

**ALTERNATIVAS PARA AVALIAÇÃO DE
SEVERIDADE DA MANCHA-ANGULAR NO
FEIJOEIRO COMUM**

RAFAEL AUGUSTO DA COSTA PARRELLA

2008

RAFAEL AUGUSTO DA COSTA PARRELLA

**ALTERNATIVAS PARA AVALIAÇÃO DE SEVERIDADE DA
MANCHA-ANGULAR NO FEIJOEIRO COMUM**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de “Doutor”.

Orientador

Prof. Dr. João Bosco dos Santos

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2008

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

Parrella, Rafael Augusto da Costa.

Alternativas para avaliação de severidade da mancha-angular no feijoeiro comum / Rafael Augusto da Costa Parrella. -- Lavras : UFLA, 2008.

90 p. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2008.

Orientador: João Bosco dos Santos.

Bibliografia.

1. Feijão. 2. *Pseudocercospora griseola*. 3. Porcentagem de área sadia e doente da folha. 4. Escala Diagramática I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD - 635.652944

RAFAEL AUGUSTO DA COSTA PARRELLA

**ALTERNATIVAS PARA AVALIAÇÃO DE SEVERIDADE DA
MANCHA-ANGULAR NO FEIJOEIRO COMUM**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 22 fevereiro de 2008.

Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu	EMBRAPA
Prof. Dr. Daniel Furtado Ferreira	UFLA
Prof. Dr. Edson Ampélio Pozza	UFLA
Prof. Dr. José Eustáquio de Souza Carneiro	UFV

Prof. Dr. João Bosco dos Santos
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

*Ao meu amor, Nádia, companheira fiel em todos os momentos. Te amo!
E também ao meu querido filho, Arthur Augusto,*

DEDICO

*A minha querida mãe, Graça Parrella e ao meu pai, Gerardo Parrella.
A meus irmãos, Fabiano, Daniel e Luciano,*

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me concedido saúde para concluir este trabalho.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela oportunidade concedida

À Fapemig, pela bolsa de estudos.

Ao professor Dr. João Bosco dos Santos, orientador, pelos ensinamentos, disponibilidade, dedicação e amizade.

Ao professor Dr. Daniel Furtado Ferreira, pela efetiva colaboração nas análises estatísticas, disponibilidade para participação na banca examinadora deste trabalho e pela amizade.

Aos pesquisadores Dr. Edson Ampélio Pozza, Dra. Ângela Barbosa de Fátima Abreu e Dr. José Eustáquio de Souza Carneiro, pela disponibilidade para participar na banca examinadora deste trabalho e pelas valiosas sugestões para a melhoria deste.

Aos demais professores do curso de Genética e Melhoramento de Plantas da UFLA, pela convivência e amizade.

A minha esposa, Nádia, que sempre esteve ao meu lado nos momentos mais difíceis, pelo amor e carinho dedicados. Te Amo, Minha Vida.

Aos meus pais, Gerardo e Graça, pela educação, carinho e incentivo na minha profissão.

Aos meus irmãos, Fabiano, Daniel e Luciano, pela força e amizade.

A Sebastião, Luzinete e Dona Erestina, pela amizade e carinho.

Aos colegas do feijão e do milho, pela ajuda na condução dos experimentos e pela amizade.

Aos colegas da pós-graduação e, em especial, Admilson, Osnil, Diego, Diogo, Kaesel e Elisa, pelo convívio e amizade.

Aos funcionários do Departamento de Biologia: Lamartine, Irondina, Elaine, Rafaela, Zélia, Léo e Lindolfo, pelo companheirismo e atenção.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	iii
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	03
2.1 Mancha angular do feijoeiro.....	03
2.2 Variabilidade patogênica de <i>Pseudocercospora griseola</i>	06
2.3 Controle genético da resistência à <i>Pseudocercospora griseola</i>	09
2.4 Quantificação de danos causados por doenças em plantas.....	12
2.4.1 Procedimentos para quantificação de doenças em plantas.....	13
2.4.2 Chaves descritivas.....	16
2.4.3 Escalas diagramáticas.....	18
2.4.4 Área abaixo da curva de progresso da doença.....	19
2.4.6 Uso da produção para avaliar a resistência.....	20
2.5 Nova abordagem para quantificação de dano em plantas.....	20
2.5.1 Avaliação por Imagem.....	23
2.5.1.1 Dimensionamento de tamanho ótimo de parcela.....	25
2.5.2 Sensoriamento remoto.....	28
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.1 Local.....	30
3.2 Material experimental.....	30
3.3 Condução dos experimentos e delineamento experimental.....	31
3.4 Características avaliadas.....	31
3.4.1 Porcentagem de área sadia e doente da folha.....	31
3.4.1.1 Estimativa do número ideal de folíolos para amostragem.....	32

3.4.2 Porcentagem de área sadia e doente da vagem.....	33
3.4.3 Severidade da mancha angular.....	33
3.4.4 Área abaixo da curva de progresso da doença.....	33
3.4.5 Produção de grãos.....	34
3.5 Análises estatísticas.....	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
4.1 Porcentagem de área sadia e doente da folha.....	43
4.1.1 Estimativa do número ideal de folíolos por amostra.....	51
4.2 Reação das linhagens à <i>Pseudocercospora griseola</i> avaliada por meio da escala diagramática.....	54
4.3 Área abaixo da curva do progresso da doença.....	59
4.4 Produção de grãos.....	62
5 CONCLUSÕES.....	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
ANEXOS.....	83

RESUMO

PARRELLA, Rafael Augusto da Costa. **Alternativas para avaliação da severidade da mancha-angular no feijoeiro comum.** 2008. 90 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. *

A expansão da cultura do feijão contribuiu decisivamente para o aumento da sua produção e da produtividade. Contudo, a semeadura durante todo o ano tem proporcionado o aparecimento de alguns problemas, entre eles o aumento de determinadas doenças, especialmente a mancha-angular, causada pelo fungo *Pseudocercospora griseola*. A adoção de cultivares resistentes é considerada a alternativa mais viável e, nos programas de melhoramento para a seleção de genótipos resistentes, a principal forma de avaliação de severidade da mancha-angular é por meio de uma escala diagramática, com notas variando de 1 a 9, feita visualmente. Este tipo de avaliação é subjetiva, dependente dos critérios e da experiência do avaliador. Muitas vezes, a avaliação por nota apresenta baixa correlação com a produtividade de grãos, o que dificulta a obtenção de cultivares resistentes e produtivas. Portanto, é importante identificar novas características que quantifiquem o dano com maior precisão e que estejam associadas com a produtividade de grãos. Com a realização deste trabalho, objetivou-se: comparar avaliações de severidade da mancha-angular em linhagens de feijão utilizando porcentagem de área sadia e doente da folha, com avaliações feitas com escala diagramática; identificar o número mínimo ideal de folíolos coletados para obter as estimativas de porcentagem de área sadia e doente da folha; verificar a melhor posição na planta para coleta de folíolos; Comparar avaliações feitas em área útil e em bordadura. Para isso, foram avaliadas 12 linhagens de feijão, durante a safra da seca de 2006 e das águas 2006/2007, na área experimental do Departamento de Biologia da UFLA, em Lavras, MG. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com três repetições e parcela com quatro linhas de quatro metros de comprimento, espaçadas de 0,5 m e densidade de 15 sementes por metro linear. Foram conduzidos dois experimentos contíguos em cada safra, sendo um sem controle químico do patógeno e o outro com controle químico preventivo. As características avaliadas foram: porcentagem de área sadia e doente da folha e vagem, severidade da mancha-angular por meio de uma escala diagramática, com notas variando de 1 a 9, em três épocas, área abaixo da curva de progresso da doença e produtividade de grãos. As avaliações da porcentagem de área sadia e doente da folha e vagem e produção de grãos foram feitas em área útil e

* Orientador: João Bosco dos Santos – UFLA.

bordadura. Constatou-se diferença significativa entre as linhagens, para todos os caracteres avaliados. Todas as avaliações foram idênticas em área útil ou bordadura, não justificando o uso da mesma. Houve concordância entre as avaliações feitas por área sadia e doente da folha e da vagem, e as feitas por diagrama de notas. Para este trabalho, o número mínimo ótimo de folíolos para serem coletados foi entre trinta. Com relação às posições de avaliação na planta, houve melhor discriminação das linhagens e maior concordância, quando as avaliações foram feitas na parte alta das plantas. As avaliações feitas por área sadia e doente da folha foram correlacionadas significativamente com a produtividade de grãos. Contudo, a maior facilidade e a flexibilidade no uso das escalas diagramáticas fazem com que ela seja a metodologia mais adequada para a avaliação de *P. griseola* em feijão.

ABSTRACT

PARRELLA, Rafael Augusto da Costa. **Alternatives for evaluation of angular leaf spot severity in the common bean.** 2008. 90 p. Thesis (Doctorate in Genetics and Plant Breeding) – Federal University of Lavras, Lavras.*

The expansion of the common bean crop all over the years contributed not only to increase grain production, but also generates some problems like increasing some diseases. Among them the angular leaf spot caused by *Pseudocercospora griseola* is one which became most important. The use of resistant cultivars is the best way to control the disease. In breeding programs the most used method for evaluating its severity is the diagrammatic scale with grades from 1 to 9 attributed visually. However, the severity evaluated in this way usually does not correlate with grain yield, and the selection of more productive and resistant cultivars becomes more difficult. The objectives of this research were to compare procedures to evaluate angular leaf spot severity, in common bean lines using percentage of diseased and health leaf area, identify the least number of leaflets to obtain estimates of percentage of diseased health areas, verify the best plant position to collect the leaflets, and compare evaluations made in the useful area of plots and in the borders. Twelve common bean lines with different resistance levels were evaluated in two main growing seasons, the dry season of 2006 and in summer of 2006/2007. A randomized complete block design with three replications was used, four 4m-line plots, spaced by 0,5m, and with 15 seeds per linear meter. Two similar experiments were set up side by side each season, with or without chemical control of the disease. Disease severity was evaluated by the percentage of health and diseased area of the leaves and pods, using the diagrammatic scale in three times, the area under the disease progress curve, and grain yield. The percentage of health and diseased area of leaves and pods, and the grain yield were measured in the border and in the central area of the plot. Lines were different based on all traits; however there were no difference between border and central area of the plot, not justifying using border in each plot. Severity evaluation using health and diseased area of leaves and pods were similar to those evaluated by the diagrammatic scale. Lines were better discriminated when evaluation was in the upper plant parts. The health and diseased area of leaves correlated with grain yield. However, the easy of the diagrammatic scale for evaluating the disease in

* Adviser: João Bosco dos Santos – UFLA.

the breeding programs make it the most adequate for measuring the severity of *P griseola* in common bean.

1 INTRODUÇÃO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos mais importantes constituintes da dieta do brasileiro, principalmente devido às suas qualidades nutricionais (Borém & Carneiro, 2006). Até recentemente, o feijão era cultivado, principalmente, por agricultores de subsistência, nas safras das “águas” (semeadura em outubro) e da “seca” (semeadura em fevereiro), com o emprego de pouca ou nenhuma tecnologia. Porém, com a expansão da cultura irrigada, o feijão passou a ser cultivado também em caráter empresarial, utilizando toda a tecnologia disponível, principalmente na época de semeadura denominada de outono-inverno, com semeadura se estendendo de maio a julho, dependendo da região e sempre sob irrigação.

A expansão da cultura contribuiu decisivamente para o aumento da produção e da produtividade, contudo, a semeadura contínua proporcionou o aparecimento de alguns problemas. Entre eles, acentuou a importância de determinadas doenças, especialmente a mancha-angular, causada pelo fungo *Pseudocercospora griseola* (Sacc.) Crous & U. Braun. Essa doença ocorre em praticamente todo o país, durante todo o ano, mas, principalmente, sob condições de temperatura amenas, em cultivo irrigado e, sob condições favoráveis, provoca perdas expressivas (Ramalho et al., 2007; Sartorato & Rava, 1992).

Nos últimos anos, a mancha-angular tem atraído a atenção devido a surtos mais precoces e intensos, que resultam em grandes perdas na produção. Ela é particularmente importante em regiões onde temperaturas moderadas são acompanhadas por períodos de alta umidade, intercalados com baixa temperatura e presença de inóculo durante o ciclo cultural. Essas condições são

encontradas, principalmente, na safra da seca em grande parte da região centro-sul do Brasil, que é tradicional produtora de feijão.

As principais medidas de controle dessa doença são uso de sementes saudas, eliminação dos restos culturais infestados por meio da queimada ou da incorporação profunda, rotação de cultura, aplicações de fungicidas foliares e plantio de cultivares resistentes (Vale & Zambolim, 1997; Sartorato, 2002).

Nos programas de melhoramento, para a seleção de genótipos resistentes, a principal forma de avaliação de severidade da mancha-angular é por meio de uma escala diagramática, com notas variando de 1 a 9, feita visualmente. Este tipo de avaliação é subjetivo, dependente dos critérios e da experiência do avaliador. Muitas vezes, a avaliação por nota apresenta baixa correlação com a produtividade de grãos (Couto, 2005; Silva, 2005; Pereira, 2003; Jesus Júnior et al., 2002 e Bergammin Filho et al., 1995), o que dificulta a obtenção de cultivares resistentes e produtivas. Portanto, é importante identificar novas características que quantifiquem o dano com maior precisão e que estejam associadas com a produtividade de grãos.

Do exposto, os objetivos deste trabalho foram: comparar avaliações de severidade da mancha-angular em linhagens de feijão utilizando as áreas sadia e doente da folha com avaliações feitas com escala diagramática; Identificar o número mínimo ideal de folíolos coletados para obter as estimativas de porcentagem de área sadia e doente da folha; Verificar a melhor posição na planta para a coleta de folíolos; Comparar avaliações feitas em área útil e bordadura.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Mancha-angular do feijoeiro

O fungo *Pseudocercospora griseola* (Sacc.) Crous & U. Braun é o agente causal da mancha-angular do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). Este fungo pode ser encontrado em mais de 78 países produtores de feijão, em todo o mundo (Liebenberg & Pretorius, 1997), incluindo África (Allen, 1995), América, Europa, Ásia e Austrália ou Oceania (Anonymous 1986a; Cardona-Alvarez, 1956; Zaumeyer & Thomas, 1957). Dependendo da suscetibilidade das cultivares, da patogenicidade das raças predominantes e das condições ambientais favoráveis, as perdas na produtividade podem atingir mais de 80%. Na Índia, foram detectadas perdas em produtividade maiores que 50% (Singh & Sharma, 1976), 80% na Colômbia (Schwartz et al., 1981), 82% na Costa Rica (Wang et al., 1985) e de 50% a 70% no Brasil (Mora, 1983; Rava et al., 1985; Sartorato & Rava, 1992). Perdas devido à baixa qualidade de sementes (sementes secas e murchas) podem ser consideráveis.

Primeiramente, esse fungo foi descrito como *Isariopsis griseola*, por Saccardo, em 1878 (Nietsche, 1997). É um fungo imperfeito, que pertence à classe dos Deuteromicetos (Mitospóricos), ordem Moniliales, família Stilbaceae. Ferraris, em 1909, mostrou que o gênero *Isariopsis* Fr. Sacc. é idêntico ao gênero *Phaeoisariopsis* Nob. e renomeou o fungo como *Phaeoisariopsis griseola* (Stenglein et al., 2003). Este foi reconhecido por Ellis (1971) e o Instituto Internacional de Micologia (IMI) (Anonymous, 1986b). O nome *P. griseola* não foi inicialmente aceito (Hocking, 1967; Andersen, 1985) e, até meados da década de 1980, o patógeno ainda era denominado, por alguns pesquisadores, de *Isariopsis griseola* (Liebenberg & Pretorius., 1997).

Recentemente, Crous et al. (2006), analisando a seqüência do DNA que codifica para a subunidade menor do ribossomo, revelaram que não é possível distinguir *Phaeoisariopsis* de outros dois gêneros de hifomicetos anamórficos de *Mycosphaerella*: *Pseudocercospora* e *Stigmina*. Apesar de *Phaeoisariopsis* ser um nome que antecede *Pseudocercospora*, *Phaeoisariopsis* fora reduzido à espécie tipo, com a maioria das outras espécies transferidas para *Passalora* ou *Pseudocercospora*, reforçando ainda mais a conservação do nome *Pseudocercospora*. Uma nova combinação é então proposta no gênero *Pseudocercospora*, nome que deve ser conservado em detrimento de *Phaeoisariopsis* e *Stigmina* (Braun & Crous, 2006). *Pseudocercospora griseola* (Sacc.) Crous & U. Braun passou a ser o novo nome conferido ao agente etiológico da mancha-angular do feijoeiro.

Esta espécie é subdividida em dois grupos distintos: *P. griseola* formae *griseola*, que coevoluiu com genótipos de feijoeiro de origem andina e *P. griseola* formae *mesoamericana*, que coevoluiu com genótipos de feijoeiro de origem mesoamericana. Esses dois grupos são definidos com base na gama de hospedeiros, morfologia, características culturais e nas análises das seqüências da região ITS e dos genes que codificam para calmodulina e actina (Crous et al., 2006).

Sob condições de campo, o patógeno produz, na face inferior da folha, sinêmios ou corêmios, compostos de 8 a 40 conidióforos, os quais crescem formando tufos. Na parte superior dos conidióforos, os esporos do fungo formam os conidiósporos ou conídios. A esporulação do patógeno é favorecida em temperaturas entre 16° e 26°C (Coelho et al., 2003; Bianchini et al., 1997; Hall, 1991). A doença é favorecida por ambiente seco-úmido intermitente e temperaturas ao redor de 24°C (Coelho et al., 2003; Bianchini et al., 1997). Estas condições favoráveis são encontradas, na safra das águas e na safra da seca, na

região centro-sul do Brasil. Os principais agentes de disseminação são chuvas, ventos, sementes e partículas de solo contaminadas.

Os conídios de *P. griseola* germinam sobre a superfície das folhas sob condições de alta umidade e, três dias após a inoculação, as hifas penetram pelos estômatos, crescendo entre as células. De três a sete dias após a inoculação, as membranas das células infectadas se desintegram, o citoplasma celular se desorganiza e as células são destruídas com a proliferação do fungo. Assim, o patógeno coloniza extensivamente os tecidos, causando as lesões necróticas e a posterior esporulação (Monda et al., 2001).

Os sintomas no campo podem ser observados nas folhas primárias e, principalmente, logo após o florescimento ou quando as plantas atingem a maturidade. Os danos à cultura são resultantes da desfolha precoce ocasionada pela doença. Os principais sintomas da doença são as lesões em folhas, caules, ramos, pecíolos e vagens. As lesões nas folhas podem ser visualizadas a partir dos 8 a 12 dias após a infecção. Elas formam manchas inicialmente irregulares, cinzas ou marrons e, cerca de nove dias após a infecção, inicia-se o processo necrótico. Assim, as lesões delimitadas pelas nervuras assumem formato angular e, quando atingem um grande número, coalescem, causando o amarelecimento e o desfolhamento prematuro da planta. As lesões nas vagens são, a princípio, superficiais, de coloração castanho-avermelhada, quase circulares e com bordas escuras. Têm tamanho variável e, quando numerosas, coalescem, cobrindo toda a largura da vagem. As lesões nos caules, ramos e pecíolos são alongadas e de coloração castanho-escura (Sartorato, 1989; Nietzsche, 2000).

O fungo *P. griseola* apresenta vários hospedeiros e é muito comum em *P. vulgaris*, tanto em formas cultivadas quanto em silvestres. A doença pode ser observada também em *Phaseolus lunatus* L. (Campos-Avila & Fucikovsky, 1981). Cordona-Avarez & Walker (1956) identificaram este fungo na cultura da soja (*Glycine Max*) e Dias et al. (1965) detectaram níveis de baixos a moderados

de infecção em folhas de caupi (*Vigna unguiculata*). Existem também relatos de lesões provocadas por *P. griseola* em *Phaseolusa acutifolius*, *Phaseolus angularis*, *Phaseolus calcaratus* e *Phaseolus coccineus* (Campos-Ávila & Fucikovsky, 1980).

Outras espécies podem ser úteis como fontes de resistência em programas de melhoramento para a introdução de genes. Hospedeiros alternativos associados a restos culturais são importantes fontes de inóculo, que podem conduzir a implicações epidemiológicas (Sengooba & Mukiibi, 1986). Na ausência de hospedeiro vivo, o patógeno sobrevive sobre restos culturais, sob condições de campo, por tempo superior a 19 meses. O fungo sobrevive sobre a semente por nove a doze meses (Liebenberg & Pretorius, 1997).

2.2 Variabilidade patogênica de *Pseudocercospora griseola*

A variabilidade patogênica de *P. griseola* é ampla, representada por um elevado número de patótipos. Ao estudar a resistência de cultivares de feijão ('Brown Beauty', 'Stringless Black Calentine', 'Pinto' e 'Red Mexican') à mancha-angular, Brock (1951) verificou que treze isolados australianos apresentaram diferentes padrões de virulência. Em outro trabalho realizado com 14 cultivares diferenciadoras de feijão e 30 linhagens do patógeno, foi possível agrupar 13 patótipos distintos (Marin-Villegas, 1959). Posteriormente, vários pesquisadores relataram a existência de elevada variabilidade (Alvarez-Ayala & Schwartz, 1979; Correa-Victoria, 1987; Sartorato & Rava, 1984; Sartorato et al., 1991 e Wagara et al., 1995).

