

**MULTILINHAS VISANDO ATENUAÇÃO DOS  
ESTRESSES BIÓTICOS E MAIOR  
ESTABILIDADE FENOTÍPICA NO  
FEIJOEIRO**

**FLÁVIA BARBOSA SILVA**

**2008**

**FLÁVIA BARBOSA SILVA**

**MULTILINHAS VISANDO ATENUAÇÃO DOS ESTRESSES  
BIÓTICOS E MAIOR ESTABILIDADE FENOTÍPICA NO  
FEJJOEIRO**

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. Magno Antonio Patto Ramalho

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2008

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

Silva, Flávia Barbosa.

Multilinhas visando atenuação dos estresses bióticos e maior estabilidade fenotípica no feijoeiro / Flávia Barbosa Silva. – Lavras : UFLA, 2008.

86 p. : il.

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

Orientador: Magno Antonio Patto Ramalho.

Bibliografia.

1. *Phaseolus vulgaris*. 2. Mistura de linhagens. 3. Antracnose. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 635.652

**FLÁVIA BARBOSA SILVA**

**MULTILINHAS VISANDO ATENUAÇÃO DOS ESTRESSES  
BIÓTICOS E MAIOR ESTABILIDADE FENOTÍPICA NO  
FEIJOEIRO**

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 07 de agosto de 2008.

Prof. Dr. Moacil Alves de Souza	UFV
Dr. Trazilbo José de Paula Júnior	EPAMIG
Prof <sup>ª</sup> . Dr <sup>ª</sup> . Elaine Aparecida de Souza	UFLA
Prof. Dr. João Bosco dos Santos	UFLA

Prof. Dr. Magno Antonio Patto Ramalho  
UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL

2008

A Deus,

*Pela vida, proteção e por caminhar sempre ao meu lado, carregando-me no colo nos momentos mais difíceis*

### **OFEREÇO**

*Aos meus pais, Joaquim e Regina, pela indiscutível educação, torcida e, principalmente, pelo amor incondicional durante toda a minha vida; a minha irmã, Fafá, pela alegria e palavras de incentivo durante os momentos de dificuldade e ao Rodrigo, pelo imenso amor e companheirismo*

### **DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, saúde, ânimo e força para nunca desistir.

Aos meus pais, Joaquim e Regina, pelo amor e apoio durante minha caminhada. E, novamente, digo: sem vocês eu não conseguiria.

Ao meu marido, Rodrigo, pelo incentivo, amor e companheirismo em todos os momentos.

A minha irmã, Fabiana, pela alegria e otimismo, que me proporciona, mesmo distante.

A minha família, pelo carinho, torcida e, essencialmente, pelas orações.

Ao professor, orientador, amigo e pai, Magno, pela sabedoria, paciência e conselhos concedidos; pela disponibilidade em todos os momentos, principalmente quando mais precisei, e pela grande amizade construída. Exemplo de profissional. Vou levar seus ensinamentos e sua presença por toda a minha vida.

À co-orientadora, tia e madrinha, pesquisadora Ângela de Fátima Barbosa Abreu, pelos conselhos profissionais e, principalmente, pessoais tão importantes durante todo o doutorado; pela amizade, apoio e paciência. Sua presença foi essencial para o término dessa fase em minha vida

Aos membros da banca, pesquisador Trazilbo José de Paula Júnior, professores Moacil Alves de Souza, Elaine Aparecida de Souza e João Bosco dos Santos, pelas valiosas sugestões para o engrandecimento do trabalho.

Aos professores João Candido de Souza, Elaine, César Brasil e Flávia Avelar, pelos ensinamentos e contribuição para minha formação.

Ao CNPq, pela bolsa concedida.

A FAPEMIG, pelo financiamento do projeto.

A Meires e sua família, pela grande torcida para a realização desse sonho.

Aos meus sempre grandes amigos Juarez, Vanessa, José Ângelo e José Luis, por estarem sempre me apoiando, pela grande amizade, mesmo distantes.

A todos os amigos do GEN, principalmente Isabela, Lívia, Gra, Ana, Adriano, Alex, Breno, Hugo, Ricardo, Paula, Marcela, Flávia, Ranoel, Cris, Zelinha que, direta ou indiretamente, me auxiliaram na realização deste trabalho.

Aos funcionários de campo, Léo e Lindolfo, pela amizade, ajuda e disposição na condução dos experimentos.

À amiga e secretária, Elaine Ribeiro, pela paciência e auxílio durante toda essa caminhada.

Aos funcionários do DBI, Zélia, Rafaela e Irondina, pela amizade, prazerosa convivência e disposição oferecidas.

A todos que estiveram presentes e contribuíram para a realização deste trabalho, MUITO OBRIGADA!

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Estresses bióticos e a cultura do feijoeiro.....	3
2.2 Variabilidade patogênica de <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> .....	6
2.3 Controle genético da resistência a <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> .....	10
2.4 Estratégias na obtenção de cultivares com resistência genética duradoura.....	11
2.5 Uso de multilinhas como estratégia para aumentar a resistência às doenças.....	14
2.6 Interação genótipos x ambientes.....	17
2.7 Capacidade de competição entre plantas em misturas de linhagens.....	21
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26
CAPÍTULO 1: Multilinhas como estratégia para reduzir os danos devido a <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> no feijoeiro .....	35
Resumo.....	36
Abstract.....	37
1 Introdução.....	38
2 Material e Métodos.....	40
2.1 Local.....	40
2.2 Identificação e avaliação das linhagens com diferentes padrões de resistência.....	40

2.3 Análises dos dados.....	43
3 Resultados e Discussão.....	46
4 Conclusões.....	59
5 Referências Bibliográficas.....	60
CAPÍTULO 2: Estimativas de parâmetros de compensação e de estabilidade visando à obtenção de multilinhas na cultura do feijoeiro.....	64
Resumo.....	65
Abstract.....	66
1 Introdução.....	67
2 Material e Métodos.....	69
2.1 Locais e linhagens avaliadas.....	69
2.2 Análises dos dados.....	71
3 Resultados e Discussão.....	74
4 Conclusões.....	84
5 Referências Bibliográficas.....	85

## RESUMO

SILVA, Flávia Barbosa. **Multilinhas visando atenuação dos estresses bióticos e maior estabilidade fenotípica no feijoeiro.** 2008. 86p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, MG.\*

O presente trabalho foi realizado com o intuito de verificar se o uso de multilinhas é eficiente em atenuar os estresses bióticos e promover maior estabilidade fenotípica no feijoeiro. Para isso foram desenvolvidas duas estratégias. A primeira objetivou obter informações a respeito da capacidade da multilinha em reduzir os danos devido aos estresses bióticos e na segunda estratégia, foram estimados os parâmetros de compensação e de estabilidade, visando auxiliar na escolha de linhagens para comporem a mistura. Foram avaliadas, na primeira estratégia, sete linhagens de feijoeiro com grãos tipo carioca, diferindo no ciclo, hábito de crescimento e reação aos patógenos *Colletotrichum lindemuthianum* e *Pseudocercospora griseola*, e a mistura de todas elas em igual proporção. Verificou-se, por meio dos intervalos de confiança do coeficiente de regressão linear ( $b_1$ ), que a estimativa obtida pela multilinha não diferiu do apresentado pela linhagem MA-II-22, que mostrou o menor progresso da doença com o tempo. Não houve diferenças entre as estimativas da área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) entre a multilinha e as linhagens resistentes. Em relação à produtividade de grãos, a multilinha apresentou desempenho semelhante ao das linhagens mais produtivas. Na segunda estratégia, foram utilizadas as mesmas sete linhagens, exceto a CI-107. As linhagens foram misturadas, duas a duas, em igual proporção. Constatou-se que a cultivar Talismã apresentou maior estimativa positiva da capacidade geral de compensação ( $c_i$ ), sendo boa para ser utilizada em mistura, pois complementa bem a outra linhagem. O par Carioca + MA-II-16 apresentou boa combinação, tendo obtido maior estimativa positiva da capacidade específica de compensação ( $s_{ij}$ ). As misturas apresentaram, em média, menor contribuição para a interação do que as linhagens em monocultivo. Infere-se, portanto, que o uso de multilinhas é eficiente em atenuar os estresses bióticos e abióticos e a obtenção de estimativas de parâmetros de compensação auxilia na escolha de linhagens que irão compor a mistura.

