízos para produtores, poderiam ser aproveitados em uma época ou em uma região menos favorável ao progresso da antracnose.

O contrário também é verdadeiro, pois a alta eficiência de transmissão, aliada à rápida disseminação e poder destrutivo da antracnose (Vechiato et al., 1997a), podem gerar epidemias com alta taxa de progresso a partir de lotes de sementes com baixos níveis de infecção, principalmente quando são enviados para regiões onde o ambiente é favorável à doença.

5.3 Curvas de progresso da antracnose

Foram traçadas as curvas de progresso da antracnose tanto para a incidência quanto para a severidade da doença nas duas épocas de cultivo (Figuras 2 e 3). As incidências da antracnose foram semelhantes entre as duas épocas (Figura 2), porém a severidade na época das águas apresentou menor progresso (Figura 3).

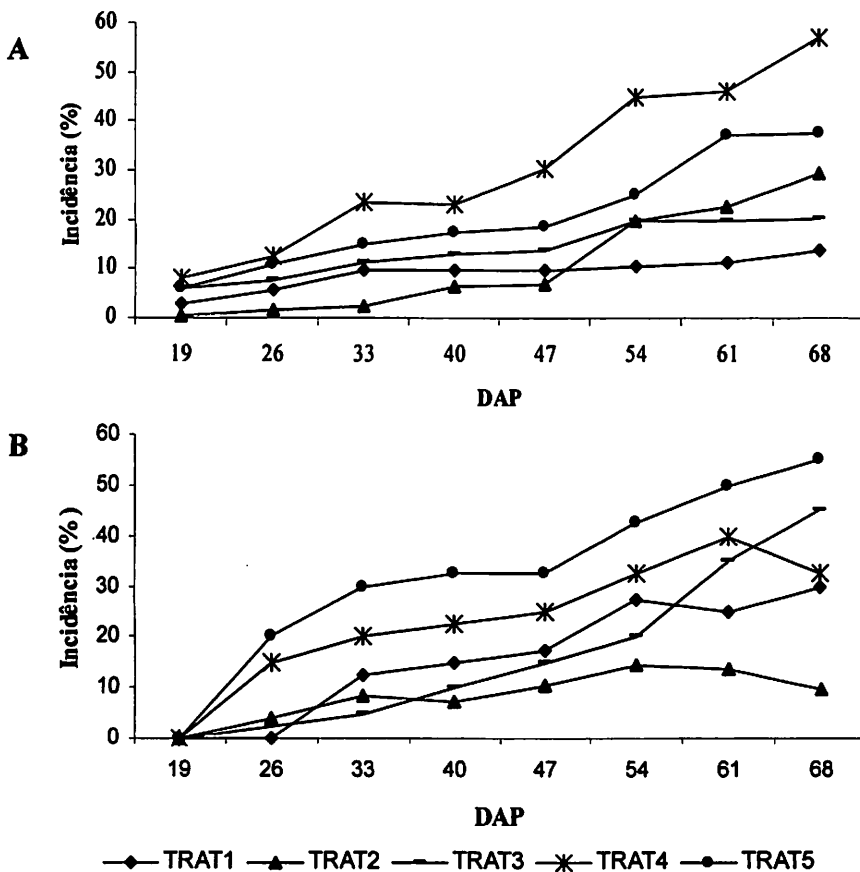


FIGURA 2: Curvas de progresso da incidência da antracnose do feijoeiro na época da seca (A) e das águas (B) em função de diferentes níveis de inóculo nas sementes. Trat 1: 0%; Trat 2: 0,5%; Trat 3: 1,0%; Trat 4: 2,0%; Trat 5: 4,0% de sementes infectadas DAP: dias após o plantio.

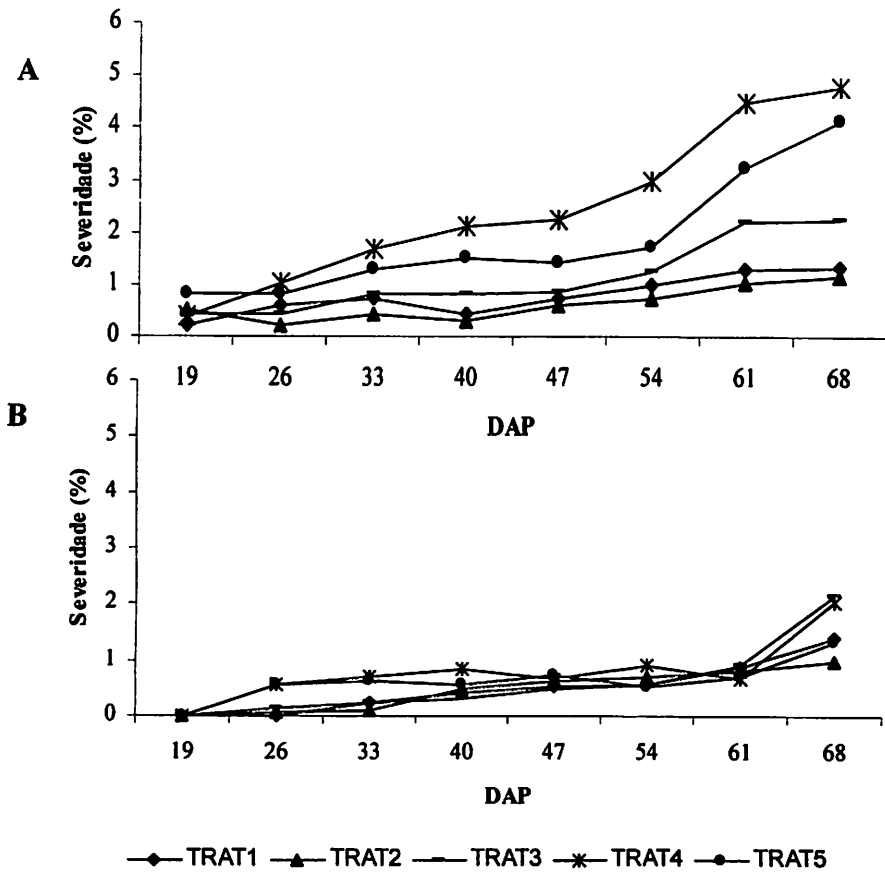


FIGURA 3: Curvas de progresso da severidade da antracnose do feijoeiro na época da seca (A) e das águas (B) em função de diferentes níveis de inóculo nas sementes. Trat 1: 0%; Trat 2: 0,5%; Trat 3: 1,0%; Trat 4: 2,0%; Trat 5: 4,0% de sementes infectadas DAP: dias após o plantio

5.4 Escolha do melhor modelo

Não se obteve bom ajuste dos modelos não lineares às curvas, observando os critérios estatísticos citados. Geralmente as doenças apresentam progresso logístico, porém o hábito de crescimento indeterminado do feijoeiro não deixou isso visível (Bergamin Filho, informação pessoal). Pela análise dos modelos linearizados, observou-se melhor ajuste do modelo linear para todos os níveis de infecção.

O modelo linear apresentou valores de R^2 (coeficiente de determinação) semelhantes aos demais modelos, porém com menores valores do QME (quadrado médio do resíduo) (Tabelas 3, 4, 5 e 6). Os modelos monomolecular linearizado e linear apresentaram a maior semelhança entre os critérios observados, porém a comparação dos diferentes valores de R^2 permitiu verificar ligeira vantagem do modelo linear sobre o modelo monomolecular linearizado. Uma observação mais atenta do quadrado médio do resíduo (Tabelas 3, 4, 5 e 6) e do gráfico dos resíduos (Figuras 8, 9, 10 e 11) confirma ser o modelo linear adequado para descrever o patossistema *C. lindemuthianum* x feijoeiro nas condições desses experimentos.

TABELA 3: Resumo da análise de regressão linear¹ usada na avaliação do ajuste de quatro modelos linearizados (exponencial, monomolecular, logístico, gompertz) e do modelo linear para severidade da antracnose na época da seca.

Modelo	R ² (%)	QMR	X ₀	r*	DP-r*
Tratamento 1 – Nível 0,0%					
Exponencial	75,24*	0,1130	-6,3481	0,0316	0,0074
Monomolecular	84,39*	0,000003	-0,0013	0,00022	0,00004
Logístico	75,34*	0,1139	-6,3494	0,0318	0,0073
Gompertz	78,15*	0,0037	-1,8686	0,0062	0,0013
Linear	84,37*	0,000003	-0,0013	0,00021	0,00004
Tratamento 2 – Nível 0,5%					
Exponencial	63,53*	0,1522	-6,4289	0,0278	0,0086
Monomolecular	73,97*	0,000003	-0,0012	0,00017	0,00004
Logístico	63,61*	0,1535	-6,4301	0,0279	0,0086
Gompertz	66,28*	0,0051	-1,8815	0,0054	0,0016
Linear	73,94*	0,000003	-0,0011	0,00017	0,00004
Tratamento 3 – Nível 1,0%					
Exponencial	92,61**	0,0347	-6,2112	0,0356	0,0041
Monomolecular	84,78**	0,000009	-0,0058	0,0005	0,00007
Logístico	92,58**	0,0356	-6,2170	0,0360	0,0042
Gompertz	91,72**	0,0018	-1,8699	0,0078	0,0009
Linear	84,91**	0,000009	-0,0057	0,0005	0,00008
Tratamento 4 – Nível 2,0%					
Exponencial	90,10**	0,0766	-5,8942	0,0451	0,0061
Monomolecular	95,42**	0,000013	-0,0145	0,0009	0,00008
Logístico	90,43**	0,0766	-5,9087	0,0459	0,0061
Gompertz	94,34**	0,0026	-1,8396	0,0112	0,0011
Linear	95,61**	0,000012	-0,0139	0,0009	0,00008
Tratamento 5 – Nível 4,0%					
Exponencial	91,27**	0,0356	-5,5773	0,0329	0,0042
Monomolecular	80,02**	0,000035	-0,0091	0,00064	0,00013
Logístico	91,13**	0,0376	-5,5864	0,0335	0,0043
Gompertz	89,18**	0,0028	-1,7698	0,0082	0,0012
Linear	80,28**	0,000033	-0,0087	0,00063	0,00013

¹ R²= coeficiente de determinação, QMR= quadrado médio do resíduo, X₀= coeficiente linear (interseção), r*= inclinação (taxa de progresso), DP-r*= desvio padrão da taxa.

TABELA 4 Resumo da análise de regressão linear¹ usada na avaliação do ajuste de quatro modelos linearizados (exponencial, monomolecular, logístico, gompertz) e do modelo linear para incidência da antracnose na época da seca.

Modelo	R ² (%)	QMR	X ₀	r*	DP-r*
Tratamento 1 – Nível 0,0%					
Exponencial	72,42**	0,0897	-3,6330	0,0062	0,0066
Monomolecular	85,08**	0,00025	0,0073	0,0020	0,0003
Logístico	73,52**	0,0985	-3,6257	0,0282	0,0069
Gompertz	77,70**	0,0095	-1,3246	0,0098	0,0021
Linear	84,45**	0,00022	0,0097	0,0019	0,0003
Tratamento 2 – Nível 0,5%					
Exponencial	94,13**	0,1475	-6,4802	0,0831	0,0085
Monomolecular	88,41**	0,0023	-0,1845	0,0071	0,0010
Logístico	95,42**	0,1341	-6,6648	0,0902	0,0081
Gompertz	97,53**	0,0081	-2,2659	0,0306	0,0020
Linear	89,87**	0,0014	-0,1542	0,0061	0,00084
Tratamento 3 – Nível 1,0%					
Exponencial	92,46**	0,0185	-3,1728	0,0257	0,0030
Monomolecular	94,86**	0,00026	-0,0095	0,0037	0,00035
Logístico	93,15**	0,0219	-3,1824	0,0294	0,0033
Gompertz	94,38**	0,0031	-1,2350	0,0123	0,00123
Linear	94,95**	0,00019	0,00024	0,0032	0,0003
Tratamento 4 – Nível 2,0%					
Exponencial	93,62**	0,0337	-3,0032	0,0379	0,0040
Monomolecular	94,28**	0,0047	-0,2557	0,0150	0,0015
Logístico	96,43**	0,0356	-3,2589	0,0530	0,0041
Gompertz	97,21**	0,0089	-1,4750	0,0296	0,0020
Linear	96,70**	0,0011	-0,1224	0,0098	0,0007
Tratamento 5 – Nível 4,0%					
Exponencial	95,05**	0,0213	-3,2109	0,0346	0,0032
Monomolecular	91,64**	0,0023	-0,1241	0,0085	0,0010
Logístico	96,03**	0,0263	-3,3350	0,0431	0,0036
Gompertz	96,01**	0,063	-1,3899	0,0209	0,0017
Linear	93,94**	0,0009	-0,0731	0,0065	0,00067

¹ R²= coeficiente de determinação, QMR= quadrado médio do resíduo, X₀= coeficiente linear (intersecção), r*= inclinação (taxa de progresso), DP-r*= desvio padrão da taxa.

TABELA 5 Resumo da análise de regressão linear¹ usada na avaliação do ajuste de quatro modelos linearizados (exponencial, monomolecular, logístico, gompertz) e do modelo linear para severidade da antracnose na época das águas.

Modelo	R ² (%)	QMR	X ₀	r*	DP-r*
Tratamento 1 – Nível 0,0%					
Exponencial	72,81**	2,8397	-13,2145	0,1489	0,0371
Monomolecular	90,43**	0,000003	-0,0064	0,00026	0,00003
Logístico	72,89**	2,8385	-13,2208	0,1491	0,0371
Gompertz	79,90**	0,0355	-2,7171	0,0203	0,0041
Linear	90,55**	0,000002	-0,0063	0,0003	0,00003
Tratamento 2 – Nível 0,5%					
Exponencial	68,96*	1,9483	-11,1726	0,1123	0,0307
Monomolecular	95,71**	0,0000007	-0,0045	0,0002	0,00002
Logístico	69,04*	1,9483	-11,1772	0,1125	0,0307
Gompertz	78,43**	0,0242	-2,4883	0,0160	0,0034
Linear	95,69**	0,0000007	-0,0045	0,0002	0,00002
Tratamento 3 – Nível 1,0%					
Exponencial	68,47*	2,0145	-11,0262	0,1129	0,0312
Monomolecular	72,89**	0,000015	-0,0089	0,00034	0,00008
Logístico	68,63*	2,0120	-11,0352	0,1133	0,0312
Gompertz	81,18**	0,0228	-2,4964	0,0169	0,0033
Linear	73,16**	0,000014	-0,0089	-0,00034	0,00008
Tratamento 4 – Nível 2,0%					
Exponencial	44,02ns	3,7969	-9,6854	0,0933	0,0429
Monomolecular	60,38*	0,000016	-0,0034	0,0003	0,00008
Logístico	44,12	3,8025	-9,6888	0,0935	0,0429
Gompertz	50,51*	0,0606	-2,2565	0,0134	0,0054
Linear	60,51*	0,000015	-0,0034	0,0003	0,00009
Tratamento 4 – Nível 4,0%					
Exponencial	41,19ns	3,7229	-9,5891	0,0872	0,0425
Monomolecular	61,92*	0,000006	-0,0011	0,0002	0,00005
Logístico	41,25ns	3,7284	-9,5902	0,0873	0,0425
Gompertz	45,81ns	0,0583	-2,2299	0,0119	0,0053
Linear	61,94*	0,000006	-0,0011	0,0002	0,00005

¹ R²= coeficiente de determinação, QMR= quadrado médio do resíduo, X₀= coeficiente linear (interseção), r*= inclinação (taxa de progresso), DP-r*= desvio padrão da taxa.

TABELA 6 Resumo da análise de regressão linear¹ usada na avaliação do ajuste de quatro modelos linearizados (exponencial, monomolecular, logístico, gompertz) e do modelo linear para incidência da antracnose na época das águas.

Modelo	R ² (%)	QMR	X ₀	r*	DP-r*
Tratamento 1 – Nível 0,0%					
Exponencial	64,91*	5,1184	-10,7293	0,1661	0,0499
Monomolecular	93,75**	0,0014	-0,1531	0,0077	0,0008
Logístico	66,51*	5,2183	-10,8824	0,1738	0,0503
Gompertz	77,45**	0,1945	-2,7583	0,0429	0,0097
Linear	92,97**	0,0011	-0,1234	0,0065	0,0007
Tratamento 2 – Nível 0,5%					
Exponencial	45,52ns	3,7872	-7,4347	0,0960	0,0429
Monomolecular	69,52*	0,0009	-0,0205	0,0025	0,0007
Logístico	46,34ns	3,8600	-7,4552	0,0986	0,0433
Gompertz	55,75*	0,1325	-1,9936	0,0220	0,0080
Linear	69,89**	0,0008	-0,0174	0,0023	0,0006
Tratamento 3 – Nível 1,0%					
Exponencial	68,15*	2,7232	-8,6140	0,1303	0,0364
Monomolecular	86,96**	0,0068	-0,3023	0,0115	0,0018
Logístico	72,88**	2,5691	-8,9164	0,1418	0,0353
Gompertz	93,91**	0,0416	-2,6829	0,0433	0,0045
Linear	91,41**	0,0026	-0,2245	0,0089	0,0011
Tratamento 4 – Nível 2,0%					
Exponencial	43,41ns	5,1444	-7,0108	0,1072	0,0499
Monomolecular	86,27**	0,0040	-0,0943	0,0085	0,0014
Logístico	46,36ns	5,3247	-7,1051	0,1158	0,0508
Gompertz	62,04*	0,2311	-1,9698	0,0332	0,0106
Linear	85,37**	0,0026	-0,0559	0,0067	0,0011
Tratamento 5 – Nível 4,0%					
Exponencial	43,63ns	5,5684	-6,9285	0,1121	0,0520
Monomolecular	94,98**	0,0038	-0,2046	0,0145	0,0014
Logístico	48,85ns	5,7555	-7,1331	0,1266	0,0523
Gompertz	69,35*	0,2605	-2,0634	0,0415	0,0112
Linear	91,58**	0,0029	-0,0953	0,0097	0,0012

¹R²= coeficiente de determinação, QMR= quadrado médio do resíduo, X₀= coeficiente linear (interseção), r*= inclinação (taxa de progresso), DP-r*= desvio padrão da taxa.

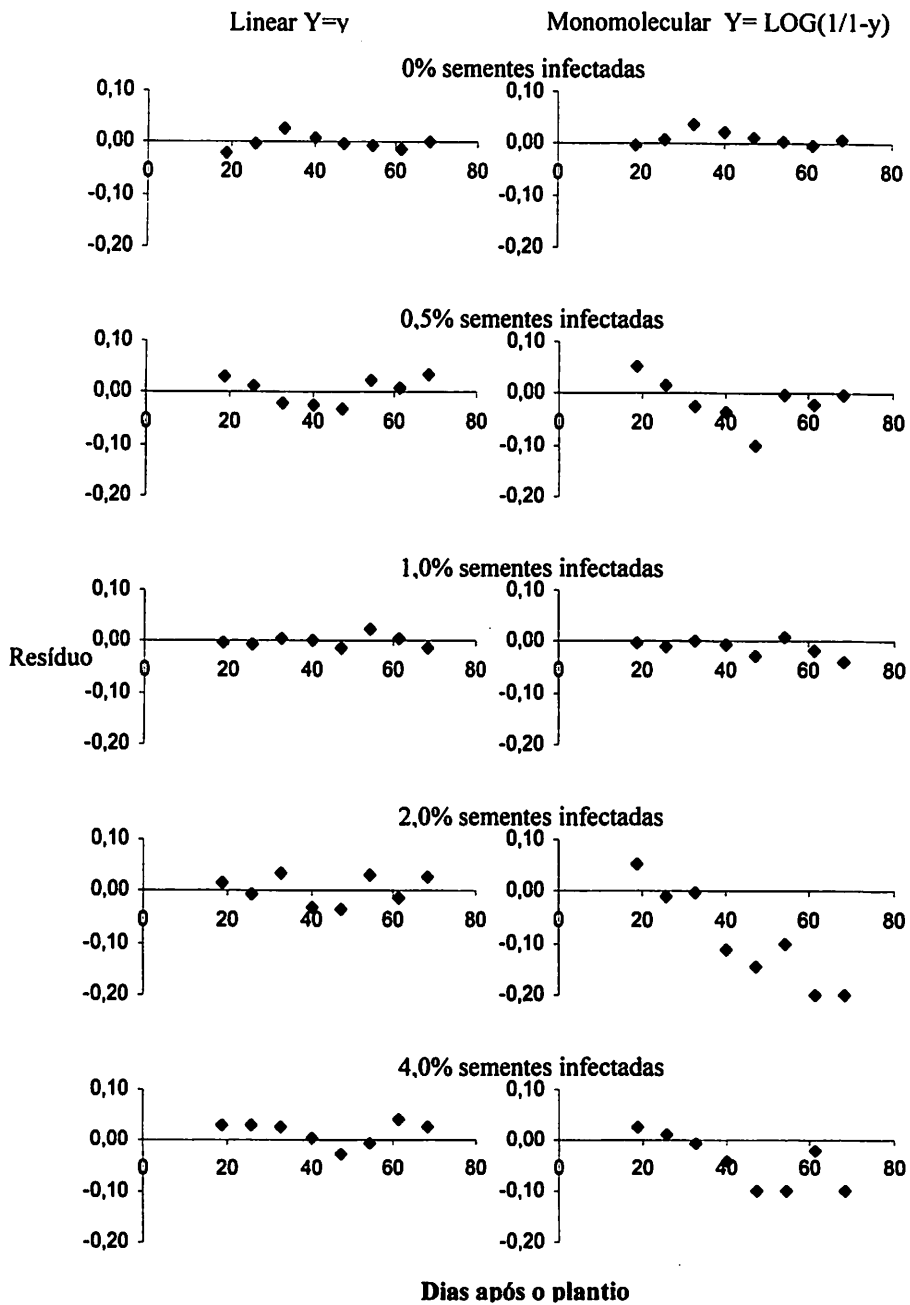


FIGURA 4 Resíduo (y real - y estimado) versus a variável independente (tempo) dos modelos linear e monomolecular linearizado para os valores de incidência na época das seca. y = incidência da antracnose.

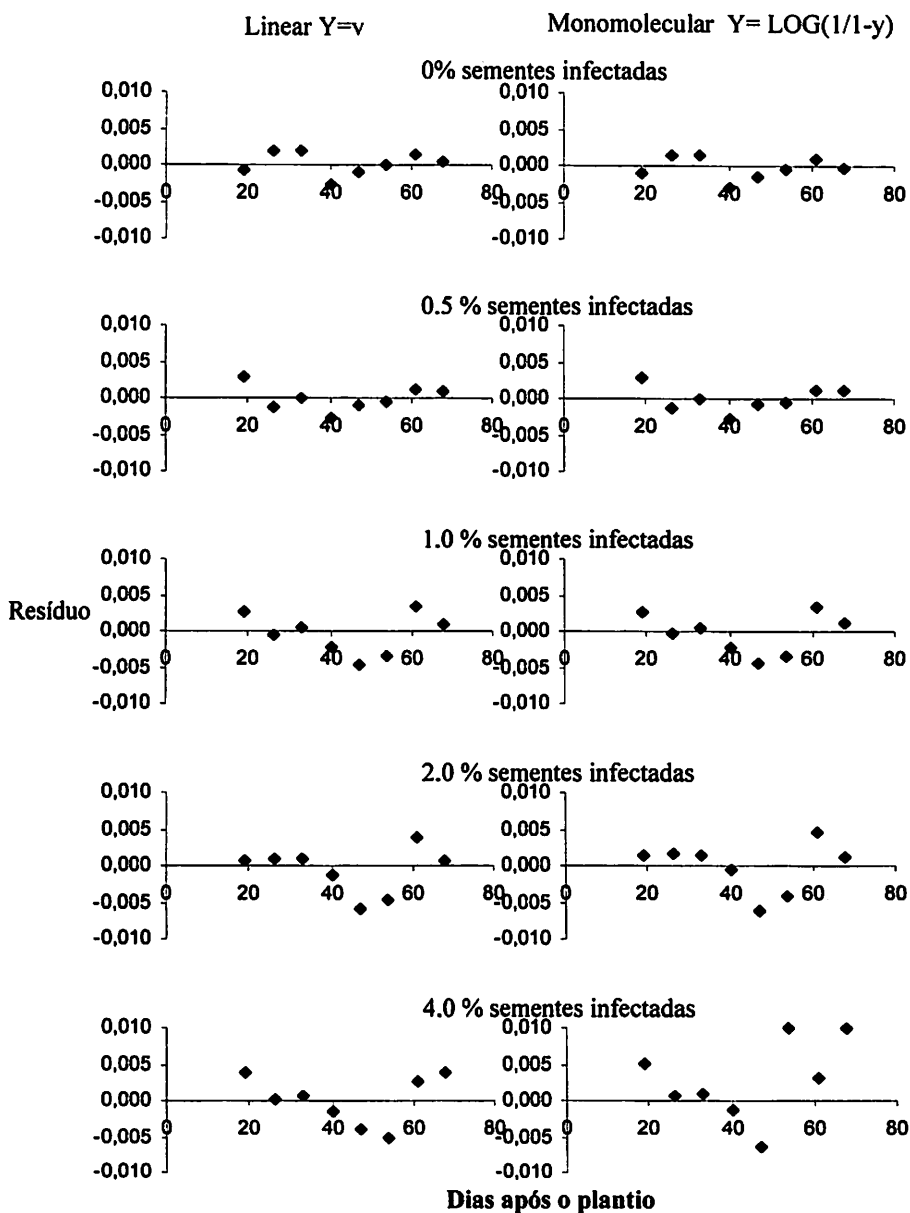


FIGURA 5 Resíduo (y real – y estimado) versus a variável independente (tempo) dos modelos linear e monomolecular linearizado para os valores de severidade na época da seca. y= severidade da antracnose.

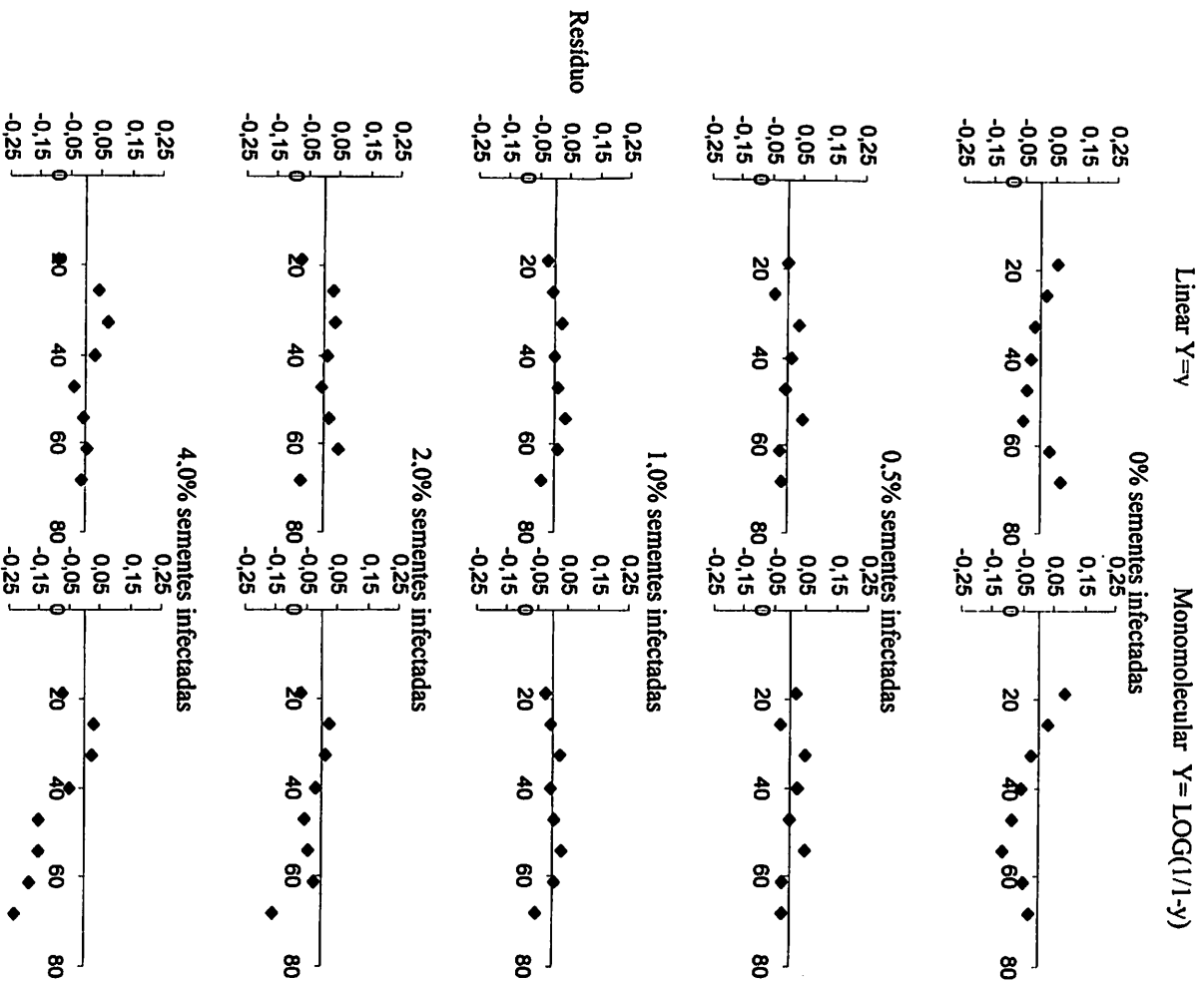


FIGURA 6 Resíduo (y real – y estimado) versus a variável independente (tempo) dos modelos linear e monomolecular linearizado para os valores de incidência na época das águas. y = incidência da antracnose.