Em uma reunião ocorrida no Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), em Cali, Colômbia, no ano de 1995, denominada de "I Taller International sobre la Mancha Angular Del Frijol Comum" foi padronizado o método de determinação da variabilidade de *P. griseola*. Isso possibilitou a comparação de resultados de avaliação de cultivares de diferentes regiões,

facilitando o intercâmbio de fontes de resistência e a verificação da real dinâmica do patógeno. A partir desta reunião, ficou estabelecido um conjunto de doze cultivares diferenciadoras (d_i), das quais seis são de origem andina e seis de origem mesoamericana. Estas cultivares foram selecionadas após testes preliminares realizados no CIAT (Pastor-Corrales & Jara, 1995). Para a denominação do patótipo, foi proposta a utilização do método de Habgood (1970), que consiste no uso dos dois grupos de cultivares diferenciadoras em ordem pré-estabelecida para cada grupo, em que a primeira cultivar recebe o número zero e as demais são ordenadas de forma crescente. O nome da raça é formado por dois números, cada um determinado pela expressão $\Sigma 2^{(d_i-1)}$, em cada grupo de diferenciadora. O d_i representa o número de cada diferenciadora.

Na caracterização da variabilidade em *P. griseola* com auxílio de marcadores moleculares, em isolados coletados em feijoeiros dos grupos andino e mesoamericano distintamente, sugere-se que houve uma coevolução deste patógeno com o *P. vulgaris*. Foi observado que isolados coletados de cada grupo foram também mais patogênicos às cultivares originadas do seu respectivo grupo (Guzmán et al., 1995). Isso implica no desenvolvimento de estratégias de melhoramento que visam resistência à mancha-angular. Assim, neste caso, é importante a caracterização do patótipo de *P. griseola* e de sua origem, pois se espera que fontes de alelos de resistência às raças coevolúidas com um grupo do hospedeiro, provavelmente, sejam mais efetivas no outro grupo de hospedeiro.

Em uma caracterização de 316 isolados de *P. griseola* oriundos de 11 países da América Latina e 10 países da África, e utilizando o conjunto de 12 diferenciadoras, Pastor-Corrales et al. (1998) observaram que 82 são andinos, 193 mesoamericanos e 41 são de origem desconhecida. Apesar da variação entre e dentro dos países, foi possível classificá-la em dois grupos principais: andino e mesoamericano.

Em levantamento feito no estado de Minas Gerais, foi avaliada a diversidade de 30 isolados de *P. griseola*. Treze patótipos foram identificados, o que demonstra alta variabilidade do fungo nas regiões amostradas neste estado. Dois isolados coletados em Lavras, região Sul do estado, infectaram todas as cultivares da séria diferenciadora, classificada como patótipo 63-63. O patótipo 63-23 foi o mais frequente (dez isolados), estando amplamente distribuído nas regiões estudadas, devendo ser, portanto, incluído no processo de seleção para a identificação de fontes de resistência (Nietsche et al., 2001). Este trabalho sugeriu que o conjunto de cultivares diferenciadoras é limitado e que existe necessidade de incorporação de novas fontes de resistência. Também sugeriu a cultivar México 54 como possível fonte de resistência para este estado.

Em outro estudo feito no Brasil, 51 isolados de *P. griseola* coletados nos estados de Santa Catarina, Paraná, Goiás, Minas Gerais e Paraíba, foram avaliados, visando identificar patótipos para o desenvolvimento de cultivares resistentes à mancha-angular. Foram identificados sete patótipos (31-23, 55-31, 63-15, 63-23, 63-31, 63-39 e 63-63), os quais foram isolados de cultivares de feijoeiro que apresentavam sementes com tamanho médio ou pequeno e induziram reações de compatibilidade com as diferenciadoras andinas e mesoamericanas, sendo, portanto, classificadas como pertencentes ao conjunto gênico mesoamericano. O patótipo que apresentou maior distribuição geográfica foi o 63-31, além de ter sido o que ocorreu em maior frequência (25 isolados), seguido pelo patótipo 63-63 (20 isolados). A ocorrência do patótipo 63-63 é um indicativo da necessidade de busca constante por novas fontes de resistência (Sartorato, 2002).

No estudo da variabilidade genética da patogenicidade de *P. griseola* no Brasil, foram identificados 26 patótipos entre 72 isolados estudados. Os mais frequentes foram: 63-31, 63-23, 63-55, 63-39 e 63-47. Entre os isolados ocorridos no município de Lavras, MG, foram observados os patótipos 31-7, 31-

33, 31-39, 63-7, 63-23, 63-31, 63-39, 63-47, 63-55 e 63-33. Constatou-se a predominância de isolados pertencentes ao conjunto gênico mesoamericano (Nietsche et al., 2002).

Analisando a variabilidade patogênica desse fungo no Brasil, no período de 1996 a 2002, foram identificados 51 patótipos deste fungo. Os mais freqüentes foram 31-39, 63-31, 63-23, 63-39, 63-47, 63-55 e 63-63, encontrados, principalmente, nos estados de Goiás e Minas Gerais (Sartorato & Alzate-Marin, 2004).

Foram testados também 48 isolados de *P. griseola* coletados no estado de Minas Gerais (Silva, 2007). Destes, foram identificados 10 patótipos, confirmando a capacidade de variação patogênica deste fungo. Os patótipos 55-15, 63-15, 63-25 e 63-27 não haviam sido detectados no estado e todos os que foram identificados nesse estudo (63-7, 63-15, 63-23, 63-25, 63-27, 63-31, 63-47, 63-55 e 63-63) induziram reações compatíveis com todas as cultivares andinas e foram classificados como pertencentes ao conjunto gênico mesoamericano. Os patótipos 63-31 (25%) e 63-63 (47,92%) foram identificados em maior freqüência, sendo este último amplamente distribuído entre os locais estudados. O patótipo 63-63 é aquele que quebra a resistência de todos os alelos presentes em todas as cultivares diferenciadoras.

2.3 Controle genético da resistência à *Pseudocercospora griseola*

Estudos sobre o tipo de herança vêm indicando que a reação do hospedeiro ao patógeno pode ser atribuída a um, dois ou três genes, controlada por alelos dominantes e, em alguns casos, se deve a alelos recessivos. Alguns relatam a presença de controle monogênico, outros oligogênico (Singh & Saini, 1980; Sartorato et al., 1993; Carvalho et al., 1998; Ferreira, 1998; Nietsche et al., 2000; Sartorato et al., 2000; Caixeta et al., 2002). Contudo, há várias estimativas de herdabilidade, e esta mostrou-se baixa e que as fontes de resistência mesoamericanas são diferentes das andinas (Guzmán et al., 1995). Barros et al.

(1957), Santos Filho et al. (1976), Singh & Saini (1980) e Sartorato et al. (1993) observaram que, na maioria dos cruzamentos simples, a resistência se devia a alelos recessivos e era controlada por dois ou três genes independentes e que, em poucos cruzamentos, a resistência foi devido a alelos dominantes. Estudos sobre o controle genético da resistência à mancha-angular em progênies de cruzamentos entre as linhagens AND 277, MAR 2 e México 54 com a cultivar suscetível Rudá, indicaram que a herança é monogênica e dominante (Carvalho et al., 1998; Ferreira, 1998 e Sartorato et al., 1999).

Cinco fontes de resistência, México 54, AND 277, MAR-2, Cornell 49-242 e BAT-332, foram identificadas por Nietsche (1998 e 2000), todas com herança monogênica dominante. Caixeta et al. (2002), visando entender a relação entre esses genes, realizaram um teste de alelismo com quatro dessas cultivares. Como resultado, foi demonstrado que a Cornell 49-242 possui apenas um alelo dominante, *Phg-3*; México 54 possui o alelo *Phg-2* e MAR-2 possui o *Phg-4*. Formas alélicas também foram encontradas em AND 277, *Phg-1*, *Phg-2*², *Phg-3*² e *Phg-4*².

Em trabalho no estado de Minas Gerais, verificou-se que muitas raças de *P. griseola* infectam cultivares mesoamericanas, enquanto as andinas se apresentam resistentes (Bruzi, 2004). Também foi observada diferença significativa entre famílias, com base na severidade ($P \leq 0,01$), indicando a ocorrência de variabilidade genética entre as cultivares cruzadas. A cultivar Carioca-MG confirmou a suscetibilidade ao patógeno e a cultivar Esal 550 praticamente não apresentou nenhum sintoma.

A ampla variabilidade de *P. griseola* no Brasil tem sido um desafio aos programas de melhoramento do feijoeiro para resistência ao fungo. Mesmo assim, algumas cultivares têm sido relatadas como resistentes (Paula Júnior et al., 2004), como a cultivar Pérola, que tem apresentado baixo nível de doença no campo. Cultivares de ciclo curto, como ‘Carnaval’ e ‘Jalo MG-65’, devem ser

preferidas. Essas cultivares de grãos grandes (origem Andina) são mais resistentes à doença em Minas Gerais, provavelmente por causa da predominância de raças do patógeno de origem mesoamericana. Assim, recomenda-se a rotação entre cultivares de grãos grandes e pequenos.

A maioria dos estudos realizados indica a existência de diversas fontes de resistência à mancha-angular, para as raças prevalecentes nos locais de teste (Paula Júnior et al., 2004; Bruzi et al., 2004). Estes resultados devem ser utilizados com cautela, devido à variabilidade patogênica que o fungo apresenta, pois, genótipos resistentes em um local podem comportar-se como suscetíveis em outro, devido à presença de raças fisiológicas que infectam determinada cultivar com diferente grau de severidade.

Outra fonte de resistência é a cultivar Jalo EEP 558, de origem andina, que possui um alelo dominante de grande importância e tem conferido resistência à mancha-angular na região Sul de Minas Gerais há mais de 20 anos (Teixeira, 2004). Outros trabalhos também citam esta cultivar como resistente à mancha-angular (Sartorato & Rava, 1992; Sartorato et al., 1996), embora, no trabalho de Oliveira et al. (2004), esta tenha se mostrado suscetível a três raças do patógeno 31-17, 63-19 e 63-55 e resistência intermediária à raça 63-23 que, segundo Nietzsche (2000), é a predominante em Minas gerais.

Esses trabalhos são de especial importância para programas de melhoramento cujo objetivo é, segundo alguns autores (Parrella, 2006; Pereira, 2003; Young & Kelly, 1996), a piramidação de alelos de resistência, pois o melhorista tem a oportunidade de escolher os genitores, de forma a obter uma cultivar com o maior número possível de alelos de resistência. Entretanto, dadas a ampla variabilidade patogênica e a ocorrência de raças complexas, como a 63-63, é provável que a vida da pirâmide como resistente seja curta. A obtenção de multilinhas deve ser preferida em função da maior facilidade de obtenção e por

ser mais dinâmica. Isso porque, de acordo com a alteração da composição racial, pode-se alterar também a composição da multilinha.

A grande maioria dos estudos considera os genes de efeito principal, os quais, via de regra, possuem baixa durabilidade. Entretanto, há também um controle genético poligênico ou resistência horizontal, que deve ser mais durável e deve ser preferível no controle dessa doença, dada a enorme variabilidade patogênica (Sartorato, 1989; Sartorato et al., 1999; Sartorato et al., 2000; Nietzsche et al., 2001).

Em função da alta variabilidade patogênica do *P. griseola* e considerando que, para se obter linhagens resistentes a todas as raças do patógeno, são envolvidos alguns genes de efeito principal e, provavelmente, vários genes de efeitos secundários, portanto, de caráter quantitativo. Assim, uma estratégia que vem sendo utilizada no programa de melhoramento da UFLA, desde 1999, é a seleção recorrente fenotípica (Ramalho et al., 2005, 2003; Amaro et al., 2005; Abreu et al., 2002).

Outros métodos visando à obtenção de linhagens produtivas e com resistência a patógenos foram utilizados por Abreu et al. (2005), Bruzi et al. (2002), Couto (2005) e Silva (2005). Estas estratégias têm contribuído grandemente na seleção de famílias que reúnam maior grau de resistência à mancha-angular e também outros fenótipos importantes.

Portanto, para a obtenção de pleno êxito em um programa de melhoramento, objetivando materiais de feijoeiro comum resistentes a *P. griseola*, há a necessidade de um conhecimento amplo da genética da interação patógeno-hospedeiro, da influência do ciclo da planta e do ambiente, a fim de se planejar uma estratégia adequada de seleção em populações segregantes.

2.4 Quantificação de danos causados por doenças em plantas

A quantificação de doenças de plantas, também denominada fitopatometria, visa avaliar os sintomas causados pelos agentes patogênicos nas plantas e seus sinais (estruturas do patógeno associadas aos tecidos doentes). Métodos exatos e precisos de avaliação de doenças são fundamentais na quantificação confiável de danos. Segundo Moraes (2007), os principais objetivos da quantificação dos danos nas plantas são: i) estudar a prevalência e a importância das doenças na cultura; ii) determinar danos ou perdas de rendimento; iii) determinar a época de aplicação de fungicidas; iv) comparar a eficiência de fungicidas; v) verificar o efeito de práticas agrícolas no controle; vi) estudar o progresso da doença ou de epidemias (primeiros sintomas, curvas de desenvolvimento ou evolução da doença); vii) elaborar modelos de previsão de doenças e viii) avaliar a resistência de genótipos aos patógenos no melhoramento.

2.4.1 Procedimentos para a quantificação de doenças em plantas

As doenças podem ser quantificadas por métodos diretos de avaliação dos sintomas e sinais, como incidência, severidade e intensidade, e métodos indiretos, como a determinação da população do patógeno, sua distribuição espacial e seus efeitos na produção (danos e ou perdas) por meio da desfolha causada.

A incidência é o método quantitativo mais comum de medição de doença por ser fácil e rápido, sendo obtido pela contagem de plantas doentes ou órgãos doentes, por meio do número e ou da porcentagem (frequência) de folhas, folíolos, frutos, ramos infectados, sem levar em consideração a quantidade de doença em cada planta ou órgão individualmente. Apresenta algumas vantagens como: i) facilidade e rapidez de execução; ii) os resultados obtidos são reprodutíveis, independentemente do avaliador; iii) é útil, principalmente na fase inicial da epidemia e iv) pode ser usado na elaboração de curvas de progresso da

doença. E, como desvantagem: i) método pouco preciso para doenças foliares, mostrando uma correlação duvidosa com a severidade em fases avançadas da epidemia; ii) Só pode ser usado para doenças que afetam a planta toda (patógenos do solo, causadores de murchas e podridões de raízes) ou quando uma única infecção impede a comercialização (podridões de fruto).

As avaliações de incidência podem ser feitas de diferentes formas, como nos exemplos a seguir: tombamento de plântulas – população de plântulas sobreviventes; plantas com e sem podridão do colo de *A. niger*; contagem do número ou da porcentagem de espigas de milho com carvão; número ou porcentagem de frutos de maçã com sarna; número ou porcentagem de plantas de algodoeiro com murcha-de-*Fusarium* e porcentagem de fungos patogênicos em testes de patologia de sementes (James, 1974; Krantz, 1988).

A severidade é um método quantitativo e qualitativo que procura determinar a porcentagem da área de tecido doente (sintomas e ou sinais visíveis), por meio da medição direta da área afetada, com medidores de área em computador ou não, chaves descritivas, diagramáticas, medição automática e sensores remotos. Apresenta as vantagens de ser mais preciso, expressando o dano real causado pelos patógenos; caracterizar melhor o nível de resistência a um patógeno e expressar com maior fidelidade a intensidade da doença no campo e os danos causados. Como desvantagem pode-se citar o fato de ser mais trabalhoso e demorado, subjetivo, dependente da acuidade do avaliador e da escala.

Intensidade é um termo mais amplo que pode ser expresso como incidência ou severidade (Moraes, 2007). Significa o quanto a doença é intensa ou quão doente está a planta. A incidência é um caráter satisfatório para avaliar a intensidade de doenças, como murchas e viroses, pois a correlação é alta entre incidência e severidade, pelo fato de a doença afetar a planta toda. Para maioria das doenças foliares, esta correlação é baixa (incidência de 100% de plantas com

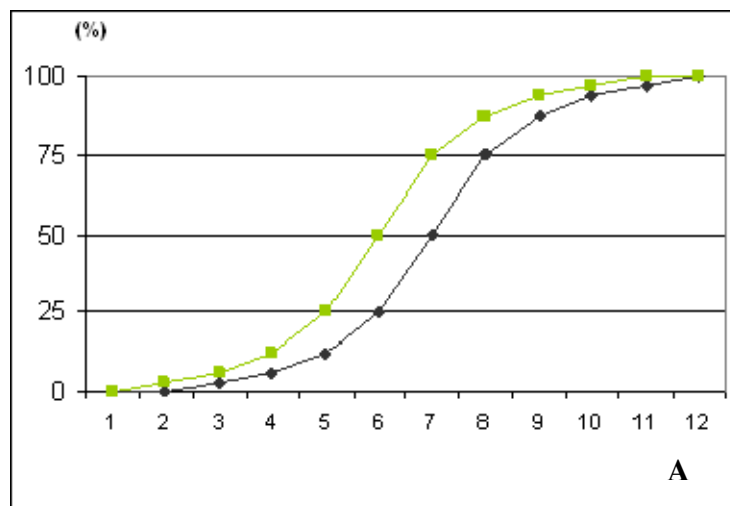
ferrugem, não reflete a intensidade real no campo, pois, apesar de todas as plantas apresentarem pústulas de ferrugem, a quantidade de pústulas por folha pode ser baixa, causando pouco dano). Ao contrário da incidência, a intensidade está estreitamente relacionada com a perda de produção. Numa epidemia de doenças foliares, deve-se levar em consideração que, quando a incidência é elevada (maioria das plantas com sintomas), a evolução da doença dá-se quase que exclusivamente pelo aumento do número e do tamanho das lesões (severidade). As avaliações de severidade podem ser feitas de duas formas:

1 - medição direta dos sintomas da doença, por meio da contagem do número de lesões, medição de seu diâmetro, cálculo da área infectada por folíolo (S_i), [$S_i = N^\circ$ médio de lesões/ folíolo x (diâmetro médio das lesões/2) x 3,1416] e índice de infecção ($I\% = S_i \times 100 / S$ total). S representa área total do folíolo, como nas manchas castanha e preta do amendoim (Moraes, 1987). É um método prático para ensaios de pesquisa com número limitado de amostras, por ser muito trabalhoso e demorado;

2 - medição visual dos sintomas da doença - os patologistas usam a fotocélula humana (olho) para estimar as intensidades por meio da medição de áreas doentes e dos valores de infecção. Para este tipo de medição, deve ser considerada a Lei de Weber-Fechner, segundo a qual a acuidade visual é proporcional ao logaritmo da intensidade de estímulo. Dessa forma, descrevem-se 12 graus de intensidade ou de severidade das doenças (FIGURA 1A e 1B). De acordo com o estímulo desses graus de severidade, o olho tende a ler tecido doente abaixo de 50% de área lesionada e tecido sadio acima de 50% (Horsfall & Barrat, 1945), conforme mostrado no gráfico ilustrativo de acuidade visual para os graus de intensidade ou severidade da doença da FIGURA 2. Usando esses princípios, as medições visuais da intensidade das doenças podem ser feitas por meio do uso de chaves descritivas, classes de intensidade, diagramas padrões (James, 1971) ou escalas diagramáticas.

2.4.2 Chaves descritivas

As chaves descritivas ou as classes de severidade da doença são escalas arbitrárias com certo número de graus ou notas para quantificar as doenças.



1 - 0%	7 - 50%-75%
2 - 0%-3%	8 - 75%-87%
3 - 3%-6%	9 - 87%-94%
4 - 6%-12%	10 - 94%-97%
5 - 12%-25%	11 - 97%-100% B
6 - 25%-50%	12 - 100% de doença

FIGURA 1 A – Intervalo de severidade da doença para cada grau; B – valores de porcentagem de doença correspondente a cada grau.

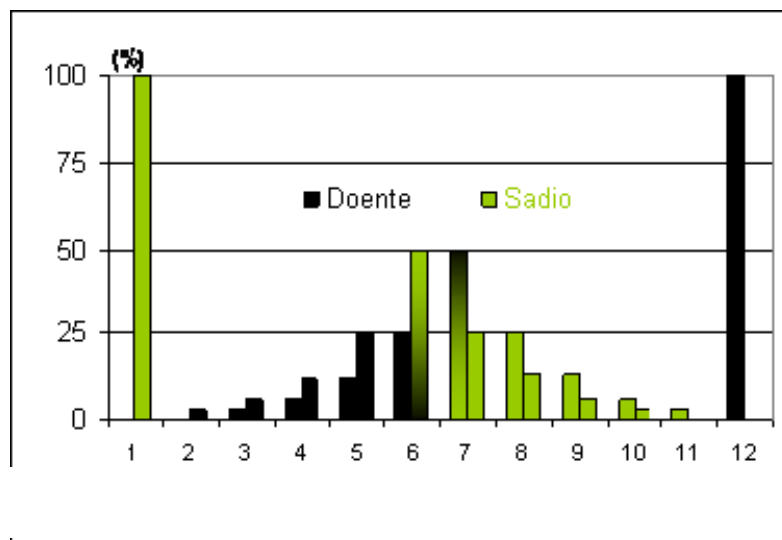


FIGURA 2 Graus de severidade da doença versus porcentagem de área doente (cor escura) ou sadia (cor clara) - acuidade visual.

Portanto, são muito subjetivas e, por isso, apresentam baixa precisão nas avaliações.

Uma chave descritiva considerada ideal proposta para avaliar queima da batata é a seguinte (Amorim, 1995): 0 = sintomas ausentes no campo; 0,1 = algumas plantas afetadas, até 1 ou 2 lesões em um raio de 10,6m; 1,0 = até 10 lesões por planta ou infecções leves; 5,0 = ao redor de 50 lesões por planta ou até 10% de folíolos atacados; 25,0 = quase todos os folíolos afetados, plantas ainda normais; 50,0 = todas as plantas afetadas com cerca de 50% de área destruída; campo parece verde manchado de marrom; 75,0 = cerca de 75% de área destruída, campo sem a predominância da cor verde ou marrom; 95,0 = apenas algumas folhas verdes no campo, colmos ainda verdes; 100,0 = todas as folhas mortas, colmos mortos ou em fase de secamento.