---

Comitê de orientação: Magno Antonio Patto Ramalho – UFLA (Orientador); Ângela de Fátima Barbosa Abreu – Embrapa Arroz e Feijão/UFLA (Co-orientadora)

## ABSTRAT

SILVA, Flávia Barbosa. **Multilines to attenuate biotic stress and increase phenotypic stability in common bean.** 2008. 86p. Thesis (Doctor's degree in Plant Genetics and Breeding) – Universidade Federal de Lavras, MG.\*

This study was conducted to verify whether the use of multilines is efficient to attenuate effects of biotic stress and increase the phenotypic stability in common bean, using two strategies. The first objective was to obtain information on the capacity of the multiline to reduce the damage caused by biotic stress. The second strategy estimated parameters of compensation and stability to orientate the choice of lines to compose the mixture. In the first approach, seven common bean lines with carioca grain, differing in cycle, growth habit and reaction to the pathogens *Colletotrichum lindemuthianum* and *Pseudocercospora griseola* were evaluated, as well as the mixture of them all in equal shares. The confidence intervals of coefficients of linear regression ( $b_1$ ) showed that the estimate based on the multiline did not differ from that of line MA-II-22, where the disease progress was slower. There was no difference between the estimates of the area under the disease-progress curve (AUDPC) between the multiline and the resistant lines. For grain yield, the performance of the multiline was similar to the high-yielding lines. The same seven lines were used for the second approach, apart from CI-107. The lines were mixed pairwise in equal proportion. A higher positive general compensation ability ( $c_i$ ) estimate was observed for cultivar Talismã, is indicated for a mixture since it is complementary to the other line. The pair Carioca + MA-II-16 with the highest positive specific compensation ability ( $s_{ij}$ ) estimate proved to be a good combination. The contribution of the mixtures to interaction was on average lower than that of lines in monoculture. The conclusion was drawn that the use of multilines is efficient to attenuate biotic and abiotic stress types. The estimates of compensation parameters are useful indicating suitable lines to be chosen for the mixture.

---

\*Committee members: Magno Antonio Patto Ramalho – UFLA (Advisor); Ângela de Fátima Barbosa Abreu – Embrapa Arroz e Feijão/UFLA (Co-advisor)

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de feijão (*Phaseolus vulgaris*). Contudo, ainda há grande instabilidade na produção, decorrente de uma série de fatores. Entre eles, destaca-se a diversidade de sistemas de manejo. Existem desde agricultores tipicamente de subsistência com praticamente nenhum emprego de tecnologia, até as grandes empresas rurais, que utilizam todas as técnicas disponíveis. Outro fator responsável por proporcionar grandes oscilações na produtividade é a ocorrência dos estresses bióticos e abióticos.

No caso dos estresses bióticos, os patógenos têm grande importância. Entre eles, destaca-se o *Colletotrichum lindemuthianum*, fungo causador da antracnose no feijoeiro (Rava et al., 1994; Sartorato e Alzate-Marín, 2004). Foi constatado que esse patógeno possui vários patótipos, o que dificulta os trabalhos de melhoramento. Algumas alternativas têm sido propostas para aumentar a duração da resistência e a mais estudada recentemente é a piramidação de genes. Por meio dela, espera-se acumular, nos diferentes locos envolvidos no controle genético do caráter, os alelos de resistência (Alzate-Marín et al., 2001). Essa estratégia é trabalhosa e não há garantia de que não possa surgir um novo patótipo que quebre novamente a resistência. Outra opção é o uso de multilinhas. Nesse caso, seriam misturadas linhagens com diferentes alelos de resistência. A pressão de seleção no patógeno é menor e a durabilidade da resistência provavelmente será maior.

Com relação aos estresses abióticos e diferenças no sistema de manejo, o problema poderia ser atenuado por meio da recomendação de cultivares mais estáveis (Kang e Gauch Jr., 1996; Cruz et al., 2004). Tem sido mostrado que as cultivares constituídas por uma mistura de genótipos apresentam maior estabilidade que a maioria das cultivares constituídas por uma linha pura

(Becker e Léon, 1988). Assim, o emprego de multilinhas, referido anteriormente, poderia não só proporcionar maior durabilidade da resistência aos patógenos, como também maior estabilidade na presença de variação para outros fatores ambientais.

Especialmente os agricultores de subsistência, no Brasil, não adquirem sementes regularmente, reutilizando os grãos colhidos para o próximo plantio. As “cultivares” utilizadas por eles, entretanto, envolvem uma mistura de um grande número de linhagens que, muitas vezes, possuem grãos de diferentes cores, gerando restrições no momento da comercialização. Como, atualmente, nos programas de melhoramento, há disponíveis algumas centenas de linhagens de grãos tipo carioca, com diferentes reações aos principais patógenos que prejudicam o feijoeiro, a obtenção de cultivares “multilinhas” seria uma boa estratégia. Contudo, para se obter sucesso no emprego de multilinhas é necessário, além da identificação de linhagens com diferentes reações de resistência aos patógenos relevantes de determinada cultura, selecionar aquelas que apresentem boa capacidade de compensação em mistura, ou seja, linhagens que possuam boa complementação.

Diante do exposto, os objetivos deste trabalho foram: 1. verificar se a mistura de linhagens de feijoeiro de grãos tipo carioca reduz o progresso do fungo *C. lindemuthianum* e possíveis danos à produtividade de grãos sob condições de cultivo; 2. obter estimativas da capacidade de compensação de linhagens de feijoeiro, bem como verificar se a mistura das linhagens possuem maior estabilidade que as suas linhagens componentes.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Estresses bióticos e a cultura do feijoeiro

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) é uma cultura de grande importância econômica e social para o Brasil. Seus grãos constituem uma das principais e mais acessíveis fontes de proteína e de energia para a população, sobretudo de menor renda. Por essa razão, o país é o maior produtor e consumidor mundial dessa leguminosa. Merece destaque o estado de Minas Gerais, responsável por cerca de 16% da produção nacional de feijão, o segundo maior do Brasil, com área plantada de, aproximadamente, 424 mil hectares (CONAB, 2008).

A produtividade de grãos de feijão no país, embora crescente, ainda é pequena. Há vários fatores que contribuem para a redução na produtividade. Miklas (2006) apresenta uma revisão dos principais estresses bióticos que afetam a cultura. Dentre eles, a ocorrência de vírus, bactérias, fungos e de determinados tipos de pragas.