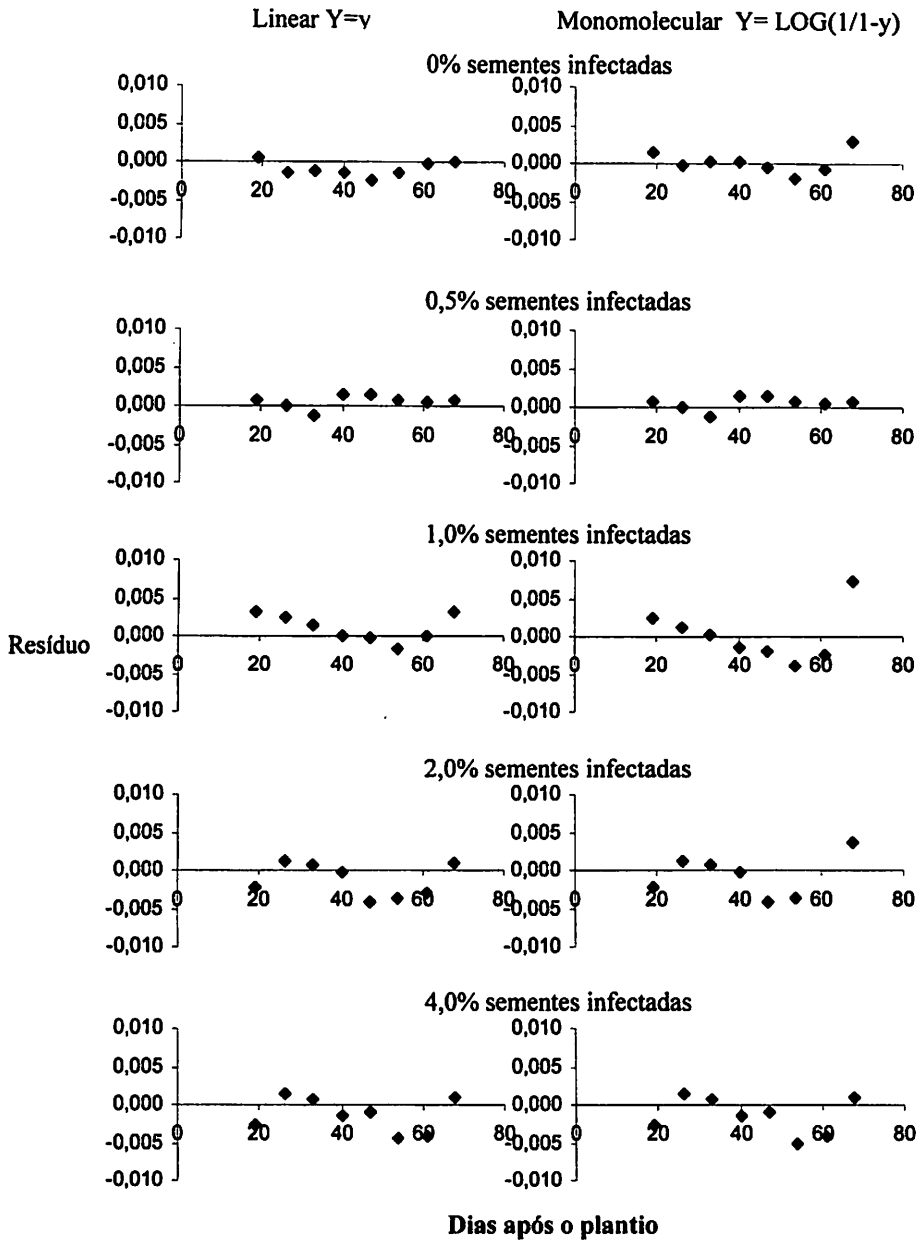


FIGURA 7 Resíduo (y real - y estimado) versus a variável independente (tempo) dos modelos linear e monomolecular linearizado para os valores de severidade na época das águas. y = severidade da antracnose.

5.4.1 Taxas de progresso da antracnose para o plantio da seca

Foram plotados os valores observados e a reta estimada a partir do modelo de regressão linear para a incidência e a severidade da antracnose no plantio da seca (Figuras 8 e 9). Isso permitiu visualizar o progresso da doença de acordo com a taxa em cada tratamento.

Inicialmente, as maiores taxas de progresso da doença, para a incidência, foram visualizadas nos níveis 0,5; 2,0 e 4,0% de infecção das sementes (Figura 8). Para a severidade ficaram evidentes maiores taxas nos tratamentos com 2,0 e 4,0% de sementes infectadas (Figura 9).

Para validar as diferenças visualizadas, as taxas de progresso da doença (r) para a incidência e para a severidade de cada tratamento foram comparadas entre si, por meio do intervalo de confiança ($P < 0,05$) (Tabelas 7 e 8). Quando o intervalo de confiança incluiu zero, verificou-se diferença entre as taxas de progresso da doença, aceitando-se a hipótese de nulidade (Campbell & Madden, 1990).

Pela análise dos intervalos de confiança calculados para as taxas de progresso da incidência da antracnose ($P < 0,05$), verificaram-se diferenças entre todas as taxas, exceto a taxa do tratamento com 0,5% de infecção com a taxa do nível 4,0% de infecção (Tabela 7).

Avaliações de incidência são mais fáceis de serem obtidas e também possuem maior precisão. No entanto, em fases mais avançadas da epidemia, essa variável não pode ser usada independentemente da severidade, por não discernir com clareza a intensidade da doença (Amorim, 1995). Tomando com base o patossistema *C. lindemuthianum* x feijoeiro, a avaliação baseada na incidência forneceu taxas equivalentes entre os níveis 0,5 e 4,0%. Essa igualdade entre taxas não reflete a intensidade da doença no campo, pois a diferença entre esses

níveis pela AACPD foi significativa. Embora fossem detectados sintomas nas plantas entre os níveis 0,5 e 4,0%, a severidade foi variável.

Outra hipótese para explicar essa igualdade entre taxas pode ser pelo fato de algumas epidemias, com baixa quantidade de inóculo inicial, progrediram a taxas maiores em determinados patossistemas (*Cercospora arachidicola*–amendoim, *Botrytis cinerea*–Begônia, *Uromyces appendiculatus*–feijoeiro) (Plaut & Berger, 1981). Nesse caso, quando se compara somente a incidência, o uso de sementes livres de *C. lindemuthianum* poderia não ser o fator mais importante para menor epidemia da antracnose.

Quando foram comparadas as taxas de progresso para a severidade da antracnose pelo intervalo de confiança, verificou-se semelhança entre as taxas do tratamentos com 0 e 0,5% de inóculo. As taxas do nível 1,0, 2,0 e 4,0% foram maiores e semelhantes entre si. Pela análise desses resultados, verifica-se a dependência da taxa de progresso com relação ao inóculo inicial, ou seja, conforme o aumento do inóculo inicial, a taxa de progresso da doença tende a ser maior. Esse resultado condiz com aqueles obtidos para a área abaixo da curva de progresso da severidade da antracnose, com exceção do nível de inóculo 1,0% (Tabela 1). Para a AACPS, a maior quantidade da doença foi detectada nos tratamentos com 2,0 e 4,0% de inóculo nas parcelas. Nesse caso, volta-se à premissa da taxa de progresso de epidemias ser dependente do inóculo inicial.

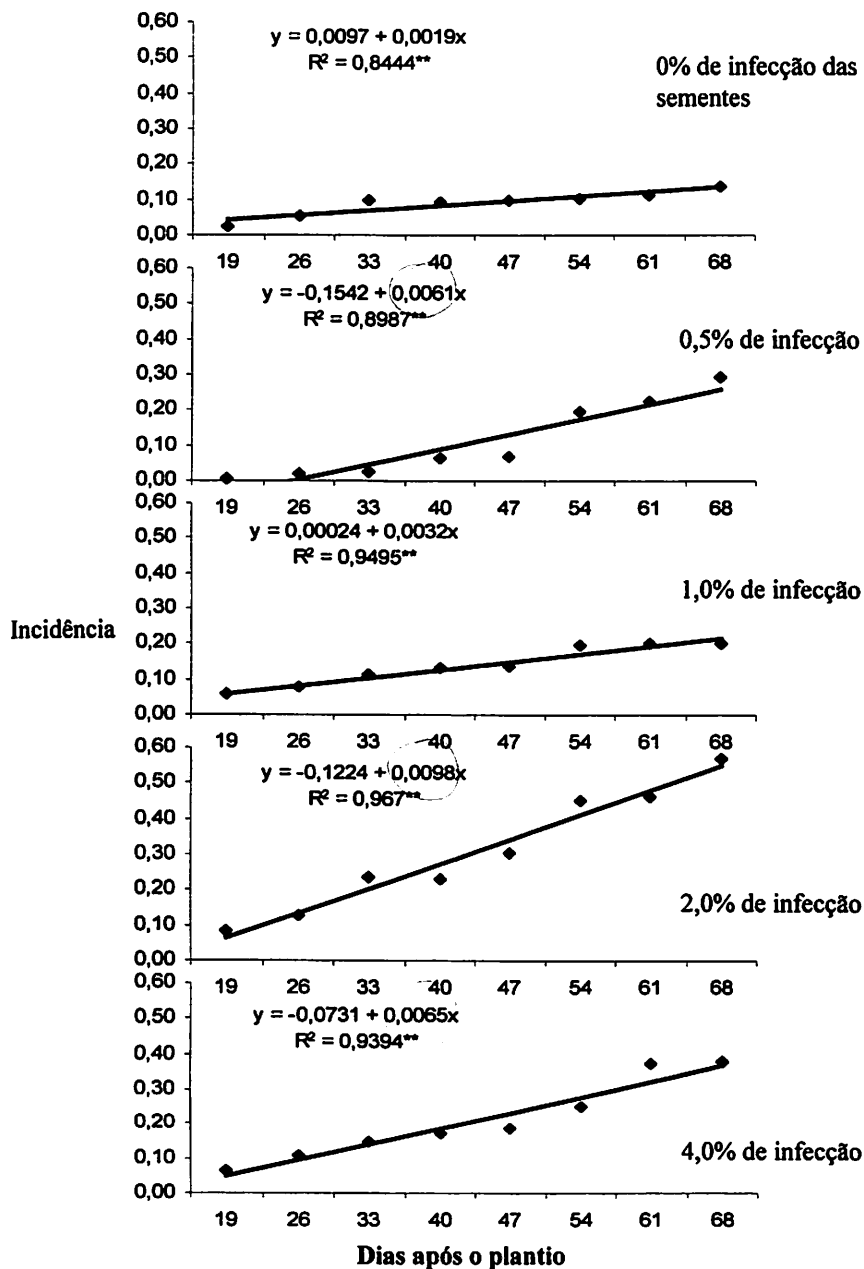


FIGURA 8 Dados reais (♦) e reta estimada pelo modelo linear (—) de incidência na época da seca nos diferentes níveis de inóculo.** Significativo (P < 0,01).

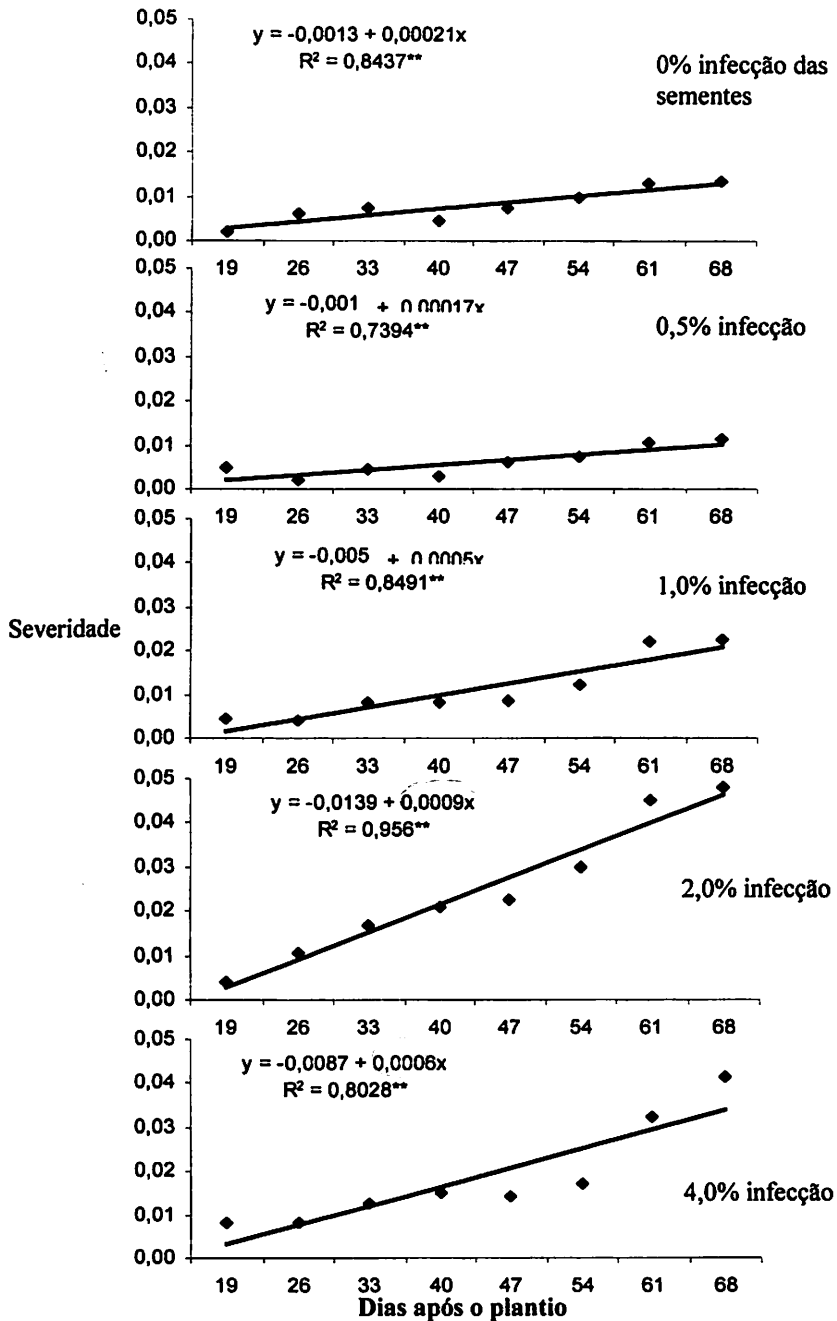


FIGURA 9 Dados reais (♦) e reta estimada pelo modelo linear (—) de severidade na época da seca nos diferentes níveis de inóculo.** Significativo (P < 0,01)

TABELA 7 Comparação entre taxas de progresso da antracnose obtidas a partir do modelo linear para a incidência na época da seca, utilizando o intervalo de confiança.

Taxas a comparar ¹	Intervalo de confiança (x 100)	Resultado
T1 x T2	0,2 a 0,64	Diferentes
T1 x T3	0,027 a 0,23	Diferentes
T1 x T4	0,52 a 1,05	Diferentes
T1 x T5	0,275 a 0,64	Diferentes
T2 x T3	0,07 a 0,51	Diferentes
T2 x T4	0,37 a 0,265	Diferentes
T2 x T5	-0,22 a 0,3	Iguais
T3 x T4	0,47 a 0,84	Diferentes
T3 x T5	0,15 a 0,51	Diferentes
T4 x T5	0,09 a 0,57	Diferentes

¹ T1: 0%, T2: 0,5%, T3: 1,0%, T4: 2,0%, T5: 4,0% de infecção das sementes.

TABELA 8 Comparação entre taxas de progresso da antracnose obtidas a partir do modelo linear para a severidade na época da seca, utilizando o intervalo de confiança.

Taxas a comparar ¹	Intervalo de confiança (x 1000)	Resultado
T1 x T2	-0,097 a 0,177	Iguais
T1 x T3	0,07 a 0,51	Diferentes
T1 x T4	0,47 a 0,91	Diferentes
T1 x T5	0,09 a 0,75	Diferentes
T2 x T3	0,011 a 0,45	Diferentes
T2 x T4	0,51 a 0,95	Diferentes
T2 x T5	0,13 a 0,79	Diferentes
T3 x T4	0,13 a 0,77	Diferentes
T3 x T5	-0,24 a 0,6	Iguais
T4 x T5	-0,1 a 0,64	Iguais

¹ T1: 0%, T2: 0,5%, T3: 1,0%, T4: 2,0%, T5: 4,0% de infecção das sementes.

5.4.1.1 Tempo de sanitização e razão de sanitização

Uma das maneiras de diminuir a incidência final da doença é reduzir o inóculo inicial. Após selecionar o modelo linear, foi calculado o tempo de sanitização, utilizando a equação $t = (y - y_0)/r$, em que t é o tempo ganho, resultante do atraso da epidemia quando se comparam dois níveis de inóculo; y_0 e y são referentes ao inóculo inicial com e sem a medida de controle; e r é a taxa proveniente da equação ajustada para o mesmo tratamento. Nesse caso, a medida de controle foi o uso de sementes livres de inóculo inicial. A razão de sanitização foi obtida dividindo-se a taxa (r) do tratamento sem controle pela taxa do tratamento com controle, $t\%$.

0,5, 1,0, 2,0, 4,0%

Para a incidência da época da seca, utilizando 0% de inóculo como medida de controle, verificou-se tempo de sanitização de 5 e 43 dias em relação às parcelas com 1 e 4% de inóculo inicial, respectivamente. O uso de sementes livres de inóculo proporcionou maior tempo para o aumento da incidência da antracnose, comparado aos níveis de 1 e 4%. A razão de sanitização foi de 1,68 e 3,42 nos níveis 1 e 4% de inóculo, respectivamente. Para a severidade nessa mesma época, foram observados 17 e 35 dias de sanitização e razão de 2,38 e 2,86 nas parcelas com 1 e 4% de inóculo, respectivamente.

O plantio de lotes livres de sementes infectadas por *C. lindemuthianum*. proporcionaria maior tempo até ser necessária a realização de medidas de controle, tais como a pulverização com fungicidas. O uso de sementes livres de inóculo leva ao atraso de epidemias de doenças de plantas (Machado, 1994). Esse atraso proporciona redução nos custos de produção, pelo menor uso de produtos químicos, e gera menor impacto ambiental nas regiões de cultivo do feijoeiro.

5.4.2 Taxas de progresso da antracnose para o plantio das águas

O exame dos dados reais e da reta estimada pelo modelo linear para a incidência e severidade da antracnose permite visualizar maior homogeneidade das taxas de progresso entre os diferentes níveis de inóculo (Figuras 10 e 11).

Utilizando os dados da incidência, a diferença entre as taxas ($P < 0,05$) foi verificada entre a testemunha e o nível de 0,5% de inóculo. Diferenças também foram verificadas entre o nível 0,5% de inóculo e os níveis de 1,0, 2,0 e 4,0% de sementes infectadas (Tabela 9). Como discutido anteriormente, a incidência não pode ser usada de maneira isolada, por não discernir com clareza a intensidade da doença (Amorim, 1995).

Para a severidade, as taxas de progresso entre tratamentos podem ser consideradas iguais ($P < 0,05$) (Tabela 10), correspondendo aos resultados encontrados para a área abaixo da curva de progresso da severidade na época das águas (Tabela 1). Nesse caso, as taxas não dependeram da quantidade de inóculo inicial provavelmente devido à menor severidade observada e aos fatores ambientais não contribuírem para o progresso da antracnose no período de condução desse experimento.

No ciclo das relações patógeno-hospedeiro, a disseminação é o processo responsável pelo aumento da doença. Propágulos de patógenos, como *C. lindemuthianum*, têm nos respingos de chuva seu principal agente de disseminação a curtas distâncias. A alta precipitação ocorrida durante a condução do experimento pode ter favorecido a liberação e dispersão dos conídios do fungo. Nessas condições, o trânsito dos avaliadores entre as parcelas e a manipulação alternada de plantas infectadas e plantas sadias pode ter provocado a disseminação do patógeno (apesar dos cuidados tomados, como esterilizar as mãos com álcool e do início das avaliações pelas parcelas livres de inóculo). Esse fato pode justificar a alta incidência nos tratamentos, incluindo a testemunha.

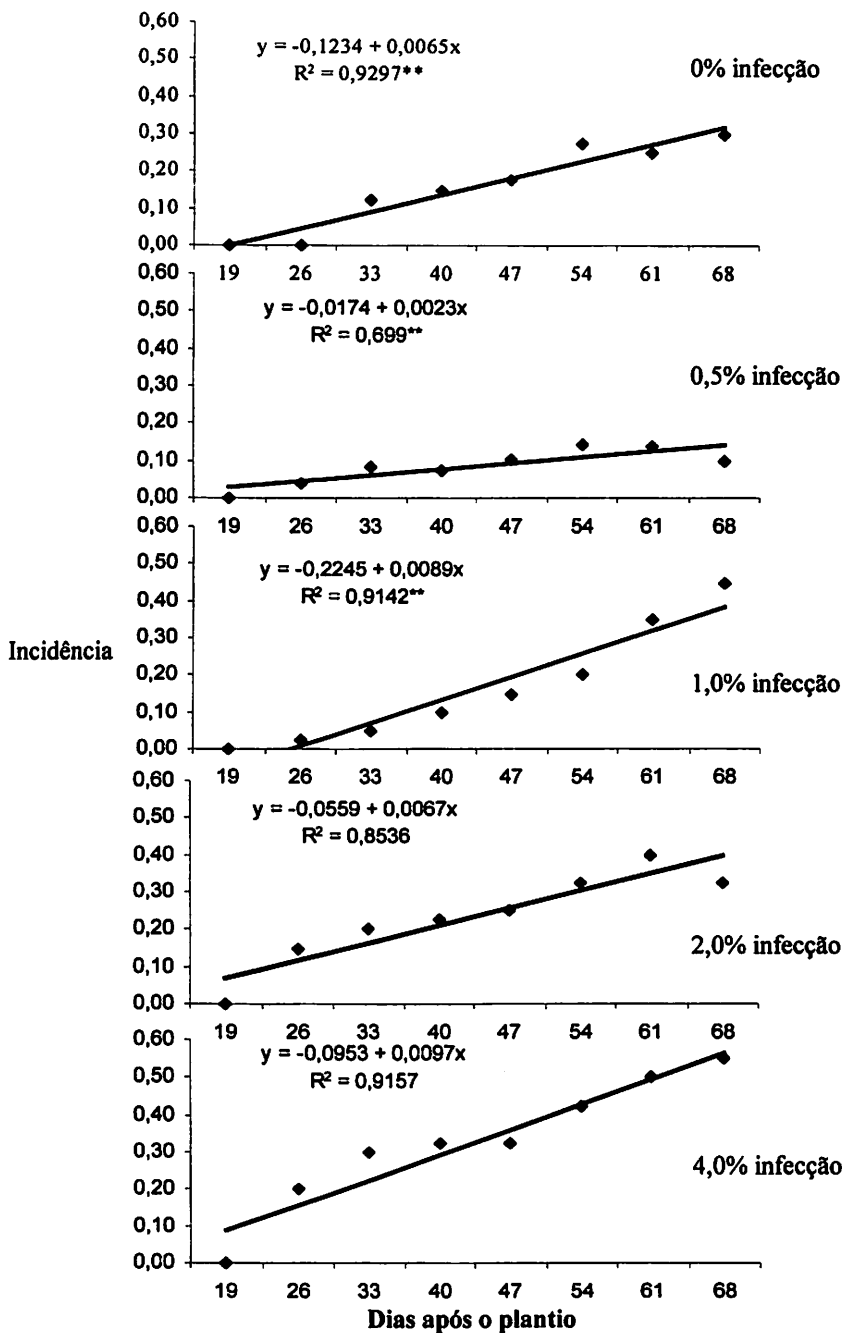


FIGURA 10 Dados reais (♦) e reta estimada pelo modelo linear (—) de incidência na época das águas nos diferentes níveis de inóculo. ** Significativo ($P < 0,01$)

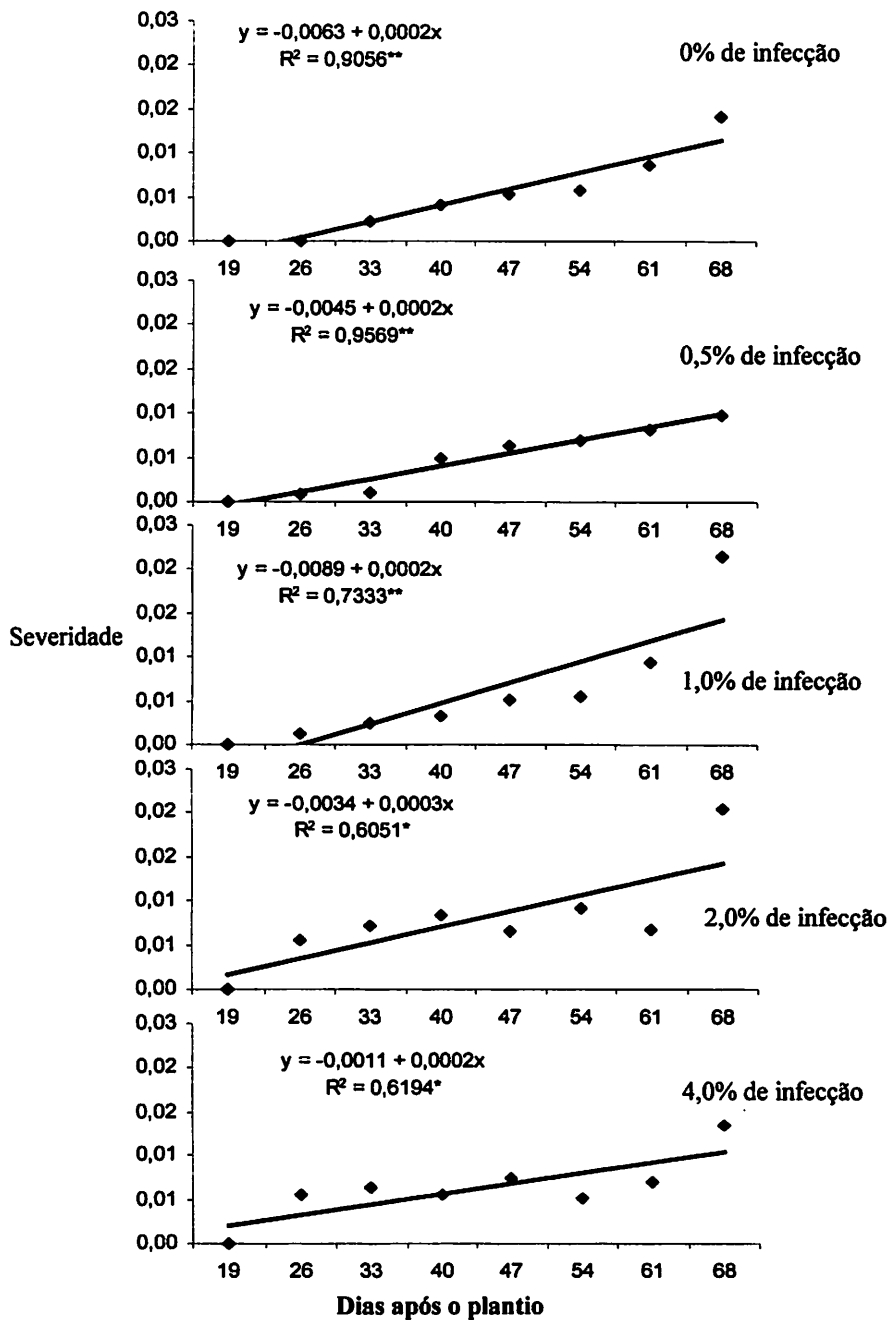


FIGURA 11 Dados reais (♦) e reta estimada pelo modelo linear (—) de severidade na época das águas nos diferentes níveis de inóculo.** Significativo (P < 0,01)

No início de uma epidemia a doença progride no espaço, com aumento da incidência, e no tempo, com aumento da incidência e da severidade (Amorim, 1995). Nesse caso, a disseminação do fungo entre parcelas favoreceu a alta incidência. No entanto, o ambiente não foi favorável ao progresso da severidade da doença.