Outro exemplo de chave descritiva para a avaliação de doenças em cereais, considerada péssima, é a seguinte: 0 = ausência de infecção; 1 = muito leve, com 2 a 4 plantas por ha; 2 = leve, com 16 a 20 plantas por ha; 3 = considerável com 60 a 80 plantas por ha; 4 = abundante, com 25% a 50% de plantas doentes e 5 = muito abundante, com mais de 50% de plantas doentes. A autora comenta as duas grandes falhas desta escala, que são considerar só a incidência e a desuniformidade de distribuição de notas. Neste último caso, especificamente entre as notas 3 e 4, é desproporcionalmente maior do que as diferenças entre as demais notas, isto é, 3 refere-se a 0,005% e 4, a 25% de plantas doentes (Amorim, 1995).

2.4.3 Escalas diagramáticas

As escalas diagramáticas constituem representações ilustradas de uma série de plantas ou de partes de plantas com sintomas em diferentes níveis de severidade, e considera a Lei de Weber-Fechner sobre acuidade visual. Essas escalas representam, atualmente, a principal ferramenta de avaliação para muitas doenças. A resistência ao patógeno *Pseudocercospora griseola* é avaliada por meio de uma escala de severidade de nove graus, como, por exemplo, a citada por Bergammin Filho et al. (1995), com notas variando de 1 a 9, em que: 1 = 0,2% de área doente; 2 = 0,4% de área doente; 3 = 0,9% de área doente; 4 = 1,7% de área doente; 5 = 3,2% de área doente; 6 = 6% de área doente; 7 = 10,7% área doente; 8 = 18,7% de área doente e 9 = 30,4 % de área doente.

Existem outras escalas para avaliação da severidade de mancha-angular, como aquela proposta por Van Schoonhoven & Pastor-Corrales, (1987) que, inclusive, ficou definida como padrão para avaliação de mancha-angular no feijoeiro, na reunião CIAT, na Colômbia, em 1995. Nesta escala, as notas também variam de 1 a 9, mas as porcentagens em cada nível são diferentes: 1 = 0% de área doente; 3 = 5%-10 % de área doente; 5 = 20% de área doente; 7 =

60% de área doente e 9 = 90 % de área doente. Plantas com nota maior ou igual a 3 são consideradas suscetíveis.

Um problema que estas escalas apresentam são diferenças com relação à porcentagem (%) de área doente em cada nível ou nota. Na escala proposta por estes últimos autores, o nível máximo, nota 9, corresponde a folíolos que apresentem mais de 90% de área doente, que é diferente (30,4%) da escala proposta por Bergammin Filho et al. (1995). É válido lembrar que as porcentagens em cada nível devem corresponder à quantidade de doença que ocorre nas condições de campo, ou seja, não adianta uma escala apresentar 100% de área doente no nível máximo se esta quantidade não será observada a campo.

Devido às condições ambientais favoráveis ao patógeno *P. griseola* na safra da seca, os programas de melhoramento avaliam e selecionam suas populações e ou famílias visando à obtenção de genótipos resistentes nesta safra. Eventualmente, quando as condições são favoráveis ao desenvolvimento da doença, procede-se à avaliação também na safra das águas. Segundo Vale & Zambolim (1997), no campo, os sintomas dessa doença são geralmente observados após o estágio de floração. Garcia (1998) fez avaliações para incidência e severidade da mancha-angular em cinco épocas, aos 15, 29, 43, 57 e 71 dias após a emergência e observou uma resposta linear e positiva para ambas, ou seja, quanto mais dias após o plantio, maiores a incidência e a severidade da mancha-angular.

2.4.4 Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD)

Um aspecto crítico na avaliação de doença é identificar a época ideal para fazer a avaliação. Uma forma de contornar essa dificuldade é fazer avaliações repetidas das parcelas em certo intervalo de tempo, dentro do qual há uma chance muito maior de ocorrer a época ideal. Além disso, com esse

procedimento, mede-se a evolução da doença nesse intervalo, o que pode ser mais eficiente do que realizar a avaliação em apenas uma época. De posse das avaliações nesse período de tempo, procede-se à estimativa da área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD), como proposto por Campbell & Maden (1990), por meio da seguinte expressão:

$$AACPD = \sum_{i=1}^{n-1} [(X_i + X_{i+1}) / 2] (t_{i+1} - t_i)$$

em que: X_i é a severidade da doença na época $i = 1...n$; X_{i+1} é a severidade da doença na época $i+1$; t_i é a época de avaliação i (número de dias após a emergência) e t_{i+1} é a época de avaliação $i+1$.

2.4.6 Uso da produção para avaliar a resistência

A estimativa de danos causados por doenças, na cultura do feijão, tem sido obtida pela simples diferença entre a produção de parcelas ou plantas sadias e a produção de parcelas ou plantas doentes (Amorim, 1995). Uma necessidade nesse caso é assegurar a ocorrência de distribuição uniforme do patógeno em todo o campo. No entanto, um problema com esse procedimento é a diferença genética entre cultivares, devido à produção de grãos que mascara a diferença devido à resistência. Uma forma de contornar este problema é a utilização de experimentos com e sem a presença do patógeno, para separar diferenças genéticas de produtividade e resistência.

2.5 Nova abordagem para quantificação de dano em plantas

Modelos tradicionais de avaliação de danos são obtidos de forma empírica, fazendo variar a quantidade da doença em diferentes parcelas e correlacionando estes níveis de severidade com a produção. O dano pode, assim,

ser obtido com regressão linear simples, em que a intensidade de doença é a variável independente e a produção, a variável dependente. A equação que relaciona doença e dano é denominada função dano e é essencial nos programas de melhoramento genético visando à resistência a determinado patógeno e em programas de manejo integrado de doenças de plantas. Isto porque ela prevê a redução na produção para cada nível de severidade, ou seja, fornece subsídios biológicos necessários para o cálculo do limiar de dano econômico (Amorim, 1995).

Várias tentativas de se obter a função dano vêm sendo feitas, sem sucesso, para a mancha-angular (Bergamim Filho et al., 1995), a antracnose (Araya et al., 1986; Nunes, 1994) e a ferrugem-do-feijoeiro. Muitas vezes, nenhuma relação tem sido evidenciada entre severidade e produção para aquelas doenças. Também, a correlação entre o caráter produtividade de grãos e os dados obtidos com o uso de escala de danos foi estimada por Couto (2005), Silva (2005), Pereira (2003), Jesus Júnior et al. (2002) e, na maioria, foi baixa (<0,30) ou não houve correlação. O fracasso na obtenção da função de danos em alguns patossistemas não é surpreendente, para Berger (1995), Lopes et al. (1994) e Waggoner & Berger (1987), que postulam ser a produção vegetal função da duração e da absorção da área foliar sadia (fotossintetizante) do hospedeiro e não da área doente, necrosada, depauperada, ocupada pelo patógeno. Dessa forma, sugerem as seguintes expressões para a quantificação de danos:

$$LAI = \frac{AFSTP}{ATP}$$

em que, LAI = índice de área foliar (*leaf area index*); $AFSTP$ = área foliar sadia total por planta (m^2) e ATP = área total ocupada por planta (m^2):

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

em que HAD = duração da área foliar (*health area duration*, em dias); $LAI_i = LAI$ no t_i ; X_i é a severidade da doença na época $i= 1...n$; X_{i+1} é a severidade da doença na época $i+1$; t_i é a época de avaliação i (número de dias após a emergência) e t_{i+1} é a época de avaliação $i+1$.

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

em que HAA = absorção da área sadia (*health area absorption*, em MJm^{-2}); I_i = radiação média incidente no período de avaliação; k = coeficiente de extensão ($k=0,7$ para plantas cultivadas); t_i é a época de avaliação i (número de dias após a emergência) e t_{i+1} é a época de avaliação $i+1$.

Diante dos resultados desapontadores obtidos na determinação de danos na produção, vários autores relacionaram produção com índice de área foliar (relação entre metros quadrados de área foliar por metro quadrado de solo) LAI , duração da área foliar (integral em função do tempo do índice de área foliar) HAD e absorção da área foliar (quantidade de luz realmente absorvida pela folhagem) HAA . A análise de 78 diferentes tratamentos conduzidos por vários pesquisadores, com amendoim infectado por *C. personatum* e *C. arachidicola*, mostrou alta relação entre HAD e produção de vagens ($R^2 > 80\%$) e uma relação linear e alta ($R^2 = 84\%$) entre HAA e produção de vagens (Waggoner & Berger, 1987).

Considerando o sistema *P. griseola*-feijão, foi constatada relação linear e significativa com R^2 , variando de 67% para HAD e 64% para HAA com produção de grãos. E, também, ausência de correlação entre área sob a curva do progresso da doença (AACPD) e produção de grãos (Amorim et al., 1995).

Visando investigar a relação entre severidade da mancha-angular no feijoeiro avaliado por nota, bem como a AACPD, *LAI*, *HAD*, *HAA* com produção de grãos, cinco experimentos foram conduzidos com as cultivares Rosinha e Carioca e inoculados com várias concentrações de inóculo de *P. griseola*. De modo geral, a severidade avaliada por nota e a AACPD não apresentaram relação com a produção de grãos. A relação entre *HAD* e produção foi linear com R^2 variou de 30% a 70%. Para a *HAA* e produção, a relação foi semelhante e o R^2 variou de 52% a 70% (Bergamim Filho et al., 1997).

Área foliar, severidade de mancha-angular (*P. griseola*) e refletância da cópia de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) foram avaliadas em diferentes intensidades da doença (Canteri et al., 1998). A produtividade relacionou-se ($P < 0,01$) de forma linear com as variáveis *HAD* ($R^2=40,2\%$), *HAA* ($R^2=44,8\%$) e refletância ($R^2=50,1\%$). A relação produtividade-área sob a curva de progresso da doença (AACPD) foi menos consistente ($R^2=31,4\%$).

A utilização destes conhecimentos nos programas de melhoramento genético visando à obtenção de cultivares produtivas e resistentes é muito importante. A avaliação destas variáveis (*LAI*, *HAD* e *HAA*) poderia ser implementada durante o desenvolvimento das progênies. Entretanto, a obtenção dessas estimativas é muito trabalhosa quando se necessita avaliar um grande número de tratamentos. Uma alternativa seria amostrar certo número de folíolos e realizar a análise por imagem, para se obter as áreas sadia e doente.

2.5.1 Avaliação por imagem

Essa avaliação consiste em amostrar folíolos nas parcelas experimentais (progênies e ou cultivares) e obter a porcentagem de área foliar sadia e doente de cada parcela, com auxílio de câmera fotográfica e ou scanner e computador. A porcentagem de área foliar sadia pode ser validada como uma característica mais

eficiente em selecionar as progênies e ou cultivares mais produtivas e resistentes à mancha-angular (*P. griseola*).

Este tipo de avaliação tem sido permitida graças a avanços na área de informática e permite medir as áreas exatas da folha, tanto doente como sadia. Este método consiste na obtenção de uma imagem da amostra com câmera fotográfica ou scanner. Em seguida, transfere-se esta imagem para um computador e, em um programa específico de análise de imagem, faz-se a avaliação das áreas doente e sadia. Este método apresenta a grande vantagem de fornecer estimativas precisas, exatas e não subjetivas da quantidade de área doente e sadia, classificando com precisão cada genótipo, de acordo sua real quantidade de doença. Alguns programas de avaliação de imagem estão disponíveis, como o programa Quant. 1.0 (Valle et al., 2003).

A amostragem é uma das etapas fundamentais para que a avaliação das doenças seja representativa da população original, devendo ser feita de maneira criteriosa. Em programas de melhoramento de plantas e de manejo integrado, uma estimativa errada da quantidade de doença, causada pela amostragem incorreta, pode acarretar na seleção de genótipos indesejáveis e decisões de controle não adequadas, causando perdas na produção.

A escolha da técnica de amostragem depende da distribuição da doença no campo. As principais técnicas são: a) amostragem ao acaso – doenças com distribuição uniforme no campo e b) amostragem sistemática – as amostras são coletadas segundo determinados critérios pré-determinados, em função do tipo de distribuição da doença e da finalidade (Moraes, 2007).

O tipo e o tamanho da amostra dependem da característica da doença, do objetivo do levantamento (avaliações em parcelas experimentais, manejo integrado das doenças e caracterização do nível de resistência) e do modelo de dispersão da doença (Moraes, 2007). Devem-se estabelecer previamente alguns critérios, como: tipo de amostra (folhas, folíolos, ramos, planta inteira, frutos,

sementes, etc.); tamanho da amostra (número de folhas, ramos, etc., ou pontos de amostragem); local ou pontos de amostragem (coleta representativa da planta, área experimental ou da cultura, marcação de plantas ou ramos); época de amostragem – estádios de crescimento da cultura, em função da característica de cada doença; número de amostragens durante o ciclo da planta – em função da finalidade, estágio fenológico da planta, curvas de progresso da doença, etc.

Na avaliação da área foliar verde entre folhas localizadas na base e as cinco últimas folhas, Silva (1997) verificou que a área foliar verde localizada na base das plantas de feijão foi a que melhor correlacionou com a produção, e a área das cinco últimas folhas não apresentou relação com a produção. Este resultado é coerente com o observado por Tanaka & Fujita (1979) que constataram que a translocação de fotoassimilados das folhas do feijoeiro é baixa quando elas estão em crescimento ou quando elas se tornam velhas. As folhas terminais de cultivares de crescimento semideterminado, como as estudadas por Silva (1997), são aquelas que sempre estão em crescimento, logo, utilizam os fotoassimilados por elas produzidos em seu próprio crescimento, não translocando para a fase reprodutiva das plantas.

2.5.1.1 Dimensionamento de tamanho ótimo de parcela

Para a obtenção das porcentagens de área sadia e doente surge uma dúvida sobre quantos folíolos é necessário coletar, para se obter estas estimativas. A teoria de modelos lineares segmentados com platô e o método da curvatura máxima do coeficiente de variação foram aplicados no contexto de dimensionamento de tamanhos ótimos de parcela. Dentre os modelos segmentados, existe o platô de resposta linear (LRP).

➤ Modelo linear segmentado com platô (LRP)

Este modelo possui dois segmentos, dos quais o primeiro descreve uma reta crescente ou decrescente (dependendo do valor de β_1 da equação 1.0), até uma determinada altura que é o platô P . A partir desse ponto, o valor Y_i assume um valor constante P , que é o segundo segmento. O modelo platô de resposta linear é (Ferreira, 2006):

$$Y_i = \begin{cases} \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i & \text{se } X_i \leq X_0 \\ P + \varepsilon_i & \text{se } X_i > X_0 \end{cases} \quad (1.0)$$

em que Y_i é a variável dependente (resposta); β_0 é o intercepto do modelo linear simples do segmento anterior ao platô; β_1 é o coeficiente angular neste mesmo segmento; ε_i é o erro associado à i -ésima observação; P é o platô e X_0 é o ponto de junção dos dois segmentos.

O modelo LRP permite a combinação de combinações alternativas de retas e platôs e escolhe, como melhor opção de ajustamento, a combinação que tenha a menor soma de quadrados dos desvios.

Este método tem sido utilizado em várias áreas e com diferentes propósitos. Portz et al. (2000) utilizaram modelo LRP para determinar um nível mínimo de nutrientes em dietas para peixes, que garanta o máximo de desempenho da espécie em ganho de peso. Esta resposta é considerada importante na determinação da relação custo benefício de rações para peixes. Resende (2002) utilizou o modelo LRP para determinar níveis adequados de nutrientes de na dieta de frangos até a estabilização no crescimento de frangos de corte, evitando uma perda de peso do animal devido ao excesso de nutrientes. Paranaíba (2007) comparou métodos para estimar o tamanho ótimo de parcela e verificou que o método LRP e o método da curvatura máxima do coeficiente de variação podem ser utilizados na determinação do tamanho ótimo de parcelas.

Para se conhecer o número mínimo ideal de folíolos que represente a amostra, foi aplicada a teoria dos modelos lineares segmentados com platô, sendo utilizados os CVs obtidos nas análises de variância com os diferentes tamanhos de amostra (10, 20, 30, 40, 50 e 60 folíolos) (Tabelas 3A a 8A). Neste caso, a unidade experimental básica (UEB) era constituída de 10 folíolos, ou seja, uma imagem. Para isto, adotou-se o seguinte modelo:

$$CV_{(X)} = \begin{cases} \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon_x & \text{se } X \leq X_0 \\ CVP + \varepsilon_x & \text{se } X > X_0 \end{cases} \quad (2.0)$$

em que $CV_{(X)}$ é o coeficiente de variação entre totais de parcela de tamanho X; X é o número de folíolos agrupados; X_0 é o número ótimo de folíolos para o qual o modelo linear se transforma em um platô, em relação à abscissa; CVP é o coeficiente de variação no ponto correspondente ao platô (junção do segmento linear e platô); β_0 e β_1 são intercepto e coeficiente angular, respectivamente, do segmento linear e ε_x é o erro associado ao $CV_{(X)}$ supostamente normal e independente, distribuído com média 0 e σ_e^2 constante. Para ajuste desse modelo, utilizou-se o método dos quadrados mínimos para modelos não lineares de Gauss-Newton (Gallant, 1942).

➤ **Método da curvatura máxima do coeficiente de variação (CMCV)**

Este método foi motivado pela grande dificuldade para agrupamento das unidades experimentais básicas (UEB). Por meio de deduções, Paranaíba (2007) chegou à fórmula matemática (3.0), que é utilizada para determinar o tamanho ótimo de parcelas, sem a necessidade de agrupar as UEB.

$$\hat{X}_0 = \frac{10 \sqrt[3]{2(1-\rho^2)S^2\bar{Z}}}{\bar{Z}}, \quad (3.0)$$

em que \hat{X}_0 representa o número mínimo ótimo de unidades básicas para amostragem e Z_i representa a realização da variável aleatória Z na i -ésima UEB. Sendo descrito pelo seguinte modelo:

$$Z_i = \mu + \varepsilon_i,$$

em que μ é a média geral das parcelas com 1 (uma) UEB; ε_i é o erro experimental associado à observação Z_i e, tal que:

$$\varepsilon_i = \rho\varepsilon_{i-1} + U_i,$$

sendo ρ o coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem, U_i o erro experimental “puro”, independente e $U_i \sim N(0, \sigma^2)$.

Então, a variância de Y é dada por:

$$V(Y) = V\left(\sum_{i=1}^X Z_i\right) = X(1-\rho^2)\sigma^2,$$

Maiores detalhes sobre estes dois métodos podem ser obtidos em Paranaíba (2007).

2.5.2 Sensoriamento remoto

É a quantificação de doenças baseada na radiação refletida das folhagens, por meio de técnicas que incluem a utilização de fotografias aéreas infravermelhas (com diferentes combinações de filmes, filtros e câmeras) e

radiômetros de múltiplo espectro, usados para medir a refletância da folhagem.

A radiação refletida das folhagens é função de características da própria espécie vegetal estudada e das condições em que se encontram as plantas, mas as pragas e doenças, freqüentemente, são responsáveis por muitos fatores que afetam a refletância. Em geral, os tecidos infectados apresentam menor refletância na região do infravermelho (comprimento de onda $>0,7 \mu\text{m}$), quando comparados com tecidos sadios, possibilitando a quantificação pelas diferenças de refletância.

A refletância é uma medida indireta da área foliar verde, que pode auxiliar na quantificação do efeito do conjunto de patógenos e pragas, sendo útil na viabilização do uso dos novos conceitos de duração da área sadia (HAD) e absorção da radiação foliar pela área sadia (HAA) (Moraes, 2007; Bergamim Filho et al., 1995).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local

Os experimentos foram conduzidos na área experimental do Departamento de Biologia da UFLA, no município de Lavras, MG, em área com plantio direto e em sucessão à cultura do milho, nas safras das águas 2005/2006, seca 2006, águas 2006/07 e seca 2007. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, fase cerrado. O referido local possui a altitude de 910m, latitude de 21°14'S e longitude de 45°00'W.

Em todas as safras, foi semeada uma linha de bordadura suscetível à *Pseudocercospora griseola* circundando o experimento sem controle químico do patógeno, 15 dias antes da semeadura do experimento. Também foi feita a inoculação do patógeno, aos 30 Dias Após a Semeadura (30 DAS), utilizando folíolos infectados de safras anteriores. No entanto, a doença evoluiu apenas na safra da seca de 2006 e águas 2006/2007, das quais foram feitas as avaliações.

3.2 Material experimental

Em todos os experimentos, os tratamentos foram constituídos de 12 linhagens, sendo Carioca-MG, Talismã, ESAL 686, LH-11, OP-NS-331, MA-I-2-5, MA-I-18-13, CV-46 e CV-55 do programa de melhoramento do feijoeiro da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Pérola e BRS-Horizonte do programa de melhoramento do feijoeiro da Embrapa Arroz e Feijão, e VC-3 do programa de melhoramento do feijoeiro da Universidade Federal de Viçosa. Estas linhagens apresentam diferenças quanto à reação à mancha-angular, sendo suscetíveis Carioca-MG, Talismã, BRS-Horizonte e LH-11, moderadamente resistente a CV-46 e resistentes a MA-I-2-5, MA-I-18-13, CV-55, OP-NS-331, Pérola e VC-3. Já a linhagem ESAL 686 apresenta resistência na vagem e suscetibilidade nas folhas. Para se ter certeza da pureza genética de cada

linhagem, foi plantada uma linha de um metro de cada linhagem e, posteriormente, colhida uma planta de cada, que foi multiplicada para serem utilizadas nas avaliações.