É preciso salientar que o principal estresse biótico que afeta a produtividade de grãos de feijoeiro no país é a ocorrência de doenças causadas por fungos. Entre elas, destacam-se a mancha-angular, causada pelo fungo *Pseudocercospora griseola* e a antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum lindemuthianum*. Há, também, outras doenças que, dependendo das condições, podem causar sérios danos. Uma descrição destes patógenos é apresentada por Paulo Júnior & Zambolim (2006). Nesta revisão, entretanto, a ênfase será direcionada ao *C. lindemuthianum*.

A antracnose, no feijoeiro comum, possui distribuição ampla, tendo sido constatada em diversos países da África, América, Ásia, Europa e na Austrália, onde provoca prejuízos de ordem econômica. No Brasil, ela ocorre na maioria

dos estados produtores, sobretudo em Minas Gerais, Paraná e Rio Grande do Sul. Em Minas Gerais, a doença não chega a ser importante em regiões mais secas e quentes, como o norte, o noroeste e o leste (Vieira et al., 2005).

O fungo, na fase anamórfica, é denominado *Colletotrichum lindemuthianum* e pertence à classe Deuteromycetes, ordem Melanconiales, família Melanconiaceae. Produz conídios unicelulares, num corpo de frutificação denominado acérvulo. Sob condições favoráveis, produz um tubo germinativo curto, formando um apressório na extremidade. O micélio septado e ramificado é inicialmente hialino e, posteriormente, escuro, à medida que envelhece. A fase sexual ou telomórfica desse fungo corresponde a *Glomerella cingulata* (Stonem Spauld & V. Schrenk f. sp. phaseoli), pertence à classe dos Ascomycetes e à ordem Diaportales. Nesta fase, o fungo produz peritécio e ascos, dentro dos quais se originam os esporos, denominados de ascósporos (Kimati, 1970). Não há relatos da ocorrência da forma sexual do fungo em condições de campo, tendo sido encontrada somente sob condições de laboratório (Roca, 1997; Camargo Júnior et al., 2007).

A doença é favorecida por temperaturas moderadas, entre 15°C a 22°C, associadas à alta umidade relativa do ar, acima de 95% e precipitação freqüente. Temperaturas superiores a 30°C e inferiores a 13°C limitam tanto a infecção como o desenvolvimento do fungo (Crispín et al., 1976). Para que a antracnose ocorra, é necessário que as condições ambientais sejam favoráveis por um período de, no mínimo, seis a nove horas (Pastor-Corrales & Tu, 1994).

O patógeno sobrevive no solo associado a restos de cultura por um a dois anos, mas a maior fonte de inóculo, do ponto de vista epidemiológico, são as sementes infectadas. A disseminação do fungo também ocorre por meio de ventos, respingos de água de chuva e irrigação. Chuvas moderadas e freqüentes são necessárias para que a doença ocorra em maior intensidade (Zaumeyer & Thomas, 1957).

Em trabalho desenvolvido por Pinto et al. (2001), maior incidência da antracnose ocorreu no plantio da seca, devido às temperaturas amenas e ao uso da irrigação por aspersão. A irrigação proporcionou a umidade necessária para germinar e foi veículo para dispersar os conídios dos acérvulos a curtas distâncias. Assim, em condições de temperaturas amenas e alta umidade, há rápida disseminação do patógeno e progresso da doença no espaço, mesmo com baixo nível de infecção. Garcia (1998) também demonstrou a ocorrência de antracnose em todas as épocas de semeadura, com maior incidência e severidade no plantio da seca.

Os sintomas da antracnose podem aparecer em toda a parte aérea da planta (Crispín et al., 1976; Chaves, 1980), dependendo da fonte de inóculo e da intensidade da doença. Quando a fonte da infecção é a semente, os primeiros sintomas são lesões necróticas nas folhas cotiledonares. Nas folhas, as lesões ocorrem, inicialmente, na face abaxial, ao longo das nervuras, como pequenas manchas de cor vermelho-alaranjada, tornando-se, com o tempo, de cor escura. A infecção pode ocorrer também na haste da folha, apresentando sintomas de manchas e cancos. Em casos severos, há o enfraquecimento dessas regiões a tal ponto que a folha dobra-se no sítio da lesão. Os sintomas mais típicos da doença ocorrem nas vagens, sendo caracterizados por lesões arredondadas, deprimidas, de tamanho variável, apresentando o centro claro, delimitado por um anel negro levemente protuberante que, geralmente, se acha rodeado por um bordo de coloração vermelho-alaranjada. As lesões podem coalescer e cobrir parcialmente as vagens. Em condições de temperatura e umidade favoráveis, forma-se uma massa de esporos de coloração rosada no centro das lesões (Sartorato, 1988).

Segundo Vieira et al. (2005), os danos ocasionados pela antracnose podem ser da ordem de 100%, quando se utilizam sementes infectadas sob condições favoráveis para o desenvolvimento da doença. A antracnose também

deprecia a qualidade do produto por ocasionar manchas nos grãos, tornando-os indesejáveis para o consumo.

O controle da antracnose do feijoeiro pode ser alcançado pelo uso de práticas culturais, como a utilização de sementes sadias e tratadas com fungicidas, rotação de culturas com plantas não hospedeiras e pelo uso de defensivos agrícolas. Porém, o método de controle mais eficiente, prático e econômico é a utilização de cultivares resistentes. Tal procedimento, contudo, é dificultado pelo fato de o *C. lindemuthianum* possuir grande variabilidade patogênica (Ishikawa et al., 2005), o que torna a vida útil de uma cultivar resistente efêmera.

## **2.2 Variabilidade patogênica de *Colletotrichum lindemuthianum***

A primeira comprovação da existência de variabilidade patogênica do fungo *Colletotrichum lindemuthianum* foi realizada por Barrus (1911). Esse autor verificou reações de suscetibilidade diferenciada nas cultivares de feijoeiro quando inoculadas com isolados de diferentes procedências. No Brasil, o primeiro estudo de identificação de raças foi realizado por Kimati, em 1966, utilizando isolados coletados no estado de São Paulo, onde foram caracterizadas raças pertencentes aos grupos Alfa Mexicano II e Delta (Augustin & Costa, 1971).

Porém, havia grande dificuldade na troca de informações entre pesquisadores, devido a diferenças nas metodologias e nomenclaturas utilizadas para a caracterização do patógeno (Alzate-Marin et al., 2001), surgindo a necessidade de utilizar uma metodologia padrão para a identificação e a denominação das raças.

A comparação de resultados experimentais só foi possível após a Primeira Reunião Latino Americana da Antracnose do Feijoeiro, realizada no CIAT, quando houve a padronização de doze cultivares diferenciadoras (Tabela 1) e o uso do sistema binário para classificar as raças do patógeno.

TABELA 1. Conjunto de cultivares diferenciadoras de feijoeiro para a caracterização de raças fisiológicas de *C. lindemuthianum*.