Como já abordado, a comparação estatística de epidemias pode ser feita por meio dos parâmetros do modelo, como, por exemplo, a taxa ou inclinação da reta e a área abaixo da curva de progresso da doença, entre outros. A comparação entre o parâmetro taxa, a partir dos diferentes níveis de inóculo em cada época de cultivo, e os resultados obtidos por meio da AACPD não mostrou repetibilidade (com exceção da severidade para época das águas). Nem sempre epidemias com mesma taxa apresentam a mesma AACPD, isso foi observado quando foram comparadas as taxas de incidência da antracnose na época da seca, pois nesse caso a taxa do nível de inóculo 0,5% foi igual à taxa do nível 4,0%.

Esse fato permite verificar a melhor adequação da AACPD para comparar os tratamentos, pois essa variável reflete a quantidade de doença mais próxima da observada no campo. Almeida et al. (2000) verificaram, em seus trabalhos com a mancha foliar do amendoim, que as estimativas de quantidade de doença, através da AACPD, descreveram melhor o comportamento da doença em relação às taxas de infecção, pois enquanto as taxas correspondem às médias obtidas durante o ciclo, as AACPD foram calculadas pela média de índices de infecção entre intervalos e a AACPD refletiu melhor a época de aumento de doença, concordando com Johnson et al. (1986). Nesse mesmo patossistema, Johnson et al. (1986) já haviam postulado melhores resultados a partir de avaliações da área abaixo da curva de progresso da doença.

TABELA 9 Comparação entre taxas de progresso da antracnose obtidas a partir do modelo linear para a incidência na época das águas, utilizando o intervalo de confiança.

Taxas a comparar ¹	Intervalo de confiança (x 100)	Resultado
T1 x T2	0,2 a 0,64	Diferentes
T1 x T3	-0,08 a 0,56	Iguais
T1 x T4	-0,0011 a 0,0015	Iguais
T1 x T5	-0,02 a 0,66	Iguais
T2 x T3	0,36 a 0,96	Diferentes
T2 x T4	0,14 a 0,78	Diferentes
T2 x T5	0,39 a 1,07	Diferentes
T3 x T4	-0,16 a 0,6	Iguais
T3 x T5	-0,31 a 0,47	Iguais
T4 x T5	-0,09 a 0,69	Iguais

¹ T1: 0%, T2: 0,5%, T3: 1,0%, T4: 2,0%, T5:4,0% de infecção das sementes.

TABELA 10 Comparação entre taxas de progresso da antracnose obtidas a partir do modelo linear para a severidade na época das águas, utilizando o intervalo de confiança.

Taxas a comparar ¹	Intervalo de confiança (x 1000)	Resultado
T1 x T2	0 a 0,1	Diferentes
T1 x T3	0 a 0,21	Diferentes
T1 x T4	0 a 0,09	Diferentes
T1 x T5	-0,042 a 0,24	Iguais
T2 x T3	-0,1 a 0,03	Iguais
T2 x T4	-0,1 a 0,3	Iguais
T2 x T5	0 a 0,13	Diferentes
T3 x T4	0 a 0,12	Diferentes
T3 x T5	-0,1 a 0,2	Iguais
T4 x T5	-0,1 a 0,2	Iguais

¹ T1: 0%, T2: 0,5%, T3: 1,0%, T4: 2,0%, T5:4,0% de infecção das sementes.

5.5 AACPD e produção de grãos

A correlação da área abaixo da curva de progresso da incidência e da severidade da antracnose com a produção para o ambos os plantios não foi significativa. Bergamin Filho et al. (1997), trabalhando com o patossistema *Phaeoisariopsis griseola* x feijoeiro, não encontraram relação entre a produção e a AACPD. A falta de relação entre produção e AACPD pode ser encontrada em outros trabalhos (Iamauti, 1995; Bergamin Filho et al., 1997). Até mesmo altos valores de produção já foram verificados em condições de altas AACPD (Bergamin Filho et al., 1997; Waggoner & Berger, 1987).

A avaliação da severidade com base unicamente nas folhas remanescentes pode ser inadequada, pois a antracnose provoca desfolha e a quantidade de doença nesse caso poderia ser subestimada.

Os dados de produção foram submetidos à análise de variância e ao teste de médias Scott-Knott ($P < 0,05$). Verificou-se diferença significativa na produção para a época da seca. Já para o período das águas, a análise não foi significativa.

Na época da seca, a maior produção foi nas parcelas com níveis de 0 e 1,0% de sementes infectadas. A menor produção nos níveis 2,0 e 4,0% provavelmente foi devida à maior severidade da doença encontrada nas parcelas (Figura 12). A baixa produção na parcela com nível 0,5% de infecção pode ser justificada pela alta manipulação das plantas, devido à avaliação de todas as plantas dessa parcela para estudar o padrão espacial da doença (referente ao Capítulo 3).

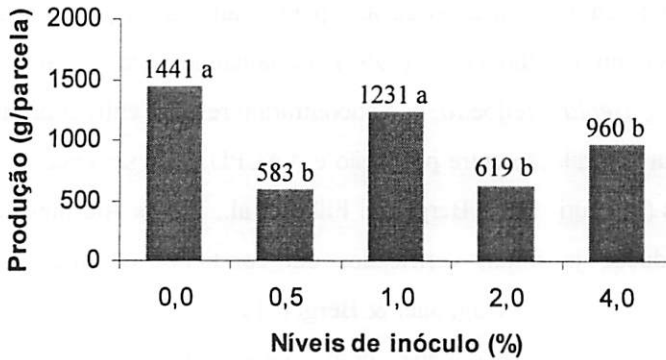


FIGURA 12 Produção obtidas nas parcelas com diferentes níveis de inóculo. Barras seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott($P < 0,05$).

5.6 Teste de transmissibilidade da planta para a semente

O teste de transmissibilidade da planta para sementes foi realizado em ambas as épocas. No período das águas, as porcentagens de sementes infectadas detectadas pelo teste do rolo de papel foram de 1,5, 1,25, 2,1, 1,0 e 0,25% para os níveis de 0, 0,5, 1,0, 2,0, 4,0% de infecção no campo, respectivamente. Os valores observados não foram significativos, bem como não foi encontrada diferença significativa no campo para AACP da incidência e severidade da antracnose nesse período.

No período da seca ocorreram níveis de 1,37; 2,25; 2,50; 3,75 e 4,12% de infecção no teste de laboratório, para aqueles tratamentos com 0, 0,5; 1,0; 2,0 e 4% de infecção no campo, respectivamente. Por meio do teste Scott-Knott($P < 0,05$), os tratamentos com níveis de infecção 0; 0,5; e 1,0% diferiram e apresentaram menor transmissibilidade com relação aos demais (Figura 13). No campo, os três primeiros níveis de infecção também diferiram estatisticamente

dos demais para a área abaixo da curva de progresso (AACP) da severidade e da incidência de antracnose, demonstrando a relação de transmissibilidade entre planta e semente.

Correlações positivas e significativas foram verificadas entre os diferentes níveis de inóculo levados ao campo, a área abaixo da curva da incidência e da severidade da antracnose, e a porcentagem de sementes infectadas no teste de sanidade. Com a produção, foi verificada correlação negativa, porém não significativa (Tabela 11).

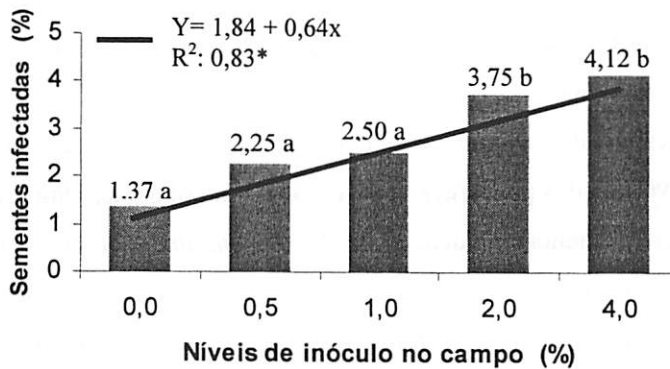


FIGURA 13 Porcentagem de sementes infectadas com *C. lindemuthianum* detectadas no teste do rolo de papel com relação aos níveis de infecção no campo. Barras seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). — Regressão linear $y =$ níveis de inóculo no campo; $x =$ sementes infectadas

TABELA 11 Coeficiente de correlação entre a porcentagem de sementes detectadas no teste do rolo de papel, com os níveis de inóculo levados ao campo, com a área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) e da severidade (AACPS) e com a produção.

	Índices de Correlação			
	Níveis de inóculo	AACPI	AACPS	PRODUÇÃO
Infeção nas sementes (%)	0,93*	0,84*	0,86*	-0,52ns

* Significativo ($P < 0,05$), ns: não significativo

Em condições favoráveis, o plantio de sementes infectadas leva ao maior progresso da antracnose no campo e à maior infecção das sementes colhidas. No Estado de São Paulo foram conduzidos estudos para verificar a correlação entre diferentes níveis de severidade da antracnose em plantas de feijão, com a posterior infecção das sementes produzidas por essas plantas. Corroborando com os resultados do presente estudo, correlações significativas foram verificadas em dois locais de plantio no cultivo das águas (Vechiato et al., 1997b). Na época da seca, esses mesmos autores verificaram falta de correlação entre a severidade da antracnose no campo e a incidência do patógeno nas sementes. A falta dos dados de temperatura nesse trabalho impedem a melhor comparação dos resultados.

Maiores incidências de *C. lindemuthianum* em sementes na época chuvosa foram verificadas por Araya et al. (1985). Em contraste, Dhingra et al. (1986) constataram menor incidência de *C. lindemuthianum* em sementes produzidas na estação chuvosa. Para Lavras, a época da seca proporcionou maior infecção das sementes colhidas e isso se deve à ocorrência de temperaturas amenas durante esse período e à irrigação por aspersão utilizada no ensaio (Figura 1A).

Correlações positivas e significativas entre porcentagens de vagens infectadas pela antracnose e a transmissão do fungo para as sementes foram obtidas por Araya et al. (1985).

Vechiato et al. (1997b) postularam outros fatores, além dos ambientais, interferindo na infecção das sementes, como por exemplo, a época de infecção da planta pelo patógeno, a raça do patógeno e a suscetibilidade da cultivar utilizada. No presente estudo foi utilizada a cultivar Carioca comum e a raça 89 do patógeno. A cultivar Carioca é altamente suscetível a essa raça no Sul de Minas Gerais.

Araújo & Zambolim (1993) verificaram diferenças na combinação entre diferentes cultivares e raças quanto à colonização dos tecidos, ao número de lesões e à formação de acérvulos. Os mesmo autores verificaram maior suscetibilidade das sementes à infecção quando as plantas foram inoculadas no estágio de formação das vagens. Araújo et al. (1995) observaram correlação significativa positiva entre a severidade da antracnose em plantas inoculadas no estágio de formação das vagens. A transmissão mais eficiente do fungo foi obtida a partir de plantas inoculadas 45 dias após a semeadura. No presente ensaio, a infecção iniciou-se nos primeiros estádios da cultura, progredindo com o decorrer do tempo. Isso ocorreu devido ao uso das sementes infectadas por ocasião da semeadura e na época da seca ocorreu a infecção das sementes produzidas conforme o aumento no número de sementes infectadas no plantio.

Nesse contexto, verifica-se não somente a transmissão da planta para a semente mas também a transmissão da semente para a planta e desta para as sementes em formação. Isso foi provado pelo alto coeficiente de correlação significativo obtido da relação entre níveis de inóculo levados ao campo e a porcentagem de infecção verificada nas sementes colhidas (Tabela 13).

A maioria dos trabalhos nessa linha utiliza a inoculação artificial das plantas. Esse procedimento, sem dúvida, fornece resultados importantes, porém podem não representa o que de fato ocorre na natureza. Desta forma, trabalhos envolvendo a trajetória do patógeno de sementes para sementes, dentro de cada região em que a cultura é importante devem ser desenvolvidos.

6 CONCLUSÕES

- 1- Na época das águas, os diferentes níveis de inóculo não proporcionaram diferenças nos valores obtidos da AACPI e AACPS. Já na época da seca, os níveis de inóculo de 2,0 e 4,0% proporcionaram maiores AACPS e AACPI da antracnose.
- 2- A época da seca apresentou maior AACPS com relação à época das águas.
- 3- Foram verificadas correlações significativas e negativas das variáveis temperatura máxima, média e mínima na época da seca.
- 4- Para a época da seca, as taxas de progresso da incidência somente foram iguais nos níveis de inóculo de 0,5 e 4,0%, as menores taxas foram observadas nos níveis 0 e 1,0%. As maiores taxas de progresso da severidade foram encontradas nos níveis de inóculo 1,0, 2,0 e 4,0% e as menores foram as taxas dos níveis 0 e 0,5%.
- 5- No plantio da seca obteve-se correlação positiva e significativa entre a porcentagem de sementes detectadas no teste do rolo de papel e os níveis de inóculo levados ao campo, com a área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) e da severidade (AACPS).

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL. **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio. 2002.

ALMEIDA, A.M.; NAKAGAWA, J.; GARCIA, D.M.M.J. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.61, n.1, 2000. Disponível em: <http://www.biologico.br/arquivos/v67> >. Acesso em: 15 jul. 2000.

AMORIM, L. Disseminação. In: BERGAMIN FILHO, A., KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 3.ed. São Paulo: Ceres, 1995. p. 268-294.

ARAÚJO, E.; ZAMBOLIM, L. Infecção de vagens e sementes de seis cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*) por seis raças fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum*. **Fitopatologia Brasileira**, v.18, p.5-11, 1993.

ARAÚJO, E. et al. Correlação entre a severidade da antracnose em vagens de feijoeiro e a transmissão de *Colletotrichum lindemuthianum* pelas sementes. **Turrialba**, v.44, p.255-260, 1995.

ARAYA FERNADEZ, C.M.; DHINGRA, O.D.; KUSHALAPPA. A.C. Influence of primary inoculum on bean anthracnose prevalence. **Seed Science & Technology**, v.15, p.45-54, 1987.

ARAYA, C.; DHINGRA, O.; KUSHALAPPA. A. Relacion entre la incidencia de *Colletotrichum lindemuthianum* en el campo y transmision del patógeno por semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris*). **Phytopathology**, v.75, p.1175, 1985. Abstract.

BERGAMIN FILHO, A. Curvas de progresso de doenças. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 3.ed. São Paulo: Ceres, 1995. p.602-626.

BERGAMIN FILHO, A. et al. Angular leaf spot of phaseolus beans: Relationships between disease, healthy leaf area, and yield. **Phytopathology**, v.87, p.506-515, 1997.

BERGER, R.D. Comparison of the gompertz and logistic equations to describe plant disease progress. **Phytopathology**, v.71, p.716-719, 1981.

- CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: J. Wiley & Sons, 1990. 532p.
- CARVALHO, J.C.B. et al. Desenvolvimento de metodologia de infecção de sementes de feijão por *Colletotrichum lindemuthianum* através do condicionamento osmótico. **Fitopatologia Brasileira**, v.23, p.132, 1998. Suplemento.
- CHAVES, G. Anthracnose. In: SCHWARTZ, H.F.; GALVES, G.E. (Ed.). **Bean production problems: disease, insect, soil and climatic of *Phaseolus vulgaris***. CIAT series. Centro internacional de agricultura tropical (CIAT) Cali, Colômbia, p.37-54, 1980.
- CLAUDIANO, A.B. **Efeito de focos iniciais de infecção na incidência de antracnose no feijoeiro**. 1990. 63p. Dissertação (Mestrado-Fitopatologia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- DHINGRA, O.D. et al. Ausência de correlação entre a intensidade de mancha angular e a infecção de sementes por *Isariopsis griseola*. **Fitopatologia Brasileira**, v.11, p.95-101, 1986.
- FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LOPEZ, M. **Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris*, L.)**. Cali: CIAT, 1986. 34p.
- IAMAUTI, M.T. **Avaliação de danos causados por *Uromyces appendiculatus* no feijoeiro**. 1995. 133p. Tese (Doutorado em Fitopatologia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- JOHNSON, C.S.; BEUTE, M.K.; RICKER, M.D. Relationship between components of resistance and diseases progress of early leaf spot on Virginia Type peanuts. **Phytopatology**, v.76, p.495-502, 1986.
- MACHADO, J.C. **Patologia de sementes**. São Paulo: Gráfica Nagy, 1988. 106p.
- MACHADO, J.C. Padrões de tolerância de patógenos associados à sementes. **Revisão anual de patologia de plantas**. Passo Fundo: Berthier, 1994. p.229-263.
- MACHADO, J.C. **Tratamento de sementes no controle de doenças**. Lavras: LAPS/UFLA/FAEPE, 2000. 128p.

MENTEN, J.O.M. Situação atual e perspectivas de patologia de sementes no Brasil. IN: MENTEM, J.O.M. **Patógenos em sementes: detecção, danos e controle químico**. Piracicaba, ESALQ/FEALQ, p.21-36, 1991.

PLAUT, J.L.; BERGER, R.D. Infection rates in three pathosystem epidemics initiated with reduced disease severities. **Phytopathology**, v.71, p.917-921, 1981

PEREIRA, J.M. et al. Influência de sementes infectadas por *Colletotrichum lindemuthianum* na incidência da antracnose e na produtividade do feijoeiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Resumos Expandidos...** Viçosa, 2002. p.153-155.

POZZA, E.A. **Manejo de epidemias de doenças de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE. 2000.

SANTOS, G.R. et al. Progresso e gradiente da ramulose do algodoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v.19, p.390-393, 1994.

TAMAYO, P.J. **Manejo y control de las enfermedades del frijol voluble**. Rio Negro: Piloto, 1995. 40p.

TAYLOR, J.D.; PHELPS, K.; DUDLEY, C.L. Epidemiology and strategy for the control of halo-blight of beans. **Annals of Applied Biology**, v.93, p.167-172, 1979.

VECHIATO, M.H. et al. Antracnose do feijoeiro: correlação entre severidade em vagens e a incidência do patógeno nas sementes. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, p.159-163, 1997a.

VECHIATO, M.H.; KOHARA, E.Y.; MENTEN, J.O.M. Transmissão de *Colletotrichum lindemuthianum* em semente de feijoeiro comum. **Summa Phytopathologica**, v.23, p.265-268, 1997b.

WAGGONER, P.E.; BERGER, R.D. Defoliation, disease and growth. **Phytopathology**, v.79, p.393-398, 1987.

CAPÍTULO 3

ANÁLISE DO PADRÃO ESPACIAL E DO GRADIENTE DA ANTRACNOSE DO FEJJOEIRO EM DUAS ÉPOCAS DE CULTIVO

1 RESUMO

TALAMINI, Viviane. Análise do padrão espacial e do gradiente da antracnose do feijoeiro em duas épocas de cultivo. In: _____. **Progresso espacial e temporal da antracnose a partir de diferentes níveis de inóculo inicial em sementes de feijoeiro**. 2003. Cap.3, p.68-89. Tese (Doutorado em Fitopatologia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.*

A análise do padrão espacial e do gradiente da antracnose do feijoeiro, associada a *Colletotrichum lindemuthianum* raça 89, foi avaliada no período da seca (março a junho/98) e no período das águas (dezembro/98 a fevereiro/99) em Lavras-MG. Os experimentos foram conduzidos com a cultivar Carioca, utilizando-se 0,50% de sementes artificialmente infectadas como fonte de inóculo. Ocorreu maior incidência da doença no plantio da seca, de acordo com a área abaixo da curva do gradiente da doença (AACGD). A análise de "ordinary runs" indicou, para o plantio de dezembro, um padrão de distribuição espacial agregado. Para o plantio das águas obteve-se resultado semelhante, exceto para as duas primeiras avaliações, para as quais as análises indicaram um padrão casualizado. Em ambos os plantios houve melhor ajuste do modelo exponencial para o gradiente da doença.

* Comitê de orientação: Edson Ampélio Pozza – UFLA (Professor Orientador); José da Cruz Machado – UFLA; Elaine Aparecida de Souza – UFLA.

2 ABSTRACT

TALAMINI, Viviane. Analysis of the spatial pattern and dispersion gradient of the bean anthracnose in two cultivation seasons. In: _____. **Spatial and temporal progress of anthracnose with different levels of initial inoculum in bean seeds.** 2003. Cap.3, p.68-89 Thesis (Doctoral in Phytopathology)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.*

The analysis of the spatial pattern and gradient of the bean anthracnose, associated with *Colletotrichum lindemuthianum* strain 89, was carried out during the rainy and drought seasons, in Lavras - MG - Brazil. The experiments were conducted with cultivar Carioca. The percentage of 0,50% of artificially infected seeds was used as inoculum source. The highest incidence of disease occurred during the drought period compared to the rainy season, as demonstrated by values of the Area Under the Gradient Disease Curve (AUGDC). The spatial pattern analysis of the disease, according to the ordinary runs and doublet analyses indicated, a pattern of aggregated distribution, for the cultivation in the rainy season. The same result was obtained for the drought season cultivation, except for the first two evaluations, in which the analyze of ordinary runs indicated a randomized distribution. In the both season cultivation there was a better adjustment to the Exponential model.

* Guidance Committee: Edson Ampélio Pozza – UFLA (Professor Orientador); José da Cruz Machado – UFLA; Elaine Aparecida de Souza – UFLA.

3 INTRODUÇÃO

A antracnose do feijoeiro, cujo agente etiológico é *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.) Scrib., é uma das principais doenças da cultura, podendo causar, sob condições favoráveis, perdas de até 100% na produção (Sartorato, 1988; Schwartz, 1981). Índices de severidade entre 5 e 10% causam redução em torno de 50% na taxa fotossintética líquida da folha doente (Bassanezi et al., 1997) e a desfolha provocada pela doença também afeta a produtividade (Gianasi, 1999).

Sementes infectadas e/ou infestadas são a principal fonte de inóculo, pois o patógeno não afeta a emergência das plântulas. A partir dessas plântulas, a disseminação na lavoura ocorre principalmente por chuvas acompanhadas de vento. O maior número de focos primários normalmente aumenta o número de plantas doentes (Carmo, 1989; Machado, 1994; Tu, 1981; Vechiato et al., 1997). Dessa forma, é de extrema importância o conhecimento do comportamento da doença no espaço a partir de focos iniciais da doença no campo.

Embora recentemente desenvolvidos, os métodos de análise das características espaciais de epidemias foram empregados em vários patossistemas (Madden & Hughes, 1995) com várias finalidades, inclusive a de elucidar a etiologia de doenças (Laranjeira et al., 1998; Farjado et al., 1997). A interpretação de gradientes permite visualizar o grau de disseminação do patógeno e inferir sobre os mecanismos associados ao fenômeno (Maffia et al., 1988), constituindo importante ferramenta para auxiliar na escolha dos métodos de controle. Existem várias técnicas para avaliar o padrão espacial da doença, tais como análise de mapas e gráficos de gradiente (Berger & Luke, 1979; Gottwald & Graham, 1990), autocorrelação espacial (Gottwald et al., 1992) e análise de "ordinary runs" (Madden et al., 1982), dentre outros.

Até o momento, poucos trabalhos estudaram as características espaciais do patossistema feijoeiro x *Colletotrichum lindemuthianum*. Carmo (1989) verificou o progresso e a disseminação da antracnose do feijoeiro em sistemas de monocultivo e de consórcio com o milho, utilizando como fonte de inóculo plantas artificialmente inoculadas. No presente trabalho, sementes infectadas foram utilizadas como fonte tipo ponto com o objetivo de verificar o padrão de distribuição espacial e o comportamento do gradiente da antracnose a partir dessa fonte, em duas épocas de cultivo em Lavras-MG.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos durante o cultivo da seca (março a junho/1998) e das águas (dezembro/98 a março/99) no campo experimental do Departamento de Fitopatologia da UFLA. Sementes da cultivar Carioca foram semeadas no espaçamento de 0,5 m entre linhas com 12 plantas/m. Foram realizadas adubação no sulco de plantio, na proporção de 500 kg/ha da formulação 4-14-8 de N-P-K, e de cobertura com 150 kg/ha sulfato de amônio, aos 25 dias após o plantio.

As parcelas, em número de quatro, foram constituídas de 9 linhas, com 5 m de comprimento, sendo considerada como área útil 7 linhas de 4 metros, cada linha possuindo 50 plantas aproximadamente. Para minimizar a disseminação dos conídios do patógeno entre parcelas, estas foram separadas por 4 fileiras de milho, plantadas 30 dias antes da instalação de cada experimento.

Capinas e aplicações de inseticidas foram feitas sempre que necessárias. No cultivo da seca foi utilizada irrigação por aspersão (40 mm semanalmente, em duas aplicações) e aplicado o fungicida oxicarboxim (15g i.a./20 L água) para controlar a ferrugem.

Para selecionar lotes de sementes livres de *C. lindemuthianum* utilizou-se o método de papel toalha (Machado, 1994). Após o teste, selecionou-se um lote livre do patógeno. Para inocular as sementes, foi empregado o método do condicionamento osmótico, desenvolvido por Carvalho et al. (1998), pelo qual as sementes de feijão foram mantidas por 7 dias em meio de cultura agarizado com o *C. lindemuthianum* raça 89, com potencial osmótico de $-1,0$ Mpa, a 20°C , com 12 h de luz e 12 h de escuro em estufa BOD.

Duas sementes artificialmente inoculadas, plantadas na mesma cova, correspondentes a 0,50% do total de cada parcela, foram utilizadas como fonte de inóculo tipo ponto (Campbell & Madden, 1990), sendo semeadas exatamente no meio da parcela. As avaliações da incidência foram feitas semanalmente, iniciando-se 19 dia após o plantio (DAP), observando-se todas as plantas da área útil das parcelas. Das quatro parcelas avaliadas, a mais representativa foi empregada para a confecção do mapa da incidência (Figuras 1 e 2) (Carmo et al., 1996). Baseados nos mapas da incidência, calculou-se a porcentagem de plantas doentes a cada 8 cm da fonte, em cada um dos lados.

Para descrever o gradiente da antracnose, foi verificado, pela análise de regressão não linear, o ajuste nas laterais direita (Sul) e esquerda (Norte) da fonte de inóculo aos modelos "power law" ($Y = a*s^{-b}$) e exponencial ($Y = a*\exp(-b*s)$) (Campbell & Madden, 1990), em que:

Y = incidência (%) da doença a cada 8cm;

s = distância da fonte de inóculo;

a = parâmetro relacionado à intensidade de doença na fonte;

b = inclinação do gradiente da doença.