3.3 Condução dos experimentos e delineamento experimental

Em cada safra foram conduzidos dois experimentos contíguos com os mesmos tratamentos. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com 12 tratamentos, 3 repetições e com parcela constituída de 4 linhas de 4 metros de comprimento, espaçadas de 0,5 m e densidade de 15 sementes por metro linear. Em um experimento não foi realizado nenhum controle químico do patógeno e no outro experimento, foi realizado o controle químico preventivo com o produto comercial Comet[®], na dosagem de 300ml/ha, de 15 em 15 dias, a partir dos 30 DAS. O fungicida foi aplicado utilizando-se um pulverizador costal, com vazão média de 400 l/ha. Neste experimento com controle, a parcela era constituída por 2 linhas de 4 metros de comprimento e mesmo espaçamento e densidade do experimento sem controle.

Todos os experimentos receberam adubação de semeadura com 400 kg/ha do formulado 8-28-16, mais 200 kg/ha de sulfato de amônio em cobertura. Os experimentos foram irrigados com aspersão, sempre que necessário. Os demais tratos culturais foram semelhantes ao adotado pela cultura na região.

3.4 Características avaliadas

3.4.1 Porcentagem de área sadia e doente da folha

Para a obtenção destas estimativas foram coletados 240 folíolos em cada parcela na última época de avaliação por nota, sendo 120 nas duas linhas centrais e 120 nas duas linhas laterais, em duas posições distintas (60 folíolos na metade superior e 60 folíolos na metade inferior da planta). Os folíolos foram fotografados de 10 em 10, com câmera digital Oregon Scientific[®] 3.2 Mega

Pixel, modelo DS8333, separando parte alta e baixa da planta e área útil e bordadura, totalizando 24 imagens com 10 folíolos cada por parcela.

Posteriormente, com a utilização do programa de avaliação por imagem, Quant. 1.0 (Valle et al., 2003), foram obtidas 24 estimativas da porcentagem (%) de área sadia (ASF - Área Sadia do Folíolo) e doente (ADF - Área Doente do Folíolo) por parcela, subdividida em 6 da área útil parte alta da planta, 6 da área útil parte baixa da planta, 6 da bordadura parte alta da planta e 6 da bordadura parte baixa da planta. Estas estimativas foram combinadas para se obter amostras com números diferentes de folíolos (10, 20, 30, 40, 50 e 60 folíolos). Foram realizadas 6 análises de variância diferentes para cada tamanho de amostra, exceto o de 60 folíolos, que foi possível apenas uma.

3.4.1.1 Estimativa do número ideal de folíolos para amostragem

Visando estimar o número mínimo ideal de folíolos por amostra adotaram-se o modelo linear segmentado com platô (LRP-Linear Response Platô) e o método da Curvatura Máxima do Coeficiente de Variação (CMCV). Para o modelo LRP, utilizaram-se os diferentes números de folíolos e seus respectivos $CV_{(X) 1}$, $CV_{(X) 2}$ e $CV_{(X) 3}$, relativos ao erro 1, erro 2 e erro 3, respectivamente, do modelo 6.0, os quais estão apresentados nas TABELAS 3A a 8A e, por meio do procedimento PROC NLIN, do sistema SAS® V.8.1 (2001), foram estimados os valores de β_0 , β_1 , P e X_0 do modelo 2.0. Para o CMCV, foram estimados os valores de S^2 e \bar{Z} do modelo (3.0) com os dados sem agrupar as unidades experimentais básicas (UEB), que eram formadas a partir da média de dez folíolos presentes em cada imagem. Dessa forma, o resultado de \hat{X}_0 foi multiplicado por dez, para ficar com unidade em número de folíolos. O coeficiente de autocorrelação $\hat{\rho}$ foi considerado zero (0,30ns).

3.4.2 Porcentagem de área sadia e doente da vagem

Foi coletada uma amostra de vagens de cada parcela, tendo sido coletadas 40 vagens por parcela, sendo 20 nas duas linhas centrais e 20 nas duas linhas laterais. As vagens foram fotografadas juntas, frente e verso, obtendo-se 4 estimativas por parcela, 2 da área útil e 2 da bordadura. Posteriormente, com a utilização do programa de avaliação por imagem Quant. 1.0 (Valle et al., 2003), foram obtidas as estimativas da porcentagem (%) de área sadia e doente (mancha-angular) da vagem por parcela útil e bordadura. Esta característica foi avaliada apenas na safra da seca, pois o excesso de umidade nas águas alterou a coloração das vagens, que poderia mascarar o resultado.

3.4.3 Severidade da mancha-angular

Obtida por meio de uma escala diagramática proposta por Van Schoonhoven & Pastor-Corrales (1987), com notas variando de 1 a 9, avaliada em 3 épocas, a partir do surgimento da doença, no experimento sem controle químico do patógeno, feita por avaliador experiente. Na safra da seca 2006, as avaliações foram feitas aos 57, 64 e 71 dias após a semeadura e, na safra da águas, foi aos 60, 67, e 74 dias após a semeadura.

3.4.4 Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD)

Utilizando-se as notas atribuídas às linhagens, nas três épocas de avaliação em cada safra, obteve-se a área abaixo a curva de progresso da doença com a seguinte equação:

$$AACPD = \sum_{i=1}^{n-1} [(X_i + X_{i+1}) / 2] (t_{i+1} - t_i) \quad (4.0)$$

em que X_i é a severidade da doença na época $i= 1, 2$ e 3 ; X_{i+1} é a severidade da doença na época $i+1$; t_i é a época de avaliação i (número de dias após a semeadura) e t_{i+1} é a época de avaliação $i+1$.

3.4.5 Produção de grãos

Foi obtido o peso de grãos por área útil e bordadura de cada parcela, em g/parcela. Posteriormente, os dados foram transformados para kg/ha para a padronização das análises. Foi obtida também a produção relativa de grãos, em porcentagem, por meio da equação:

$$PR_i = \frac{PSC}{PCC} \times 100 \quad (5.0)$$

em que PR é a produção relativa, em porcentagem da parcela i ($i=1, 2, \dots, 36$); PSC é produção de grãos, em kg/ha da parcela i do experimento sem controle químico do patógeno; PCC é produção de grãos, em kg/ha da parcela i do experimento com controle químico do patógeno.

3.5 Análises estatísticas

Primeiramente, foram realizadas as análises de variâncias para cada característica por experimento. Após aceitas as pressuposições (Ramalho et al., 2000), foram realizadas análises de variância conjunta para todos os caracteres avaliados nas duas safras. Para a análise dos dados foram empregados os programas SAS V.8.1 e o Sisvar.

Com relação às características porcentagem de área sadia e doente das folhas, primeiramente foram realizadas análises de variância dos experimentos envolvendo linhagens, área útil ou bordadura e posições na planta, com parcelas

subsubdivididas no espaço, tendo os dados de cada parcela vindo da média de 60 folíolos. Para esta análise, adotou-se o seguinte modelo (6.0):

$$y_{ijkn} = \mu + b_j + l_i + \bar{e}_{ij} + a_n + (al)_{in} + \bar{e}_{(ij)n} + p_k + (lp)_{ik} + (ap)_{kn} + (lap)_{ikn} + \bar{e}_{ijkn}$$

em que:

y_{ijkn} : é a observação do i-ésimo tratamento da repetição j, na área n e na posição k;

μ : é o efeito fixo da média geral;

b_j : é o efeito aleatório do bloco j (j = 1, 2 e 3);

l_i : é o efeito fixo de linhagem i (i = 1, 2, ..., 12);

\bar{e}_{ij} : é o erro experimental associado à observação y_{ij} ;

a_n : é o efeito da área n (n = 1 e 2);

$(al)_{in}$: é o efeito da interação área x linhagem;

$\bar{e}_{(ij)n}$: é o erro experimental associado à observação $y_{(ij)n}$;

p_k : é o efeito da posição k (k = 1 e 2);

$(pl)_{ik}$: é o efeito da interação posição x linhagem;

$(pa)_{sk}$: é o efeito da interação posição x área;

$(lap)_{ikn}$: é o efeito da interação linhagem x área x posição;

\bar{e}_{ijkn} : é o erro experimental associado à observação y_{ijkn} .

Para análise conjunta entre safras das características porcentagem de área sadia e doente das folhas, adotou-se o seguinte modelo (7.0):

$$y_{ijkns} = \mu + b_{j(s)} + f_s + l_i + (fl)_{is} + \bar{\epsilon}_{ij(s)} + a_n + (af)_{ns} + (al)_{in} + (alf)_{ins} + \bar{\epsilon}_{jn(s)} + p_k + (pf)_{ks} + (lp)_{ik} + (ap)_{nk} + (pfl)_{iks} + (pfa)_{kns} + (lap)_{ink} + (pfla)_{ikns} + \bar{\epsilon}_{ijkn(s)}$$

em que:

y_{ijkns} : é a observação do i-ésimo tratamento da repetição j, na área s e na posição k dentro da safra f;

μ : é o efeito fixo da média geral;

$b_{j(s)}$: é o efeito aleatório do bloco j dentro da safra f (j = 1, 2 e 3);

f_s : é o efeito aleatório de safra f (f = 1 e 2; seca 2006 e águas 2006/2007)

l_i : é o efeito fixo de linhagem i (i = 1,2,...,12);

$(fl)_{is}$: é o efeito da interação safra x linhagem;

$\bar{\epsilon}_{ij(s)}$: é o erro experimental associado à observação $y_{ij(s)}$;

a_n : é o efeito da área n (n = 1 e 2);

$(af)_{ns}$: é o efeito da interação área x safra;

$(al)_{in}$: é o efeito da interação área x linhagem;

$(alf)_{ins}$: é o efeito da interação área x safra x linhagem;

$\bar{\epsilon}_{jn(s)}$: é o erro experimental associado à observação $y_{jn(s)}$;

p_k : é o efeito da posição k (k =1 e 2);

$(pf)_{ks}$: é o efeito da interação posição x safra;

$(pl)_{ik}$: é o efeito da interação posição x linhagem;

$(pa)_{nk}$: é o efeito da interação posição x área;

$(pfl)_{iks}$: é o efeito da interação posição x safra x linhagem;

$(pfa)_{kns}$: é o efeito da interação posição x safra x área;

$(pal)_{ink}$: é o efeito da interação posição x área x linhagem;

$(pfla)_{ikns}$: é o efeito da interação posição x safra x linhagem x área;

$\bar{\epsilon}_{ijkn(s)}$: é o erro experimental associado à observação $y_{ijkn(s)}$.

Para análise do efeito de bordadura na porcentagem de área sadia e doente da vagem (seca 2006) e na produção de grãos, em cada safra, adotou-se o seguinte modelo (8.0):

$$y_{ijn} = \mu + b_j + l_i + \bar{\epsilon}_{ij} + a_n + (al)_{in} + \bar{\epsilon}_{ijn}$$

em que:

y_{ijn} : é a observação do i-ésimo tratamento da repetição j, da área n;

μ : é o efeito fixo da média geral;

b_j : é o efeito aleatório do bloco j (j = 1, 2 e 3);

l_i : é o efeito fixo de linhagem i (i = 1,2,...,12);

$\bar{\epsilon}_{ij}$: é o erro experimental associado à observação y_{ij} ;

a_n : é o efeito da área n (n = 1 e 2);

$(al)_{in}$: é o efeito da interação área x linhagem;

$\bar{\epsilon}_{ijn}$: é o erro experimental associado à observação y_{ijn} .

No caso das notas, foi efetuada em cada experimento, análise de variância envolvendo as diferentes épocas de avaliação, utilizando procedimento semelhante ao apresentado por Steel et al. (1997), em parcelas subdivididas no tempo, adotando-se o seguinte modelo (9.0) para cada época de avaliação:

$$y_{ijm} = \mu + b_j + l_i + \bar{\epsilon}_{ij} + t_m + \bar{\epsilon}_{jm} + lt_{(im)} + \bar{\epsilon}_{ijm}$$

em que:

y_{ijm} : é a observação do i -ésimo tratamento da repetição j na época m ;

μ : é o efeito fixo da média geral;

b_j : é o efeito aleatório do bloco j ($j = 1, 2$ e 3);

l_i : é o efeito fixo de linhagem i ($i = 1, 2, \dots, 12$);

\bar{e}_{ij} : é o erro experimental associado à observação y_{ij} ;

t_m : é o efeito fixo da época m ($m = 1, 2$ e 3);

\bar{e}_{mj} : é o erro experimental associado à observação y_{jm} ;

$tl_{(im)}$: é o efeito da interação época x linhagem;

\bar{e}_{ijm} : é o erro experimental associado à observação y_{ijm} .

Para análise conjunta entre safras das notas, adotou-se o seguinte modelo (10.0):

$$y_{ijms} = \mu + b_{j(s)} + f_s + l_i + fl_{(is)} + \bar{e}_{ij(s)} + t_m + (tf)_{ms} + (lt)_{im} + (ltf)_{ims} + \bar{e}_{ijm(s)}$$

em que:

y_{ijms} : é a observação do i -ésimo tratamento da repetição j na época m dentro da safra f ;

μ : é o efeito fixo da média geral;

$b_{j(s)}$: é o efeito aleatório do bloco j dentro da safra f ($j = 1, 2$ e 3);

f_s : é o efeito aleatório de safra s ($s = 1$ e 2);

l_i : é o efeito fixo de linhagem i ($i = 1, 2, \dots, 12$);

$fl_{(is)}$: é o efeito da interação safra x linhagem;

$\bar{e}_{ij(s)}$: é o erro experimental associado à observação $y_{ij(s)}$;

t_m : é o efeito fixo da época ($m = 1, 2$ e 3);

$tf_{(im)}$: é o efeito da interação época x safra;

$(tl)_{im}$: é o efeito da interação época x linhagem;

$(tfl)_{ims}$: é o efeito da interação época x safra x linhagem;

$\bar{e}_{ijm(s)}$: é o erro experimental associado à observação $y_{ijm(s)}$.

Para análise conjunta entre safras da AACPD, adotou-se o seguinte modelo (11.0):

$$y_{ijs} = \mu + b_{j(s)} + f_s + l_i + (fl)_{is} + \bar{e}_{ij(s)}$$

em que:

y_{ijs} : é a observação do i -ésimo tratamento da repetição j dentro da safra f ;

μ : é o efeito fixo da média geral;

$b_{j(s)}$: é o efeito aleatório do bloco j dentro da safra f ($j = 1, 2$ e 3);

f_s : é o efeito aleatório de safra s ($s = 1$ e 2);

l_i : é o efeito fixo de linhagem i ($i = 1, 2, \dots, 12$);

$(fl)_{is}$: é o efeito da interação safra x linhagem;

$\bar{e}_{ij(s)}$: é o erro experimental associado à observação $y_{ij(s)}$.

Para o caráter produção de grãos, foi adotado o seguinte modelo (12.0) para análise individual em cada safra:

$$y_{ij} = \mu + b_j + l_i + \bar{e}_{ij}$$

em que:

y_{ij} : é a observação do i -ésimo tratamento na repetição j ;

μ : é o efeito fixo da média geral;

b_j : é o efeito aleatório do bloco j ($j = 1, 2$ e 3);

l_i : é o efeito fixo de linhagem i ($i = 1, 2, \dots, 12$);

\bar{e}_{ij} : é o erro experimental associado à observação y_{ij} .

Para análise conjunta entre os experimentos com e sem controle químico do caráter produção de grãos, em cada safra, adotou-se o seguinte modelo (13.0):

$$y_{ijq} = \mu + b_{j(q)} + c_q + l_i + (cl)_{iq} + \bar{e}_{ij(q)}$$

em que:

y_{ijq} : é a observação do i -ésimo tratamento da repetição j dentro do ambiente c ;

μ : é o efeito fixo da média geral;

$b_{j(q)}$: é o efeito aleatório do bloco j dentro do ambiente c ($j = 1, 2$ e 3);

c_q : é o efeito fixo de ambiente c ($c = 1$ e 2);

l_i : é o efeito fixo de linhagem i ($i = 1, 2, \dots, 12$);

$(al)_{iq}$: é o efeito da interação ambiente x linhagem;

$\bar{\epsilon}_{ij(q)}$: é o erro experimental associado à observação $y_{ij(q)}$.

Para análise conjunta de safra, para o caráter produção de grãos, adotou-se o seguinte modelo (14.0):

$$y_{ijns} = \mu + b_{j(s)} + f_s + l_i + (fl)_{is} + \bar{\epsilon}_{ij(s)} + a_n + (af)_{ns} + (al)_{in} + (afl)_{ins} + \bar{\epsilon}_{ijn(s)}$$

em que:

y_{ijns} : é a observação do i -ésimo tratamento da repetição j , na área n , dentro da safra f ;

μ : é o efeito fixo da média geral;

$b_{j(s)}$: é o efeito aleatório do bloco j dentro da safra f ($j = 1, 2$ e 3);

f_s : é o efeito aleatório de safra s ($s = 1$ e 2);

l_i : é o efeito fixo de linhagem i ($i = 1, 2, \dots, 12$);

$(fl)_{is}$: é o efeito da interação safra x linhagem;

$\bar{\epsilon}_{ij(s)}$: é o erro experimental associado à observação $y_{ij(s)}$;

a_n : é o efeito da área n ($n = 1$ e 2);

$(af)_{is}$: é o efeito da interação área x safra;

$(al)_{in}$: é o efeito da interação área x linhagem;

$(afl)_{ins}$: é o efeito da interação área x safra x linhagem;

$\bar{\epsilon}_{ijn(s)}$: é o erro experimental associado à observação $y_{ijn(s)}$.

Foi realizada a decomposição da interação linhagens por ambientes, utilizando-se o seguinte estimador (Cruz & Castoldi, 1991):

$$\sigma_{GA}^2 = 0,5(\sqrt{Q_1} - \sqrt{Q_2})^2 + \sqrt{(1-r)^3 Q_1 Q_2} \quad (15.0)$$

em que:

Q_1 e Q_2 : representam o quadrado médio de linhagens para o caráter considerado, na safra da seca 2006 (1) e águas 2006/2007 (2), respectivamente.

r_{12} : coeficiente de correlação simples entre o desempenho médio das linhagens nas duas safras.

Foram obtidas estimativas dos coeficientes de correlação de Spearman entre os pares de caracteres avaliados em cada safra, com as médias das características, utilizando o sistema SAS[®] V. 8.1 (2001).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Porcentagem de área sadia e doente da folha infectada por *Pseudocercospora griseola*

Na análise de variância para porcentagens de área sadia (ASF) e doente (ADF) da folha, foram detectadas diferenças significativas ($P \leq 0,05$) entre linhagens apenas na safra das águas 2006/2007, evidenciando diferenças entre as que foram avaliadas quanto à reação à *Pseudocercospora griseola* (TABELA 1). As médias das linhagens estão apresentadas na TABELA 2. Na safra da seca

TABELA 1 Resumo da análise de variância para porcentagem de área sadia (ASF) e doente (ADF) da folha, envolvendo área útil e bordadura e duas posições na planta (alta e baixa), obtida na avaliação de linhagens nas safras da seca/2006 e águas 2006/2007, em Lavras, MG.

FV	GL	QM			
		Seca 2006		Águas 2006/2007	
		ASF (%)	ADF (%)	ASF (%)	ADF (%)
Bloco	2	256,57	256,57	258,26	258,26
Linhagem	11	86,37	86,37	264,01*	264,01*
Erro 1	22	91,28	91,28	91,05	91,05
Área	1	53,35	53,35	13,37	13,37
Área x Linhagem	11	27,99	27,99	27,22	27,22
Erro 2	24	18,48	18,48	12,99	12,99
Posição	1	1080**	1080**	488,2**	488,2**
Posição x Linhagem	11	35,66*	35,66*	31,40	31,40
Posição x Área	1	0,01	0,01	0,0001	0,0001
Posição x Linhagem x Área	11	10,52	10,52	9,57	9,57
Erro 3	48	17,54	17,54	17,24	17,24
Média		90,52	9,48	84,26	15,74
CV (%) 1		10,56	100,98	11,32	60,64
CV (%) 2		4,75	45,36	4,28	22,91
CV (%) 3		4,63	44,15	4,93	26,39

*, **Significativo, pelo teste de F, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 2 Valores médios para porcentagem de área sadia (ASF) e doente (ADF) da folha, obtidos na avaliação de linhagens nas safras da seca/2006 e águas 2006/2007, em Lavras, MG.

Linhagens	Safras					
	Seca 2006		Águas 2006/2007		Medial Geral	
	ASF (%)	ADF (%)	ASF (%)	ADF (%)	ASF	ADF
Talismã	84 a	16 a	80 b	20 a	82 b	18 a
MA-I - 2 - 5	89 a	11 a	80 b	20 a	84 b	16 a
ESAL – 686	92 a	8 a	78 b	22 a	85 b	15 a
Carioca – MG	90 a	10 a	81 b	19 a	85 b	15 a
BRS-Horizonte	91 a	9 a	81 b	19 a	86 b	14 a
LH – 11	93 a	7 a	80 b	20 a	86 b	14 a
Pérola	93 a	7 a	86 a	14 b	89 a	11 b
MA-I - 18 - 13	92 a	8 a	87 a	13 b	89 a	11 b
VC – 3	90 a	10 a	90 a	10 b	90 a	10 b
CV – 46	91 a	9 a	89 a	11 b	90 a	10 b
CV - 55	92 a	8 a	88 a	12 b	90 a	10 b
OP-NS-331	92 a	8 a	91 a	9 b	91 a	9 b

Média seguidas da mesma letra na mesma coluna são iguais entre si, pelo teste Scott-Knott (1974), a 5%.

de 2006, a média das linhagens para ADF foi em torno de 40% inferior à safra das águas, mostrando que o desenvolvimento da doença naquela safra foi menor.