Cultivares diferenciadoras	Série binomial	Valor binário	Reação
1 Michelite	$2^0$	1	<b>S*</b>
2 MDRK	$2^1$	2	R
3 Perry Marrow	$2^2$	4	R
4 Cornell 49-242	$2^3$	8	R
5 Widusa	$2^4$	16	R
6 Kaboon	$2^5$	32	R
7 México 222	$2^6$	64	<b>S*</b>
8 PI 207262	$2^7$	128	R
9 TO	$2^8$	256	R
10 TU	$2^9$	512	R
11 AB136	$2^{10}$	1024	R
12 G2333	$2^{11}$	2048	R

\* Exemplo hipotético: raça 65 (reação de suscetibilidade nas diferenciadoras Michelite e México 222, logo  $2^0+2^6 = 1 + 64 =$  raça 65)

O fungo *C. lindemuthianum* apresenta grande diversidade de raças patogênicas em todo o mundo (Mahuku & Riascos, 2004). No Brasil, vários são os trabalhos realizados a esse respeito (Sartorato et al., 2002; Talamani et al., 2004). No estado de São Paulo, Carbonell et al. (1999) verificaram a existência de diferentes raças fisiológicas do fungo *C. lindemuthianum*. Estes autores identificaram nove raças (23, 31, 65, 73, 81, 87, 89, 95 e 127), havendo predominância das raças 81, 89 e 65, tendo a raça 89 demonstrado ser a mais virulenta, entre todas as raças fisiológicas coletadas, apresentando potencialidade de redução na produção em até 100%. Verificaram também que nenhum dos isolados identificados “quebrou” a resistência das variedades diferenciadoras TO, TU, AB136 e G2333, muito utilizadas em cruzamentos nos programas de melhoramento para a resistência ao patógeno.

Coletando isolados de diversas regiões do país, Sartorato (2002) identificou 26 raças, tendo as raças 77, 85, 93, 96, 105, 109, 111, 123, 125, 127, 193, e 321 sido constatadas pela primeira vez no Brasil. As raças 65, 69, 73 e 81 foram as que apresentaram maior distribuição geográfica e, em Minas Gerais, as raças 81 e 65 predominaram.

Analisando a variabilidade patogênica de *C. lindemuthianum* no Brasil, Alzate-Marin et al. (2004) inferiram que, entre 1994 e 2004, foi identificado um total de 50 raças desse patógeno no país. As raças 65, 73, 81 e 87 foram as mais frequentes, amplamente distribuídas e comumente encontradas nos estados do Paraná, Santa Catarina, Goiás e Distrito Federal. No Paraná, foi observada maior variabilidade (29 raças), seguido de Goiás (17 raças), Santa Catarina (16 raças) e Rio Grande do Sul (14 raças). Os autores constataram que cultivares diferenciadoras carregando o gene *Co-4* e seus alelos e os genes *Co-6* e *Co-5*, individualmente ou em associação com outros genes, conferem alta resistência para essa doença no país. O alelo *Co-2* de Cornell 49-242 confere resistência a 29 raças, incluindo as raças 65, 81 e 87, amplamente distribuídas no Brasil.

Relatos sobre a existência de variabilidade patogênica do *C. lindemuthianum* foram realizados também no estado de Santa Catarina, por Vidigal et al. (2004). Foram utilizados 18 isolados, coletados em quatro municípios, detectando-se a presença das raças 17, 65, 67, 73, 75, 83, 89 e 101. A raça 67 demonstrou maior frequência, representando 22% do total dos isolados estudados. As cultivares diferenciadoras PI 207262, TO, TU, AB136 e G2333 foram as principais fontes de resistência para as oito raças identificadas.

Ao estudarem 43 isolados provenientes de regiões produtoras de feijoeiro de diferentes municípios de Minas Gerais, um isolado obtido em Goiás, dois do Paraná e um do estado de São Paulo, Talamani et al. (2004) identificaram 11 raças fisiológicas do patógeno. As raças, em ordem decrescente de frequência, foram: 65, 81, 337, 87, 73, 64, 593, 83, 89 e 8. Nesse estudo, somente as cultivares diferenciadoras Kaboon, PI 207262, AB136 e G2333 não foram suscetíveis aos isolados avaliados e poderiam ser utilizadas como fontes de resistência no Brasil.

Mais recentemente, Ishikawa et al. (2005) realizaram levantamento de raças de *C. lindemuthianum* de regiões produtoras de feijão no país. Para isso, foram utilizados 35 isolados provenientes de municípios de Minas Gerais, do Paraná e de Goiás. Entre os 35 isolados estudados, 22 pertenciam à raça 65, sete isolados à raça 81, dois isolados pertencentes à raça 64 e apenas um isolado das raças 72, 73, 321 e 329. Todos os isolados infectaram a cultivar México 222, indicando uma adaptação patógeno-hospedeiro em direção à quebra da resistência do alelo *Co-3*. A resistência da cultivar TO (*Co-4*) foi quebrada pelas raças 321 e 329, ressaltando a importância do monitoramento constante da variabilidade populacional do referido patógeno.

Inferências sobre a variabilidade genética entre e dentro de raças são importantes para o acompanhamento da evolução do patógeno. Davide (2006), utilizando seis isolados coletados em diferentes locais, cultivares hospedeiras e

anos, constatou a existência de variabilidade patogênica dentro da raça 65. Dessa forma, fica evidente que há a necessidade da incorporação de novas cultivares diferenciadoras, para melhor discriminação da variabilidade detectada dentro das raças de *C. lindemuthianum*, principalmente no Brasil.

### **2.3 Controle genético da resistência ao *Colletotrichum lindemuthianum***

O controle genético da resistência ao fungo *C. lindemuthianum* vem sendo estudado há longo prazo. Uma revisão dos genes que conferem a resistência ao patógeno foi descrita por Mendonça (1996).

Desde a década de 1950, os melhoristas estão em busca de novas fontes de resistência, em razão da importância de se obter cultivares resistentes à antracnose e do grande número de raças patogênicas. Porém, havia grande dificuldade na identificação dos genes de resistência encontrados nas linhagens, devido a multiplicidade de símbolos utilizados para nomeá-los. Esse fato dificultava, sobremaneira, os trabalhos dos melhoristas na obtenção de cultivares resistentes. Assim, com o intuito de solucionar esse entrave, Basset (1996) apresentou uma nova nomenclatura para designar os genes de resistência do feijoeiro, usando o símbolo *Co*, de *Colletotrichum*. Até o momento, já foram identificados e descritos mais de dez genes (Tabela 2).

Dessa forma, o controle da antracnose por meio de cultivares resistentes é amplamente viável, pois existem vários genes independentes no feijão, ou seja, situados em cromossomos diferentes e, em cada um deles, um ou mais alelos que conferem resistência a várias raças (Geffroy et al., 2000; Alzate-Marín et al., 2002). A maioria dos alelos que governam a resistência às diversas raças é dominante.

TABELA 2. Fontes e genes de resistência ao *C. lindemuthianum* já identificados.

Gene	Alelo de resistência	Fonte
<i>Co-1</i>	Dominante	Michigan Dark Red Kidney
<i>Co-2</i>	Dominante	Cornell 49242
<i>Co-3</i>	Dominante	México 222
<i>Co-4</i>	Dominante	TO, P45
<i>Co-4</i> <sup>2</sup>	Dominante	G2333, Sel 1308
<i>Co-5</i>	Dominante	TU, G2333, Sel 1360, ESAL 696
<i>Co-6</i>	Dominante	AB-136
<i>Co-7</i>	Dominante	G2333
<i>co-8</i>	Recessivo	AB-136
<i>Co-9</i>	Dominante	BAT-93, PI207.262
<i>Co-10</i>	Dominante	Ouro Negro
<i>Co-11</i>	Dominante	Michelite

Adaptada: Vieira et al. 2005.