O padrão espacial da doença foi determinado pela análise de "ordinary runs", em cada linha das quatro parcelas com total de 28 linhas, admitindo-se o nível de 0,05 de probabilidade. Nesse teste, a hipótese de nulidade (H_0) é aceita quando a seqüência ordenada de plantas doentes ou sadias é casualizada. Assim,

na análise de “ordinary runs” aceita-se H_0 se $Z(u) > -1,64$ (Campbell & Madden, 1990). Para cada época de avaliação, o padrão espacial considerado foi o de maior ocorrência em maior número de linhas (Campbell & Madden, 1990).

Para comparar a quantidade de doença entre os dois plantios, nas diferentes épocas de avaliação, foi calculada a Área Abaixo da Curva do Gradiente da Doença (AACGD), conforme metodologia proposta por Maffia & Berger (1999). Assim, foi observada, para cada um dos lados do gradiente nas quatro repetições, a incidência de plantas doentes em diferentes distâncias da fonte, utilizando-se as quatro repetições. Os valores da AACGD foram submetidos à análise de variância.

Os dados climatológicos referentes aos períodos de condução dos experimentos foram fornecidos pela estação climatológica da UFLA.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes artificialmente inoculadas, utilizadas como fonte de inóculo, germinaram em todas as parcelas e apresentaram sintomas de antracnose.

Vechiato et al. (1997) utilizaram sementes com índice de 0,5% de incidência e não obtiveram plantas com sintomas de antracnose. No presente trabalho, com índice semelhante, observou-se, em ambos os plantios, sintomas nas plantas oriundas das sementes inoculadas. Certamente o método de infecção da semente, descrito por Carvalho et al. (1998), garantiu a eficiência na transmissão do patógeno da semente para a planta.

A incidência da antracnose em plantas de feijoeiro, nas duas épocas estudadas, foram representadas a partir de uma repetição representativa, devido a não existir diferenças entre blocos (Figuras 1 e 2). De acordo com os resultados apresentados, observou-se diferença significativa na AACGD entre as duas épocas (Tabela 1). Para o lado Sul foi observada diferença aos 40, 54 e 61 DAP, e para o Norte, aos 47, 54 e 61 DAP, demonstrando a maior incidência da doença no plantio de março. Resultado semelhante foi obtido por Claudiano (1990) na região de Lavras, para a incidência em folhas, vagens e sementes. Estudos realizados por Garcia (1998) também demonstraram, nessa região, a ocorrência de antracnose em todas as épocas de plantio, com maior incidência e severidade no plantio de março a maio-junho. Isso pode ser atribuído às condições climáticas que, nesse período, caracterizam-se por temperaturas amenas, favoráveis ao patógeno e umidade relativa alta, fornecida pela irrigação. Por outro lado, Araya Fernandez (1981), estudando esse patossistema na região de Viçosa, encontrou resultados opostos, com maior incidência entre dezembro e março. Esses resultados podem ser atribuídos aos fatos de menor ocorrência de chuvas e da não utilização de irrigação na condução dos experimentos.

No plantio de março, na primeira avaliação (19 DAP) já foram observados sintomas nas plantas oriundas das sementes inoculadas e também em três outras plantas à esquerda (Norte) da fonte de inóculo. A partir da segunda avaliação, houve rápida disseminação da doença, com aparecimento de novas plantas doentes ao redor da fonte e com maior número do lado Norte (Figura 2). Esse fato pode ser atribuído às condições climáticas favoráveis (Figura 3A), com ocorrência de temperatura média de 19,4°C e a influência da irrigação na dispersão do patógeno.

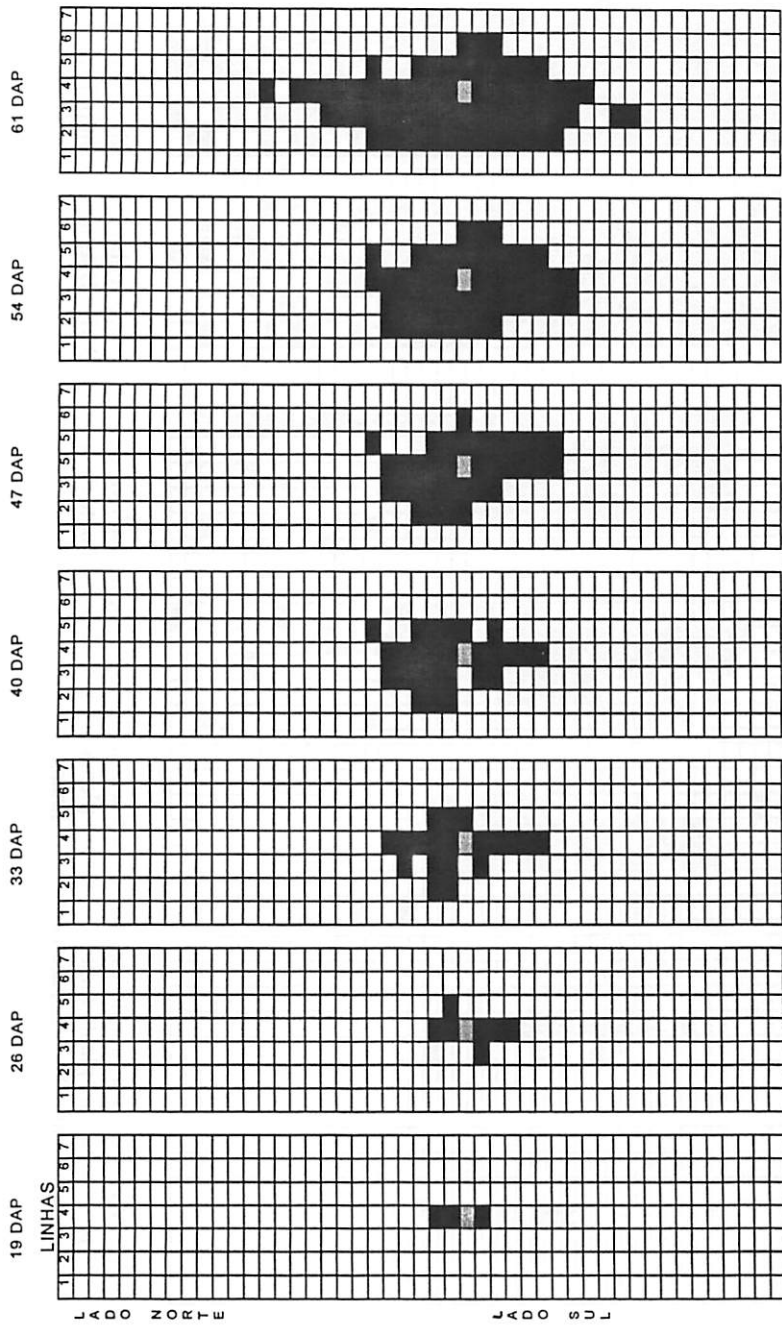


FIGURA 1 Mapas de distribuição espacial da antracnose do feijoeiro, no cultivo das águas (dez/98-mar/99). Cada quadrado claro representa uma planta sadia, e o escuro planta doente. ■ = Fonte de Inóculo. DAP= Dias após plantio. Espaçamento entre plantas = 8cm. Espaçamento entre linhas = 50 cm.

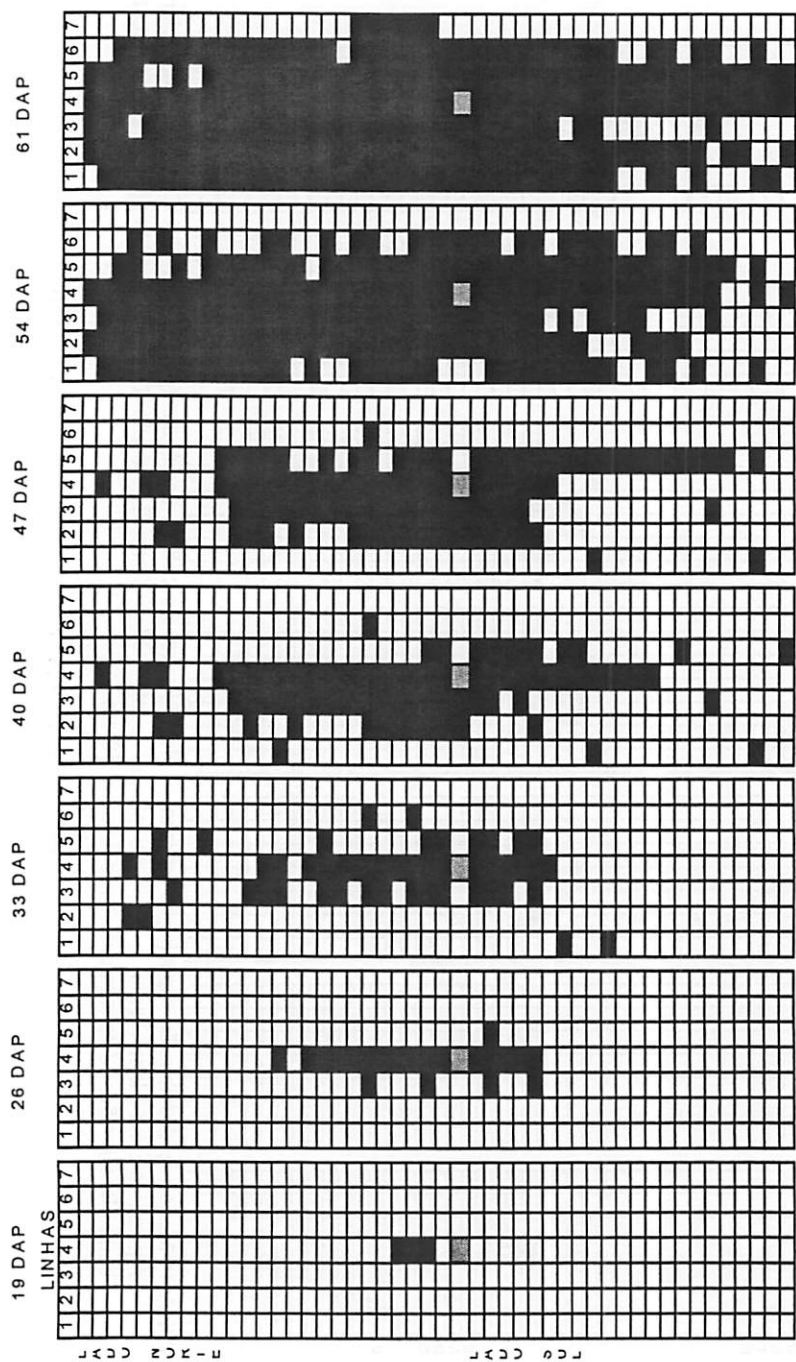


FIGURA 2 Mapas de distribuição espacial da antracnose do feijoeiro, no cultivo da seca (março-junho/98). Cada quadrado claro representa uma planta sadia, e o escuro planta doente. ■ = Fonte de Inóculo. DAP= Dias após plantio. Espaçamento entre plantas = 8cm. Espaçamento entre linhas = 50 cm.

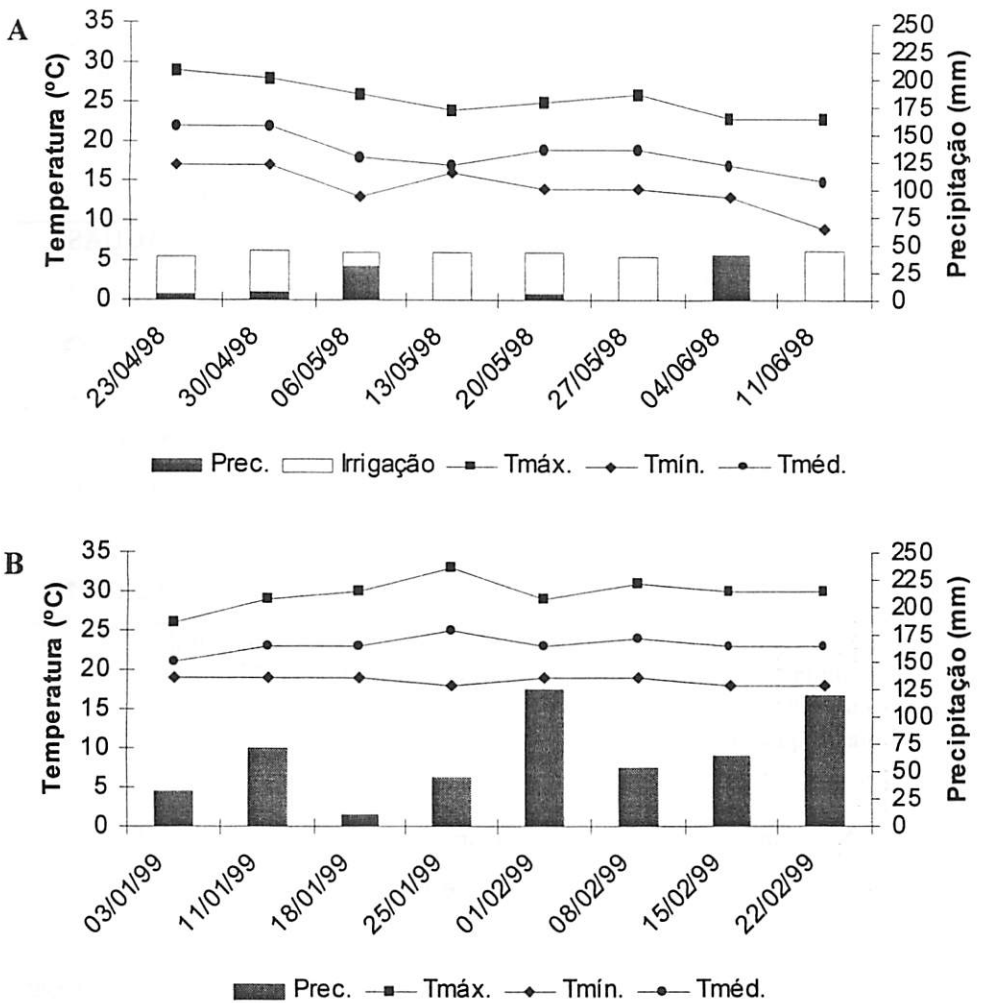


Figura 3 Variáveis ambientais obtidas para o experimento da seca (A) e das águas (B) (Prec.: precipitação, Tmáx.: temperatura máxima, Tméd.: temperatura média, Tmín.: temperatura mínima).

TABELA 1 Área Abaixo da Curva do Gradiente da Incidência da Doença (AACGD) da antracnose do feijoeiro, em duas épocas de plantio, na cultivar Carioca.

DAP	LADO SUL		LADO NORTE	
	SECA	ÁGUAS	SECA	ÁGUAS
19	21,37 ¹ NS	13,50 NS	20,25 NS	13,50 NS
26	47,25 NS	25,87 NS	48,37 NS	36,62 NS
33	73,12 NS	48,37 NS	96,75 NS	91,12 NS
40	140,63 *	47,25 *	156,37 NS	96,33 NS
47	142,87 NS	85,50 NS	175,50 *	93,12 *
54	361,12 *	141,75 *	448,87 *	97,87 *
61	343,12 *	114,75 *	435,37 **	92,12 **

Para um mesmo lado, médias seguidas de * e ** , nas linhas, diferem estatisticamente entre si ao nível de significância de 5% e 1% respectivamente, pelo teste F; NS = não significativo. DAP = dias após o plantio.

1- média de quatro repetições.

No plantio das águas, na primeira avaliação, ocorreram sintomas nas plantas fontes e em duas plantas ao Norte e uma ao Sul. A disseminação da antracnose concentrou-se praticamente ao redor do foco, não ocorrendo plantas infectadas isoladas e nem nos pontos mais afastados da fonte (Figura 1). Apesar da ocorrência de chuvas praticamente durante todo o período, as temperaturas foram elevadas, com máximas em torno de 30 °C e temperatura média de 23,7°C (Figura 3B). Isso pode ter contribuído para a baixa incidência da doença, pois, conforme Dalla Pria (1997), em altas temperaturas praticamente não ocorrem sintomas da antracnose. Assim, a disseminação da doença, nesse período, ocorreu praticamente ao redor do foco, não ocorrendo plantas infectadas isoladas e nem nos pontos mais afastados da fonte (Figura 1).

Pelos mapas de distribuição espacial (Figuras 1 e 2), nota-se, em ambas as épocas de cultivo, maior incidência de plantas doentes no lado Norte. A predominância dos ventos na direção Sul para o Norte, de acordo com os dados de direção dos ventos da estação climatológica da UFLA, e as chuvas promoveram maior disseminação nesse último, principalmente ao redor das fontes de inóculo. No entanto, para o cultivo da seca, observaram-se plantas com sintomas em pontos isolados (33 DAP), praticamente coincidindo com o período de uso da irrigação, sugerindo, ao contrário do observado por Carmo et al., (1996) para a pústula bacteriana do pimentão, a importância da irrigação na disseminação da antracnose.

No cultivo das águas, para todas as épocas de avaliação, a análise de "ordinary runs" indicou padrão agregado de distribuição da incidência, pois foram obtidos valores calculados de $Z(u)$ inferiores a $-1,64$ para a maioria das linhas (Tabela 3). Resultado semelhante foi obtido para o plantio de março, exceto em duas avaliações, nas quais obteve-se o padrão de distribuição casualizado ($Z(u) > -1,64$). Esses resultados podem ser devido ao fato da dispersão do patógeno ocorrer principalmente pela água (chuva ou irrigação), movendo-se a curta distância da fonte de inóculo, gerando assim, padrão agregado (Laranjeira et al., 1998; Tu, 1981).

Em relação aos modelos avaliados, no cultivo da seca, o melhor ajuste para ambos os lados (Norte e Sul), expresso pelo maior coeficiente de determinação (R^2) e menor quadrado médio do resíduo, foi o exponencial, exceto para a primeira avaliação do lado Sul, para a qual não houve ajuste de nenhum dos dois modelos (Tabela 2). Isso pode ser devido ao fato de aquelas plantas infectadas no início do ciclo da cultura tornarem-se fonte de inóculo para as plantas subsequentes ainda não infectadas, não dependendo, assim, o progresso da doença, unicamente da fonte inicial de inóculo.

TABELA 2 Eficiência da fonte (a), inclinação do gradiente da antracnose do feijoeiro (b), estimados pelos modelos Power Law e Exponencial, e respectivos coeficientes de determinação (R²) e quadrado médio do resíduo (QMR) em duas épocas de cultivo, na cultivar Carioca.

DAP	POWER LAW $Y = a \cdot s^b$				EXPONENCIAL $Y = a \cdot e^{(-b \cdot s)}$			
	a	b	R ²	QMR	a	b	R ²	QMR
CULTIVO DA SECA (março a junho/98)								
LADO SUL								
19	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
26	2.75	0.87	0.80	0,003**	0.47	0.030	0.92	0,001**
33	3.04	0.53	0.55	0,043**	0.98	0.010	0.82	0,019**
40	1.52	0.25	0.34	0,038**	0.85	0.005	0.59	0,023**
47	2.12	0.33	0.43	0,046**	1.00	0.007	0.67	0,027**
54	1.37	0.14	0.19	0,044*	1.00	0.003	0.37	0,034*
61	1.21	0.11	0.25	0,015*	0.94	0.002	0.44	0,011**
LADO NORTE								
19	0.33	0.65	0.21	0,002*	0.12	0.026	0.38	0,001**
26	1.42	0.86	0.59	0,002**	0.31	0.033	0.78	0,001**
33	4.71	0.67	0.67	0,037**	1.12	0.017	0.87	0,015**
40	3.85	0.54	0.59	0,056**	1.19	0.013	0.83	0,024**
47	2.83	0.43	0.57	0,041**	1.03	0.010	0.75	0,023**
54	2.28	0.29	0.38	0,072**	1.19	0.006	0.64	0,042**
61	2.11	0.26	0.32	0,077**	1.16	0.006	0.54	0,052*
CULTIVO DAS ÁGUAS (Dezembro/98 a março/99)								
LADO SUL								
19	7.11	4.02	0.99	4.10E-06	NS	NS	NS	NS
26	6.11	1.42	0.90	5.50E-04	0.55	0.080	0.94	2,90E-4**
33	2.50	0.97	0.80	1.50E-03	0.38	0.030	0.91	6,90E-4**
40	2.77	0.94	0.68	4.00E-03	0.50	0.030	0.83	2,00E-3**
47	5.86	0.95	0.83	7.60E-03	0.89	0.030	0.92	3,30E-3**
54	5.73	0.88	0.77	1.50E-02	1.04	0.030	0.92	4,70E-3**
61	4.41	0.72	0.68	2.80E-02	NS	NS	NS	NS
LADO NORTE								
19	3.27	1.42	0.75	4,30E-4**	0.32	0.080	0.83	2,90E-4**
26	14.35	1.84	0.94	2,90E-4**	0.80	0.120	0.97	1,40E-4**
33	7.09	1.12	0.80	6,30E-3**	0.96	0.050	0.90	3,00E-3**
40	5.22	0.93	0.74	1,20E-2**	0.93	0.040	0.91	4,00E-3**
47	5.21	0.92	0.73	1,20E-2**	0.93	0.040	0.91	4,00E-3**
54	4.59	0.86	0.68	1,10E-2**	0.91	0.030	0.87	6,60E-3**
61	2.58	0.57	0.58	2,50E-2**	NS	NS	NS	NS

DAP= Dias após plantio; * = P ≤ 0,05; ** = P ≤ 0,01; NS = não significativo pelo teste F.

TABELA 3 Porcentagem de linhas com padrão agregado ou casualizado determinados pela análise de “ordinary runs” para a antracnose do feijoeiro, na cultivar Carioca, em duas épocas de cultivo, Lavras – MG.

DAP	Época de cultivo			
	SECA		ÁGUAS	
	(março a junho/98)		(dezembro/98 a fevereiro/99)	
	Agregado*	Casualizado	Agregado	Casualizado
	(%)	(%)	(%)	(%)
19	14,3 ¹	85,7	57,1	42,9
26	28,6	71,4	57,1	42,9
33	57,1	42,9	71,4	28,6
40	71,4	28,6	57,1	42,9
47	71,4	28,6	85,7	14,3
54	100	0	100	0
61	100	0	100	0

DAP = Dias após plantio

* - de acordo com a análise de “ordinary runs”

1 – total de 28 linhas, nas quatro repetições

No cultivo de dezembro, o modelo “power law” apresentou melhor ajuste para a primeira avaliação (19 DAP), no lado Sul, e para a última (61 DAP), de ambos os lados. Para as demais avaliações ocorreu melhor ajuste do modelo exponencial.

No estudo do gradiente da antracnose, Carmo (1989) obteve, para a cultivar “Eriparsa”, no município de Viçosa – MG, melhor ajuste com o modelo “power law” linearizado. No trabalho sobre a disseminação da pústula bacteriana do pimentão, associada a *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, realizado por Carmo et al. (1996) em casa-de-vegetação, o modelo exponencial

foi estatisticamente mais eficiente que o “power law”. Esse modelo apresentou melhor ajuste apenas para a primeira avaliação do lado Sul e as últimas de ambos os lados, da safra das águas.

O valor da quantidade de doença estimada na fonte (representada pelo a – modelo exponencial), no cultivo da seca, aumentou até os 40 e 47 DAP, para os lados Norte e Sul, respectivamente, praticamente estabilizando-se a partir daí (Tabela 2). Para o cultivo das águas, no lado Sul o aumento ocorreu a partir dos 33 DAP, enquanto, para o lado Norte, foi dos 33 aos 47 DAP, estabilizando-se para as demais avaliações .

Carmo et al. (1996) verificaram, para a pústula bacteriana do pimentão, valor de a decrescente ou constante, com o progresso da epidemia. Essa diferença entre os dois patossistemas pode ser atribuída à diferença de hábito de crescimento das plantas, pois o feijoeiro tem crescimento indeterminado e constantemente lança novas folhas possíveis de serem infectadas pelo patógeno, como observado por Nunes (1994). Esse fato contribuiu para a maior permanência das plantas provenientes das sementes inoculadas como fonte de inóculo.

No plantio de março, para o qual o modelo exponencial apresentou melhor ajuste, observou-se redução na inclinação do gradiente (achatamento do gradiente) nos dois lados (Figura 4), caracterizado por menores valores de b (Tabela 2). Esse fato foi causado pela maior incidência da doença nos pontos mais distantes da fonte (Figura 2). O mesmo não ocorreu no plantio das águas, para o lado Sul, quando se observou concentração de plantas doentes mais próximas à fonte de inóculo. Para o lado Norte ocorreu ligeiro achatamento do gradiente, com plantas doentes distantes da fonte apenas nas três últimas avaliações (Figura 4).

De acordo com a Área Abaixo da Curva do Gradiente da Doença, verificaram-se diferenças estatisticamente significativas entre as épocas, para o lado Norte, nas avaliações realizadas aos 47, 54 e 61 DAP, com maior área para a época de março. Para o lado Sul houve diferença para os dados obtidos aos 40, 54 e 61 DAP (Tabela 1). De acordo com a AACGD também houve maior incidência da antracnose no plantio de março, com irrigação.

Em temperaturas em torno de 19°C houve rápida disseminação do patógeno e progresso da doença no espaço, mesmo com baixo nível de infecção. Assim, para o município de Lavras, o uso de sementes sadias poderia consistir eficiente medida para contribuir no manejo da antracnose do feijoeiro.

6 CONCLUSÕES

- 1- Maiores incidências foram observadas no cultivo da seca (março a junho de 1998)
- 2- No plantio da seca o padrão de distribuição foi agregado.
- 3- No plantio das águas o padrão de distribuição foi agregado, exceto para as duas primeiras avaliações.
- 4- Em ambos os plantios houve melhor ajuste do modelo exponencial.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAYA FERNANDEZ, C.M. **Influência do número de focos de inóculo inicial de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc & Magn) Scrib. no desenvolvimento de antracnose em folhas, vagens e sementes de *Phaseolus vulgaris* L.** 1981. 40p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- BASSANEZI, R.B. et al. Efeito da antracnose na eficiência fotossintética do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.22, n.4, p.520-524, 1997.
- BERGER, R.D.; LUKE, H.H. Spatial and spread of oat crow rust. **Phytopathology**, St. Paul, v.69, p.1199-1201, 1979.
- CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology.** New York: J. Wiley & Sons, 1990. 532p.
- CARMO, M.G. F. **Progresso e disseminação da antracnose e da ferrugem do feijoeiro nos sistemas de monocultivo e de consórcio com o milho.** 1989. 86p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- CARMO, M.G.F. et al. Disseminação da pústula bacteriana do pimentão causada por *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, em condições de viveiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.21, n.1, p.85-93, 1996.
- CARVALHO, J.C.B.; MACHADO, J.C.; VIEIRA, M.G.G.C. Desenvolvimento de metodologia de infecção de sementes de feijão por *Colletotrichum lindemuthianum* através do condicionamento osmótico. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.23, p.232, 1998. Suplemento.
- CLAUDIANO, A.B. **Efeito de focos iniciais de infecção na incidência de antracnose no feijoeiro.** 1990. 63p. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade)-Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.
- DALLA PRIA, M. **Quantificação de parâmetros monocíclicos da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e da mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) do feijoeiro.** 1997. 82p. Tese (Doutorado em Fitopatologia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

FARJADO, T.V.M. et al. Dispersão da doença e redução da produção em tomateiro industrial infectado por tospovírus no Distrito Federal. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.22, n.3, p.413-418, 1997.

GARCIA, A. **Análise temporal de doenças foliares do feijoeiro comum em Lavras, MG.** 1998. 52p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

GIANASI, L. **Antracnose do feijoeiro: quantificação de danos e efeito do trifenil acetato de estanho no crescimento do hospedeiro e no progresso da doença.** 1999. 102p. Tese (Doutorado em Fitopatologia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

GOTTWALD, T.R.; GRAHAM, J.H. Spatial pattern analysis of epidemics of citrus bacterial spot in florida citrus nurseries. **Phytopathology**, St. Paul, v.80, p.181-190, 1990.