Normalmente, a safra da seca apresenta condições climáticas ideais para o desenvolvimento de *P. griseola* (Coelho et al., 2003; Bianchini et al., 1997; Sartorato & Rava, 1992). Contudo, variações climáticas, em cada safra, podem influenciar no desenvolvimento da doença. Na FIGURA 3 estão apresentados os dados de precipitação, umidade relativa e temperatura no local e épocas de condução dos experimentos deste trabalho. Observa-se que houve maior quantidade de chuvas na safra das águas 2006/2007, comparada à safra da seca 2006.

Possivelmente, a baixa precipitação nos meses de abril a maio de 2006, associada à baixa umidade relativa atmosférica, deve ter contribuído para o

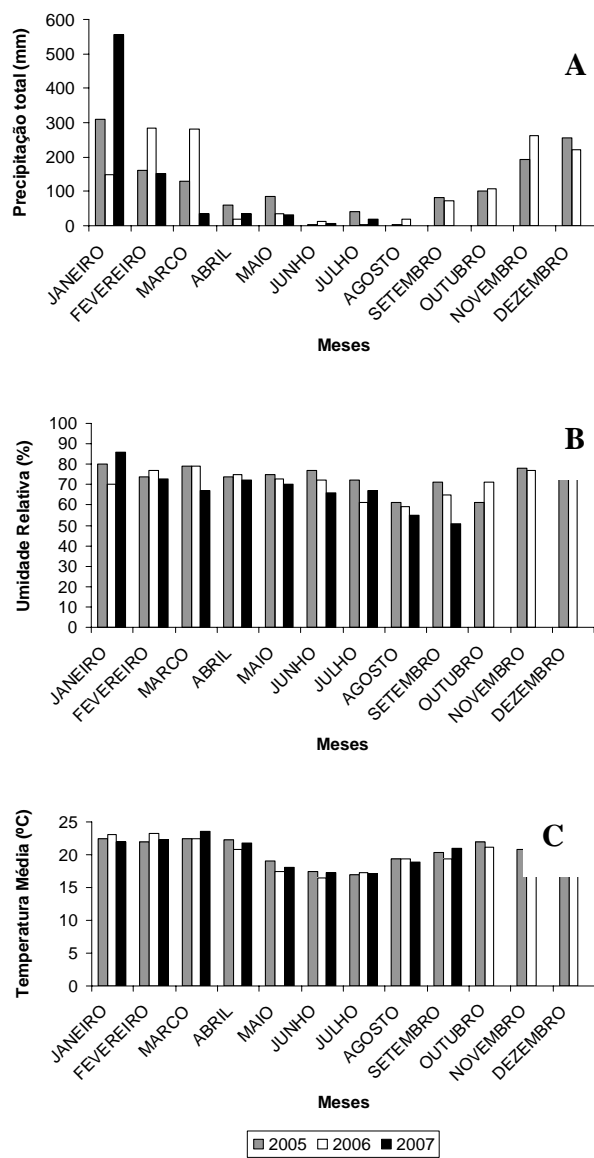


FIGURA 3 Dados climáticos do município de Lavras, de janeiro de 2005 a setembro de 2007. A = precipitação total mensal; B = umidade relativa do ar (%); C = temperatura média mensal. Fonte: Estação climatológica da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG.

reduzido desenvolvimento da doença. No caso da safra das águas 2006/2007, as condições foram ligeiramente mais favoráveis ao desenvolvimento da doença, embora o excesso de precipitação em dezembro e, principalmente, em janeiro não tenha sido a ideal. Na safra das águas, as linhagens foram classificadas em dois grupos. Aquelas de menor área sadia e maior área doente foram Talismã, MA-I-2-5, ESAL-686, Carioca-MG, BRS-Horizonte e LH-11, e as linhagens de maior área sadia e menor área doente foram Pérola, MA-I-18-13, VC-3, CV-46, CV-55 e OP-NS-331. O fato de a linhagem MA-I-2-5 ser classificada no grupo das mais suscetíveis não era esperado, pois ela é oriunda de um programa de seleção recorrente, visando resistência à mancha-angular. Contudo, nesta safra, houve melhor discriminação das linhagens, possivelmente devido à maior severidade da doença, e o fato de essa linhagem ter sido mais suscetível, possivelmente, foi a ocorrência de algum patótipo virulento a ela.

Para a fonte de variação área, não houve diferenças significativas, ou seja, as médias obtidas nas duas linhas centrais da parcela (área útil) ou nas duas linhas laterais (bordaduras) são estatisticamente iguais entre si (TABELA 1). Isto mostra que, neste caso, não há vantagem em utilizar bordaduras nas parcelas experimentais, a fim de evitar a interferência de parcelas vizinhas.

Nenhuma das interações envolvendo área foi significativa, mostrando que o comportamento das linhagens e das posições avaliadas foi coincidente quando avaliados em área útil ou em bordadura. Isto sugere que, mesmo havendo a possibilidade de influência de parcelas vizinhas, ela não afetou de forma significativa, sendo desnecessária a utilização de bordaduras em experimentos desta natureza, por necessitar de maior área, mão-de-obra e despesas.

Para a posição de coleta na planta, houve diferenças significativas ($P \leq 0,01$) nas duas safras avaliadas (TABELA 1); em ambas houve maior

severidade da mancha-angular nas folhas mais velhas, aquelas localizadas na base das plantas. Na safra da seca 2006, as porcentagens de área sadia e doente da folha foram de 93% e 7% na parte alta da planta e 88% e 12% na parte baixa da planta, respectivamente. Na safra das águas de 2006/2007, as porcentagens de área sadia e doente da folha foram de 86% e 14% na parte alta da planta e 82% e 18% na parte baixa da planta, respectivamente.

Na safra da seca de 2006, a interação posições x linhagens foi significativa ($P \leq 0,01$), ou seja, nesta safra, o comportamento das linhagens não foi coincidente nas duas posições avaliadas. Os valores médios das linhagens, em cada posição, na safra da seca 2006 e águas 2006/2007 estão apresentados nas Tabelas 1A e 2A, respectivamente. Observa-se que as avaliações feitas na parte alta da planta, em ambas as safras, foram coerentes com o esperado, ao contrário das avaliações na parte baixa. Este fato pode ter ocorrido devido ao efeito da doença ter sido confundido com a senescência das folhas da parte baixa, que são mais velhas, uma vez que estas avaliações ocorreram na terceira época de avaliação, ou seja, próximo ao final do ciclo da cultura.

A precisão experimental para porcentagem de área sadia, avaliada por meio do coeficiente de variação (CV), aponta boa precisão (TABELA 1), $CV_1 = 11,32\%$, $CV_2 = 4,75\%$ e $CV_3 = 4,93\%$. Para porcentagem de área doente, os CVs obtidos foram: $CV_1 = 100,98\%$, $CV_2 = 45,36\%$ e $CV_3 = 44,15\%$. Vale salientar que os quadrados médios dos erros para porcentagem de área sadia e doente são iguais, como esperado, pois a soma desses dois caracteres é igual a 100%. Assim, tal discrepância entre os CVs dessas características ocorre devido à magnitude das médias, pois são eles estimados da seguinte forma, $\sqrt{\sigma^2_e/m}$ e, como a média da porcentagem da área doente é quase 10 vezes menor que a média da porcentagem de área sadia, então, o CV% da área doente é, aproximadamente, 10 vezes maior.

Na análise de variância conjunta entre safras, verificaram-se diferenças significativas ($P \leq 0,01$) para porcentagem de área sadia e doente da folha (TABELA 3). As médias da porcentagem de área sadia e doente da folha, considerando toda a planta, na safra da seca 2006, foram de 91% e 9% e, na safra das águas 2006/2007, 84% e 16%, respectivamente. Nesta safra, a média

TABELA 3 Resumo da análise de variância conjunta entre safras para porcentagem de área sadia (ASF) e doente (ADF) da folha, envolvendo área útil e bordadura e duas posições na planta (alta e baixa), obtida na avaliação de linhagens nas safras da seca/2006 e águas 2006/2007, em Lavras, MG.

FV	GL	QM	
		ASF (%)	ADF (%)
Bloco (Safra)	4	263,2	263,2
Safra	1	3041 **	3041 **
Linhagem	11	218,8 *	218,8 *
Safra x Linhagem	11	117,5	117,5
Erro 1	44	92,43	92,43
Área	1	20,1	20,1
Área x Safra	1	0,475	0,475
Área x Linhagem	11	17,48	17,48
Área x Safra x Linhagem	11	27,12	27,12
Erro 2	4	12,30	12,30
Posição	1	1692 **	1692 **
Posição x Safra	1	95,5 *	95,5 *
Posição x Linhagem	11	31,04 *	31,04 *
Posição x Área	1	7,95	7,95
Posição x Safra x Linhagem	11	26,45	26,45
Posição x Safra x Área	1	7,86	7,86
Posição x Linhagem x Área	11	10,7	10,7
Posição x Safra x Linhagem x Área	11	9,15	9,15
Erro 3	140	16,0	16,0
Média		87,51	12,49
CV (%) 1		10,99	77,12
CV (%) 2		4,01	28,11
CV (%) 3		4,57	32,04

*, **Significativo, pelo teste de F, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

geral da porcentagem de área sadia da folha foi menor e da área doente foi maior, quando comparadas à safra anterior. Isso indica que houve menor incidência e severidade do patógeno na safra da seca 2006, razão pela qual, possivelmente, não se detectaram diferenças significativas entre linhagens nesta safra.

Verificaram-se diferenças significativas ($P \leq 0,05$) entre linhagens para porcentagens de área sadia (ASF) e doente (ADF) da folha (TABELA 3), mostrando que as linhagens diferem, com relação à resistência ao patógeno. Não houve diferenças significativas entre as avaliações em área útil e em bordadura e nenhuma das interações envolvendo área foi significativa. Para a posição de coleta na planta, houve diferenças significativas ($P \leq 0,01$). Houve maior severidade da mancha-angular nos folíolos mais velhos, aqueles localizados na base das plantas, quando comparados aos folíolos localizados no ápice das plantas. As médias da porcentagem de área sadia e doente dos folíolos coletados no ápice das plantas foram de 90% e 10%, respectivamente, e as médias da porcentagem de área sadia e doente dos folíolos coletados na base das plantas foram de 85% e 15%, respectivamente. Observou-se que as interações posições x safras e posições x linhagens foram significativas.

Na safra da seca de 2006, foi obtida também a porcentagem de área sadia e doente das vagens avaliadas em área útil e bordadura. Verificaram-se diferenças significativas ($P \leq 0,01$) apenas entre linhagens (TABELA 4), indicando que as linhagens diferem geneticamente quanto à resistência ao patógeno. Os valores médios de cada linhagem para porcentagem de área sadia e doente das vagens estão apresentados na TABELA 5.

As avaliações nas vagens permitiram uma melhor discriminação das

TABELA 4 Resumo da análise de variância para porcentagem de área sadia (ASV) e doente (ADV) da vagem, envolvendo área útil e bordadura, obtida na avaliação de linhagens na safra da seca/2006, em Lavras, MG.

FV	GL	QM	
		ASV (%)	ADV (%)
Bloco	2	13,07	13,07
Linhagem	11	107,26 **	107,26 **
Erro 1	22	14,19	14,19
Área	1	2,84	2,84
Área x Linhagem	11	4,91	4,91
Erro 2	24	4,19	4,19
Média		94	6
CV (%) 1		4,02	59,02
CV (%) 2		2,19	32,07

*, **Significativo, pelo teste de F, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 5 Valores médios para porcentagem de área sadia (ASV) e doente (ADV) da vagem, obtidos na avaliação de linhagens na safra da seca/2006, em Lavras, MG.

Linhagens	Caracteres	
	ASV	ADV
	(%)	(%)
Talismã	83 c	17 a
BRS-Horizonte	90 b	10 b
LH – 11	90 b	10 b
Carioca – MG	93 a	7 c
ESAL – 686	94 a	6 c
MAI – 2 – 5	95 a	5 c
VC – 3	95 a	5 c
CV – 46	95 a	5 c
CV - 55	95 a	5 c
OP-NS-331	96 a	4 c
Pérola	97 a	3 c
MAI – 18 – 13	98 a	2 c

Média seguidas da mesma letra na mesma coluna são iguais entre si, pelo teste Scott-Knott (1974), a 5%.

linhagens, quando comparada às avaliações feitas nas folhas, pois foram formados três grupos, sendo as linhagens de menor área sadia e maior área doente a Talismã, LH-11 e BRS-Horizonte e as linhagens de maior área sadia e menor área doente foram a MA-I-18-13, Pérola, OP-NS-331, MA-I-2-5, VC-3, CV-46, CV-55, ESAL-686 e Carioca-MG. Um fato interessante é o que ocorre com a linhagem ESAL-686, que apresenta suscetibilidade nas folhas e resistência na vagem. Não houve diferenças significativas entre as avaliações em área útil e bordadura. Na FIGURA 4 estão os exemplos dos arquivos com as imagens dos folíolos e vagens fotografados de cada linhagem.

4.1.1 Estimativa do número ideal de folíolos por amostra

O número de folíolos ótimo para se obter as estimativas de porcentagem de área sadia e doente estimado pelo LRP variou de 32,40 a 46,91 na safra da seca 2006 e 25,37 a 34,21 na safra das águas 2006/2007 (TABELA 6). Considerando os três CV's, o melhor ajuste dos dados à equação de regressão foi com o $CV_{(X)3}$, em ambas safras. Para o CMCV o número de folíolos variou de 16,23 a 28,10 na safra 2006 e 15,45 a 29,49 nas águas 2006/2007. Veja que os resultados apresentados por ambos os métodos são concordantes, apesar do Método da Curvatura Máxima do Coeficiente de Variação apresentar valores um pouco menores nas duas safras. Analisando-se visualmente, os dados agrupados utilizados no LRP presentes nas tabelas 3A a 8A, percebe-se que os dois métodos estão próximos da realidade.

Dessa forma, pode-se concluir que número ótimo de folíolos para serem coletados está entre 15,45 e 46,91. Mas, para se ter maior confiabilidade na estimativa da porcentagem de área sadia e doente, recomenda-se a coleta de 20 a 30 folíolos para experimentos com parcelas de mesmas dimensões. Portanto, os dois métodos podem ser utilizados para se obter o tamanho ótimo de parcelas, visto que eles apresentaram resultado concordante e coerente.

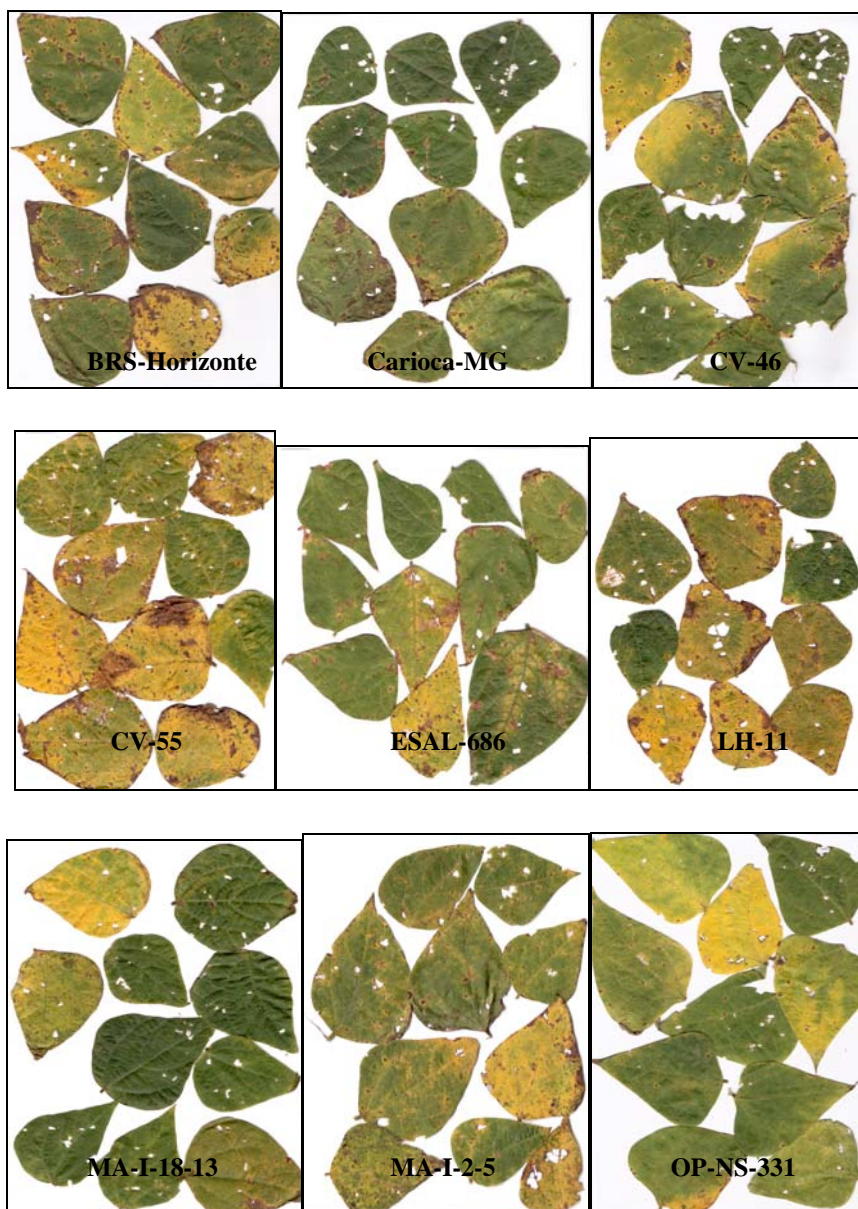


FIGURA 4 Exemplos dos arquivos com as imagens dos fólíolos e vagens fotografados de cada linhagem.

“...continua...”

“ FIGURA 4. Cont. ”

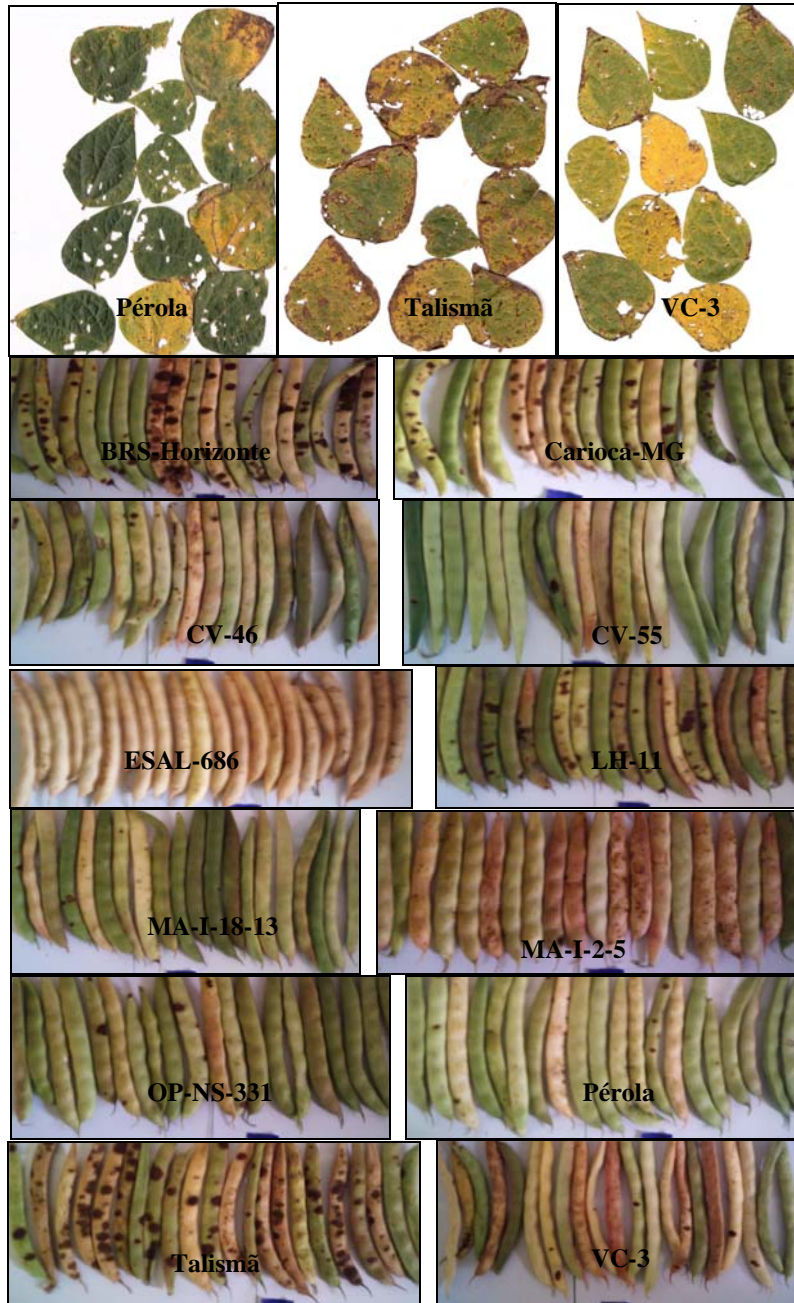


TABELA 6 Número estimado de folíolos (\hat{X}_0) pelo método Modelo Linear Segmentado com Platô (LRP) e Método da Curvatura Máxima do Coeficiente de Variação (CMCV), obtidos na avaliação de linhagens nas safras da seca/2006 e águas 2006/2007 em Lavras-MG.