#### **2.4 Estratégias na obtenção de cultivares com resistência genética duradoura**

No controle da resistência a patógenos, a estratégia que tem sido mais utilizada consiste em lançar uma cultivar com um alelo de resistência em determinada época e substituí-la por outra com um alelo diferente, após curto período de sua utilização pelos agricultores. Dessa forma, é necessária a existência de um programa de melhoramento dinâmico e eficiente. Essa estratégia visa reduzir a ação da seleção direcional, que corresponde ao aumento e ao predomínio de uma raça na população do patógeno, em consequência da

utilização sucessiva de apenas uma cultivar, o que reduz sobremaneira a vida útil da mesma.

Outra estratégia visando à obtenção de cultivares com resistência genética a patógenos duradoura envolve a avaliação das linhagens em vários locais por um maior período de tempo durante o processo de melhoramento, no intuito de expô-las às diversas raças de determinado patógeno. Dessa maneira, no final do programa, é esperado que, nessas condições, as linhagens mais produtivas sejam resistentes às raças prevalecentes na região de cultivo. Exemplo dessa estratégia foi relatado por Abreu et al. (2003) que verificaram que a seleção para a produtividade de grãos, em linhagens de feijoeiro, em vários ambientes, propiciou ganhos para a resistência ao fungo *C. lindemuthianum*.

Outro exemplo de sucesso desta estratégia é a cultivar BRSMG-Talismã (Abreu et al., 2004), em cujo processo de obtenção foi avaliada em muitos locais por vários anos, não sendo realizada seleção para qualquer tipo de patógeno, incluindo para *C. lindemuthianum*. Porém, em trabalho realizado por Souza et al. (2005), verificou-se que essa cultivar apresenta resistência a várias raças de fungo causadoras de antracnose, mancha-angular e ferrugem. O mesmo ocorreu para a cultivar BRSMG-Majestoso que, embora não tenha sido também avaliada especificamente para nenhum patógeno, apenas para a produtividade de grãos em vários ambientes, foi considerada, por Sartorato (2007), resistente a várias raças de *C. lindemuthianum* e outros patógenos, como *Uromyces appendiculatus* e *Pseudocercospora griseola*, agentes causais da ferrugem e da mancha-angular, respectivamente.

Em função da pequena durabilidade das cultivares resistentes com apenas um alelo, uma alternativa para aumentar a vida útil dos alelos de resistência e, conseqüentemente, da cultivar seria a piramidação de genes, que consiste no uso de dois, três ou mais genes de resistência em um genótipo contra

várias raças de um patógeno (Pedersen, 1988; Mundt, 1990; Young & Kelly, 1996). A pirâmide vem sendo utilizada na Austrália para controlar a ferrugem-do-colmo do trigo e, nas Filipinas, para controlar a bruzone, no arroz, desde a década de 1970. Na cultura do feijoeiro, no Brasil, a piramidação tem sido utilizada como estratégia para a obtenção de cultivares resistentes, como a BRSMG-Pioneiro (Moreira et al., 2006).

Para a construção de uma pirâmide de alelos existem algumas dificuldades. Uma delas seria conseguir vários alelos verticais de resistência eficientes para o controle do patógeno nas principais regiões produtoras. Para determinar quais alelos verticais são eficientes para o controle da doença em uma dada região, é necessário fazer um levantamento da população do patógeno e identificar quais são as raças predominantes (Alzate-Marin et al., 2001; Sartorato, 2002; Ishikawa et al., 2008).

Além das dificuldades em realizar a piramidação de genes citadas anteriormente, este não é um processo dinâmico de melhoramento, pelo fato de se concentrar todos os esforços em determinada cultivar. Após a construção da pirâmide de alelos, esta cultivar poderá apresentar determinados fenótipos que não sejam mais desejáveis no mercado. Além disso, a piramidação não garante que não surjam novas raças do patógeno que quebrem a resistência.

Uma outra alternativa seria a utilização de misturas de linhagens contendo diferentes genes com alelos de resistência, ou seja, a obtenção de multilinhas. Como essa alternativa é o foco deste trabalho, ela será apresentada com maior ênfase.

## **2.5 Uso de multilinhas como estratégia para aumentar a resistência às doenças**

Entre as estratégias de controle de doenças está a utilização de multilinhas, ou seja, uma mistura de cultivares da mesma espécie, agronomicamente uniformes e que apresentem alelos de resistência de diferentes genes. Esta estratégia tem sido recomendada para o manejo de muitas doenças que prejudicam o rendimento de vários cereais de importância econômica (Mille & Jouan, 1997; Helland & Holland, 2001). Segundo esses autores, o uso de misturas de cultivares reduz a ocorrência de doenças por diminuir a porcentagem de plantas suscetíveis na população, as quais resultam em uma menor proporção de inóculo efetivo, além de proporcionarem maior estabilidade na produtividade de grãos e ou de outro produto, em diferentes ambientes.

Uma das razões para maior estabilidade das multilinhas seria em relação à dificuldade na disseminação dos patógenos. Isto ocorre devido ao fato das plantas resistentes funcionarem como barreira física à disseminação dos esporos pelo ar, limitando a quantidade de inóculo depositado nos componentes suscetíveis da mistura. Também ocorre diluição do inóculo pela falta de sua produção nas plantas resistentes e menor quantidade nos hospedeiros suscetíveis, devido à deposição de alguns esporos produzidos nas plantas resistentes (Lannou et al., 1994a; Lannou et al., 1994b; Lannou et al., 1995; Wolfe, 1985; Garrett & Mundt, 1999; Finckh et al., 2000).

Tem sido comprovado que o uso de multilinhas em trigo e aveia tem contribuído para maior produtividade e menor incidência de alguns patógenos do que em cultura pura. Mille & Jouan (1997) mostraram que a mistura de cultivares de trigo reduziu, em média, em 8% a ocorrência de doenças causadas por *Mycosphaerella graminicola*, *Phaeospharia nodorum* e *Puccinia recondita*, com produção média 7% maior que a média dos componentes puros.

Visando avaliar a produção e a ocorrência de ferrugem em misturas de cultivares de trigo, Finckh & Mundt (1992) realizaram um experimento com misturas de duas, três, quatro e cinco cultivares de trigo, em todas as combinações possíveis, e seus componentes em linhas puras. A severidade média da ferrugem, incluindo todas as misturas, comparadas com a média das linhagens, foi de 13% a 97% menor e as misturas produziram entre 0 a 5% a mais que a média das linhagens na ausência da doença. Na presença da doença, o aumento na produção das misturas em relação às linhagens variou de 8% a 13%.

O efeito de mistura de cultivares de trigo no progresso da mancha de *Septoria tritici* e a patogenicidade de *Mycosphaerella graminicola* foi verificado por Cowger & Mundt (2002). Estes autores avaliaram, por três anos (1998 a 2000), quatro misturas envolvendo duas cultivares de trigo moderadamente resistentes (MR) e duas suscetíveis (S), na proporção de 1MR:1S e seus componentes em linhas puras. O impacto do progresso da doença no campo variou de acordo com a intensidade da epidemia. Nos anos em que ocorreram severas epidemias, as misturas foram 9,4% mais resistentes do que as linhas puras. Já em anos em que se detectou menor intensidade da epidemia, as misturas não reduziram a severidade da doença.

Há relatos, na literatura, de outros patossistemas em que o uso de uma mistura de genótipos proporcionou bons resultados. Zhu et al. (2000) verificaram a eficiência do emprego da multilinha no patossistema arroz x brusone (*Magnaporthe grisia*). Os autores testaram o cultivo do arroz em monocultura e em mistura de cultivares em grandes propriedades agrícolas, na China. Foi verificada redução em 94% da intensidade da brusone. Este resultado é muito significativo, haja visto que essa doença fúngica é devastadora nessa região e, normalmente, requer aplicações repetidas de fungicidas. Os

agricultores adeptos dessa estratégia reduziram as aplicações de fungicidas e ainda tiveram aumento de 18% na produtividade.