GOTTWALD, T.R., GRAHAM, J.H.; EGEL, D.S. Analysis of foci of asiatic citrus canker in a Florida orchard. **Plant Disease**, St. Paul, n.76, p.389-396, 1992.

GOTTWALD, T.R.; RICHIE, S.M.; CAMPBELL, C.L. LCOR-2 Spatial correlation analysis for the personal computer. **Plant Disease**, St. Paul, v.76, p.213-215, 1992.

LARANJEIRA, F.F. et al. Análise espacial do amarelecimento fatal do dendezeiro para elucidar sua etiologia. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.23, n.3, p.397-403, 1998.

MACHADO, J.C. Padrões de tolerância de patógenos associados à sementes. **Revisão anual de patologia de plantas**. Passo Fundo, v.2, p.229-263, 1994.

MADDEN, L.V.; HUGHES, G. Plant disease incidence, distributions, heterogeneity and temporal analysis. **Annual Review of Phytopathology**, v.33, p.529-564, 1995.

MADDEN, L.V. et al. Evaluation of test for randomness of infected plants. **Phytopathology**, St. Paul, v.72, p.195-198, 1982.

MAFFIA, L.A.; BERGER, R.D. Models of plant disease epidemics. II: Gradients of bean rust. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v.147, p.199-206, 1999.

MAFFIA, L.A.; MUCHOVEZ, J.J.; MAFFIA, A.M.C. Fundamentos epidemiológicos no estudo da transmissão de patógenos por sementes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DE SEMENTES, 3., 1988, Lavras. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1988. p.114-122.

NUNES, W.M.C. Avaliação dos danos causados pela antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc.& Magn.) Scribner) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Piracicaba, 72p. 1994. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

SARTORATO, A. Antracnose. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMAMADA, T. (Ed.). **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade.** Piracicaba: POTAFOS. 1988. p.457-477.

SCHWARTZ, H.F. Antracnose. In: HALL, R. (Ed.). **Compendium of bean diseases.** St Paul: APS, 1981. p.16-17.

TU, J.C. Antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum* L.) in southern Ontario: spread of disease from an infection focus. **Plant Disease**, St. Paul, v. 65, p. 477-80, 1981.

VECHIATO, M.H.; KOHARA, E.Y.; MENTEN, J.O.M. Transmissão de *Colletotrichum lindemuthianum* em sementes de feijoeiro comum. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v.23, n.3, p.265-268; 1997.

CAPÍTULO 4

NÍVEIS DE INÓCULO E MISTURA DE LINHAGENS NO PROGRESSO DA ANTRACNOSE DO FEJJOEIRO

1 RESUMO

TALAMINI, Viviane. Níveis de inóculo e mistura de linhagens no progresso da antracnose do feijoeiro. In: _____. **Progresso espacial e temporal da antracnose a partir de diferentes níveis de inóculo inicial em sementes de feijoeiro**. 2003. Cap.4. p.90-142. Tese (Doutorado em Fitopatologia)-Universidade Federal de Lavras.*

O progresso da antracnose do feijoeiro, associada a *Colletotrichum lindemuthianum*, utilizando diferentes níveis de infecção inicial de sementes e mistura de linhagens suscetível e resistente, foi estudado na época da seca (15/03/2001) e das águas (15/12/2001) em Lavras-MG. O delineamento foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial com três níveis de infecção das sementes (0, 1,0 e 4,0%) e 4 misturas de linhagens suscetíveis e resistentes na época da seca: 0, 25, 50 e 75% da cultivar resistente e cinco na época das águas (incluindo 100% resistente). Os níveis de inóculo 1,0 e 4,0% proporcionaram maior intensidade da doença em relação à parcela livre de inóculo em ambas as épocas de cultivo. Na época da seca, a mistura de linhagens não foi eficiente em reduzir a área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) e da severidade (AACPS). Verificaram-se menores valores da duração da área foliar sadia (HAD) e da absorção da área foliar sadia (HAA) quando utilizaram-se 1,0 e 4,0% de sementes infectadas. Nas vagens, o aumento da linhagem resistente reduziu a intensidade da doença. As correlações entre as variáveis temperatura máxima, média e mínima apresentaram coeficientes significativos e negativos somente no cultivo da seca. No plantio das águas, o aumento na linhagem resistente, nos níveis de inóculo 1,0 e 4,0%, promoveu redução da intensidade da doença nas plantas e nas vagens, e assim verificou-se maior eficiência da mistura. Não foram observadas relações entre a produção e a AACPI, AACPS, HAD e HAA em ambos os cultivos.

* Comitê de orientação: Edson Ampélio Pozza – UFLA (Professor Orientador); José da Cruz Machado – UFLA; Elaine Aparecida de Souza – UFLA.

2 ABSTRACT

TALAMINI, Viviane. Levels of initial inoculum and mixture of lines in the progress of anthracnose of the bean. In:_____. **Spatial and temporal progress of anthracnose with different levels of initial inoculum in bean seeds.** 2003. Cap. 4, p.90-142. Thesis (Doctoral in Phytopathology)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.*

The progress of anthracnose of the bean caused by *Colletotrichum lindemuthianum*, using different levels of infection of seeds and susceptible and resistant mixture of lines, was studied in the drought (15/03/2001) and rainy seasons (15/12/2001) at Lavras-MG. The treatments were three levels of infection of seeds (0, 1,0, 4.0%) and 4 mixtures of susceptible and resistant lines in the drought season: 0, 25, 50 e 75% of resistant line and five treatments in the rainy season (including 100% resistant). The levels of inóculo 1,0 and 4,0% provided greater intensity of the disease in relation the plots free of inoculum at both cultivates. In the rainy season the mixture of lines was not efficient in reducing the area under disease progress curve of the incidence (AUDPCI) and of the severity (AUDPCS) and verified lesser values of the healthy leaf area duration (HAD) and healthy leaf area absorption (HAA) when 1,0 and 4.0% of infection seeds were used. At the pods the increase of the resistant line reduced the intensity of the disease. The correlations between maximum, mean and minimum temperature, presented negative significant coefficients only in the drought season. In the rainy season, the increase of the resistant line, came with the reduction of the intensity of the disease in the plants and in the pods and thus the efficiency of the mixture was verified. Relationship between the production and the AACPI, AACPS, HAD and HAA in both cultivates was not observed.

* Guidance Committee: Edson Ampélio Pozza – UFLA (Major Professor); José da Cruz Machado – UFLA; Elaine Aparecida de Souza – UFLA.

3 INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum está entre as espécies mais importantes para o consumo humano. O feijão é rico em proteínas e calorias e ainda pode ser considerado um dos alimentos mais acessíveis à população. Para esse alimento continuar a ser acessível, é necessário evitar perdas na produtividade. Para evitar perdas, deve-se dispensar à cultura o manejo adequado e buscar sempre reduzir os custos de produção.

Dentre os potenciais causadores de perdas encontra-se a ocorrência de uma série de doenças de etiologia fúngica, bacteriana e virótica (Bianchini et al., 1997). A antracnose destaca-se como uma das principais doenças fúngicas e tem como agente etiológico *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.) Scribner. Esse patógeno depende exclusiva ou quase exclusivamente das sementes para ser disseminado e baixos níveis de inóculo podem proporcionar elevada taxa de progresso e dispersão na parte aérea (Machado, 1994) causando perdas de até 100% na produção (Chaves, 1980).

As epidemias de doenças de plantas são favorecidas pelo plantio de cultivares geneticamente uniformes em grandes áreas. Para evitar maiores perdas na produção de grãos, uma alternativa é a mistura de cultivares. A combinação de culturas geneticamente diferentes em mesmo local não proporciona o substrato uniforme, necessário para o patógeno reproduzir e disseminar, causando grandes epidemias (Ntahimpera et al., 1996).

A mistura de cultivares pode constituir importante estratégia de manejo das epidemias de doenças de plantas (Browning & Frey, 1969; Wolfe, 1985). Grande parte dos trabalhos realizados estudaram o progresso de doenças em mistura de cultivares principalmente em cereais de inverno, como trigo e aveia. São raros os estudos relacionando estudos epidemiológicos com diferentes níveis de inóculo e mistura de cultivares de feijoeiro a fim de obter resultados

práticos e contribuir para diminuir as perdas na produção devido à antracnose. A porcentagem de cultivares requeridas para proteger uma população de plantas em mistura, contra patógenos, ainda não está definida. Por isso, torna-se importante obter informações neste sentido.

Sendo assim os objetivos desse trabalho foram:

- 1- Estudar o progresso da antracnose do feijoeiro associada a *Colletotrichum lindemuthianum*, transmitido via-semente, com diferentes níveis de infecção inicial das sementes utilizando mistura de linhagens suscetível e resistente, em duas épocas de cultivo.
- 2- Definir a proporção de plantas resistentes para reduzir o progresso da antracnose do feijoeiro em Lavras-MG.
- 3- Correlacionar as variáveis ambientais temperatura máxima, média, mínima e umidade relativa do ar com a intensidade da doença.
- 4- Correlacionar a produção com os valores da área abaixo da curva de progresso da antracnose, com a duração da área foliar sadia (HAD) e com a absorção da área foliar sadia (HAA).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área experimental

Dois experimentos foram instalados na área experimental do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Lavras em altitude de 918 metros, latitude sul de 21°14', longitude oeste de 45°00' em Latossolo Roxo. O primeiro plantio foi no dia 15 de março (plantio da seca) de 2001 e o segundo no dia 15 de dezembro (plantio das águas), também de 2001.

4.2 Preparo da área experimental e condução dos experimentos

Antes dos plantios foram retiradas amostras de solo do terreno, as quais foram encaminhadas para o Departamento de Solos da Universidade Federal de Lavras para realizar a análise físico-química. Com base nos resultados das análises anteriores, em ambos os experimentos, foram definidas a calagem e as dosagens ideais de NPK (nitrogênio, fósforo e potássio). Foram realizadas adubação no sulco de plantio, com 500Kg/ha da formulação 4-14-8, e cobertura com 150 kg/ha de sulfato de amônia, aos 25 dias após o plantio.

As irrigações por aspersão foram realizadas somente no plantio das secas (40mm semanalmente, divididos em duas vezes). Com o objetivo de controlar as pragas foi aplicado o inseticida triazophos (50ml/20 litros de água). Para o controle de plantas daninhas e da ferrugem, foram realizadas capinas manuais e pulverizações com o fungicida Plantvax (40g/20 litros de água), respectivamente.

4.3 Delineamento experimental

Os experimentos foram instalados em blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial com diferentes níveis de inóculo e diferentes

proporções na mistura de linhagens suscetível e resistente a raça 89 de *C. lindemuthianum*.

No plantio de março, os níveis de infecção das sementes foram: 0; 1,0 e 4,0% de sementes infectadas com *C. lindemuthianum* raça 89 misturadas a sementes sadias. Na mistura de cultivares, foi utilizada a linhagem resistente CNFC 8014 e o cultivar suscetível Carioca comum. As proporções da mistura foram: i) 0% resistente: 100% suscetível. ii) 25% resistente: 75% suscetível; iii) 50% resistente: 50% suscetível; iv) 75% resistente: 25% suscetível, totalizando portanto, 12 tratamentos no plantio da seca.

O segundo experimento (plantio em dezembro) foi semelhante ao primeiro; porém, de acordo com a análise dos dados do primeiro experimento (plantio em março), optou-se por inserir mais uma proporção de 100% resistente e 0% suscetível na mistura de linhagens, totalizando 15 tratamentos no plantio das águas.

Cada parcela de 15 metros quadrados possuía sete linhas de plantio, com cinco metros de extensão. O espaçamento entre linhas foi de 0,5 metros, com densidade de 12 plantas por metro linear.

O número de sementes de cada linhagem foi definido de acordo com o número de sementes em cada parcela e com os tratamentos definidos anteriormente.

Entre cada parcela foram plantadas 3 fileiras de milho, 30 dias antes da instalação do experimento, com o objetivo de evitar a interferência entre parcelas, ou seja, a dispersão de inóculo de uma parcela para outra.

4.4 Análise dos lotes de sementes e inoculação do patógeno.

Foram selecionados lotes de sementes suscetíveis, da cultivar Carioca comum, com baixo nível de infecção (sementes sadias) por *C. lindemuthianum*. Para isso foi utilizado o método do rolo de papel descrito por Machado (1994).

As sementes foram tratadas com benomil + thiram, imediatamente antes do plantio.

As sementes infectadas foram obtidas mantendo as sementes de feijão por 7 dias em meio de cultura agarizado com crescimento fúngico, em potencial osmótico de -1,0 Mpa, à temperatura de 20°C, com 12 horas de luz e 12 horas de escuro em estufa BOD (Carvalho et al. 1998).

O número de sementes infectadas foi definido de acordo com o número de sementes em cada parcela e com diferentes níveis de inóculo a serem utilizados. As sementes infectadas foram depositadas na linha central da parcela, constituindo fonte de inóculo tipo linha.

4.5 Avaliação da doença, do estágio vegetativo e da área foliar.

Na linha central da parcela, entre os estádios V3/V4 foram marcadas 10 plantas espaçadas por 0,5 metros, sendo cinco do lado sul e cinco do lado norte da fonte de inóculo. As avaliações para incidência e severidade iniciaram-se aos 19 dias após o plantio e estenderam-se até o enchimento das vagens (estádio R8), quinzenalmente, totalizando ao final 6 avaliações. O estágio vegetativo do feijoeiro foi avaliado com base na escala de Fernandez et al. (1986). Determinou-se a incidência (%) e a severidade (porcentagem de área foliar lesionada) em cada avaliação.

A incidência foi determinada contando-se o número de plantas com sintomas, no total das dez plantas avaliadas. A severidade foi determinada avaliando-se todas as folhas de cada planta com sintomas, utilizando a escala de avaliação para antracnose do feijoeiro de Pastor Corrales (Tamayo, 1995).

No estágio R9 foram feitas avaliações para e incidência e severidade da antracnose nas vagens das plantas marcadas (Tamayo, 1995).

Foi calculada a duração da área foliar sadia (HAD) segundo a equação (Waggoner & Berger, 1987):

$$HAD = \sum_{i=1}^{n-1} ((LAI_i(1-Y_i) + LAI_{i+1}(1-Y_{i+1}))/2)(t_{i+1}),$$

onde LAI_i é o índice de área foliar no tempo t_i e Y_i é o tecido doente (em proporção) no tempo t_i ,

A absorção da área foliar HAA foi calculada pela fórmula (Waggoner & Berger, 1987):

$$HAA = \sum_{i=1}^{n-1} I_i(((1-Y_i)(1-\exp(-KLAI_i)) + (1 - Y_{i+1})(1-\exp(-KLAI_{i+1}))/2)(t_{i+1} - t_i),$$

onde I é a radiação global média diária ($MJ.m^{-2}$), e K é o coeficiente de extinção para a cultura; usou-se $K=0,7$ (Miglioranza, 1992).

Para obter o LAI, foi necessário estimar a área foliar da planta, calculada pelo somatório das áreas das folhas trifolioladas. Foram obtidas leituras da área foliar das plantas em quatro das dez plantas marcadas simultaneamente com a avaliação da doença. Para isto, a maior largura do folíolo central de cada folha (L , cm) foi mensurada. No cálculo da área da folha trifoliolada (AF) foi empregada a equação (Iamauti, 1995):

$$AF=2,137L^{1,96418}-2,7 \quad (R^2=0,95)$$

Os valores do índice de área foliar (LAI) de cada planta foram obtidos dividindo a área foliar de cada planta, em cada avaliação, pela área ocupada por planta ($0,0416 m^2$).

4.6 Análise do progresso da doença.

A análise do progresso da antracnose foi realizada de acordo com a área abaixo da curva de progresso da antracnose (AACPD) para a incidência (AACPI) e para a severidade (AACPS) da doença. Calculou-se a AACPD pela seguinte fórmula (Campbell & Madden, 1990):

$$\text{AACPD} = \sum_{i=1}^{n-1} (Y_i + Y_{i+1}/2)(t_{i+1} - t_i),$$

onde, Y é a intensidade da doença, t o tempo e n o número de avaliações no tempo.

Para comparar os tratamentos utilizaram-se os componentes AACPI, AACPS, HAD, HAA, produção, incidência e severidade da antracnose nas vagens no estágio R9.

A medida da eficiência da mistura foi calculada com base nos valores da área abaixo da curva da incidência e também da severidade de acordo com as fórmulas (Lannou et al., 1994; Ntahimpera et al., 1996):

$$E_I = 1 - (\text{AACPI (mistura)} / \text{AACPI (100\% suscetível)}) \text{ e}$$

$$E_S = 1 - (\text{AACPS (mistura)} / \text{AACPS (100\% suscetível)}),$$

onde, E_I é a eficiência da mistura utilizando valores da área abaixo da curva da incidência (AACPI) e E_S é a eficiência da mistura utilizando valores da área abaixo da curva da severidade (AACPS). Os valores da eficiência da mistura foram multiplicados por 100 e expressos em porcentagem.

4.7 Produção de grãos

O primeiro experimento, com plantio em março de 2001, foi colhido no dia 15 de julho. A colheita do segundo experimento, com plantio em dezembro de 2001, foi no dia 30 de março de 2002. Quando devidamente secas, as sementes foram retiradas das vagens e armazenadas em câmara fria. As sementes foram pesadas com 10 % de umidade. Os resultados foram expressos em gramas por parcela. Os dados de produção foram submetidos a teste de médias “Scott knott” e correlacionados com a AACPI, AACPS, HAD e HAA

4.8 Dados meteorológicos

A intensidade da antracnose foi correlacionada com as temperaturas média, máxima e mínima, a umidade relativa do ar e a precipitação em cada experimento.

Os dados meteorológicos citados anteriormente e também a radiação solar incidente foram obtidos da estação meteorológica localizada na Universidade Federal de Lavras, a cerca de 200 metros do experimento.

4.9 Teste de transmissibilidade de *Colletotrichum lindemuthianum* da planta para as sementes

Após a colheita de cada parcela experimental, retirou-se uma sub-amostra de duzentas sementes de cada tratamento. Nessas sementes foi verificada a transmissão do patógeno. Para isso foi utilizado o método do rolo de papel (Machado, 1994). Esse método consiste em distribuir uniformemente 50 sementes da amostra a ser testada sobre duas folhas de papel filtro umedecidas com água destilada esterilizada; em seguida cobrem-se essas sementes com outra folha do mesmo papel, também umedecido, e estas são enroladas no sentido da largura. Assim foram feitas quatro repetições de 50 sementes para totalizar 200 sementes avaliadas. Os rolinhos foram acondicionados em sacos escuros para

evitar a entrada de luz, levados à câmara de crescimento e mantidas por sete dias na temperatura de 20°C, ao final dos quais foram avaliadas. A avaliação se deu por meio da incidência de sintomas característicos da presença do fungo no endosperma das sementes. Sintomas duvidosos foram cuidadosamente observados na lupa e, quando necessário, foram feitas lâminas para verificar a presença de estruturas características do patógeno.

4.10 Análise dos dados

As análises foram feitas nos programas SAS (The SAS System for Windows, SAS Institute Inc. Cary, NC, USA) e SISVAR. Os gráficos foram feitos no programa Microsoft® EXCEL 97.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes artificialmente inoculadas, utilizadas como fonte de inóculo, germinaram em todas as parcelas e apresentaram sintomas de antracnose, em ambas as épocas de cultivo. Sendo assim, a inoculação das sementes foi eficiente em transmitir o agente etiológico, ou seja, o inóculo inicial para estabelecer o processo doença.

5.1 Experimento da seca (março a junho de 2001)

5.1.1 Incidência e severidade da antracnose do feijoeiro

Tanto os níveis de inóculo ($P < 0,001$) quanto as diferentes proporções na mistura de cultivares ($P < 0,05$) foram significativos para a variável AACPI. Para a severidade, somente os níveis de inóculo ($P < 0,001$) foram significativos. As médias da AACPI (Tabela 1) e da AACPS (Figura 1) foram submetidas ao teste Scott-Knott. Não se observou interação entre os diferentes níveis de inóculo e a mistura de linhagens para a AACPI e para a AACPS.

Tabela 1- Área abaixo da curva de progresso da incidência da antracnose do feijoeiro (AACPI) nos diferentes níveis de inóculo e na diferente proporção das linhagens suscetível e resistente.

Mistura ¹ (%) Níveis (%)	0	25	50	75	Média ²
0,0	1225	1129	752	936	1010 a
1,0	2949	3377	2511	2861	2924 b
4,0	3334	3167	2835	2661	2999 b
Média ³	2502 B	2557 B	2033 A	2153 A	

¹ Aumento na proporção da linhagem resistente

² Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si por meio do teste Scott-knott ($P < 0,001$)

³ Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si por meio do teste Scott-knott ($P < 0,05$). Regressão linear: $Y = 2544 - 6,1x$ $R^2 = 0,60^*$, onde Y: AACPI e x: proporção da linhagem resistente.

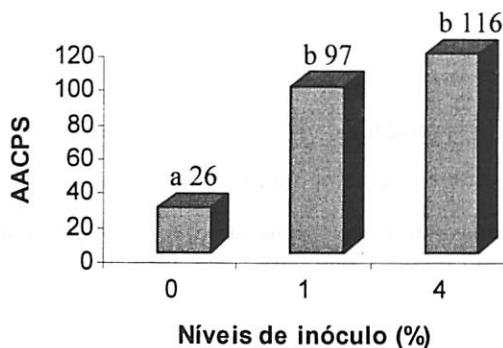


FIGURA 1- Área abaixo da curva de progresso da severidade da antracnose do feijoeiro (AACPS). Barras seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si por meio do teste Scott-Knott ($P < 0,05$)

Com relação à mistura, foram observados menores valores da AACPI nas parcelas com 50 e 75% da linhagem resistente CNFC 8014. Resultado semelhante foi obtido no trabalho de Ntahimpera et al. (1996), pois esses autores verificaram menores incidências da antracnose do feijoeiro com 50% da cultivar resistente, e até mesmo 25% de resistência reduziu a área abaixo da curva de progresso da incidência. Ocorreu menor número de infecções nas plantas suscetíveis devido à perda do inóculo em hospedeiros resistentes (Lannou et al., 1994), portanto menor incidência da doença ocorre nas maiores proporções da linhagem resistente.

A AACPI e a AACPS foram maiores nas parcelas com os níveis 1,0 e 4,0% de inóculo. Como esperado, a parcela livre de sementes infectadas (nível zero) apresentou menor área abaixo da curva de progresso da doença, diferindo significativamente das anteriores. A ocorrência da doença na parcela livre de inóculo provavelmente foi devida à baixa eficiência da barreira em conter a disseminação dos conídios de *C. lindemuthianum*. Os níveis 1,0 e 4,0% de

sementes infectadas não diferiram entre si; isso pode ser devido às condições favoráveis ao progresso da antracnose nesse período. Para a época da seca, em Lavras, um lote de sementes com 1% de infecção por *C. lindemuthianum* poderia apresentar alta severidade da antracnose e causar danos à lavoura.

Em Viçosa, ocorreu aumento na proporção de plantas doentes durante o ciclo do feijoeiro, sendo maior no tratamento com maior porcentagem inicial de sementes infectadas por *C. lindemuthianum* (Pereira et al., 2002). No patossistema feijoeiro x *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, verificou-se que níveis de inóculo a partir de 10% proporcionaram maior incidência da doença no campo, e acima de 25%, prejudicaram a produção de grãos (Valarini et al., 1996).

Ainda em Viçosa, foram verificadas influências de fontes de inóculo primário na intensidade da antracnose nas folhas (Araya Fernandes et al., 1987). Os mesmos autores verificaram média de 35 plantas doentes no período de seis semanas a partir de única fonte de inóculo com 1,5% de sementes infectadas.

A relação da AACPI e da AACPS com a produção não foi observada nas condições desse experimento. Não são raros estudos em que se observa falta de relação entre produção e intensidade de doenças (Iamauti, 1995; Nunes & Bergamin Filho, 1996; Bergamin Filho et al., 1997; Silva et al., 1998). Valores baixos de severidade da doença podem ser responsáveis por essa falta de relação (Silva et al., 1998). Porém, outros fatores podem estar ligados a esse fenômeno, dentre eles, Bergamin Filho et al. (1997) citam a intensa desfolha devido à presença do patógeno e à falta de estimativa da desfolha, bem como o hábito de crescimento indeterminado do feijoeiro.

No presente estudo, os valores de severidade da antracnose situaram-se entre 0 e 4% do início ao final das avaliações. A escala diagramática utilizada para avaliar a severidade nesse experimento tem severidade máxima de 25% (escala de notas de Pastor-Corrales (Tamayo, 1995)). Os valores de severidade

obtidos nesse experimento foram relativamente baixos para a época em questão, quando comparados com as severidades de até 80% avaliadas por Gianasi (1999). *C. lindemuthianum* é considerado um patógeno hemibiotrófico e causa lesões preferencialmente nas nervuras da face inferior da folha e dos pecíolos, nesse caso, o tecido verde remanescente das folhas infectadas pode ter a eficiência comprometida (Bassanezi et al., 1997).

O fato de as escalas diagramáticas para a antracnose do feijoeiro ilustrarem somente o tecido necrosado pode levar o avaliador a subestimar a real intensidade da doença. O desenvolvimento de escalas que ilustrem o tecido realmente prejudicado pela ação do patógeno poderia ser uma alternativa para sanar essa dificuldade.

5.1.2 Duração da área foliar sadia (HAD) e absorção da área foliar sadia (HAA)

Tanto para a HAD quanto para a HAA somente os níveis de inóculo foram significativos ($P < 0,001$). Verificaram-se menores valores de HAD (Figura 2) e HAA (Figura 3) quando utilizaram-se 1,0 e 4,0% de sementes infectadas.

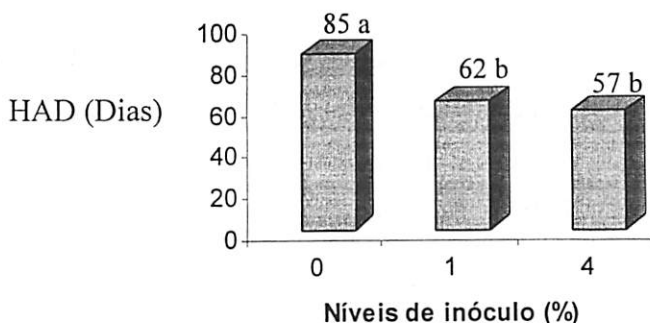


FIGURA 2 Duração da área foliar sadia nos diferentes níveis de inóculo. Barras seguidas pela mesma letra não diferem entre si por meio do teste Scott-Knott ($P < 0,05$).

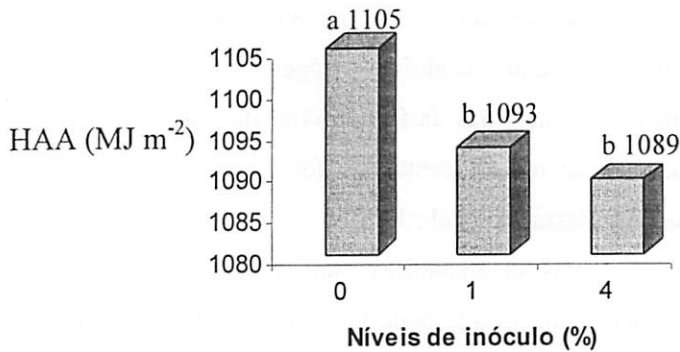


FIGURA 3 Absorção da área foliar sadia nos diferentes níveis de inóculo. Barras seguidas pela mesma letra não diferem entre si por meio do teste Scott-Knott ($P < 0,05$)

Maiores AACPS (item 3.1.1) foram obtidas com 1,0 e 4,0% de inóculo. Severidades maiores reduziram a duração e a absorção da área foliar sadia das plantas de feijoeiro, fato evidenciado pelas menores HAD e HAA observados nesses tratamentos. Gianasi (1999), testando fungicidas para controle da antracnose do feijoeiro, verificou menores valores da HAD e HAA na testemunha sem pulverizações com relação ao uso de fungicidas; nesse caso, também foram observadas maiores severidades da antracnose nas parcelas onde não utilizaram-se fungicidas.