Safras	CV *	LRP	R ² (%)	CMCV
2006	1	46,91	42	28,10
	2	41,30	65	16,52
	3	32,40	90	16,23
2006/2007	1	34,21	42	29,49
	2	25,37	59	15,45
	3	30,97	82	16,94

*, CV1, 2 e 3, refere-se ao erro 1, 2 e 3, respectivamente. R²: coeficiente de determinação correspondente ao LRP.

4.2 Reação das linhagens a *Pseudocercospora griseola*, avaliada por meio da escala diagramática

Na análise de variância das notas de severidade da mancha-angular, verificou-se diferença significativa ($P \leq 0,01$) entre as linhagens e épocas de avaliação nas safras avaliadas (TABELA 7). Este resultado mostra que as linhagens avaliadas diferem com relação à reação ao patógeno. Observou-se aumento da severidade com o decorrer das avaliações em ambas as safras, sendo 2,61, 3,31 e 3,86 as médias para a 1^a, a 2^a e a 3^a avaliações da seca 2006, e 2,19, 3,69 e 4,77 as médias para a 1^a, a 2^a e a 3^a avaliações das águas 2006/2007, respectivamente. Os valores médios para notas de severidade da mancha-angular, em cada linhagem, nas três épocas de avaliação em cada safra, estão apresentados na TABELA 8. Nota-se que, em geral, quanto maior a severidade da doença, melhor foi a discriminação das linhagens. Verificou-se também interação linhagens x épocas significativa ($P \leq 0,01$), em ambas as safras (TABELA 7), indicando comportamento não coincidente das linhagens avaliadas nas diferentes épocas.

TABELA 7 Resumo da análise de variância conjunta entre épocas de avaliação das notas de severidade da mancha-angular, 1ª, 2ª e 3ª, obtidas na avaliação de linhagens nas safras da seca/2006 e águas 2006/2007, em Lavras, MG.

FV	GL	QM	
		Seca 2006	Águas 2006/2007
		Nota (1-9)	Nota (1-9)
Bloco	2	3,67	0,02
Linhagem	11	8,99 **	18,71 **
Erro 1	22	0,74	0,92
Época	2	14,12 **	60,58 **
Erro 2	4	0,45	0,36
Época x Linhagem	22	0,34 **	1,84 **
Erro 3	44	0,21	0,40
Média		3,26	3,56
CV (%) 1		26,51	26,93
CV (%) 2		20,67	16,90
CV (%) 3		13,41	17,83

*,** - Significativo, pelo teste de F, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 8 Valores médios para notas de severidade da mancha-angular, avaliadas em três épocas, 1ª, 2ª e 3ª, respectivamente, obtidas na avaliação de linhagens nas safras da seca/2006 e águas 2006/2007, em Lavras, MG.

Linhagens	Safras						Média Geral
	Seca 2006			Águas 2006/2007			
	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	
Talismã	4,3 a	6,0 a	6,3 a	4,0 a	7,0 a	7,7 a	6,3 a
BRS-Horizonte	3,3 a	4,3 b	5,3 a	2,7 b	6,7 a	7,7 a	5,0 b
Carioca – MG	2,7 b	4,0 b	4,3 b	3,0 b	4,7 b	5,3 b	4,0 c
LH – 11	2,7 b	3,3 c	4,3 b	2,7 b	4,3 b	6,7 b	4,0 c
CV – 46	3,3 a	4,0 b	4,7 b	2,0 c	3,7 c	6,0 b	4,0 c
ESAL – 686	2,0 b	2,0 d	3,0 c	2,3 b	4,7 b	4,7 c	3,1 d
VC – 3	2,7 b	3,3 c	3,3 c	2,0 c	2,7 c	2,7 d	2,8 d
MA-I - 2 -5	2,3 b	2,7 c	3,3 c	1,7 c	2,3 c	3,7 c	2,7 d
CV – 55	2,0 b	2,7 c	2,7 c	2, c	2,7 c	4,3 c	2,7 d
Pérola	2,0 b	2,3 d	3,3 c	1,7 c	2,0 c	4,3 c	2,6 d
OP-NS-331	2,0 b	3,0 c	3,3 c	1,3 c	2,0 c	2,3 d	2,3 e
MA-I -18 -13	2,0 b	2,0 d	2,3 c	1,0 c	1,7 c	2,3 d	1,9 e

Média seguidas da mesma letra na mesma coluna são iguais entre si, pelo teste Scott-Knott (1974), a 5%.

A precisão experimental, avaliada por meio do coeficiente de variação (CV), ficou um pouco acima da encontrada em experimentos realizados por Marques Júnior (1997), para os caracteres notas (20,20%). Este fato pode ser devido à distribuição irregular do patógeno na área experimental e, também, porque a severidade média da doença foi menor que a observada em outras avaliações (Couto, 2005; Silva, 2005; Pereira, 2003).

A análise de variância conjunta entre safras para as notas de severidade da mancha-angular está apresentada na TABELA 9. Verificou-se diferença significativa entre safras ($P \leq 0,05$), sendo a nota média da safra da seca 2006 de 3,26 e da safra das águas de 3,56, confirmando a maior severidade da doença nas águas. Esta safra coincide com o período chuvoso na região centro-sul do Brasil e, dessa forma, a grande quantidade de chuvas contribuiu para temperaturas mais amenas.

TABELA 9 Resumo da análise de variância conjunta entre épocas de avaliação da severidade da mancha-angular, 1ª, 2ª e 3ª, das linhagens nas safras da seca/2006 e águas 2006/2007, em Lavras, MG.

FV	GL	QM
		Nota (1-9)
Bloco (Safra)	4	1,85
Safra	1	4,74 *
Linhagem	11	24,91 **
Safra x Linhagem	11	2,80 **
Erro 1	44	0,83
Época	2	66,59 **
Época x Safra	2	8,12 **
Época x Linhagem	22	1,53 **
Época x Safra x Linhagem	22	0,64 **
Erro 2	96	0,31
Média		3,40
CV (%) 1		26,76
CV (%) 2		16,22

*, **Significativo, pelo teste de F, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Portanto, o excesso de umidade e, principalmente, as temperaturas mais amenas podem explicar a maior quantidade inesperada da doença nas águas (FIGURA 2). Observou-se diferença significativa entre linhagens ($P \leq 0,01$), confirmando diferenças genéticas entre elas. As interações envolvendo estas linhagens foram significativas ($P \leq 0,01$) com safras e épocas avaliadas, mostrando que o comportamento das linhagens não foi coincidente nas safras e épocas.

Na decomposição da interação linhagens X safras houve ligeiro predomínio da parte complexa, correspondendo a 57,82% da interação, embora a correlação entre o desempenho médio das linhagens nas duas safras tenha sido alto e significativo (0,74). Contudo, o resultado das cultivares mais suscetíveis (Talismã, BRS-Horizonte, LH-11, CV-46, ESAL-686 e Carioca-MG), que apresentaram maior nota média, está de acordo com as avaliações por área na média das duas safras (TABELAS 2, 5 e 8).

Na avaliação das águas 2006/2007, quando se observou diferença entre as linhagens para área doente, notou-se que as linhagens Talismã, BRS-Horizonte, LH-11, ESAL-686, Carioca-MG e MA-I-2-5 apresentaram maior área doente, sendo consideradas suscetíveis, concordando com a avaliação por nota. No entanto, a linhagem CV-46 foi classificada no grupo das linhagens de menor área doente, discordando da avaliação por nota. É importante lembrar que as amostras das folhas foram tomadas na época da terceira avaliação por nota, quando a área doente dessa linhagem já era mais elevada. Entretanto, na avaliação por nota, observa-se severidade muito baixa da doença nas primeiras avaliações dessa linhagem (TABELA 8), sugerindo que a doença se desenvolveu, principalmente, nas folhas mais velhas.

Conseqüentemente, pode-se concluir que a avaliação feita por diagrama de nota foi mais eficiente em discriminar a reação das linhagens à *P. griseola*,

quando comparada à avaliação feita por área sadia e doente da folha. Além disso, as maiores facilidade e flexibilidade no uso das escalas diagramáticas fazem com que ela seja a metodologia mais adequada para avaliação de *P. griseola* em feijão, principalmente nos programas de melhoramento, que avaliam grande número de progênies.

Na literatura, existem algumas escalas diagramáticas para a avaliação de *Pseudocercospora griseola* em feijão e elas diferem com relação às porcentagens de área infectada pelo patógeno, em cada nível ou nota. Neste trabalho, verificou-se que a amplitude dos valores para porcentagem de área sadia da folha variou de 55,76% a 99,99%, na safra da seca de 2006 e de 63,89% a 97,79%, na safra das águas 2006/2007. Para porcentagem de área doente da folha, a amplitude foi de 0,01% a 44,24%, na safra da seca de 2006 e de 2,18% a 36,11%, na safra das águas 2006/2007. A porcentagem de área sadia da vagem variou de 78,09% a 100%, na safra da seca de 2006 e, para porcentagem de área doente da vagem, a amplitude foi de 0,00% a 21,91%.

Diante dos resultados obtidos neste trabalho, verifica-se que a escala proposta por Bergamim Filho (1995) apresenta restrições. Nesta escala, os níveis ou notas apresentam porcentagem muito baixa de doença, principalmente nos primeiros níveis, o que dificulta bastante a distinção entre os níveis para o avaliador. Utilizando-se esta escala e considerando as médias das linhagens nas duas safras, para porcentagem de área sadia e doente da folha (TABELA 2), a menor nota atribuída seria 6 ou 7 (com 6% a 10,7% de área doente), muito diferente do que realmente foi observado (TABELA 7), que foi realizado por avaliador experiente, o que levaria a conclusões errôneas sobre a resistência das linhagens. Para melhorar a precisão das avaliações por nota, Hartung & Piepho (2006) sugerem que as avaliações devem ser feitas por pessoas mais experientes e, também, que sejam utilizados programas computacionais que simulem diferentes níveis de sintomas da doença, para treinamento dos avaliadores.

4.3 Área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD)

Visando identificar a reação das linhagens ao patógeno durante o período de evolução da doença, estimou-se a área abaixo da curva do progresso da doença. Na análise de variância conjunta entre safras para AACPD, verificou-se diferença significativa entre safras ($P \leq 0,05$), tendo a área média das linhagens na safra da seca 2006 sido de 45,79 e a da safra das águas de 50,26, confirmando maior severidade da doença nesta safra (TABELA 10).

Observou-se diferença significativa entre linhagens ($P \leq 0,01$), confirmando suas diferenças na reação ao patógeno. As interações envolvendo estas linhagens foram significativas ($P \leq 0,01$) com safras, mostrando, novamente, que o comportamento das linhagens não foi coincidente nas safras avaliadas. Este fato, possivelmente, deve-se à distribuição irregular do inóculo na área experimental e tendência da interação tipo simples, em consequência da baixa umidade nos meses de abril e maio da safra da seca de 2006. Os valores médios para AACPD estão apresentados na TABELA 11, na qual se pode verificar que eles seguiram a mesma tendência da avaliação por nota, tendo sido nas linhagens

TABELA 10 Resumo da análise de variância conjunta entre safras para a área sob a curva do progresso da doença (AACPD), obtida na avaliação de linhagens nas safras da seca/2006 e águas 2006/2007, em Lavras, MG.

FV	GL	QM
		AACPD
Bloco (Safra)	4	160,95
Safra	1	360,01 *
Linhagem	11	1773,03 **
Safra x Linhagem	11	223,78 **
Erro 1	44	56,64
Média		48,03
CV (%)		15,67

*, **Significativo, pelo teste de F, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 11 Valores médios para a área sob a curva do progresso da doença (AACPD), obtidos na avaliação de linhagens nas safras da seca/2006 e águas 2006/2007, em Lavras, MG.

Linhagens	Caracteres	
	Seca 2006	Águas 2006/2007
	AACPD	AACPD
Talismã	79 a	90 a
BRS-Horizonte	61 b	83 a
Carioca – MG	53 b	62 b
LH – 11	48 c	62 b
ESAL – 686	32 c	57 b
CV – 46	56 b	54 b
CV - 55	35 c	41 c
Pérola	35 c	35 c
MAI – 2 – 5	39 c	35 c
VC – 3	44 c	35 c
OP-NS-331	40 c	27 c
MAI – 18 – 13	29 c	23 c

Média seguidas da mesma letra na mesma coluna são iguais entre si, pelo teste Scott-Knott (1974), a 5%.

Talismã, BRS-Horizonte, LH-11, CV-46, ESAL-686 e Carioca-MG, com maior área, nas quais ocorreu maior evolução da doença.

Vale destacar que a AACPD permite identificar linhagens e ou cultivares com maior nível de resistência horizontal, como as linhagens do grupo c nas duas épocas (Pérola, OP-NS-331, MAI-2-5, MAI-18-13, VC-3 e CV-55), nas quais a doença não evoluiu. Estas linhagens apresentaram consistência com a avaliação por nota, apresentando menor severidade da doença (TABELA 8).

As estimativas das correlações entre as notas de severidade a mancha-angular, porcentagem de área sadia e doente da folha e da vagem e AACPD na safra da seca 2006 e águas 2006/2007, estão apresentadas nas TABELAS 12 e 13, respectivamente. Na safra da seca 2006, verifica-se correlação alta e significativa entre porcentagem de área sadia e doente da folha, com a segunda

TABELA 12 Estimativas dos coeficientes de correlação de Spearman entre as notas de severidade da mancha-angular, avaliadas em três épocas, 1^a, 2^a e 3^a (57, 64, e 71 dias após a semeadura), porcentagem de área sadia (ASF) e doente (ADF) da folha, porcentagem de área sadia (ASV) e doente (ADV) da vagem e área sob a curva do progresso da doença (AACPD), obtidas na avaliação de linhagens na safra da seca/2006, em Lavras, MG.

r_F	Caracteres				
	ASF	ADF	ASV	ADV	AACPD
1 ^a	-0,55 (0,064)	0,55 (0,064)	-0,74 (0,00)	0,74 (0,00)	0,90 (0,00)
2 ^a	-0,69 (0,013)	0,69 (0,013)	-0,67 (0,02)	0,67 (0,02)	0,94 (0,00)
3 ^a	-0,42 (0,176)	0,42 (0,176)	-0,80 (0,02)	0,80 (0,02)	0,94 (0,00)
AACPD	-0,56 (0,057)	0,56 (0,057)	-0,71 (0,01)	0,71 (0,01)	1,00

⁰ Valor da probabilidade.

TABELA 13 Estimativas dos coeficientes de correlação de Spearman entre as notas de severidade da mancha-angular, avaliadas em três épocas, 1^a, 2^a e 3^a (60, 67, e 74 dias após a semeadura), porcentagem de área sadia (ASF) e doente (ADF) da folha e área sob a curva do progresso da doença (AACPD), obtidas na avaliação de linhagens na safra das águas 2006/2007, em Lavras, MG.

r_F	Caracteres		
	ASF	ADF	AACPD
1 ^a	-0,57 (0,055)	0,57 (0,055)	0,42 (0,19)
2 ^a	-0,64 (0,026)	0,64 (0,026)	0,97 (0,00)
3 ^a	-0,61 (0,034)	0,61 (0,034)	0,96 (0,00)
AACPD	-0,66 (0,019)	0,66 (0,019)	1,00

⁰ Valor da probabilidade.

avaliação por notas. Para a primeira e a terceira avaliação e AACPD, não houve correlação. Para porcentagem de área sadia e doente da vagem com as notas e AACPD, houve correlação alta e significativa. Os maiores valores foram com a segunda época de avaliação. De modo geral, as avaliações por notas e AACPD refletiram as áreas sadias e doentes das folhas e das vagens. Correlações com

valores próximos de 1,00 foram verificadas entre notas e AACPD, como esperado, pois a AACPD foi obtidas a partir da notas. Na safra das águas 2006/2007, as correlações seguiram a mesma tendência da safra anterior.

4.4 Produção de grãos

Na análise de variância para produção de grãos, verificaram-se diferenças significativas ($P \leq 0,01$) entre linhagens no ambiente sem controle nas safras da seca/2006 e águas 2006/2007 (TABELA 14). No ambiente com controle, verificaram-se diferenças significativas ($P \leq 0,01$) na safra das águas 2006/2007. Isso mostra que as linhagens apresentam diferentes potenciais para produção de grãos, e essas diferenças devem-se a diferentes fatores, além da resistência a *P. griseola*. Para a produção relativa, observaram-se diferenças significativas ($P \leq 0,06$) na safra das águas 2006/2007. Neste caso, essas diferenças são devido à variação das linhagens quanto à resistência ao patógeno. Nota-se que as diferenças de produção de grãos entre linhagens foram aumentadas pela ocorrência da doença. Esse fato, aliado às diferenças de produtividade das linhagens, mostra que avaliar apenas a produtividade de grãos não é um critério adequado para identificar os genótipos mais resistentes.

A precisão experimental, avaliada por meio do coeficiente de variação (CV) (TABELA 14), foi semelhante à encontrada em experimentos realizados por Marques Júnior (1997), para o caráter produção de grãos (13,89%). Para a produção relativa, os valores variaram de 19,51%, na seca a 30,55%, nas águas. Verifica-se que os valores dos CVs obtidos na safras das águas são maiores que os obtidos na safra da seca. Este fato é esperado, pois, na safra das águas, ocorrem excesso de umidade, maior incidência e severidade de patógenos, maior competição com plantas daninhas, principalmente por nutrientes

TABELA 14 Resumo da análise de variância para produção de grãos com (a) e sem (b) aplicação de fungicida (em kg/ha) e produção relativa (c) ao experimento com controle (b/a*100), obtida na avaliação de linhagens nas safras da seca/2006 e águas 2006/2007, em Lavras, MG.

FV	GL	QM					
		Seca 2006			Águas 2006/2007		
		Prod(a)	Prod(b)	Prod(c)	Prod(a)	Prod(b)	Prod(c)
Bloco	2	94809	386353	825	45056	8123	577
Linhagem	11	287720 (0,083)	487441 (0,001)	729 (0,095)	175456 (0,012)	286783 (0,001)	1977 (0,057)
Erro	22	145320	79954	382	163129	44252	907
Média		2285	2386	99,82	1046	976	98,61
CV (%)		16,69	11,85	19,61	22,97	21,53	30,55

⁰ Valor da probabilidade do teste F.

esombreamento. Estes fatores são responsáveis pelo aumento dos valores dos CVs e, conseqüentemente, redução da precisão experimental. De modo geral, os experimentos apresentaram boa precisão experimental.

Na análise conjunta dos experimentos com e sem controle químico do patógeno não se verificaram diferenças significativas nas duas safras avaliadas (TABELA 15). Isso indica que, mesmo ocorrendo sintomas da doença, esta não afetou de forma significativa a produção média de grãos das linhagens. Verificaram-se diferenças significativas ($P \leq 0,01$) entre linhagens nas duas safras avaliadas, confirmando as diferenças entre elas quanto à produtividade de grãos. A interação ambientes x linhagens foi significativa ($P \leq 0,05$) apenas na safra das águas 2006/2007, mostrando um comportamento não coincidente das linhagens nos dois ambientes avaliados. Possivelmente, essa interação deve-se à maior incidência e severidade do patógeno nesta safra, como visto anteriormente, já que os dois experimentos foram conduzidos contíguos e receberam os mesmos tratamentos culturais, exceto o controle

TABELA 15 Resumo da análise de variância conjunta entre experimentos com e sem aplicação de fungicida, para produção de grãos (kg/ha), obtida na avaliação de linhagens nas safras da seca/2006 e águas 2006/2007 em Lavras, MG.

FV	GL	QM	
		Seca 2006	Águas 2006/2007
		Produção (kg/ha)	Produção (kg/ha)
Bloco (Ambiente)	4	240582	26579
Ambiente	1	185339	87675
Linhagem	11	599575**	331725 **
Ambiente x Linhagem	11	175587	131695 *
Erro	44	112637	51016
Média		2335	1011
CV (%)		14,37	22,33

*,** - Significativo pelo teste de F a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

químico. Assim, a interação ocorreu devido à presença ou não do controle químico, que contribui para maior produtividade, principalmente de algumas linhagens suscetíveis, como Carioca-MG e LH-11, nas águas 2006/2007.

Normalmente, *P. griseola* é um patógeno que ocorre mais no final do ciclo da cultura e, muitas vezes, a planta já atingiu seu potencial produtivo e o patógeno não chega a afetar significativamente a produção das linhagens suscetíveis (Vieira, 1998). Esta pode ser uma explicação para os resultados observados neste trabalho. Contudo, caso ocorram condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento do patógeno, aliadas à utilização de cultivares suscetíveis, podem ocorrer perdas expressivas na produtividade, como foi constatado em outras pesquisas realizadas anteriormente (Ramalho et al., 2007; Paula Júnior et al., 2004; Jesus Júnior et al., 2002; Sartorato & Rava, 1992).

A análise de variância para a produção de grãos sem controle químico do patógeno e considerando área útil e bordadura, em cada safra, está apresentada na TABELA 16. Verificaram-se diferenças significativas ($P \leq 0,01$)

TABELA 16 Resumo da análise de variância para produção de grãos (kg/ha), sem aplicação de fungicida, avaliado em área útil e bordadura, obtida na avaliação de linhagens nas safras da seca/2006 e águas 2006/2007, em Lavras, MG.

FV	GL	QM	
		Seca 2006 Produção (kg/ha)	Águas 2006/2007 Produção (kg/ha)
Bloco	2	773152	16206
Linhagem	11	974573 **	573929 **
Erro 1	22	160012	88469
Área	1	4050	59953
Área x Linhagem	11	85781	17104
Erro 2	24	63694	46440
Média		2235	977
CV (%) 1		17,89	30,45
CV (%) 2		11,29	22,06

*, **Significativo, pelo teste de F, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

entre linhagens. Não houve diferença significativa entre avaliações em parcela útil ou bordadura. Este resultado confirma que a utilização de bordaduras nas parcelas experimentais não é necessária, pois aumenta bastante o custo de mão-de-obra. Resultado semelhante foi obtido por Krause (2005) e Marques Júnior (1997).