Muitos estudos que discutem o uso de misturas têm envolvido uma única raça do patógeno e dois genótipos hospedeiros, em que um genótipo é suscetível e o outro completamente resistente àquela raça. Tais estudos são úteis para investigar o efeito da diluição da mistura sobre a doença e, algumas vezes, são praticados para proteger um genótipo desejado agronomicamente, porém, suscetível, misturando com o genótipo resistente, porém, com características indesejáveis (Garret & Mundt, 2000). Com esse objetivo, Andrivon et al. (2003) avaliaram o desenvolvimento natural da requeima da batata em parcelas puras (composta apenas por um genótipo) e em misturas de cultivares com diferentes níveis de resistência. Os autores observaram que a severidade da doença foi significativamente menor em cultivares suscetíveis semeadas em linhas alternadas com cultivares resistentes do que quando essas cultivares suscetíveis foram semeadas sozinhas nas parcelas. Aumento significativo na produção foi observado na cultivar suscetível, quando esta foi semeada em mistura com a cultivar resistente.

Na cultura do feijoeiro, são raros os trabalhos com o propósito de avaliar a eficiência da multilinha em reduzir os danos causados por determinados patógenos, principalmente nas condições de cultivo do Brasil. Em trabalho realizado na África, Pindji & Trutman (1992) verificaram o progresso da mancha-angular sob influência da adição de cultivares resistentes em misturas de linhagens feitas pelo próprio agricultor. Ao adicionarem 25%, 50% e 75% da linhagem resistente a *P. griseola* nas misturas locais, observaram reduções na severidade da mancha-angular em relação ao uso isolado da mistura local, em quase todos os experimentos realizados.

Objetivando, também, avaliar o efeito de misturas de cultivares de feijoeiro, porém, no desenvolvimento da antracnose, Ntahimpera et al. (1996)

misturaram três linhagens de feijão, as cultivares Ruddy (resistente), Redcloud e Sacramento (suscetíveis), em diferentes proporções. Os autores observaram que a incidência e severidade da doença foi menor em misturas formadas por 25% e 50% da cultivar resistente, ao passo que a mistura composta de 10% da cultivar Ruddy foi menos efetiva no controle da antracnose; isso indica que a porcentagem de infecção decresce na proporção em que se aumenta a cultivar resistente na mistura.

Contudo, ainda pouco se explora o uso da multilinha no intuito de obter uma resistência mais duradoura no feijoeiro. Isto pode ser devido ao fato de que uma pesquisa dessa natureza requer a condução de experimentos em maior número de ambientes por vários anos. Além do mais, é necessário avaliar a proporção das linhagens na mistura e verificar se as reações das linhagens se alteram com o tempo e ou ocorrem novas raças patogênicas. Portanto, informações dessa natureza são essenciais para determinar a performance de multilinhas com o decorrer das gerações, visando, no futuro, sua utilização em larga escala, proporcionando maior sustentabilidade de produção na agricultura de subsistência e moderna.

## **2.6 Interação genótipos x ambientes**

As cultivares, quando são submetidas à avaliação em uma série de ambientes, podem não apresentar comportamentos coincidentes. Esta resposta diferenciada dos genótipos frente às variações ambientais é chamada interação genótipos x ambientes. A interação, quando presente, torna-se um complicador para os melhoristas no momento de recomendar cultivares, pois impede que a recomendação possa ser feita de forma generalizada, exigindo, assim, a adoção

de medidas que controlem ou minimizem os efeitos dessa interação (Ramalho et al., 1993).

Há alternativas para atenuar o efeito da interação genótipos x ambientes. Uma delas seria a identificação de cultivares específicas para cada ambiente. Esse procedimento não é utilizado para as espécies anuais pela dificuldade em se obter genótipos específicos para cada ambiente. Outra alternativa é realizar o zoneamento ecológico, ou seja, uma região, em que se pretende recomendar cultivares, pode ser dividida em sub-regiões mais homogêneas, porém, seu uso também é restrito. A última opção, mais utilizada, é a identificação de cultivares com maior estabilidade fenotípica. Essa estratégia consiste em identificar genótipos mais estáveis às variações ambientais, e inúmeros estudos a esse respeito tem sido realizados (Cruz & Carneiro, 2003; Cruz et al., 2004; Bruzi et al., 2007).

Estabilidade fenotípica é a capacidade dos genótipos de exibirem desempenho o mais constante possível, frente às variações ambientais (Mariotti et al., 1976). Segundo Lin et al. (1986) e Lin & Binns (1988), existem, basicamente, quatro tipos de estabilidade: Tipo 1 – a cultivar será considerada estável se sua variância entre ambientes é pequena, sendo denominada de “estabilidade no sentido biológico” e está em concordância com o conceito de homeostase; Tipo 2 – a cultivar será considerada estável se sua resposta ao ambiente é paralela ao desempenho médio de todas as cultivares avaliadas nos experimentos, denominada de “estabilidade no sentido agrônomico”; Tipo 3 – a cultivar é estável se o quadrado médio dos desvios de regressão que avalia a estabilidade é pequeno; e Tipo 4 – a cultivar é considerada estável se o quadrado médio do efeito de anos dentro de local for pequeno.

Segundo Allard & Bradshaw (1964), o termo estabilidade pode ser analisado considerando-se duas situações: estabilidade populacional (homeostase populacional) e estabilidade individual (homeostase individual). A

homeostase populacional considera que cada um dos diferentes genótipos que compõem uma população seja adaptado a uma faixa diferente de variação ambiental, enquanto que, na homeostase individual, cada membro da população adapta-se a diversos ambientes. Um híbrido simples, em que a maioria dos locos está em heterozigose, deve possuir maior homeostase individual. Já uma variedade constituída por uma mistura de genótipos possui maior homeostase populacional (Bramel-Cox, 1996).

É esperado que a estrutura genética das populações, ou seja, o grau de heterozigosidade e a quantidade de heterogeneidade genética dentro das cultivares influenciem a magnitude da interação genótipos x ambientes. Existem, na literatura, relatos que comparam a magnitude relativa dessa interação utilizando populações com diferentes estruturas genéticas. Como exemplo, pode-se citar o de Stelling et al. (1994), que compararam, em feijão-fava (*Phaseolus lunatus*), as estabilidades de linhagens, híbridos F<sub>1</sub> entre as linhagens, mistura das linhagens, mistura dos híbridos, quatro compostos e 36 progênies oriundas de cruzamentos múltiplos em vários ambientes. A estabilidade das diferentes populações foi favorecida pela heterozigosidade e pela heterogeneidade. Maior estabilidade foi identificada em populações com elevado grau de heterozigosidade e heterogeneidade (mistura de híbridos F<sub>1</sub>) do que nas linhagens.

Para verificar o efeito da heterogeneidade genética, pode-se comparar, também, uma mistura de linhas homozigóticas com uma linhagem em relação à estabilidade (Becker & Leon, 1988). Nesse contexto, alguns trabalhos encontrados na literatura evidenciaram que as misturas de linhagens possuem maior estabilidade do que as linhas puras (Clay & Allard, 1969; Walker & Fehr, 1978). De acordo com Smithson & Lenné (1996), as misturas, geralmente, promovem apenas pequeno aumento médio na produção, em comparação com as linhas puras, porém, melhoram a estabilidade e reduzem a severidade de

doenças. Os autores relataram, ainda, que as misturas de linhagens apresentam uma alternativa viável para a sustentabilidade da produção na agricultura de subsistência e moderna.