Embora tenham sido identificados valores diferentes na HAA e na HAD de acordo com os tratamentos, não foram verificadas relações dessas com a produção. Esse resultado entra em conflito com vários trabalhos publicados nesse sentido (Gianasi, 1999; Nunes & Bergamin Filho, 1996; Canteri et al., 1998; Bergamin Filho et al., 1997), pois na maioria dos casos foram detectadas relações lineares entre a produção e a HAD e a HAA. Esses trabalhos foram realizados com o intuito de verificar as melhores variáveis relacionadas com danos à produção e nesses casos, maior número de plantas foram avaliadas. No

presente estudo a área foliar de quatro plantas por parcela foi mensurada, a avaliação de maior número de plantas poderia ser mais eficiente para obtenção da HAA e da HAD.

5.1.3 Eficiência da mistura em reduzir o progresso da antracnose

Na época da seca, a eficiência em reduzir o progresso da antracnose nas folhas foi baixa em todos os níveis de inóculo testados. As misturas são consideradas eficientes quando alcançam ou superam a linha diagonal traçada no gráfico (Figura 4). Com base na AACPI, misturas de linhagens com 25, 50 e 75% da linhagem resistente resultaram em valores de eficiência de 8, 38 e 23% no tratamento livre de inóculo, de 3, 15 e 3% no nível 1% e de 5, 15 e 20% no nível de inóculo de 4%. Para a severidade, a mesma tendência foi observada, com exceção da mistura de 50% da linhagem resistente no nível de inóculo de 1%, pois nesse caso a eficiência foi de 52%, valor satisfatório e coincidente com o valor esperado.

A baixa eficiência da mistura em minimizar o progresso da antracnose no plantio da seca pode ser devido à ocorrência de temperaturas favoráveis, aliadas ao uso de irrigação por aspersão.

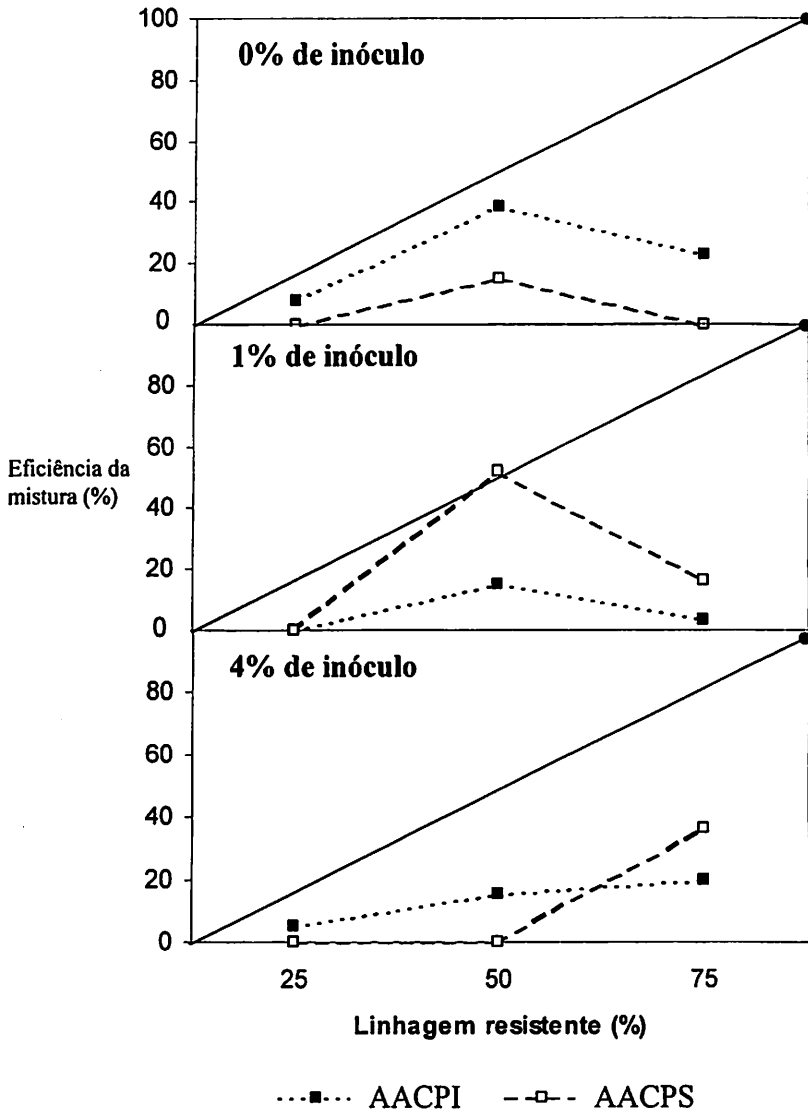


FIGURA 4 Eficiência da porcentagem da linhagem resistente CNFC 8014 em promover o controle da antracnose. AACPI e AACPS: área abaixo da curva de progresso da incidência e da severidade da antracnose, respectivamente. A linha sólida na diagonal indica o valor esperado se o efeito da mistura está em função da frequência de plantas resistentes na mistura.

Ntahimpera et al. (1996) verificaram alta eficiência das misturas com 25 e 50% da linhagem resistente em reduzir o progresso da antracnose; porém, nesse estudo os autores utilizaram transplante de plantas inoculadas para constituir a fonte primária de inóculo. Outro fator a ser considerado é o fato de esse estudo ser conduzido em diferentes condições ambientais.

Os trabalhos envolvendo mistura de linhagens geralmente utilizam uma única fonte de inóculo para servir como fonte primária da doença. No presente estudo, utilizou-se uma testemunha livre de inóculo e níveis de inóculo de 1,0 e 4,0%.

Nas parcelas livres de inóculo, a baixa eficiência da mistura provavelmente ocorreu por causa dos baixos valores de incidência e severidade e, nesse caso, a mistura de linhagens poderia ser dispensada. Com relação aos níveis 1,0 e 4,0%, a baixa eficiência das misturas pode ser devida à grande pressão de inóculo exercida pelas fontes, combinada com ambiente favorável.

Resultados semelhantes aos do presente estudo foram verificados no patossistema *Colletotrichum gloeosporioides* x *Stylosanthes scabra*, no qual o controle da antracnose foi variável e baixo, dependendo da mistura (Chakraborty et al., 1991). A justificativa dos autores para a baixa eficiência da mistura foram as baixas severidades da doença e a presença de plantas de *S. scabra* de idades diferentes no experimento. Plantas de idades diferentes podem apresentar reações variadas em relação à doença.

5.1.4 Correlação entre intensidade da doença e variáveis ambientais

As correlações entre as variáveis ambientais temperatura máxima (T_{máx}), temperatura média (T_{méd}) e temperatura mínima (T_{mín}), apresentaram coeficientes significativos e negativos na maioria dos tratamentos (Tabela 2). À medida que a temperatura diminuiu ocorreram incrementos tanto na incidência

quanto na severidade da antracnose. Nessa época predominaram temperaturas amenas, em torno de 18°C, favoráveis ao progresso da doença (Figura 5).

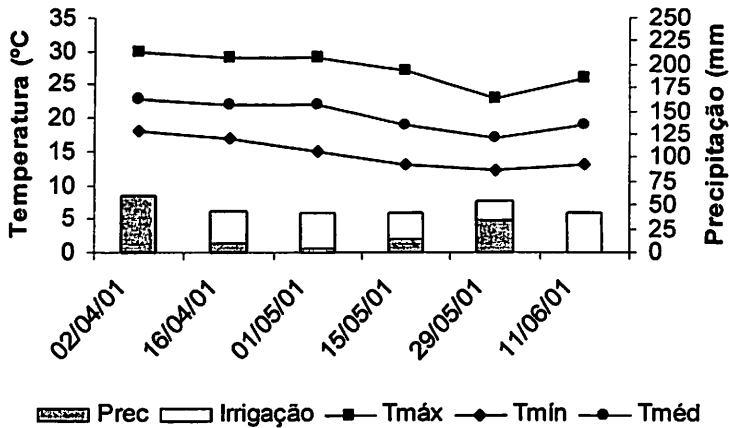


FIGURA 5 Variáveis ambientais obtidas para o experimento da seca (Prec: precipitação, Tmáx: temperatura máxima, Tméd: temperatura média, Tmín: temperatura mínima).

A constatação de maiores incidências da antracnose na época da seca também foi feita por Dhingra et al. (1986). Em contraste, Araya Fernandes et al. (1987) verificaram maior progresso da antracnose na estação chuvosa na região de Viçosa, fato comprovado pela alta dependência da precipitação para o início da epidemia da antracnose a partir de uma fonte de inóculo. O molhamento foliar, fornecido por meio da irrigação, e as temperaturas amenas podem ter favorecido o progresso da doença.

TABELA 2 Coeficientes de correlação entre incidência e severidade da antracnose do feijoeiro e as variáveis ambientais temperatura máxima (Tmáx), média (Tméd), mínima (Tmín).

	Tratamentos ¹											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tmáx	I ² -0,85*	-0,67ns	-0,61ns	-0,66ns	-0,80*	-0,75ns	-0,66ns	-0,60ns	-0,79ns	-0,67ns	-0,65ns	-0,73ns
	S -0,84*	-0,68ns	-0,90*	-0,58ns	-0,88*	-0,50ns	-0,23ns	-0,11ns	-0,47ns	-0,59ns	-0,85*	-0,79ns
Tméd	I -0,94*	-0,84*	-0,79ns	-0,82*	-0,93*	-0,88*	-0,81*	-0,72ns	-0,87*	-0,82*	-0,80*	-0,79ns
	S -0,94*	-0,84*	-0,95*	0,75ns	-0,97**	-0,63ns	-0,29ns	-0,13ns	-0,53ns	-0,79ns	-0,92*	-0,74ns
Tmín	I -0,88*	-0,92*	-0,89*	-0,97*	-0,95*	-0,93*	-0,86*	-0,88*	-0,92*	-0,93*	-0,93*	-0,81*
	S -0,97*	-0,99**	-0,93*	-0,92*	-0,93*	-0,77ns	-0,38ns	-0,23ns	-0,53ns	-0,88*	-0,92*	-0,75ns

¹ 1: Nível 0 e 0% da linhagem resistente
2: Nível 0 e 25% da linhagem resistente
3: Nível 0 e 50% da linhagem resistente
4: Nível 0 e 75% da linhagem resistente
5: Nível 1,0 e 0% da linhagem resistente
6: Nível 1,0 e 25% da linhagem resistente
7: Nível 1,0 e 50% da linhagem resistente
8: Nível 1,0 e 75% da linhagem resistente
9: Nível 4,0 e 0% da linhagem resistente
10: Nível 4,0 e 25% da linhagem resistente
11: Nível 4,0 e 50% da linhagem resistente
12: Nível 4,0 e 75% da linhagem resistente

² I: Incidência S: Severidade

5.1.5 Incidência e severidade da antracnose nas vagens

Foram observadas diferenças significativas entre os níveis de inóculo e entre a mistura de linhagens ($P < 0,001$). Maior intensidade da antracnose foi observada nos níveis 1,0 e 4,0% de sementes infectadas (Figura 6A e B). Nas misturas, observou-se maior incidência nas parcelas com 0 e 25% de resistência, seguida pela mistura com 50%, e 75% da linhagem resistente (Figura 7A). Para a severidade, misturas com 0 e 25% diferiram daquelas com 50 e 75% da linhagem resistente (Figura 7B)

Os níveis de inóculo 1,0 e 4,0% condicionaram a maior incidência e severidade nas vagens. Esse resultado é similar ao obtido para AACPI e para AACPS. A maior quantidade de doença nas folhas provavelmente influenciou a maior intensidade nas vagens. A irrigação pode ter contribuído para a disseminação do patógeno das folhas para as vagens via respingos d'água Araya Fernades et al. (1987) também observaram a influência do inóculo primário na intensidade da antracnose nas vagens na época da seca. Os autores atribuem esse fato ao menor vigor e enfolhamento das plantas nesse período. De certa forma, as vagens ficariam desprotegidas e vulneráveis à ação de *C. lindemuthianum*.

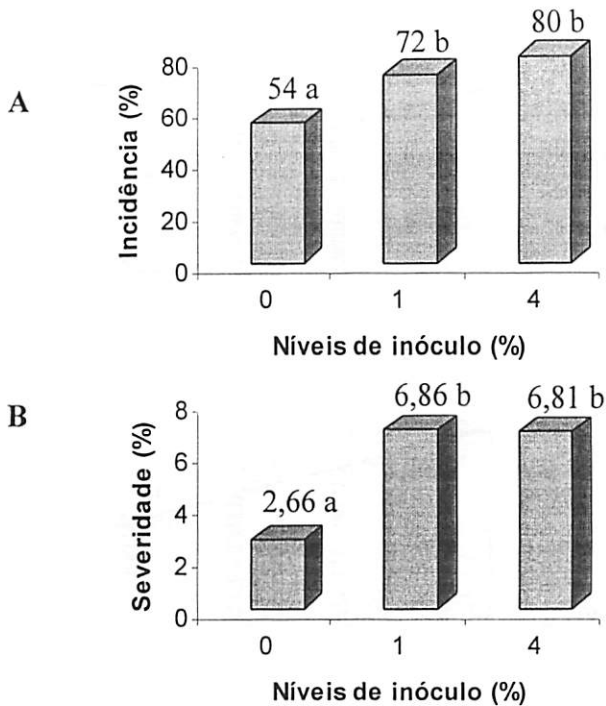


FIGURA 6 Incidência (A) e severidade (B) da antracnose nas vagens do feijoeiro no estágio R9 com relação aos diferentes níveis de inóculo.

Com relação à mistura de linhagens, menor incidência da antracnose em vagens foi observada com 75%, seguida por 50% da linhagem resistente. Para a severidade, as misturas com 50 e 75% de resistência foram menores e não diferiram entre si. Esse resultado é favorável ao uso de misturas. Porém, apesar da diferença, observou-se intensidade relativamente alta nesses dois tratamentos (Figura 7).

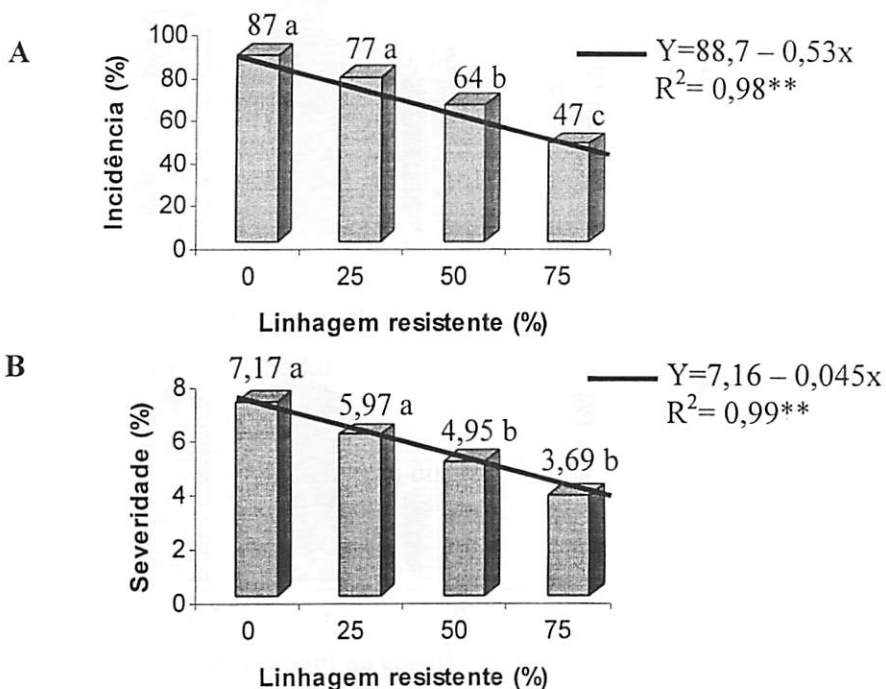


FIGURA 7 Incidência (A) e severidade (B) da antracnose nas vagens do feijoeiro no estágio R9 com relação ao aumento na linhagem resistente na mistura. Barras seguidas pela mesma letra não diferem entre si por meio do teste Scott-knott ($P < 0,001$). — Regressão linear, Y: incidência (A) e severidade (B) da antracnose nas vagens; x: linhagem resistente (%); R^2 : coeficiente de determinação.

Não se observou controle da doença com 25% de resistência. Nesse caso, o ambiente pode ter condicionado a maior quantidade de doença, reduzindo a eficiência da mistura (Figura 7A). Menores AACPI foram obtidas nos tratamentos com 50 e 75% de resistência, semelhante à incidência nas vagens. Apesar da ineficácia da mistura em conter a severidade nas folhas, a reação das vagens foi diferenciada e a habilidade em minimizar a intensidade da doença foi obtida (Figura 7B). Ntahimpera et al. (1996) também verificaram menor intensidade da antracnose nas vagens em parcelas com 50% da linhagem

resistente e até mesmo 25% de resistência promoveu menor quantidade da doença nas vagens.

5.1.6 Transmissibilidade de *C. lindemuthianum* da planta para as sementes

Os resultados do teste de transmissibilidade da planta para as sementes não foram significativos, corroborando os resultados obtidos por Vechiato et al., (1997), pois esses autores não obtiveram coeficientes de correlação significativos entre os diferentes níveis de severidade de antracnose nas vagens e a incidência de *C. lindemuthianum* nas sementes na maioria dos experimentos realizados. Vários fatores podem influenciar a transmissão do patógeno durante o ciclo produtivo de semente a semente (Machado, 1994) e nem sempre são observadas relações consistentes entre presença do patógeno nas plantas ou nas vagens e a incidência do patógeno nas sementes (Dhingra & Kushalappa, 1980). A época da infecção da planta pelo patógeno, a raça do patógeno e a suscetibilidade da cultivar interferem na transmissão (Vechiato et al., 1997).

No presente estudo, sementes infectadas foram utilizadas para promover o inóculo primário; sendo assim, a antracnose já estava presente no campo desde a germinação das plântulas, e mesmo nessas condições a transmissão não foi verificada. Oliveira (1991) obteve melhor transmissão *C. lindemuthianum* em plantas inoculadas aos 45 dias. Outro resultado permitiu verificar melhor eficiência da transmissão para a sementes quando o patógeno foi inoculado no estágio de formação das vagens (Araújo et al., 1995).

Vários trabalhos também verificaram a ausência de correlação entre a severidade da antracnose no campo e a infecção de sementes (Lasca et al., 1980; Gomes & Porto, 1981; Dhingra et al., 1986). Ainda na cultura do feijoeiro, não foi observada correlação entre a severidade da mancha angular nas plantas e a infecção de sementes por *Phaeosariopsis griseola* (Dhingra & Kushalappa, 1980).

5.2 Experimento das águas (dezembro de 2001 a março de 2002)

5.2.1 Incidência (AACPI) e severidade (AACPS) da antracnose do feijoeiro

Para a AACPI e a AACPS, a interação níveis de inóculo e mistura de linhagens foi significativa ($P < 0,001$). A AACPI e a AACPS foram maiores nos tratamentos com 1,0 e 4,0 % de sementes infectadas. Em contrapartida essas variáveis reduziram conforme o aumento na proporção da linhagens resistentes (Figura 8A e B).

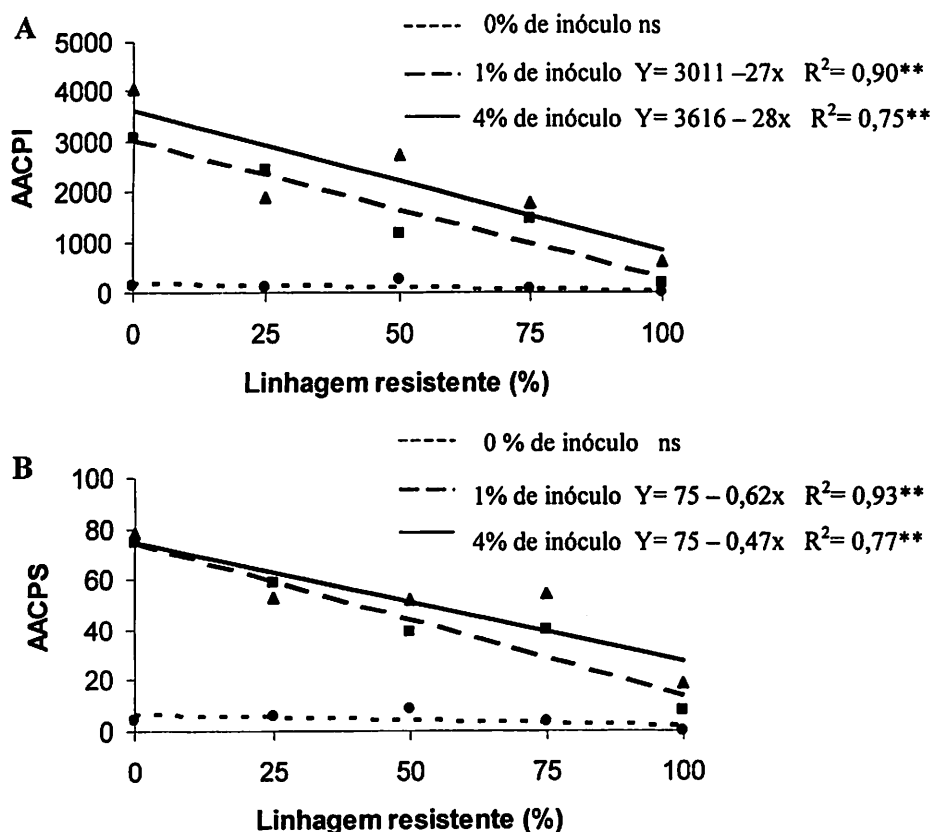


FIGURA 8 Área abaixo da curva de progresso da incidência – AACPI (A) e da severidade –AACPS (B) da antracnose do feijoeiro nos diferentes níveis de inóculo em relação a porcentagem da linhagem resistente. ns= não significativo, **= significativo $p < 0,01$.

Verificaram-se diferentes AACPI e AACPS nos diferentes níveis de inóculo, nas quatro primeiras misturas (0, 25, 50 e 75% da linhagem resistente). Quando utilizou-se 100% da linhagem resistente, a menor severidade da doença foi marcante e os diferentes níveis de inóculo não interferiram nos valores obtidos (Figura 9).

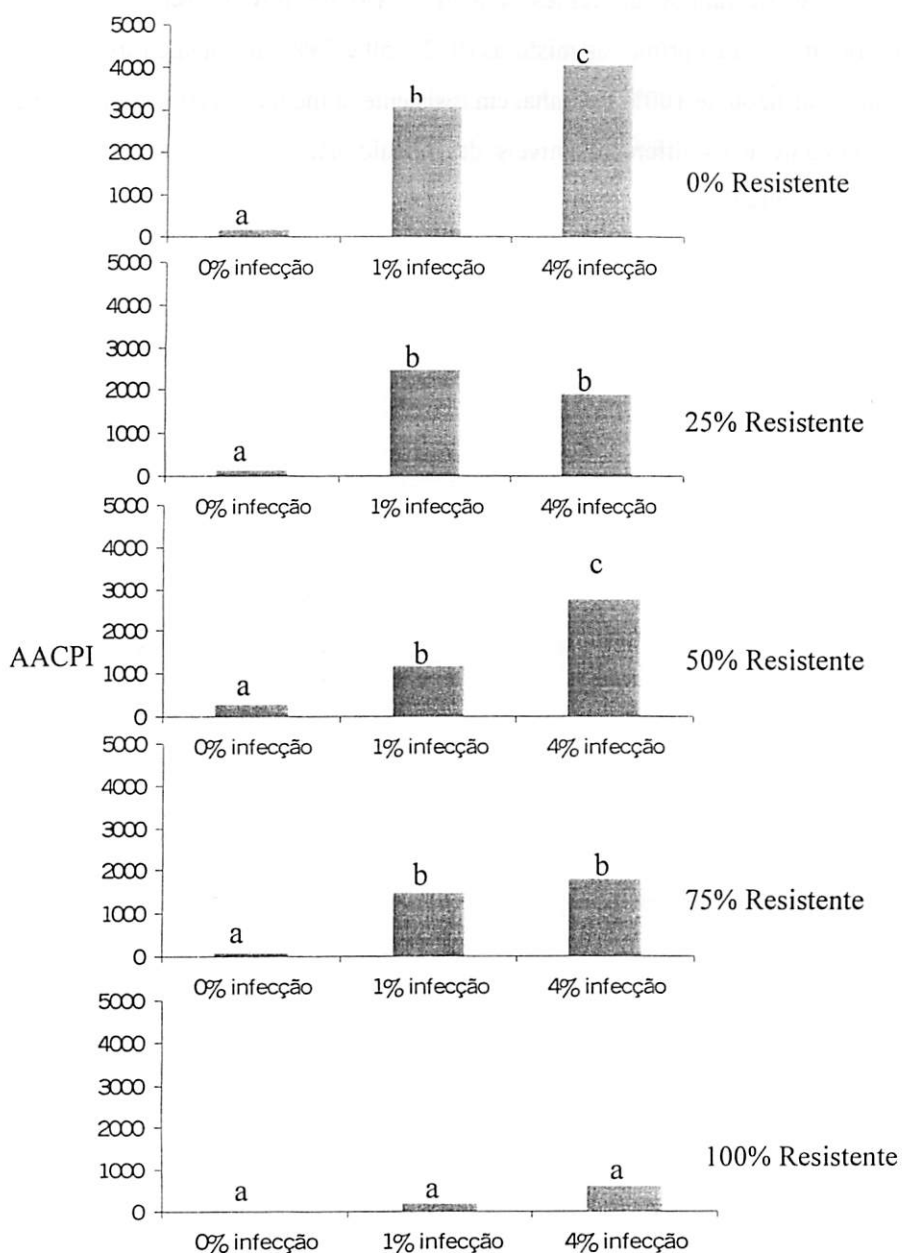


FIGURA 9 Área abaixo da curva de progresso para a incidência da antracnose em diferentes níveis de infecção das sementes nas diferentes proporções da linhagem resistente. Barras seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-knott ($P < 0,001$)

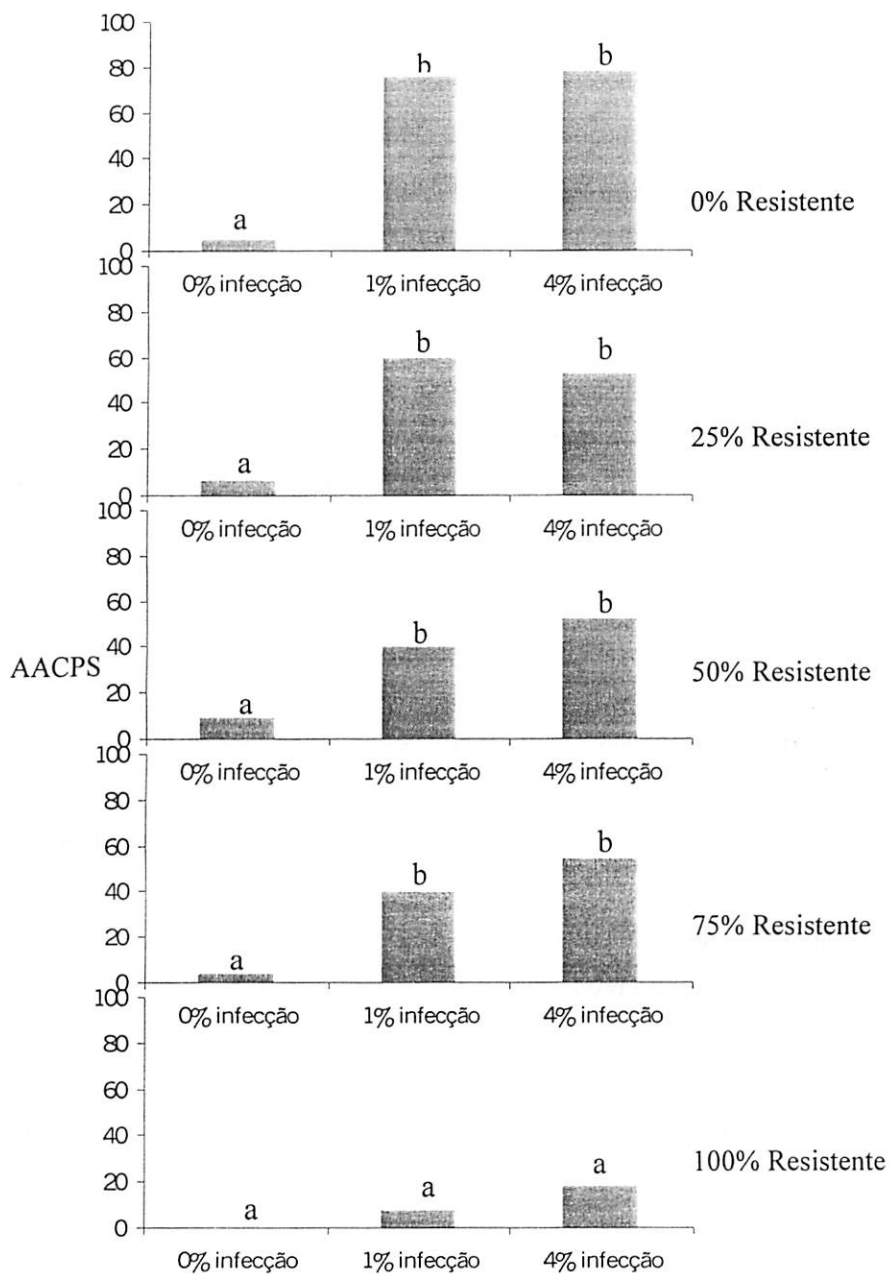


FIGURA 10 Comportamento da área abaixo da curva de progresso para a severidade da antracnose e nos diferentes níveis de infecção das sementes dentro das proporções da linhagem resistente. Barras seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-knott ($P < 0,001$).