Os valores médios para a produção de grãos das linhagens, nas duas safras avaliadas, estão apresentados na TABELA 17. Na safra da seca, as que apresentaram menor produção foram MA-I-2-5, BRS-Horizonte e Talismã. As duas primeiras são consideradas suscetíveis na avaliação por nota, área sadia e doente da folha e vagem, sugerindo que a doença pode ter sido a causa da queda na produção destas linhagens. Já na safra das águas, as linhagens que tiveram a produção reduzida foram Carioca-MG, MA-I-2-5 e ESAL-686. Além dessas três linhagens, BRS-Horizonte, CV-55 e OP-NS-331 foram as que apresentaram menor produtividade de grãos nas águas. A BRS-Horizonte foi uma das que apresentaram maior severidade da doença, tanto nas águas quanto na seca,

TABELA 17 Valores médios para produção de grãos (kg/ha) nos experimentos com (a) e sem (b) aplicação de fungicida, obtidos na avaliação de linhagens nas safras da seca/2006 e águas 2006/2007, em Lavras, MG.

Linhagens	Safras			
	Seca 2006		Águas 2006/2007	
	Prod. (a)	Prod. (b)	Prod. (a)	Prod. (b)
MAI – 2 – 5	1983 a	1696 b	1263 a	733 b
BRS-Horizonte	1616 a	1900 b	550 b	613 b
Talismã	2558 a	1983 b	1167 a	1408 a
CV – 46	2075 a	2137 b	1125 a	1017 a
CV - 55	2241 a	2250 b	733 b	663 b
Carioca – MG	2408 a	2437 a	1238 a	633 b
OP-NS-331	2566 a	2471 a	792 b	846 b
MAI – 18 – 13	2158 a	2513 a	1138 a	1450 a
ESAL – 686	2300 a	2686 a	988 a	771 b
Pérola	2391 a	2692 a	1250 a	1079 a
VC – 3	2808 a	2825 a	1325 a	1192 a
LH – 11	2308 a	3042 a	992 a	1317 a

Média seguidas da mesma letra na mesma coluna são iguais entre si, pelo teste Scott-Knott (1974), a 5%.

embora, aparentemente, a doença não tenha sido a causa na redução da produção. Um fato similar ocorreu com a cultivar Talismã, nas águas, que é ligeiramente mais precoce e pode ter tido pleno enchimento de grãos antes do máximo de severidade da doença. O caso da LH-11 é o mais anormal, pois esta cultivar apresentou alta severidade da doença e ficou entre as mais produtivas, em ambas as safras.

Na análise conjunta de safras, verificaram-se diferenças significativas ($P \leq 0,01$) entre safras, linhagens e interação safras x linhagens (TABELA 18). A safra da seca 2006 apresentou produtividade média quase 2,5 vezes maior que a safra das águas 2006/2007. Este resultado pode ser devido ao excesso de umidade, comum nos períodos chuvosos, o que prejudica o desenvolvimento das

TABELA 18 Resumo da análise de variância conjunta entre safras para produção de grãos (kg/ha), sem aplicação de fungicida, avaliado em área útil e bordadura, obtida na avaliação de linhagens nas safras da seca/2006 e águas 2006/2007, em Lavras, MG.

FV	GL	QM
		Produção (kg/ha)
Bloco (Safras)	4	394467
Safras	1	57084321 **
Linhagens	11	1058933 **
Safras x Linhagens	11	489569 **
Erro 1	44	124241
Área	1	45689
Área x Safras	1	15314
Área x Linhagens	11	47607
Área x Safras x linhagens	11	55278
Erro 2	48	55067
Média		1606
CV (%) 1		21,94
CV (%) 2		14,61

*,**Significativo, pelo teste de F, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

plantas e aumenta a incidência e a severidade de doenças, inclusive a mancha-angular. Também, especialmente, o fato de ter sido atrasada a semeadura por duas semanas, para que a bordadura em torno do experimento pudesse se desenvolver e servir como fonte de inóculo, o que contribuiu para um controle menos eficiente das ervas daninhas no experimento. Todos esses efeitos ambientais são responsáveis pela significância da interação safras x linhagens. Nenhuma interação envolvendo área foi significativa.

As estimativas das correlações entre produção de grãos e produção relativa com os caracteres notas de severidade à mancha-angular, porcentagem de área sadia e doente da folha e da vagem, área sob a curva do progresso da doença (AACPD), na safra da seca 2006 e das águas 2006/2007, estão apresentadas nas TABELAS 19 e 20, respectivamente. Na safra da seca 2006, verifica-se correlação alta e significativa (>0,59) entre produção de grãos com a

TABELA 19 Estimativas dos coeficientes de correlação de Spearman entre produção de grãos e produção relativa (PR), com notas de severidade da mancha-angular, avaliadas em três épocas, 1^a, 2^a e 3^a (57, 64, e 71 dias após a semeadura), porcentagem de área sadia (ASF) e doente (ADF) da folha, porcentagem de área sadia (ASV) e doente (ADV) da vagem e área sob a curva do progresso da doença (AACPD), obtidas na avaliação de linhagens na safra da seca/2006, em Lavras, MG.

Caracteres	1 ^a	2 ^a	3 ^a	ASF	ADF
Produção	-0,17 (0,603)	-0,59 (0,041)	-0,41 (0,191)	0,63 (0,027)	-0,63 (0,027)
PR	-0,06 (0,842)	-0,44 (0,154)	-0,06 (0,843)	0,71 (0,011)	-0,71 (0,011)
	ASV		ADV		AACPD
Produção	0,21 (0,504)		-0,21 (0,504)		-0,43 (0,158)
PR	0,04 (0,908)		-0,04 (0,908)		-0,20 (0,537)

⁽¹⁾ Valor da probabilidade do teste t.

TABELA 20 Estimativas dos coeficientes de correlação de Spearman entre produção de grãos e produção relativa (PR), com notas de severidade da mancha-angular, avaliadas em três épocas, 1^a, 2^a e 3^a (57, 64, e 71 dias após a semeadura), porcentagem de área sadia (ASF) e doente (ADF) da folha e área sob a curva do progresso da doença (AACPD), obtidas na avaliação de linhagens na safra das águas 2006/2007, em Lavras, MG.

Caracteres	1 ^a	2 ^a	3 ^a	ASF	ADF	AACPD
Produção	-0,20 (0,530)	-0,28 (0,382)	-0,17 (0,593)	0,23 (0,469)	-0,23 (0,469)	-0,25 (0,439)
PR	-0,08 (0,802)	-0,12 (0,703)	-0,05 (0,879)	0,12 (0,707)	-0,12 (0,707)	-0,03 (0,922)

⁽¹⁾ Valor de probabilidade do teste t.

segunda época de avaliação por nota e porcentagem de área sadia e doente da folha. Pode-se perceber que os maiores valores foram entre produção de grãos e porcentagem de área sadia e doente da folha. Na safra das águas, não houve correlação entre produção de grãos com notas de severidade, porcentagem de área sadia e doente da folha e AACPD.

Na safra da seca, não houve correlação entre produção relativa com as notas de severidade a mancha-angular, porcentagem de área sadia e doente da vagem e AACPD. Alta correlação significativa (0,71) foi verificada entre produção relativa e porcentagem de área sadia e doente da folha, indicando que a produção relativa é o indicador mais verdadeiro do dano, assim como as áreas sadia e doente são também os melhores procedimentos de avaliação da severidade da doença.

Infelizmente, há limitação no emprego deste procedimento nos programas de melhoramento, especialmente nas fases em que se está avaliando um grande número de tratamentos. As correlações significativas da área com avaliações obtidas com escala diagramática permitem inferir que o emprego desse último procedimento deve ser mantido sem maiores prejuízos. Entretanto, na avaliação das linhagens em vias de recomendação como cultivares, é recomendável a avaliação a partir da estimativa da área para se estimar o dano causado pela doença com maior precisão. Essa avaliação contribui também como uma informação mais precisa no processo decisório sobre a recomendação da linhagem.

Na safra das águas, não houve correlação entre produção relativa e demais caracteres. Infelizmente, os problemas experimentais interferiram na estimativa da produção relativa. Apesar de ter sido observada maior incidência de doenças nesta safra, os resultados não foram conclusivos. Apenas se pode afirmar que uma boa precisão experimental é fundamental para se verificar o relacionamento do dano devido à doença, expresso pela produção relativa, com as áreas doentes e sadias.

5 CONCLUSÕES

✓ Houve concordância entre as avaliações feitas por área sadia e doente da folha e da vagem com as avaliações feitas por diagrama de notas. Contudo, a maior facilidade e flexibilidade no uso da escala diagramática faz com que ela seja a metodologia mais adequada para avaliação de *P. griseola* em feijão.

✓ Para avaliação da porcentagem de área sadia e doente, o número ideal de folíolos para serem coletados está entre 20 a 30. Os dois métodos apresentaram resultados concordantes, porém, o método da curvatura máxima do coeficiente de variação apresentou valores um pouco menores. Os dois métodos podem ser utilizados para se obter o tamanho ótimo de parcelas.

✓ Com relação às posições de avaliação na planta, houve melhor discriminação das linhagens e maior concordância, quando as avaliações foram feitas na parte alta das plantas.

✓ Para todas as características avaliadas não houve diferença entre avaliação feita em área útil ou bordaduras.

✓ A produção relativa mostrou-se o indicador mais verdadeiro do dano e deve ser estimada sempre que possível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P.; CARNEIRO, J. E. S.; GONÇALVES, F. M. A. Seleção recorrente fenotípica no melhoramento do feijoeiro visando resistência à *Phaeoisariopsis griseola*. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2002. p. 233-235.
- ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P.; SILVA, F. B.; MORETO, A. L. Obtenção de linhagens precoces de feijoeiro resistente a patógenos com grãos tipo carioca. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa, 2005. p. 543-546.
- ALLEN, D. J. **Na annotated list of diseases, pathogens and associated fungi of the common bean (*Phaseolus vulgaris*) in Eastern and Southern Africa.** Wallingford: CAB International, 1995. (Phytopathological Papers, 34).
- ALVAREZ-AYALA, G.; SCHWARTZ, H. F. Preliminary investigations of pathogenic variability expressed by *Isariopsis griseola*. **Annual Report of Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 22, p. 86-88, 1979.
- AMARO, G. B.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P. Progresso genético para resistência à mancha angular no feijoeiro após cinco ciclos de seleção recorrente fenotípica. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa, 2005.
- AMORIM, L.; BERGAMIM FILHO, A.; BIANCHINI, A.; GODOY, C. V.; IMAUT, M. T.; NUNES, W. M. C.; CARNEIRO, M. T. P. G. Avaliação de danos na cultura do feijão. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 21, n. 1, p. 82-84, 1995.
- ANDERSEN, A. L. Common names for plant diseases: bean (*Phaseolus VIAGaris* L.). **Plant Disease**, Saint Paul, v. 69, p. 653, 1985.
- ARAYA, C. M.; DHINGRA, O. D.; KUSHALAPPA, A. C. Incidência de antracnose em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) sob diferentes pressões do inóculo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 11, p. 795-801, 1986.
- BARROS, O.; CARDENOSA, R.; SKILES, R. L. The severity and control of angular leaf spot of beans in Colombia. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 47, n. 1, p. 3, 1957.

BERGAMIN FILHO, A.; CARNEIRO, S. M. T. P. G.; GODOY, C. D.; AMORIM, L.; BERGER, R. D.; HAU, B. Angular Leaf Spot of *Phaseolus* Beans: relationships between disease, healthy leaf area, and yield. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 87, n. 5, p. 506-515, 1997.

BERGAMIN FILHO, A.; LOPES, D. B.; AMORIM, L.; GODOY, C. D. Avaliação de danos causados por doenças de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 3, p. 133-184, 1995.

BERGER, R. D. Healthy leaf area duration (HAD): a new approach to assess crop loss. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 21, n. 1, p. 81-82, 1995.

BIANCHINI, A.; MARINGONI, A. C.; CARNEIRO, S. M. T. P. G. Doenças do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIM FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. **Manual de fitopatologia, doenças das plantas cultivadas**. 3. ed. São Paulo: Ceres, 1997. v. 2, p. 376-379.

BORÉM, A.; CARNEIRO, J. E. S. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão: aspectos gerais e cultura no estado de Minas Gerais**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. cap. 1, p. 13-40.

BRAUN, U.; CROUS, P. W. Proposal to conserve the name *Pseudocercospora* against *Stigmata* and *Phaeoisariopsis*. **Taxon**, Utrecht, v. 55, p. 803, 2006.

BROCK, R. D. Resistance to angular leaf spot among varieties of beans. **Journal of the Australian Institute of Agricultural Science**, Collingwood, v. 3, n. 1, p. 25-30, 1951.

BRUZI, A. T.; SILVA, F. B.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Melhoramento visando resistência à mancha angular utilizando cultivares de raças andinas e mesoamericanas de feijão. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2002. p. 207-208.

BRUZI, A. T.; SILVA, F. B.; RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos. Performace of common bean families from crossing of Andean and Mesoamerian lines. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 47, p. 299-300, 2004.

CAIXETA, E. T.; BORÉM, A.; SILVA, M. G. M.; ROCHA, R. C.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. Teste de alelismo para genes do feijoeiro que conferem resistência ao fungo *Phaeoisariopsis griseola*. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2002.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. Monitoring epidemics: diseases. In: _____. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: J. Wiley, 1990. cap. 6, p. 107-128.

CAMPOS-AVILA, J.; FUCIKOVSKY, Z. L. Estudio de algunos aspectos de la mancha angular causada por *Isariopsis griseola* Sacc. en cultivo del frijol. **Patologia**, Brasília, v. 16, n. 1, p. 16-19, fev. 1981.

CAMPOS-ÁVILA, J.; FUCIKOVSKY, Z. L. Estudio de algunas características de *Isariopsis griseola* Sacc. agente causal de la mancha angular del frijol. **Agrociencia**, México, n. 39, p. 41-48, 1980.

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

CARDONA-ALVAREZ, C.; WALKER, J. C. Angular leaf spot of bean. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 16, n. 11, p. 610-615, Nov. 1956.

CARVALHO, G. A.; PAULA JUNIOR, T. J.; ALZATE-MARIN, A. L.; NIETSCH, S.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. Herança da resistência da linhagem AND-277 de feijoeiro-comum à raça 63-23 de *Phaeoisariopsis griseola* e identificação de marcador RAPD ligado ao gene de resistência. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 4, p. 482-485, out./dez. 1998.

COELHO, R. R.; VALE, F. X. R.; JESUS JUNIOR, W. C.; PAUL, P. A.; ZAMBOLIM, L.; BARRETO, R. W. Determinação das condições climáticas que favorecem o desenvolvimento da ferrugem e da mancha angular do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 5, p. 508-514, set./out. 2003.

CORREA-VICTORIA, F. J. **Pathogenic variation, production of toxic metabolites, and isoenzyme analysis in *Phaeoisariopsis griseola* (Sacc.) Ferr.** 1987. 154 p. Thesis (PhD) - Michigan State University, East Lansing Michigan.

COUTO, M. A. **Seleção de linhagens de feijão tipo carioca com resistência à antracnose e à mancha angular**. 2005. 74 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade de Lavras, Lavras.

CROUS, P. W.; LIEBENBERG, M. M.; BRAUN, U.; GROENEWALD, J. Z. Re-evaluating the taxonomic status of *Phaeoisariopsis griseola*, the causal agent of angular leaf spot of bean. **Studies in Mycology**, v. 55, p. 163-173, 2006.

CRUZ, C. D.; CASTOLDI, F. Decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexa. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 38, p. 422-430, 1991.

DESCRIPTIONS of pathogenic fungi and bacteria: n. 847. Wallingford: CAB International, 1986b.

DÍAZ, P.C.; ARMAS, E.; BARROS, A. La mancha angular de la caraota producida por *Isariopsis griseola* Sacc. en la cuenca del lago de Valencia. **Agromonia Tropical**, Maracy, v. 14, p. 261-275, 1965.

DISTRIBUTION maps of plant diseases: n. 328. 3. ed. Wallingford: CAB International, 1986a.

EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing variets. **Crop Science**, Madison, v. 6, p. 36-40, 1966.

ELLIS, M. B. **Dematiaceus hyphomycetes**. Kew: Commonwealth Mycological Institute, 1971.

FERREIRA, C. F. **Herança da resistência do feijoeiro à mancha-angular e identificação de marcador RAPD ligado ao gene de resistência**. 1998. 38 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

FERREIRA, D. F. **SISVAR para Windows 4.3**. Lavras: UFLA/DEX, 2003. Software.

FERREIRA, D. F. **Uso de recursos computacionais**. Lavras: UFLA, 2006. 123 p.

GALLANT, A. R. **Nonlinear statistical model**. New York: J. Wiley, 1942. 610 p.

GARCIA, A. **Análise temporal de doenças foliares do feijoeiro comum em Lavras, MG**. 1998. 56 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal Lavras, Lavras.

GUSMÁN, P.; GILBERTSON, R. L.; NODARI, R.; JOHNSON, W. C.; TEMPLE, S. R.; MANDALA, D.; MKANDAWIRE, A. B. C.; GEPTS, P. Characterization of variability in the fungus *Phaeoisariopsis griseola* suggest coevolution with the common bean (*Phaseolus vulgaris*). **Phytopathology**, Saint Paul, v. 85, p. 600-607, 1995.

HABGOOD, H. Designation of physiological races of plant pathogens. **Nature**, London, v. 227, n. 5264, p. 1268-1269, Sept. 1970.

HALL, R. **Compendium of bean diseases**. Ontário: The American Phytopathological Society, 1991. p. 1-17.

HARTUNG, K.; PIEPHO, H. P. Are ordinal rating scales better than percent rating? A statistical and “psychologica” view. **Euphytica**: netherlands journal of plant breeding, Wageningen, v. 155, p. 15-26, Nov. 2006.

HOCKING, D. A new virulent form of *Phaeoisariopsis griseola* causing circular leafspot of French beans. **Plant Disease Reporter**, Saint Paul, v. 51, n. 4, p. 276-278, 1967.

HORSFALL, J. G.; BARRATT, R. W. An improved grading system for measuring plant diseases. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 35, p. 655, 1945.

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

JAMES, W. C. **A manual of disease assessment keys for plant disease**. Ames: University, 1971. 80 p.

JESUS JÚNIOR, W. C.; VALE, F. X. R.; COELHO, R. R.; ZAMBOLIM, L. Relações entre severidade da mancha angular, duração e absorção da área foliar sadia e efetiva e produção na cultura do feijoeiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2002.

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

KRAUSE, W. **Alternativas para melhorar a eficiência dos experimentos de valor de cultivo e uso (VCU) na cultura do feijoeiro**. 2005. 63 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

LIEBENBERG, M. M.; PRETORIUS, Z. A. A review of angular leaf spot of commonbean (*Phaseolus vulgaris* L.). **African Plant Protection**, Queenswood, v. 3, n. 2, p. 81-106, 1997.

LOPES, D. B.; BERGER, R. D.; BERGAMIM FILHO, A. Absorção da área foliar sadia (HAA): uma nova abordagem para quantificação de dano e para manejo integrado de doença. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 20, n. 3/4, p. 143-151, 1994.

MARIN-VILLEGAS, L. **Variabilidad de *Asariopsis griseola* Sacc., agente causal de la mancha angular dei fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1959. Não paginado. Thesis (PhD) - Universidad de Caldas, Caldas.

MARQUES JÚNIOR, O. G. **Eficiência com experimentos com a cultura do feijão**. 1997. 80 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MONDA, E. O.; SANDERS, F. E.; HICK, A. Infection and colonization of bean leaf by *Phaseoliaropsis griseola*. **Plant Pathology**, Osney Mead, v. 50, n. 1, p. 103-110, Feb. 2001.

MORA, B. B. **Estimativa de perdas no rendimento de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) causadas pela mancha-angular (*Asariopsis griseola* Sacc.)**. 1983. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MORAES, S. A. Escalas diagramáticas para avaliar a intensidade das cercosporioses do amendoim. **O Agrônomo**, Campinas, v. 39, n. 1, p. 9-18, 1987.

MORAES, S. A. **Quantificação de doenças de plantas**. 2007. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_1/doencas/index.htm>. Acesso em: 1 abr. 2007.

NIETSCHÉ, S. **Identificação de raças de *Phaeoisariopsis griseola* e determinação de fontes de resistência em *Phaseolus vulgaris***. 1997. 47p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

NIETSCHÉ, S. **Mancha-angular do feijoeiro-comum: variabilidade genética do patógeno e identificação de marcadores moleculares ligados identificação de raças de *Phaeoisariopsis griseola* e determinação da resistência**. 2000. 56p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

NIETSCHÉ, S.; BORÉM, A.; ALZATE-MARIN, A. L.; COSTA, M.; ROCHA, R. C.; CAIXETA, E. T.; BARROS, E. G. de; MOREIRA, M. A. Variabilidade genética da patogenicidade de *Phaeoisariopsis griseola* no Brasil. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 28, n. 4, p. 331-335, out./dez. 2002.

NIETSCHÉ, S.; BORÉM, A.; CARVALHO, G. A.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. Fontes de resistência à mancha angular do feijoeiro em Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 45, n. 262, p.567-571, nov./dez. 1998.

NIETSCHÉ, S.; BORÉM, A.; CARVALHO, G. A.; PAULA JÚNIOR, T. J.; FERREIRA, C. F.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. Genetic diversity of *Phaeoisariopsis griseola* in the State of Minas Gerais. **Euphytica**: netherlands journal of plant breeding, Wageningen, v. 117, p. 77-84, 2001.