Segundo Helland & Holland (2001), a utilização de mistura de cultivares de aveia pode permitir uma produção maior e mais estável em relação ao cultivo de linhas puras. Para verificar esse fato, avaliaram, em um primeiro experimento, cinco cultivares de maturação precoce e suas misturas em todas as combinações possíveis, duas a duas e três a três. No segundo experimento, os autores avaliaram dez cultivares com maturação precoce e também todas as possíveis misturas combinadas duas a duas. Concluíram que a produção média de grãos nas misturas avaliadas no primeiro experimento foi 3% maior que em linhas puras e também que as misturas foram mais estáveis que as linhagens puras. No segundo experimento, o desempenho das misturas em relação às linhas puras não diferiu significativamente.

Na cultura do feijoeiro-comum, foram encontrados relatos comparando a estabilidade de populações com diferentes estruturas genéticas (Corte et al., 2001). Esses autores obtiveram seis populações dos seguintes cruzamentos: ESAL 686 x Ouro, ESAL 686 x Milionário, ESAL 686 x Carioca-MG, Manteigão Fosco x Ouro, Manteigão Fosco x Milionário e Manteigão Fosco x Carioca-MG. Essas populações foram conduzidas em bulk da geração  $F_2$  a  $F_{18}$ , juntamente com as linhagens parentais, em 42 ambientes envolvendo safras e locais. Maior estabilidade foi identificada para as populações, devido ao tamponamento populacional. Entretanto, algumas linhagens tiveram estabilidade comparável à das populações segregantes. Bruzi et al. (2007) compararam a estabilidade de oito linhagens, a mistura entre elas e a população segregante do híbrido múltiplo. Constataram que a mistura e a população segregante foram mais estáveis. Contudo, as linhagens MA-I-2.5 e Pérola tiveram estabilidade comparável à da mistura.

## **2.7 Capacidade de competição entre plantas em misturas de linhagens**

Em uma comunidade de plantas de diferentes espécies ou de diferentes genótipos da espécie, ocorrem dois fenômenos distintos. Um deles é a competição entre indivíduos da mesma espécie ou genótipo, a autocompetição. O outro é a competição entre indivíduos de espécies diferentes ou de genótipos diferentes, denominada de alocompetição. A diferença entre auto e alocompetição tem sido pesquisada há longo tempo. Revisão extensa a este respeito, sobretudo envolvendo comunidade de espécies diferentes, é apresentada por Donald (1963). Na presente revisão, a ênfase será direcionada à auto e à alocompetição entre plantas da mesma espécie.

A avaliação do efeito de competição em populações heterogêneas obtidas de indivíduos híbridos tem sido avaliada em algumas situações. Boa discussão a esse respeito é apresentada por Allard (1988). O que interessa, no momento, é o estudo da competição entre misturas de linhas puras. Alguns trabalhos foram realizados envolvendo a mistura de linhagens em várias espécies, inclusive feijão. Na maioria desses trabalhos, conduzidos por alguns anos, foi constatado que uma linhagem ou poucas linhagens predominavam no final (Suneson & Wiebe, 1942; Cardoso & Vieira, 1971; Cardoso & Vieira, 1976).

O que se deseja neste trabalho é verificar o estudo da auto e da alocompetição, em apenas uma determinada geração. Para isso, existem algumas metodologias. A maioria delas tem como referência os modelos de análise de cruzamentos dialélicos proposto por Griffing (1956). Em um desses trabalhos, utilizando 15 linhagens de feijão preto, Guazzelli (1975) avaliou o efeito da competição em mistura. O delineamento adotado foi em parcelas subdivididas. O tratamento da parcela foi a linhagem e o da subparcela, a monocultura ou a mistura. A subparcela era constituída de nove covas, sendo a competição

avaliada na cova central, e as oito demais covas constituídas pela mistura. Constatou-se que a mistura pode ter desempenho maior que as linhas puras e as linhagens diferiram na capacidade de competição.

Utilizando também a cultura do feijoeiro, Federer et al. (1982) avaliaram oito linhagens, que diferiam pela cor dos grãos e outros caracteres, e as 28 combinações destas linhagens, duas a duas. Utilizaram, para as análises, dois modelos. No primeiro, os componentes da mistura não podem ser separados, não sendo possível estimar o efeito individual de cada linhagem na mistura. Nesse caso, utilizaram o seguinte modelo:

$$Y_{ijh} = \mu + \rho_h + (\tau_i + \tau_j + \delta_i + \delta_j) / 2 + \gamma_{ij} + \varepsilon_{ijh}$$

em que:

$Y_{ijh}$ : observação referente à linhagem i, em mistura com a linhagem j, avaliada no bloco h;

$\mu$ : média geral;

$\rho_h$ : efeito do bloco h,  $h=1, 2, \dots, r$ ;

$\tau_i$ : efeito da linhagem i, quando em cultura pura,  $i=1, 2, \dots, n$ ;

$\tau_j$ : efeito da linhagem j, quando em cultura pura,  $j=1, 2, \dots, l$ ;

$\delta_i$ : efeito geral de mistura da linhagem i;

$\delta_j$ : efeito geral de mistura da linhagem j;

$\gamma_{ij}$ : efeito específico de mistura da linhagem i e j, quando produzidas juntas, para  $i < j = 2, \dots, n$ , com  $\gamma_{ij} = \gamma_{ji}$  e  $\gamma_{ii} = 0$ ;

$\varepsilon_{ijk}$ : erro experimental associado à observação  $Y_{ijh}$ .

Quando em monocultura, o modelo seria:

$$Y_{ih} = \mu + \rho_h + \tau_i + \varepsilon_{ih}$$

em que:

$Y_{ih}$ : observação referente à linhagem  $i$ , quando em monocultura e avaliada no bloco  $h$ ;

$\mu$  : média geral;

$\rho_h$ : efeito do bloco  $h$ ,  $h=1, 2, \dots, r$ ;

$\tau_i$  : efeito da linhagem  $i$  em monocultura,  $i=1, 2, \dots, n$ ;

$\varepsilon_{ih}$ : erro experimental associado à observação  $Y_{ih}$ .

No segundo modelo, proposto por Federer et al. (1982), é uma situação em que os constituintes da mistura poderiam ser separados. Nesse caso, o modelo proposto é o seguinte:

$$Y_{hi(j)} = (\mu + \rho_h + \tau_i + \delta_i) / 2 + \gamma_{i(j)} + \varepsilon_{ih(ij)}$$

e

$$Y_{h(i)j} = (\mu + \rho_h + \tau_j + \delta_j) / 2 + \gamma_{(i)j} + \varepsilon_{h(i)j}$$

em que:

$Y_{ijh}$  : produção da linhagem  $i$ , quando em mistura com a linhagem  $j$ , avaliada no bloco  $h$ ;

$\mu$  : média geral;

$\rho_h$  : efeito do bloco  $h$ ,  $h=1, 2, \dots, r$ ;

$\tau_i$  : efeito da linhagem  $i$ , quando em monocultura,  $i=1, 2, \dots, n$ ;

$\tau_j$  : efeito da linhagem  $j$ , quando em monocultura,  $j=1, 2, \dots, l$ ;

$\delta_i$  : efeito geral de mistura da linhagem i;  
 $\delta_j$  : efeito geral de mistura da linhagem j;  
 $\gamma_{i(j)}$  : efeito específico de mistura da linhagem i, com a linhagem j, ( $i = 1, 2, \dots, n$ ;  $j \neq i$ ) e  $\gamma_{ii} = 0$ ;  
 $\gamma_{(i)j}$  : efeito específico de mistura da linhagem j, com a linhagem i, ( $j = 1, 2, \dots, l$ ;  $i \neq j$ ) e  $\gamma_{jj} = 0$ ;  
 $\varepsilon_{ijh}$ : erro experimental associado à observação  $Y_{ijh}$ .