Com 0% da linhagem resistente, a maior incidência da doença foi observada no tratamento com 4% de sementes infectadas, seguido pelo tratamento com 1%. Uma pequena quantidade de doença foi observada quando não se utilizaram-se sementes infectadas (Figura 7).

A incidência da doença foi baixa nas parcelas livres de inóculo (Figura 7). A ocorrência de incidência, mesmo baixa, nesse caso, pode ser explicada pelo fato de a barreira entre as parcelas não ter sido eficiente. Isso evidencia a necessidade de usar melhores artifícios em experimentos futuros, buscando menor interferência entre os diferentes tratamentos.

Apesar da diferença observada na AACPS para os diferentes níveis de inóculo, os valores foram baixos, com média em torno de 0,5% em parcelas livres de inóculo, chegando até 3% em parcelas com o maior nível de inóculo, ou seja, 4,0%.

Na presença de 100% de plantas suscetíveis mais uma vez observa-se a importância do uso de sementes livres do patógeno, pois a quantidade de doença foi bem maior e diferente estatisticamente nos tratamentos com 1,0 e 4,0% de sementes infectadas por *Colletotrichum lindemuthianum*. Em situações climáticas favoráveis, presume-se que severidades mais altas poderiam acarretar maiores danos à cultura. Nessa época também não foram observadas relações entre AACPI e AACPS e a produção.

O desdobramento de mistura de linhagens dentro de níveis de inóculo permitiu observar comportamentos diferentes tanto da AACPI quanto da AACPS (Figuras 11 e 12). Nas parcelas livres de inóculo, a AACPI e a AACPS foram baixas e não diferiram entre si com relação ao aumento na linhagem resistente, e também não houve ajuste da regressão linear.

Com 1,0% de sementes infectadas, a AACPI e a AACPS nas misturas com 50 e 75% resistente foram menores em relação à parcela com 100% suscetível e 25% resistente. Valores baixos e diferentes de todos os outros foram

obtidos com 100% da linhagem resistente. O uso de misturas com 50 e 75% de resistência minimizaram o progresso da antracnose na presença de 1,0% de sementes infectadas.

No nível de inóculo de 4,0%, como esperado, o menor valor da AACPI também foi observado na parcela com 100% de resistência, seguido pelas misturas com 25 e 75% iguais entre si e pelo uso de 50% da linhagem resistente. Para a AACPS, as misturas com 25, 50 e 75% da linhagem resistente foram iguais entre si e diferentes da testemunha com 100% de plantas suscetíveis. A menor AACPS foi observada com 100% da linhagem resistente. O aumento da linhagem resistente condicionou a reduções na AACPI e AACPS.

No plantio das águas, a mistura de linhagens promoveu reduções na AACPI e na AACPS dentro dos diferentes níveis de inóculo testados. Já no plantio da seca, somente a AACPI foi minimizada e a AACPS foi constante nas diferentes misturas testadas, nesse caso foram observadas correlações entre temperatura e intensidade da doença no decorrer do experimento, fato não observado no plantio das águas (item 4.3.2.4). Condições ambientais favoráveis observadas no plantio da seca podem ter permitido maior progresso da antracnose e, assim, as misturas não foram eficientes em conter a doença.

Misturas com 50 e 75% de linhagens resistentes, minimizaram a incidência e severidade da antracnose no plantio das águas e esse resultado está de acordo com vários trabalhos desenvolvidos previamente. O cultivo de misturas de variedades de arroz foi eficiente em restringir o progresso da brusone do arroz na China (Zhu et al., 2000). Misturas de genótipos de aveia reduziram o progresso da ferrugem (Mundt et al., 1986). Lannou et al. (1994) verificaram reduções na ferrugem do trigo em misturas de genótipos utilizando modelos de simulação.

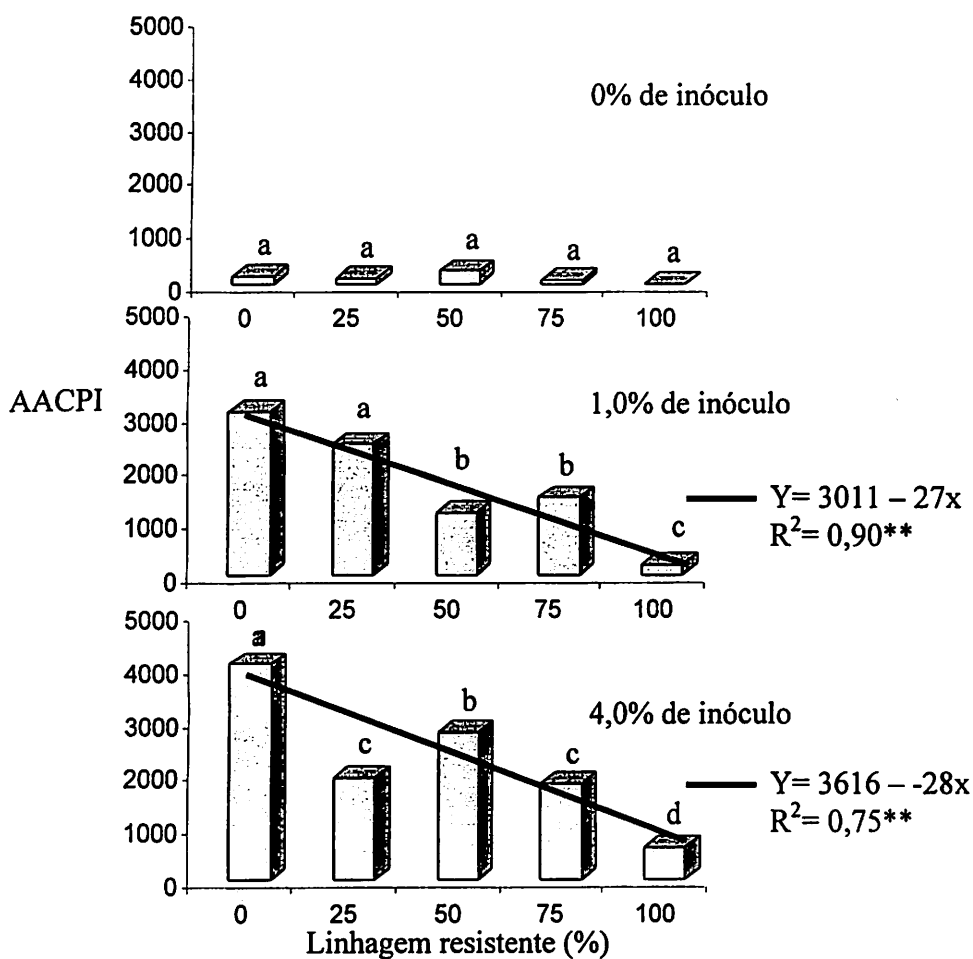


FIGURA 11 Área abaixo da curva da incidência da antracnose nas diferentes proporções da linhagem resistente dentro dos níveis de inóculo. Barras seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-knott ($P < 0,001$). — Regressão linear, Y: AACPI; x: linhagem resistente (%); R^2 : coeficiente de determinação.

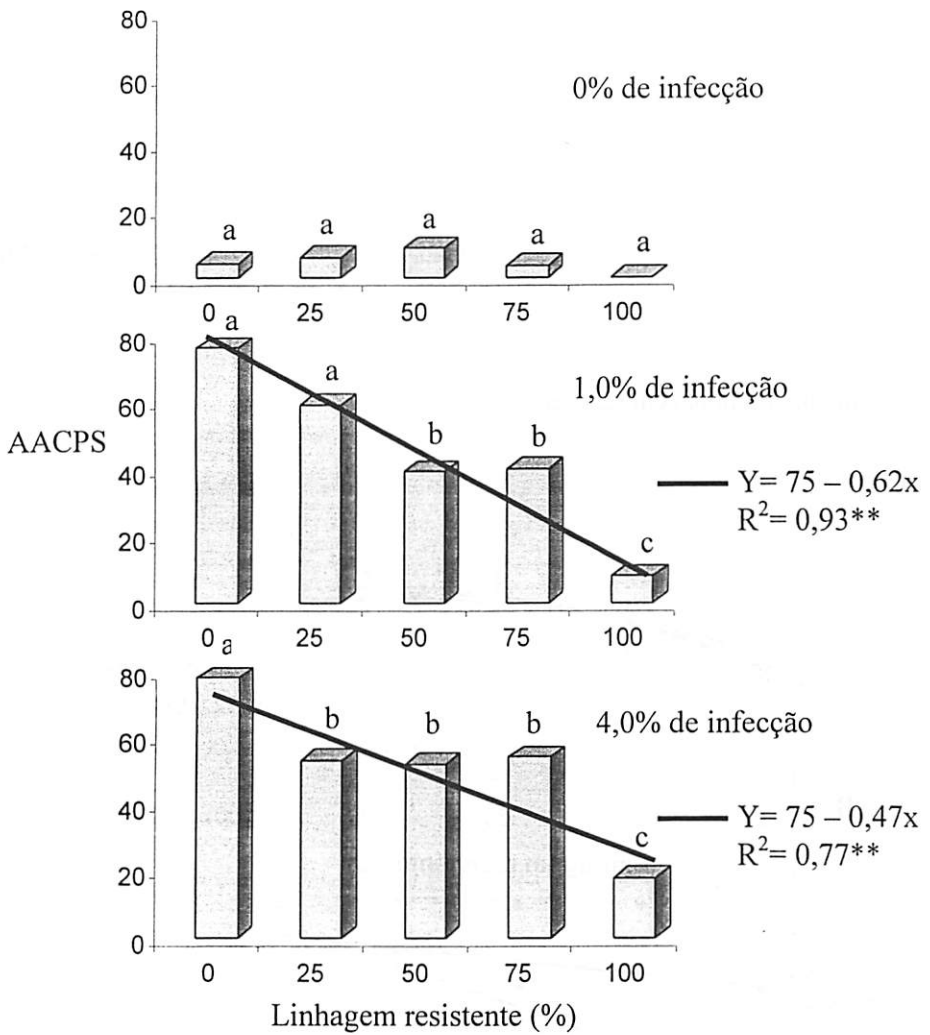


FIGURA 12 Área abaixo da curva de progresso da severidade antracnose nas diferentes proporções da linhagem resistente dentro dos níveis de inóculo Barras seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-knott ($P < 0,001$). — Regressão linear, Y: AACPS; x: linhagem resistente (%); R^2 : coeficiente de determinação.

5.2.2 Duração da área foliar sadia (HAD) e absorção da área foliar sadia (HAA)

Devido à interação entre níveis de inóculo e mistura das linhagens suscetível e resistente, os níveis foram desdobrados dentro das diferentes proporções de misturas. Com 0, 1 e 4% de sementes infectadas, a HAD aumentou até 62, 77 e 70% da linhagem resistente, respectivamente (Figura 13A). Com 1% e 4% a HAA aumentou linearmente conforme aumento da linhagem resistente. Já com 0%, a HAA manteve-se constante mesmo com o aumento da linhagem resistente (Figura 13B).

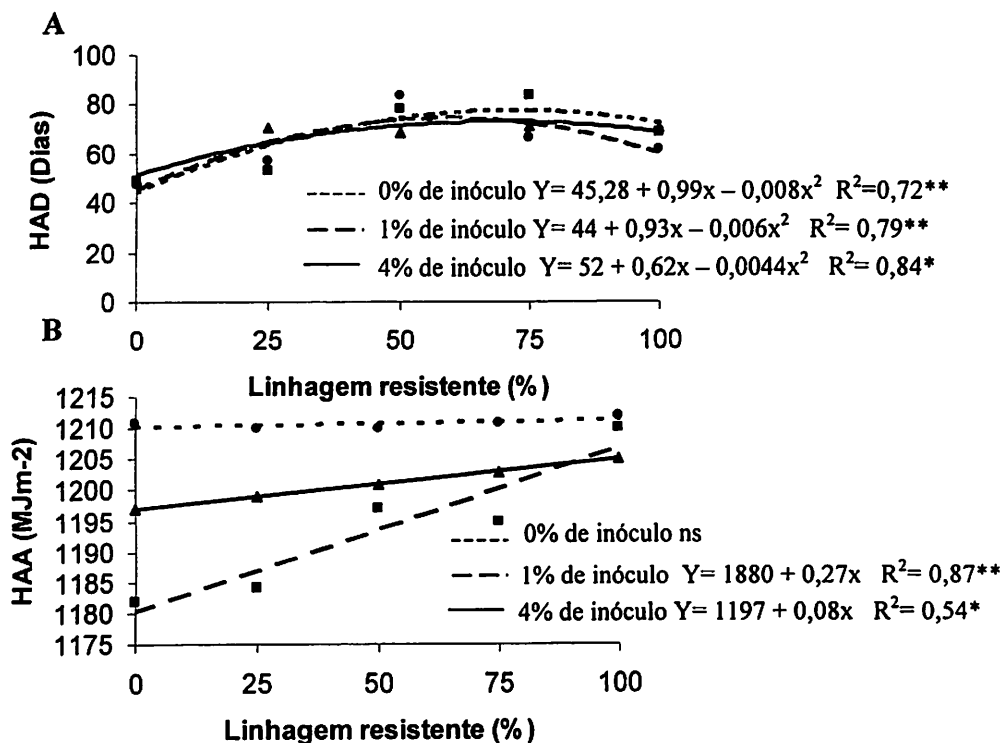


FIGURA 13 Duração da área foliar sadia -HAD (A) e absorção da área foliar sadia - HAA (B) nos diferentes níveis de inóculo em relação a porcentagem da linhagem resistente. ns= não significativo, *= significativo $p < 0,05$, **= significativo $p < 0,01$.

Para a HAD, a partir do desdobramento de níveis dentro de mistura não se observou diferença significativa quando foram utilizadas 100% da linhagem suscetível (Figura 13). Para essa época, severidade máxima de 3% foi observada. A baixa severidade não influenciou os valores da HAD.

Nas mistura com 25 e 75%, as maiores HADs foram obtidas nos níveis 4,0 e 1,0% de inóculo, respectivamente. Resta saber se a diferença foi devida ao tratamento ou pode ser atribuída a outras causas, tais como diferenças nas características culturais das duas linhagens (Figura 14).

A dificuldade na avaliação da área foliar da planta pode acarretar em erros, pois com o passar dos estádios da cultura ocorre a maior emissão de ramos e a avaliação torna-se difícil. Nesse sentido, pode ocorrer falta de precisão entre as avaliações. O uso de sensoriamento remoto com medidas de refletância já foi utilizado como alternativa à mensuração da área foliar com a régua e bons resultados foram obtidos (Canteri et al., 1998).

Para a antracnose do feijoeiro são comuns baixos valores de severidade. Nesse caso, os sintomas típicos são visíveis, principalmente nas nervuras das folhas (Tamayo, 1995).

Valores de HAD foram diferentes em dois experimentos conduzidos por Gianasi (1999); já em um terceiro experimento a HAD não permitiu detectar diferença entre os tratamentos de aplicação de fungicidas. O autor atribuiu a falta de diferença, nesse caso, à semelhança entre os valores de índice da área foliar sadia observados e à menor severidade da antracnose. Esse mesmo autor não detectou diferença estatística entre os tratamentos utilizando valores de HAA.

O uso da HAD e HAA para comparar tratamentos é pouco explorado. A maioria dos ensaios utilizam essas variáveis como uma nova abordagem para quantificar danos (Waggoner & Berger, 1997) e, por sua vez são relacionadas com variáveis ligadas à produção das plantas (Iamauti, 1995; Nunes &

Bergamin Filho, 1996; Bergamin Filho et al., 1997; Bassanezi, 1997; Canteri et al., 1998; Silva et al., 1998; Gianasi, 1999). Apesar dos bons resultados obtidos pelos autores anteriormente citados, no presente estudo não foram verificadas relações entre a produção e os valores da HAA e da HAD.

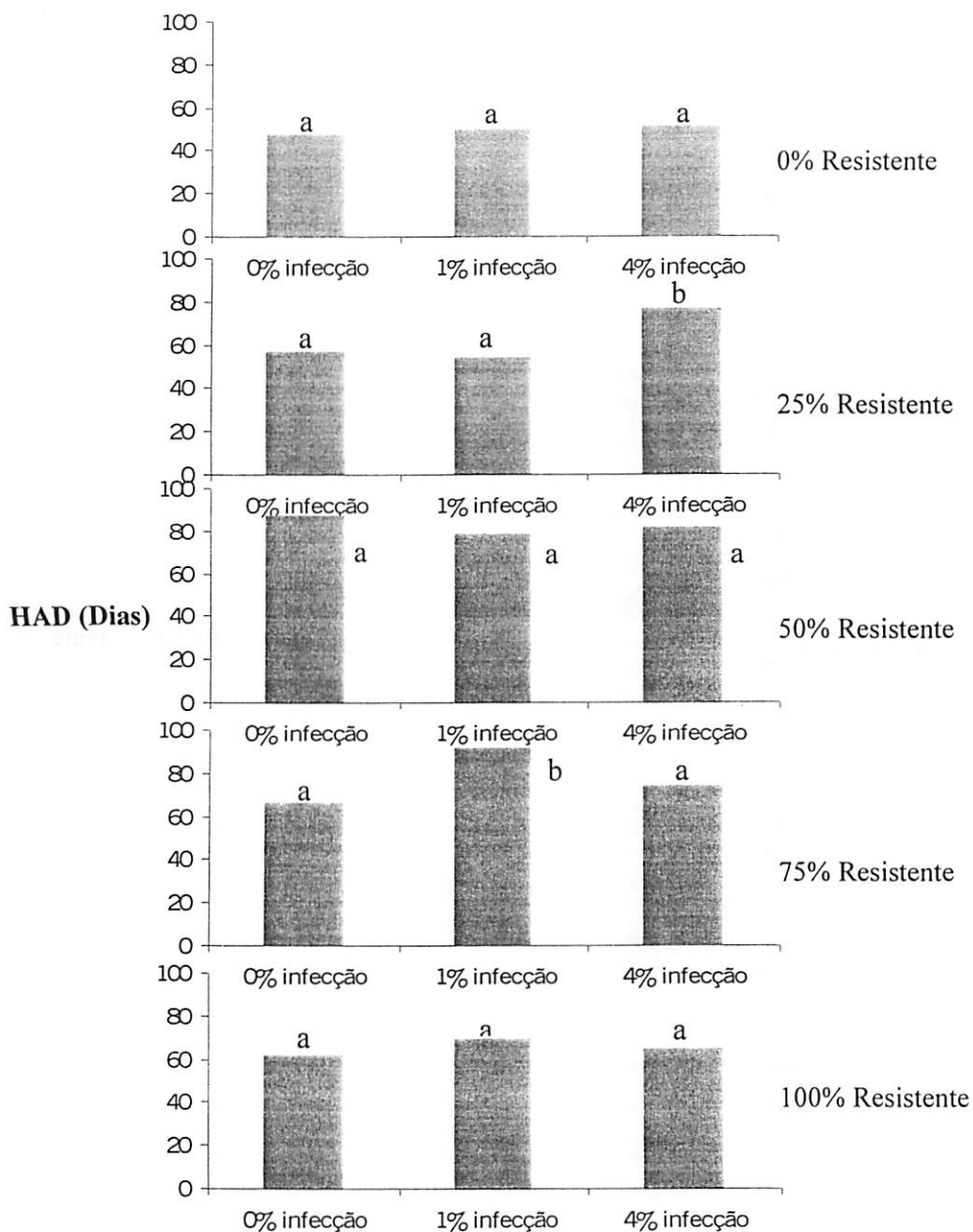


FIGURA 14 Duração da área foliar sadia para a severidade em diferentes níveis de infecção das sementes nas diferentes proporções da linhagem resistente. Barras seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-knott ($P < 0,001$).

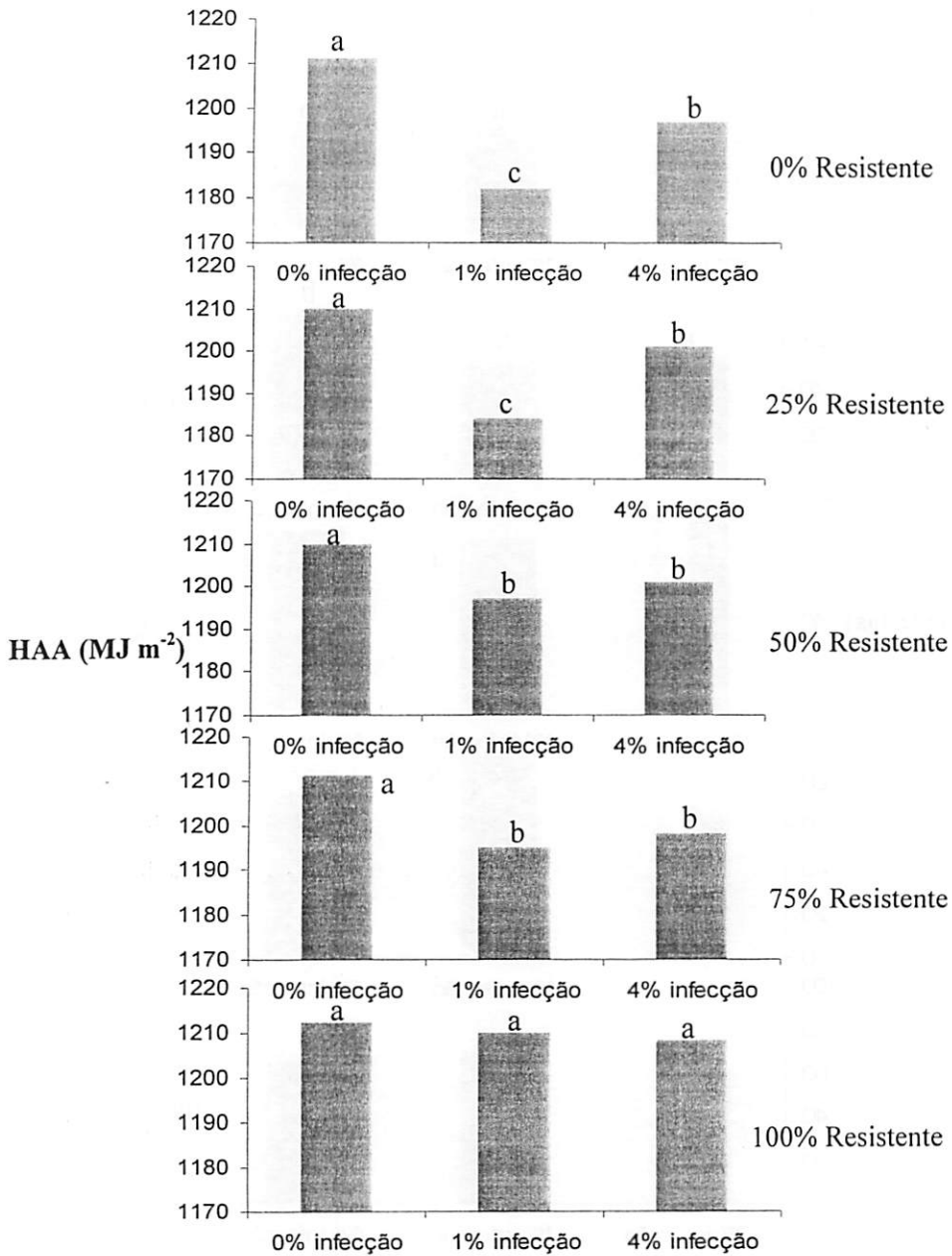


FIGURA 15 Absorção da área foliar sadia para a severidade em diferentes níveis de infecção das sementes nas diferentes proporções da linhagem resistente. Barras seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-knott ($P < 0,001$).

5.2.3 Eficiência da mistura em reduzir o progresso da antracnose

No plantio das águas observou-se maior eficiência na redução do progresso da antracnose nas folhas. As misturas são consideradas eficientes quando alcançam ou superam a linha diagonal traçada no gráfico (Figura 16). Com base na AACPI, misturas de linhagens com 25, 50, 75 e 100% da linhagem resistente resultaram em valores de eficiência de 22, 0, 44 e 100% no tratamento livre de inóculo, de 20, 62, 53 e 94% no nível 1% e de 52, 32, 56 e 85% no nível de inóculo de 4%. Para a severidade, a mesma tendência foi observada, porém com valores inferiores.

Nas parcelas livres de inóculo não se justifica o uso da mistura devido à menor intensidade da doença. A ocorrência de doença nesse caso se deve à interferência das parcelas vizinhas, pois a barreira não foi eficiente em conter a disseminação.

Quando se utilizou 1% de inóculo, a eficiência da mistura foi superior em relação ao experimento da seca. O uso de 25 e 50% de linhagens resistentes obteve a eficiência esperada. A partir daí, os valores mantiveram-se constantes e ficaram abaixo da linha diagonal. Nesse caso, o uso de 50% de linhagens resistentes já seriam suficientes para minimizar o progresso da antracnose levando em conta a eficiência da mistura.

No nível 4%, somente a mistura com 25 % da linhagem resistente foi eficiente em proporcionar menores valores da AACPI e AACPS. Já os resultados das outras misturas não foram promissores. Quando o nível de inóculo é zero, o uso da mistura não é necessário para controle da antracnose, e quando o nível é muito alto (4%), a eficiência da mistura foi reduzida.