NIETSCHÉ, S.; BOREM, A.; CARVALHO, G. A.; ROCHA, R. C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. RAPD and SCAR markers linked to a gene conferring resistance to angular leaf spot in common bean. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 148, n. 2, p. 117-121, Feb. 2000.

NUNES, W. M. C. **Avaliação de danos causados pela antracnose (*Colletotrichum lindethianum* (Sacc. & Magn.) Scribner) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*)**. 1994. 72 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.

OLIVEIRA, E. J. de; ALZATE-MARIN, A. L.; BOREM, A.; MELO, C. L. P.; BARROS, E. G. de; MOREIRA, M. A. Reação de cultivares de feijoeiro comum a quatro raças de *Phaeoisariopsis griseola*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 220-223, mar./abr. 2004.

PARANAIBA, P. F. **Proposição e avaliação de métodos para estimar o tamanho ótimo de parcelas experimentais.** 2007. 63 p. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PARRELLA, N. N. L. D. **Seleção de famílias de feijão com resistência à antracnose, produtividade e tipo de grão carioca.** 2006. 49 p. Dissertação (Mestrado Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PASTOR-CORRALES, M. A.; JARA, C. La evolucion de *Phaeoisariopsis griseola* com el frijol comum en America Latina. **Fitopatologia Colombiana**, Santa Fé Bogotá, v. 19, n. 1, p. 15-22, 1995.

PASTOR-CORRALES, M. A.; JARA, C.; SINGH, S. P. Pathogenic variation in, sources of, and breeding for resistance to *Phaeoisariopsis griseola* causing angular leafspot in common bean. **Euphytica**: netherlands journal of plant breeding, Wageningen, v. 103, n. 2, p. 161-171, 1998.

PAULA JÚNIOR, T. J.; VIEIRA, R. F.; ZAMBOLIM, L. Manejo integrado de doenças do feijoeiro: feijão de alta produtividade. EPAMIG. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 99-103, 2004.

PEREIRA, H. S. **Seleção de linhagens de feijão tipo carioca com pirâmides de alelos de resistência à antracnose e outros fenótipos favoráveis.** 2003. 78p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PORTZ, L.; DIAS, C. T. dos S.; CYRINO, J. E. P. Regressão segmentada como modelo na determinação de exigências nutricionais em peixes. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 601-607, out./dez. 2000.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; GONÇALVES, R. J. S.; ROSA, H. J. A. Repercussão na ocorrência da Mancha Angular na produtividade de grãos de linhagens de feijão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 4., 2007, São Lourenço. **Anais...** São Lourenço: UFLA, 2007.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B. dos. Genetic progress in common bean after four cycles of recurrent selection. **Annual Report of the Bean Improvement Coöperative**, Fort Collins, v. 46, p. 47-48, 2003.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SILVA, F. B.; SILVA, V. M. P. Progresso genético do quinto ao sétimo ciclo de seleção recorrente no melhoramento genético do feijoeiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa, 2005.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 2000. 303 p.

RAVA, C. A.; SARTORATO, A.; CARVALHO, J. R. P. Yield losses in dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) caused by angular leaf spot (*Isariopsis griseola* Sacc.). **Annual Report of the Bean Improvement Cooperation**, Fort Collins, v. 28, n. 1, p. 5-6, 1985.

REZENDE, D. M. L. C. **Ajuste de modelos de platô de resposta aplicados ao estudo de exigências nutricionais de frangos de corte**. 2002. 76 p. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SANTOS FILHO, H. P.; FERRAZ, S.; VIEIRA, C. Resistência à mancha angular (*Isariopsis griseola* Sacc.) no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 23, n. 127, p. 226-230, 1976.

SARTORATO, A. Resistência do feijoeiro comum à mancha angular. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2002.

SARTORATO, A. **Resistência vertical e horizontal do feijoeiro comum a *Isariopsis griseola***. 1989. 131 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz”, Piracicaba.

SARTORATO, A.; ALZATE-MARIN, A. L. Analysis of the pathogenic variability of *Phaeoisariopsis griseola* in Brazil. (BIC). **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 47, p. 235-237, 2004.

SARTORATO, A.; NIETSCHKE, S.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. Inheritance of angular leaf spot resistance and RAPD markers linked to disease resistance gene in common beans. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 42, n. 2, p. 21-22, 1999.

SARTORATO, A.; NIETSCHKE, S.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. RAPD and SCAR markers linked to resistance gene to angular leaf spot in common beans. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 25, p. 637-642, 2000.

SARTORATO, A.; RAVA, C. A. Especialização fisiológica de *Isariopsis griseola* Sacc. em *Phaseolus vulgaris* L. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 10, n. 1/2, p. 58-59, jan./jun. 1984.

SARTORATO, A.; RAVA, C. A. Influência da cultivar e do número de inoculações na severidade da mancha angular (*Isariopsis griseola*) e nas perdas na produção do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 17, p. 247-251, 1992.

SARTORATO, A.; RAVA, C. A.; MENTEN, J. O. M.; BERGAMIN FILHO, A. Resistência vertical do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) a *Isariopsis griseola*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 1, p. 43-46, Feb. 1991.

SARTORATO, A.; RAVA, C. A.; RIOS, G. P. Doenças fúngicas e bacterianas da parte aérea. In: ARAÚJO, R. R.; RAVA, C. A.; STONE, L. F. ZIMMERMANN, M. J. O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. 786 p.

SARTORATO, A.; ZIMMERMANN, M. J. O.; RAVA, C. A.; CARNEIRO, J. E. S. Inheritance of dry bean resistance to *Isariopsis griseola*. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 19, n. 5, p. 30, 1993.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide**: version 8.1. 2. ed. Cary, 2001.

SCHOONHOVEN, A. van; PASTOR-CORRALES, M. A. (Comp.). **Standard system for evaluation of bean germplasm**. Cali: CIAT, 1987. 54 p.

SCHWARTZ, H. F.; CORREA, F. L.; PENEDA, P. A.; OTOYA, M. M.; KATHERMA, M. J. Dry bean yields losses caused by *Ascochyta*, angular and white leaf SDots in Colombia. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 65, n. 6, p. 494-496, June 1981.

SENGOOBA, T. N.; MUKIIB, J. Studies on inoculum sources of angular leaf spot of beans caused by *Phaeoisariopsis griseola* in Uganda. **Tropical Pest Management**, London, v. 32, n. 4, p. 288-291, Oct./Dec. 1986.

SINGH, A. K.; SAINI, S. S. Inheritance of resistance to angular leaf spot (*I. griseola* Sacc.) in bean (*P. vulgaris* L.) **Euphytica**: netherlands journal of plant breeding, Wageningen, v. 29, n. 1, p. 175-176, 1980.

SINGH, B. M.; SHARMA, Y. R. Screening of fungicides to control angular and floury leaf spots of beans. **Indian Journal of Mycology and Plant Pathology**, Calcutta, v. 6, p. 148-151, 1976.

SILVA, K. J. D. **Variabilidade entre isolados de *Phaeoisariopsis griseola***. 2007. 153 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SILVA, M. B. **Área foliar verde para estimar danos causados por doenças do feijoeiro comum**. 1997. 100 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SILVA, M. G. M. **Seleção de famílias superiores de feijoeiro com resistência a antracnose e mancha angular**. 2005. 80 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D. A. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 3. ed. Nova York: McGraw-Hill, 1997. 657 p.

STENGLEIN, S.; PLOPER, L. D.; VIZGARRA, O.; BALATTI, P. Angular leaf spot: A disease caused by fungus *Phaeoisariopsis griseola* (Sacc.) Ferraris ou *Phaseolus vulgaris* L. **Advances in Applied Microbiology**, London, v. 52, p. 209-243, 2003.

TANAKA, A.; FUJITA, K. Growth, photosynthesis and yield components in relation to grain yield of the field bean. **Journal of the Faculty of Agriculture Hokkaido University, LOCAL**, v. 59, p. 145-177, 1979.

TEIXEIRA, F. F. **Mapeamento de QTLs para caracteres do feijoeiro por meio de microssatélites**. 2004. 189 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

VALE, F. X. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; LIBERATO, J. R. **Quant** – a software for plant disease severity assessment. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF PLANT PATHOLOGY, 8., 2003, Christchurch. **Proceedings...** Christchurch: [s.n.], 2003. p. 105.

VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L. **Controle de doenças de plantas: grandes culturas**. Viçosa, MG: UFV, 1997. v. 1, p. 335-423.

VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão**: aspectos gerais e cultura no estado de Minas Gerias. Viçosa, MG: UFV, 1998. cap. 6, p. 123-152.

WAGARA, I. N.; MWANG'OMBE, A. W.; SIBOE, G. M. The occurrence and extent of pathogenic variation in *Phaeoisariopsis griseola* Sacc. in Kenya. In: REGIONAL MYCOLOGY, 3., 1995, Harare. **Proceedings...** Harare: African Mycological Association, 1995.

WAGGONER, P. E.; BERGER, R. D. Defoliation, disease and growth. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 77, p. 393-398, 1987.

WANG, A.; VARGAS, E.; MORA, B. Evaluation of the resistance of French bean cultivars to angular leaf spots (*Isariopsis griseo/a* Sacc.) by three methods, and estimation of field losses. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 75, n. 10, p. 1180, Oct. 1985.

YOUNG, R.; KELLY, J. D. RAPD markers linked to three major anthracnose resistance genes in common bean. **Crop Science**, Madison, v. 37, n. 3, p. 940-946, May/June 1996.

ZAUMEYER, W. J.; THOMAS, H. R. A monographic study of bean diseases and methods for their control. **Bulletin Agricultural Experiment Station United States of America**, Washington, n. 869, p. 255, 1957.

ANEXOS

ANEXO A	Página
TABELA 1A Valores médios de porcentagem de área sadia (ASF) e doente (ADF) da folha, obtidas na avaliação de linhagens em duas posições diferentes na planta, nas safras da seca 2006 em Lavras-MG.....	83
TABELA 2A Valores médios de porcentagem de área sadia (ASF) e doente (ADF) da folha, obtidas na avaliação de linhagens em duas posições diferentes na planta, nas safras das águas 2006/2007 em Lavras-MG.....	84
TABELA 3A Tamanho de parcela (número de folíolos), coeficiente de variação 1 (CV_1), quadrado médio do erro 1 entre as parcelas, com números iguais ou diferentes de folíolos, estimado na avaliação de linhagens na safra da seca/2006 em Lavras-MG.....	85
TABELA 4A Tamanho de parcela (número de folíolos), coeficiente de variação 2 (CV_1), quadrado médio do erro 2 entre as parcelas, com números iguais ou diferentes de folíolos, estimado na avaliação de linhagens na safra da seca/2006 em Lavras-MG....	86
TABELA 5A Tamanho de parcela (número de folíolos), coeficiente de variação 3 (CV_1), quadrado médio do erro 3 entre as parcelas, com números iguais ou diferentes de folíolos, estimado na avaliação de linhagens na safra da seca/2006 em Lavras-MG.....	87
TABELA 6A Tamanho de parcela (número de folíolos), coeficiente de variação 1 (CV_1), quadrado médio do erro 1 entre as parcelas, com números iguais ou diferentes de folíolos, estimado na avaliação de linhagens na safra das águas 2006/2007 em Lavras-MG.....	88
TABELA 7A Tamanho de parcela (número de folíolos), coeficiente de variação 2 (CV_1), quadrado médio do erro 2 entre as parcelas, com números iguais ou diferentes de folíolos, estimado na avaliação de linhagens na safra das águas 2006/2007 em Lavras-MG.....	89
TABELA 8A Tamanho de parcela (número de folíolos), coeficiente de variação 3 (CV_1), quadrado médio do erro 3 entre as parcelas, com números iguais ou diferentes de folíolos, estimado na avaliação de linhagens na safra das águas 2006/2007 em Lavras-MG.....	90

TABELA 1A Valores médios de porcentagem de área sadia (ASF) e doente (ADF) da folha, obtidos na avaliação de linhagens, em duas posições diferentes na planta, nas safras da seca 2006, em Lavras, MG.

Safra	Posição	Linhagem	ADF (%)	ASF (%)
2006	Alta	Talismã	13,75 a	86,26 c
		MAI – 2 – 5	9,67 b	90,33 b
		CV – 46	8,53 b	91,47 b
		VC – 3	7,83 b	92,17 b
		Carioca – MG	7,33 b	92,68 b
		ESAL – 686	6,68 c	93,32 a
		LH – 11	5,28 c	94,72 a
		Pérola	4,75 c	95,26 a
		BRS-Horizonte	4,65 c	95,35 a
		OP-NS-331	4,43 c	95,57 a
	CV - 55	3,88 c	96,12 a	
	MAI – 18 – 13	2,23 c	97,77 a	
	Baixa	Talismã	18,81 a	81,19 b
		MAI – 18 – 13	13,33 b	86,67 a
		BRS-Horizonte	13,31 b	86,69 a
		CV - 55	13,04 b	86,96 a
		VC – 3	12,66 b	87,34 a
		Carioca – MG	12,43 b	87,57 a
		MAI – 2 – 5	11,32 b	88,68 a
		OP-NS-331	10,84 b	89,17 a
CV – 46		10,4 b	89,6 a	
Pérola		9,8 b	90,2 a	
LH – 11	9,33 b	90,67 a		
ESAL – 686	8,72 b	91,29 a		

* Média seguidas da mesma letra na mesma coluna, dentro de cada posição, são iguais entre si, pelo teste Scott-Knott (1974), a 5%.

TABELA 2A Valores médios de porcentagem de área sadia (ASF) e doente (ADF) da folha, obtidos na avaliação de linhagens em duas posições diferentes na planta, na safra das águas 2006/2007, em Lavras, MG.

Safra	Posição	Linhagem	ADF (%)	ASF (%)
2006/2007	Alta	ESAL – 686	19,30 a	80,70 b
		Talismã	18,91 a	81,09 b
		BRS-Horizonte	18,64 a	81,36 b
		MAI – 2 – 5	17,19 a	82,82 b
		Carioca – MG	16,04 a	83,97 b
		LH – 11	15,07 a	84,93 b
		CV - 55	11,02 b	88,98 a
		MAI – 18 – 13	10,91 b	89,09 a
		CV – 46	10,69 b	89,31 a
		VC – 3	10,08 b	89,92 a
	Baixa	Pérola	9,51 b	90,49 a
		OP-NS-331	8,25 b	91,75 a
		LH – 11	23,66 a	76,34 b
		MAI – 2 – 5	21,07 a	78,93 b
		ESAL – 686	20,73 a	79,27 b
		Carioca – MG	20,39 a	79,61 b
		Talismã	19,39 a	80,61 b
		BRS-Horizonte	19,28 a	80,73 b
		Pérola	19,05 a	80,95 b
		CV - 55	15,95 b	84,05 a
MAI – 18 – 13	15,87 b	84,13 a		
CV – 46	13,51 b	86,49 a		
OP-NS-331	11,57 b	88,43 a		
VC – 3	11,56 b	88,45 a		

* Média seguidas da mesma letra na mesma coluna, dentro de cada posição, são iguais entre si, pelo teste Scott-Knott (1974), a 5%.

TABELA 3A Tamanho de parcela (número de folíolos), coeficiente de variação 1 (CV_1), quadrado médio do erro 1 entre as parcelas, com números iguais ou diferentes de folíolos, estimados na avaliação de linhagens na safra da seca/2006, em Lavras, MG.

Tamanho da parcela (X)	$CV_{(X)1}$	QME_1
10	12,86	133,77
10	10,8	97,7
10	11,18	103,04
10	10,56	91,91
10	9,75	78,23
10	11,84	116,11
20	11,02	99,91
20	11,08	100,36
20	10,9	96,97
20	10,27	86,14
20	11,79	113,84
20	10,66	94,42
30	10,67	93,79
30	10,4	89,74
30	10,04	83,04
30	10,76	95,46
30	10,56	91,28
30	10,1	83,6
40	10,37	88,65
40	10,05	83,24
40	10,47	90,44
40	9,98	81,68
40	10,49	90,46
40	10,18	85,06
50	9,95	81,61
50	10,29	87,27
50	10,06	83,12
50	9,99	82,21
50	10,04	83,17
50	9,79	79,3
60	9,78	78,7

TABELA 4A Tamanho de parcela (número de folíolos), coeficiente de variação 2 (CV_1), quadrado médio do erro 2 entre as parcelas, com números iguais ou diferentes de folíolos, estimados na avaliação de linhagens na safra da seca/2006, em Lavras, MG.

Tamanho da parcela (X)	$CV_{(X)2}$	QME_2
10	5,39	23,46
10	4,49	16,91
10	6,07	30,41
10	6,09	30,61
10	5,84	28,09
10	5,89	28,7
20	3,76	11,67
20	4,77	18,55
20	5,2	22,04
20	4,5	16,53
20	4,95	20,03
20	3,79	11,94
30	3,63	10,86
30	3,92	12,68
30	3,66	11,04
30	3,73	11,51
30	4,75	18,48
30	3,99	13,02
40	3,82	12,04
40	3,38	9,43
40	3,53	10,28
40	4,19	14,41
40	4,44	16,19
40	4,21	14,58
50	3,6	10,68
50	3,72	11,43
50	3,96	12,86
50	3,62	10,78
50	3,23	8,62
50	3,34	9,25
60	3,57	10,48

TABELA 5A Tamanho de parcela (número de folíolos), coeficiente de variação 3 (CV_3), quadrado médio do erro 3 entre as parcelas, com números iguais ou diferentes de folíolos, estimados na avaliação de linhagens na safra da seca/2006, em Lavras, MG.

Tamanho da parcela (X)	$CV_{(X)3}$	QME_3
10	6,57	34,95
10	6,02	30,34
10	5,78	27,53
10	6,36	33,34
10	6,39	33,65
10	6,89	39,35
20	5,36	23,64
20	5,01	20,54
20	5,37	23,57
20	4,98	20,24
20	5,48	24,56
20	5	20,74
30	4,74	18,54
30	4,83	19,23
30	4,51	16,72
30	4,75	18,54
30	4,63	17,53
30	4,52	16,72
40	4,46	16,36
40	4,31	15,32
40	4,43	16,22
40	4,37	15,64
40	4,57	17,16
40	4,74	18,43
50	4,2	14,56
50	4,34	15,53
50	4,41	16,01
50	4,37	15,74
50	4,24	14,86
60	4,06	13,56

TABELA 6A Tamanho de parcela (número de folíolos), coeficiente de variação 1 (CV_1), quadrado médio do erro 1 entre as parcelas, com números iguais ou diferentes de folíolos, estimados na avaliação de linhagens na safra das águas 2006/2007, em Lavras, MG.

Tamanho da parcela (X)	$CV_{(X)1}$	QME_1
10	11,89	100,84
10	13,43	126,56
10	11,43	93,49
10	14,07	139,19
10	11,91	99,25
10	11,48	95,86
20	12,16	104,6
20	10,84	83,89
20	12,00	102,06
20	10,93	84,48
20	10,49	79,24
20	11,68	96,61
30	11,32	91,05
30	11,98	101,39
30	11,41	91,79
30	11,01	86,47
30	11,33	91,24
30	10,54	78,79
40	11,47	93,23
40	10,98	85,23
40	10,56	79,63
40	11,09	87,15
40	10,54	79,45
40	10,86	83,89
50	11,25	89,42
50	10,86	83,43
50	10,56	79,44
50	11,04	86,43
50	10,50	78,41
50	10,91	84,48
60	10,78	82,55

TABELA 7A Tamanho de parcela (número de folíolos), coeficiente de variação 2 (CV_1), quadrado médio do erro 2 entre as parcelas, com números iguais ou diferentes de folíolos, estimados na avaliação de linhagens na safra das águas 2006/2007, em Lavras, MG.

Tamanho da parcela (X)	$CV_{(X)2}$	QME_2
10	6,06	26,21
10	6,13	26,35
10	6,93	34,34
10	6,60	30,64
10	6,11	26,17
10	4,03	11,8
20	4,31	13,13
20	4,83	16,64
20	5,74	23,31
20	4,94	17,21
20	4,16	12,47
20	5,47	21,18
30	4,28	12,99
30	4,47	14,09
30	4,10	11,87
30	3,78	10,18
30	5,09	18,42
30	4,50	14,36
40	4,44	13,97
40	4,11	11,97
40	4,01	11,49
40	4,81	16,37
40	4,57	14,94
40	4,56	14,8
50	4,33	13,25
50	4,19	12,47
50	4,48	14,28
50	4,09	11,88
50	3,97	11,21
50	4,41	13,8
60	4,16	12,27

TABELA 8A Tamanho de parcela (número de folíolos), coeficiente de variação 3 (CV_3), quadrado médio do erro 3 entre as parcelas, com números iguais ou diferentes de folíolos, estimados na avaliação de linhagens na safra das águas 2006/2007, em Lavras, MG.

Tamanho da parcela (X)	$CV_{(X)3}$	QME_3
10	6,67	31,73
10	6,89	33,27
10	7,06	35,6
10	7,56	40,22
10	7,39	38,25
10	5,74	24,00
20	5,34	20,16
20	5,54	21,92
20	5,55	21,82
20	5,22	19,22
20	4,61	15,28
20	5,56	21,87
30	4,93	17,24
30	4,88	16,84
30	4,75	15,93
30	4,38	13,7
30	5,31	20,06
30	4,67	15,48
40	4,82	16,46
40	4,45	14,03
40	4,29	13,14
40	4,84	16,59
40	4,68	15,64
40	4,74	15,96
50	4,55	14,67
50	4,41	13,86
50	4,54	14,7
50	4,45	14,02
50	4,19	12,48
50	4,67	15,44
60	4,34	13,37