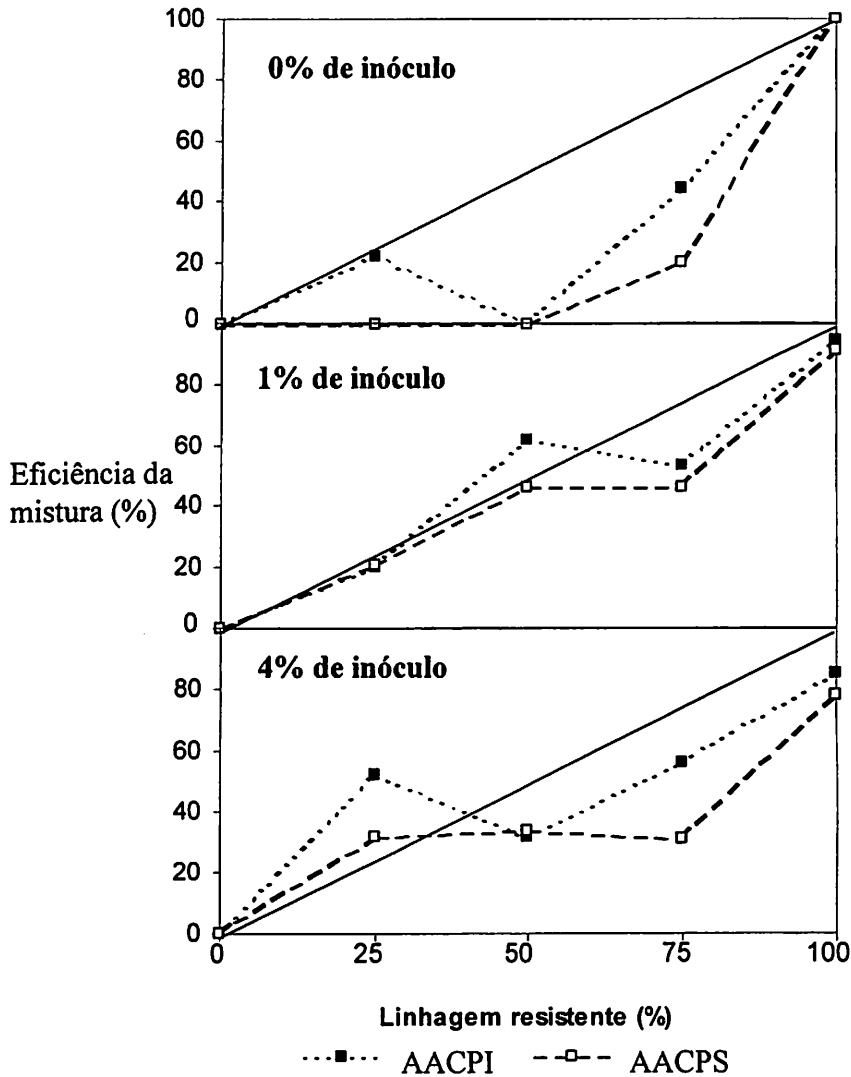


FIGURA 16 Eficiência da porcentagem da linhagem resistente CNFC 8014 em promover o controle da antracnose. AACPI e AACPS: área abaixo da curva de progresso da incidência e da severidade da antracnose, respectivamente. A linha sólida na diagonal indica o valor esperado se o efeito da mistura está em função da frequência de plantas resistentes na mistura.

A eficiência da mistura em restringir a epidemia, como foi observado no nível de inóculo de 1%, sustenta os resultados de pesquisas prévias, nas quais a mistura de cultivares proporcionou menor progresso de doenças (Browning & Frey, 1969; Pyndji & Trutmann, 1992; Wolfe, 2000; Mundt, 2002; Zhu et al., 2000). Com relação à mancha angular do feijoeiro, em alguns países da África a doença reduziu quando se utilizaram 25% de linhagens resistentes (Pyndji & Trutmann, 1992). Na China, a bruzone do arroz foi controlada por meio do plantio de várias cultivares com diferentes níveis de resistência, em um mesmo campo (Zhu et al., 2000).

5.2.4 Correlações entre intensidade da doença e variáveis ambientais

As correlações entre a intensidade da doença, e a temperatura máxima, a temperatura média, a temperatura mínima, a precipitação e a umidade relativa do ar não foram significativas. Apesar da alta precipitação, nessa época predominaram temperaturas em torno de 23 a 25°C, menos favoráveis ao progresso da doença (Figura 17).

Apesar da falta de correlação entre precipitação e doença, a diferença observada na AACPI e na AACPS nessa época pode ser devida à alta pluviosidade. A água é um importante agente de dispersão de esporos de fungos a curtas distâncias. A liberação por respingos é particularmente importante para esporos retidos em superfícies mucilaginosas, pois na presença de água ela é dissolvida, deixando livre a suspensão de esporos na superfície do hospedeiro. *C. lindemuthianum* produz seus conídios envoltos nesse tipo de substância mucilaginosa e tem nos respingos de chuva seu principal agente de liberação (Amorim, 1995).

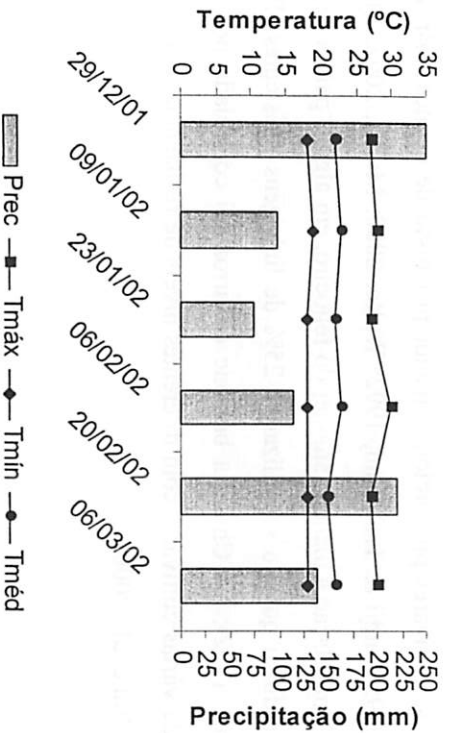


FIGURA 17 Variáveis ambientais obtidas para o plantio das águas (Prec: precipitação, Tmáx: temperatura máxima, Tméd: temperatura média, Tmín: temperatura mínima).

5.2.5 Incidência e severidade da antracnose nas vagens

Para a incidência foram observadas diferenças significativas entre os níveis de inóculo e entre as misturas de linhagens ($P < 0,001$), porém a interação não foi significativa. Maiores incidências da antracnose foram observadas nos níveis 1,0 e 4,0% de sementes infectadas (Figura 18).

Observou-se menor incidência nas parcelas de acordo com a ordem crescente da linhagem resistente na mistura (Figura 19).

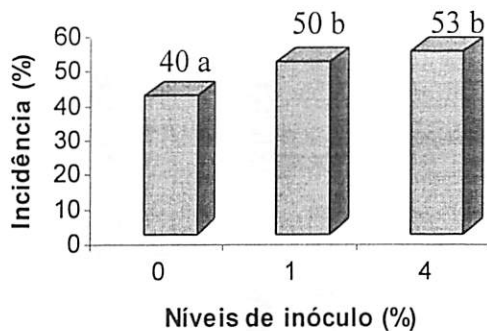


FIGURA 18 Incidência da antracnose nas vagens do feijoeiro no estágio R9 com relação aos diferentes níveis de inóculo. Barras seguidas pela mesma letra não diferem entre si (Scott-knott, $P < 0,001$)

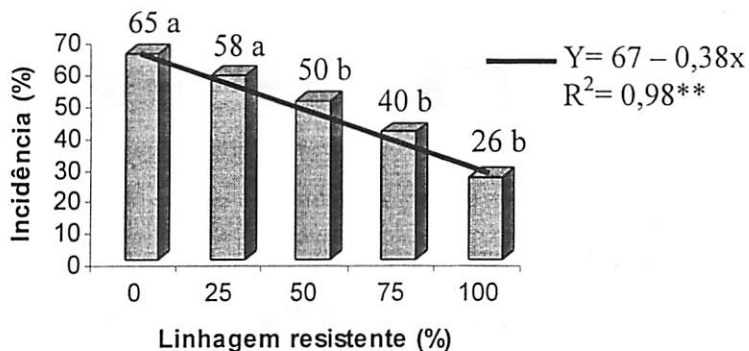


FIGURA 19 Incidência da antracnose nas vagens do feijoeiro no estágio R9 com relação ao aumento da linhagem resistente na mistura. Barras seguidas pela mesma letra não diferem entre si (Scott-knott, $P < 0,001$). — Regressão linear, Y: incidência da antracnose nas vagens, x: linhagem resistente (%) R^2 : coeficiente de determinação.

Para a severidade da antracnose, houve interação entre os níveis de inóculo e a mistura de linhagens resistentes ($P < 0,05$). Para melhor visualização, os níveis foram desdobrados nas diferentes misturas de linhagens (Figura 20).

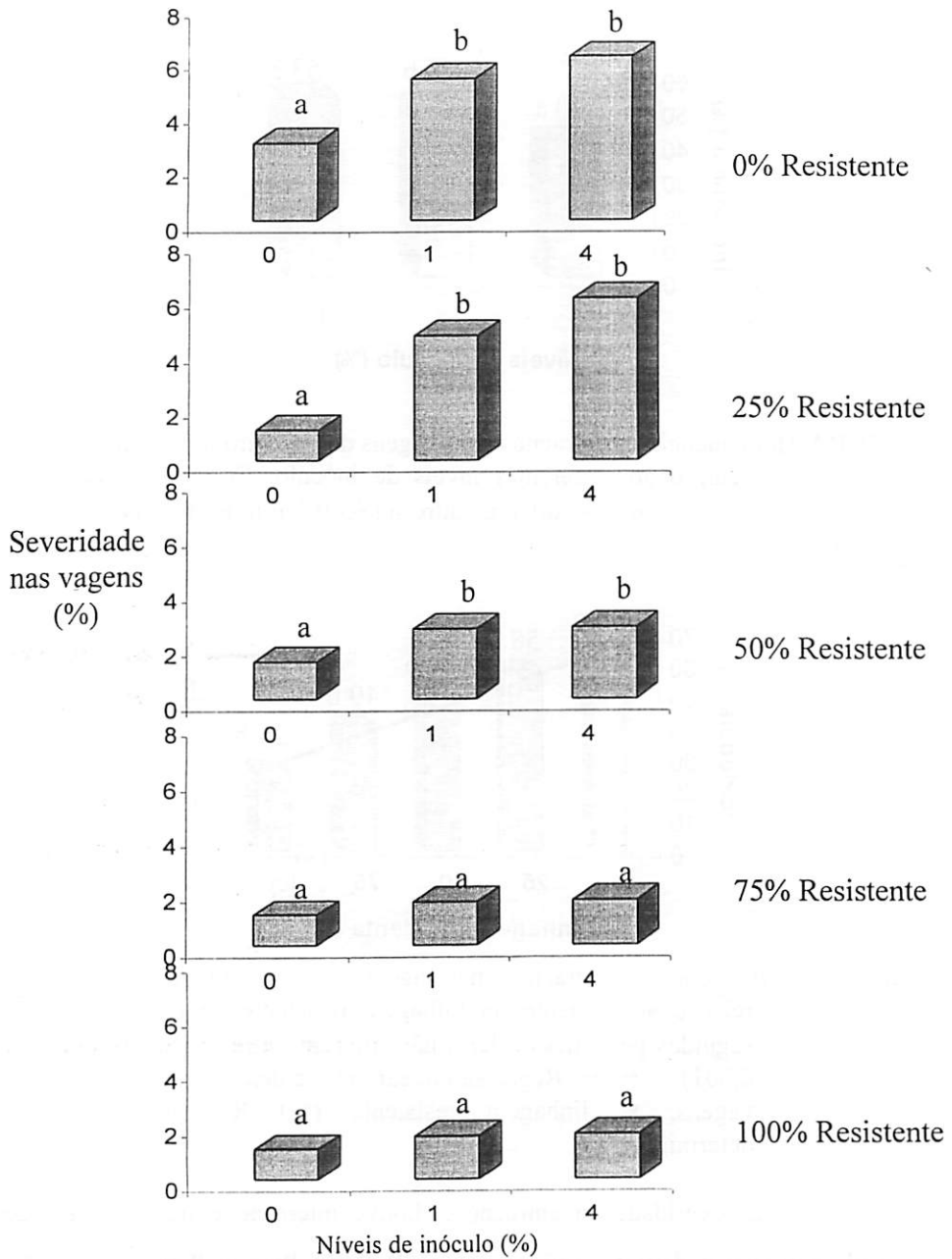


FIGURA 20 Severidade da antracnose em diferentes níveis inóculo nas diferentes proporções da linhagem resistente. Barras seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-knott ($P < 0,001$).

Nas misturas com 0, 25 e 50% as maiores severidades foram observadas nos níveis de 1,0 e 4,0%. Na mistura com 75 e 100% da linhagem resistente, não foram detectadas diferenças na severidade das vagens nos níveis de inóculo testados.

Na época das águas em Lavras, apesar das temperaturas elevadas (por volta de 23 a 25°C), ocorreram altas precipitações (Figura 17). O progresso da antracnose foi favorecido, predispondo à maior severidade nas vagens tanto no nível 1,0% quanto no nível 4,0%. Na época das chuvas, Araya Fernandes et al (1987) verificaram maior intensidade da antracnose nas folhas, e no final do mesmo ciclo, menor intensidade nas vagens. Os autores justificaram essa falta de relação por causa do crescimento mais vigoroso das plantas no plantio das águas, protegendo as vagens dos respingos de chuva e, conseqüentemente, dos conídios de *C. lindemuthianum*.

O desdobramento das misturas dentro dos níveis também foi realizado. Nas parcelas livres de sementes infectadas, a severidade da antracnose nas vagens foi a mesma, independente da mistura utilizada e a regressão linear não foi significativa. No nível de inóculo de 1,0% o uso de 100 e 75% da linhagem resistente apresentou menores severidades, seguido pelas misturas com 50 e 25% da linhagem resistente, e a maior severidade foi obtida nas parcelas com 100% de plantas suscetíveis. Observou-se redução na severidade da doença nas vagens, conforme aumento da linhagem resistente (Figura 21). Ntahimpera et al., (1996) também verificaram reduções na severidade da antracnose nas vagens em misturas com 25 e 50% de linhagens resistentes.

No nível de inóculo 4,0% , menores severidades foram verificadas com 75 e 100% da linhagem resistente. As misturas com 0, 25 e 50% de plantas resistentes apresentaram severidades maiores e iguais entre si. Nesse caso, provavelmente devido à maior pressão do inóculo, somente 75% de linhagens resistentes minimizaram o progresso da antracnose.

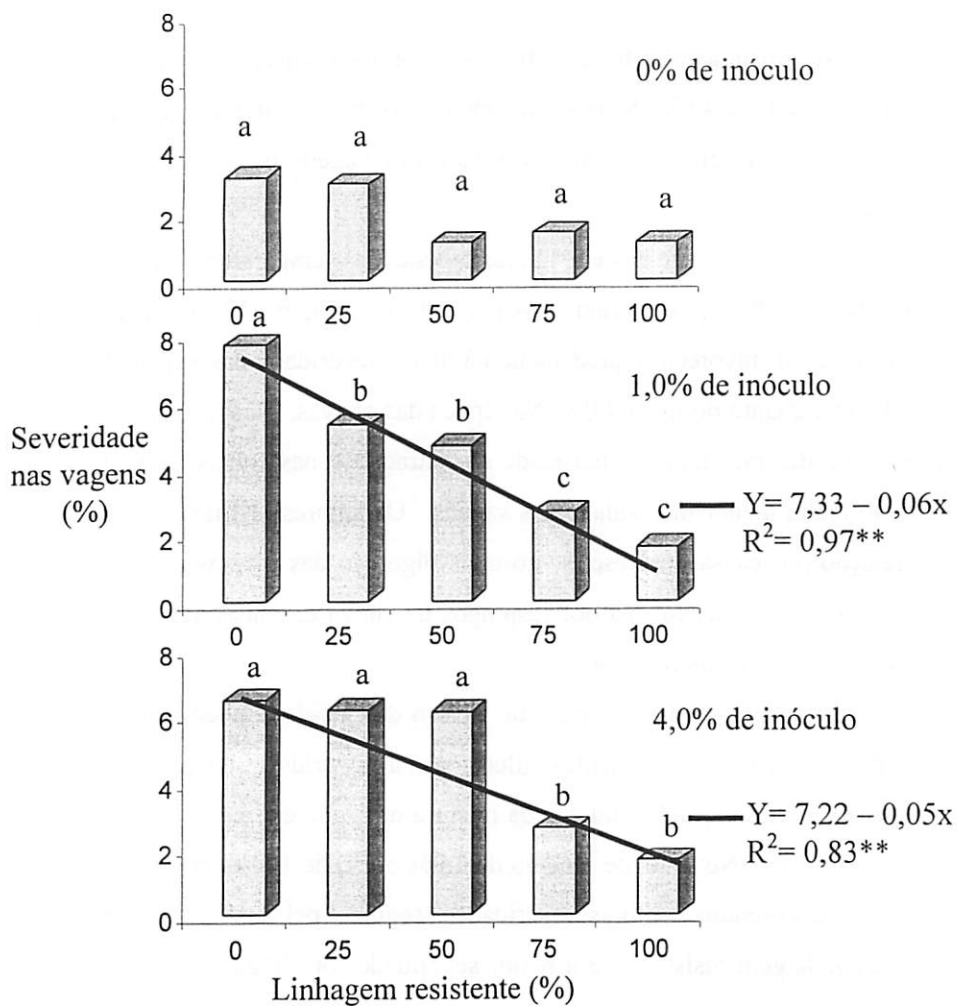


FIGURA 21 Severidade da antracose em diferentes misturas de linhagens nos diferentes níveis de inóculo. Barras seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-knott ($P < 0,001$). — Regressão linear Y : severidade da antracose nas vagens, x : linhagem resistente (%) R^2 : coeficiente de determinação.

5.2.6 Teste de transmissibilidade de *C. lindemuthianum* da planta para as sementes

Os resultados do teste de transmissibilidade da planta para as sementes não foram significativos para a época das águas, apesar da incidência e severidade da antracnose observadas nas plantas e nas vagens. Esse resultado foi semelhante àquele observado para a época da seca. Como já discutido anteriormente (item 3.1.6), vários fatores podem interferir na rota do patógeno da planta para as sementes e nem sempre relações entre severidade da antracnose nas plantas ou nas vagens relacionam-se com a presença de *C. lindemuthianum* nas sementes.

6 CONCLUSÕES

- 1- No plantio da seca, a área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) e da severidade (AACPS) da antracnose foram maiores nos níveis de inóculo de 1,0 e 4,0%. Nesse mesmo plantio, menores valores de HAD e HAA foram observados nos níveis de inóculo de 1,0 e 4,0%.
- 2- No plantio da seca, a AACPI diminuiu com aumento da linhagem resistente, já a AACPS não foi influenciada pela mistura de linhagens.
- 3- Coeficientes de correlação negativos e significativos foram observados entre a incidência e severidade da antracnose com as temperaturas máxima, média e mínima no plantio da seca. No plantio das águas, não se verificaram correlações significativas entre ambiente e intensidade da antracnose.
- 4- Em ambos os plantios a incidência e severidade da antracnose nas vagens foram maiores nos níveis de inóculo de 1,0 e 4,0. Também verificou-se redução na incidência e severidade da antracnose nas vagens conforme aumento da linhagem resistente. Não se observou relação entre a incidência e severidade da antracnose nas plantas e nas vagens com a transmissão para as sementes.
- 5- Maior eficiência da mistura de linhagens foi obtida no plantio das águas.
- 6- As variáveis AACPI, AACPS, HAD e HAA não se correlacionaram com a produção em ambas épocas de plantio.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, L. Disseminação. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 3.ed. São Paulo: Ceres, 1995. p. 268-294.

ARAUJO, E. et al. Correlação entre a severidade da antracnose em vagens de feijoeiro e a transmissão de *Colletotrichum lindemuthianum* pelas sementes. **Turrialba**, v.44, p.255-260, 1995.

ARAYA FERNANDEZ, C.M.; DHINGRA, O.D.; KUSHALAPPA, A.C. Influence of primary inoculum on bean anthracnose prevalence. **Seed Science & Technology**, v.15, p.45-54, 1987.

BASSANEZI, R.B. et al. Efeito da antracnose na eficiência fotossintética do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, p.520-524, 1997.

BERGAMIN FILHO, A. et al. Angular leaf spot of phaseolus beans: Relationships between disease, healthy leaf area, and yield. **Phytopathology**, v.87, p.506-515, 1997.

BIANCHINI, A.; MARINGONI, A.C.; CARNEIRO, S.M.T.P.G. Doenças do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: KIMATI, L. et al. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: CERES, 1997.v.2, p.376-399.

BROWNING, J.A.; FREY, K.J. Multiline cultivars as a means of disease control. **Annual Review Phytopathology**, v.7, p.355-382, 1969.

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

CANTERI, M.G. et al. Relações entre área foliar sadia, produtividade, refletância e severidade da mancha angular em feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v.23, p.498-501, 1998.

CARVALHO, J.C.B. et al. Desenvolvimento de metodologia de infecção de sementes de feijão por *Colletotrichum lindemuthianum* através do condicionamento osmótico. **Fitopatologia Brasileira**, v.23, p.132, 1998. Suplemento.

CHAKRABORTY, S. et al. Anthracnose development in pure and mixed stands of the pasture legume *Stylosanthes scabra*. *Phytopathology*, v.81, p.788-793, 1991.

CHAVES, G. Anthracnose. In: SCHWARTZ, H.F.; GALVES, G.E. (Ed.). **Bean production problems: disease, insect, soil and climatic of *Phaseolus vulgaris***. Cali, Colômbia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1980. p.37-54.

DHINGRA, O.D.; FERNADEZ, C.M.A.; KUSHALAPPA, A.C. Ausência de correlação entre a intensidade de mancha angular e a infecção de sementes por *Isariopsis griseola*. *Fitopatologia Brasileira*, v.11, p.95-101, 1986.

DHINGRA, O.D.; KUSHALAPPA, A.C. Ausência de correlação entre intensidade da mancha angular e a infecção de sementes por *Isariopsis griseola*. *Fitopatologia Brasileira*, v.5, p.149-152, 1980.

FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LOPEZ, M. **Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris*, L.)**. Cali, Colômbia: CIAT, 1986. 34p.

GIANASI, L. **Antracnose do feijoeiro: quantificação de danos e efeito do trifenil acetato de estanho no crescimento e no progresso da doença**. 1999. 120p. Tese (Doutorado em Fitopatologia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

GOMES, J.C.; PORTO, M.D.M. Avaliação da reação de 15 cultivares de feijão a *Colletotrichum lindemuthianum* sob condições de campo e transmissão do patógeno pelas sementes. *Fitopatologia Brasileira*, v.6, p.554, 1981. Suplemento.

IAMAUTI, M.T. **Avaliação de danos causados por *Uromyces appendiculatus* no feijoeiro**. 1995. 133p. Tese (Doutorado em Fitopatologia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

LANNOU, C.; VALLAVIEILLE-POPE, C.; GOYEAU, H. Host mixture efficacy in disease control: effects of lesion growth analyzed through computer-simulated epidemics. *Plant Pathology*, v.43, p. 651-662, 1994.

LASCA, C.C. et al. Estudos preliminares sobre a relação entre a ocorrência de antracnose em cultura de feijão e infecção de sementes por *Colletotrichum lindemuthianum*. *Fitopatologia Brasileira*, v.5, p.412, 1980. Suplemento.

MACHADO, J.C. Padrões de tolerância de patógenos associados à sementes. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v.2 , p.229-263, 1994.

MIGLIORANZA, E. **Modelo matemático-fisiológico para estimular o crescimento e a produtividade da cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1992. 184p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MUNDT, C.C. Use of multiline cultivars and cultivar mixtures for disease management. **Annual Review of Phytopathology**, v.40, p.381-410, 2002.

MUNDT, C.C. et al. Computerized simulation of crown rust epidemics in mixtures of immune and susceptible oat plants with different genotype unit areas and spatial distributions of initial disease. **Phytopathology**, v.76, p.590-598, 1986.

NTAHIMPERA, N. et al. Anthracnose development in mixtures of resistant and susceptible dry bean cultivars. **Phytopathology**, v.86, p.668-673, 1996.

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.

OLIVEIRA. S.M.A. **Transmissão de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.) Scribner por sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e seu controle através de tratamento químico e biológico**. 1991. 72p. Tese (Doutorado em Fitopatologia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

PEREIRA, J.M. et al. Influência de sementes infectadas por *Colletotrichum lindemuthianum* na incidência da antracnose e na produtividade do feijoeiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Resumos Expandidos...** Viçosa, MG: UFV, 2002.p.153-155.

PINDJI, M.M.; TRUTMANN, P. Managing angular leaf spot on common bean in Africa by supplementing farmer mixtures with resistant varieties. **Plant Disease**, v.76, p.1144-1147, 1992.

SILVA, M.B. et al. Relação entre severidade de doença, área foliar sadia, absorção da área foliar sadia e produção na cultura do feijoeiro. **Summa Phytopathologica**, v.24, p.226-231, 1998.

TAMAYO, P.J. Manejo y control de las enfermedades del frijol voluble. Rio Negro: Piloto, 1995. 40p.

VALARINI, P.J.; GALVÃO, J.A.H.; OLIVEIRA, D.A. *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*: importância do inóculo da semente na epidemiologia do crestamento bacteriano comum do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v.21, p.261-267, 1996.

VECHIATO, M.H.; KOHARA, E.Y.; MENTEN, J.O.M. Transmissão de *Colletotrichum lindemuthianum* em semente de feijoeiro comum. **Summa Phytopathologica**, v.23, p.265-268, 1997.

WAGGONER, P.E.; BERGER, R.D. Defoliation, disease and growth. **Phytopathology**, v.79, p.393-398, 1987.

WOLFE, M.S. Crop strength through diversity. **Nature**, v.406, p.681-682, 2000.

WOLFE, M.S. The current status and prospects of multiline cultivars and variety mixtures for disease resistance. **Annual Review Phytopathology**, v.23, p.251-273, 1985.

ZHU, Y. et al. Genetic diversity and disease control in rice. **Nature**, v.406, p.718-722, 2000.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Determinar padrões de tolerância para patógenos em sementes requer estudos epidemiológicos em busca de conhecimento do patógeno e da epidemia resultante da associação deste com seu hospedeiro em diferentes condições de ambiente.

A partir dos experimentos conduzidos nesse estudo, verificou-se que o uso de sementes livres de *Colletotrichum lindemuthianum* ou dentro de um padrão aceitável poderá ser uma das ferramentas para reduzir a intensidade da antracnose nas regiões produtoras de feijão do Sul de Minas, com mesmo ambiente, principalmente no cultivo da seca. Lotes de sementes rejeitados para esse cultivo poderiam ser aproveitados no cultivo das águas devido à menor intensidade da doença.

É importante salientar a validade desses estudos somente para Lavras. Extrapolar esses resultados para outras regiões, como Zona da Mata ou Triângulo Mineiro, entre outras, não seria uma atitude correta. Estudos semelhantes aos aqui conduzidos são essenciais para o conhecer o progresso da antracnose nesses locais e em outros estados do Brasil, onde o cultivo do feijoeiro é importante.

Devido às condições ambientais variáveis entre regiões, e até mesmo entre épocas, e a interferência diferenciada do homem, mais estudos serão necessários para estabelecer padrões de tolerância confiáveis para *C. lindemuthianum* tanto no âmbito regional quanto Nacional.

Aspectos relacionados a misturas de linhagens também foram abordados e resultados promissores foram obtidos. O uso de sementes livres de patógenos ou de mistura de linhagens não devem ser utilizados como únicas estratégias para controlar doenças. Essas medidas devem ser integradas com outras técnicas para o controle de doenças de plantas. Com isso, espera-se reduzir o uso de

produtos químicos, diminuindo o impacto ambiental decorrente de seu uso excessivo.

Nesse estudo abordou-se apenas o patossistema *C. lindemuthianum* x feijoeiro; porém vários outros patógenos são transmitidos por sementes e esforços no sentido de compreender melhor os aspectos dessas associações serão essenciais para o adequar o manejo das doenças de plantas. Métodos adequados de mensuração da intensidade da doença e da área foliar das plantas doentes também devem ser utilizados na quantificação dos danos resultantes dessas associações.

Mais pesquisas se fazem necessárias no intuito de entender entendimento as doenças associadas as várias espécies de patógenos transmitidas por sementes. Dependendo do ambiente e do hospedeiro a epidemia poderá ser restrita ou nem ocorrer, mas, por outro lado, podem atingir elevadas taxas de progresso e resultar em danos às culturas.