As equações utilizadas neste segundo modelo para monocultura permanecem as mesmas citadas no primeiro modelo. Os autores comentaram, também, que esse segundo modelo proposto possibilita a estimação de um maior número de parâmetros. Nesse caso, o efeito específico da mistura é obtido para cada cultivar em um par, ao passo que, no primeiro modelo, apenas um único efeito específico de combinação na mistura é disponível.

Metodologia semelhante ao da análise de cruzamentos dialélicos, proposto por Gardner & Eberhart (1966), foi utilizada, por Gizlice et al. (1989), na avaliação de oito linhagens de soja e suas misturas, duas a duas. Os autores constataram que as linhagens diferiram nos parâmetros estimados para avaliar o efeito de complementariedade nas misturas. Argumentaram também que as estimativas desses parâmetros podem auxiliar na identificação de linhagens para comporem uma multilinha.

Estudo com três linhagens de feijão (Carioca, Guateian 6662 e Tayhú), as quais apresentavam diferenças na coloração dos grãos, foi realizado por Mastrantonio et al. (2004) visando estimar o efeito da mistura. Foram avaliados cinco tratamentos, sendo as três linhagens em monocultura e duas misturas, uma equivalente a uma população de 240 mil plantas/ha (população A) e outra a 120 mil plantas/ha (população B). Nas parcelas com misturas, em cada uma das fileiras, foram semeadas, na seqüência, as sementes de cada uma das linhagens.

Observaram que a população A foi, em geral, superior à B, revelando que a compensação na produção de cada planta, resultante de uma menor população, não foi suficiente para conduzir a um patamar equivalente ao observado na maior densidade de semeadura. Constataram, também, que a linhagem Tayhú, quando em mistura teve sua produtividade estimulada, caracterizando a presença de efeitos positivos de interferência, ou seja, a influência das demais linhagens na mistura sobre a Tayhú foi positiva, promovendo um melhor desempenho em relação à monocultura.

Visando à comparação da auto e alocompetição em plantas, Silva et al. (2007) estimaram parâmetros relacionados à capacidade de exercer ou tolerar a competição. Foram utilizadas oito linhagens de feijão, com grãos tipo carioca. A disposição das plantas nos experimentos foi realizada de modo a se ter um sistema de nove covas, sendo a central (teste) utilizada para a tomada de dados e as oito restantes da mesma linhagem exercendo competição. Em cada linha, a cova sob teste foi repetida oito vezes. Com os dados médios, utilizando modelo semelhante ao dos cruzamentos dialélicos, foram estimados a capacidade geral de exercer competição ( $c_i$ ), a capacidade de tolerar a competição ( $t_j$ ), a capacidade específica de competição ( $s_{ij}$ ) e o desempenho *per se* da linhagem ( $a_j$ ). Segundo os autores, a performance média das linhagens em autocompetição foi semelhante à performance em alocompetição. Nenhuma linhagem associou baixa capacidade de exercer competição e alta capacidade de tolerar a competição. A cultivar BRSMG Majestoso apresentou a maior estimativa de  $a_j$  e  $c_i$ .

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A. de F. B.; RAMALHO, M. A. P.; GONÇALVES, F. M. A.; MENDONÇA, H. A. de. Utilização da produtividade de grãos na seleção para resistência ao *Colletotrichum lindemuthianum* no feijoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n.2, p. 363-369, mar./abr. 2003.
- ABREU, A. de F. B. ; RAMALHO, M. A. P. ; CARNEIRO, J. E. de S.; GONÇALVES, F. M. A.; SANTOS, J. B. dos; PELOSO, M. J. D.; FARIA, L. C. de; CARNEIRO, G. E. de S.; PEREIRA FILHO, I. A. BRSMG Talismã: common bean cultivar with carioca grain type. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, East Lansing, v. 47, p. 319-320, 2004.
- ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science**, Madison, v. 4, n. 5, p. 503-508, Sept./Oct. 1964.
- ALLARD, R. W. Genetic Changes Associated with the Evolution of Adaptedness in Cultivated Plants and Their Wild Progenitors. **Journal of Heredity**, Cary, v. 79, n. 4, p. 225-238, July/Aug. 1988.
- ALZATE-MARIN, A. L.; NIETSCH S.; COSTA M. R.; SOUZA K. A.; SARTORATO A.; BARROS, E. G.; MOREIRA M. A. Análises do DNA de isolados de *Colletotrichum lindemuthianum* e *Phaeoisariopsis griseola* visando identificação de patótipos. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 27, n.2, p. 196-202, abr./jun. 2001.
- ALZATE-MARIN, A. L.; ARRUDA, K. M.; BARROS, E. G. de; MOREIRA, M. A. Allelism studies for anthracnose resistance genes of common bean cultivar Widusa. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 45, p.110-111, 2002.
- ALZATE-MARIN, A. L.; SARTORATO, A. Analysis of the pathogenic variability of *Colletotrichum lindemuthianum* in Brazil. Annual Report of the **Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 47, p. 241-242, Mar. 2004.
- ANDRIVON, D.; LUCAS, J. M.; ELLISSECHE. Development of natural late blight epidemics in pure and mixed plots of potato cultivars with different levels of partial resistance. **Plant Pathology**, Oxford, v. 52, n. 5, p. 586-594, Oct. 2003.

AUGUSTIN, E.; COSTA, J. G. C. da. Fontes de resistência a duas raças fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.) Scrib. no melhoramento do feijoeiro no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 6, p. 265-272, 1971.

BARRUS, M. F. Varietal of varieties of bean in their susceptibility to anthracnose. **Phytopatology**, St. Paul, v. 1, p. 190-195, 1911.

BASSET, M.J. List of genes - *Phaseolus vulgaris* L. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 39, p.1-19, 1996.

BECKER, H. C.; LÉON, J. Stability analysis in plant breeding. **Plant Breeding**, Berlin, v. 101, n.1, p. 1-23, Apr. 1988.

BRAMEL-COX, P. J. Breeding for reliability of performance across unpredictable environments. In: KANG, M. S.; GAUCH JUNIOR, H. G. **Genotype by environment interaction**. New York: CRC, 1996. 416 p.

BRUZI, A. T.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F.B.; FERREIRA, D. F.; SENA, M. R. Homeostasis of common bean populations with different genetic structures. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 7, n. 2, p. 111-116, June 2007.

CARBONELL, S. A. M.; ITO, M. F.; POMPEU, A. S.; FRANCISCO, F.; RAVAGNANI, S.; ALMEIDA, A. L. L. Raças fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum* e reação de cultivares e linhagens de feijoeiro no Estado de São Paulo. **Fitopatologia Brasileira**. Brasília, v. 24, n.1, p. 60-65, jan./mar.1999.

CARDOSO, A. A.; VIEIRA, C. Progressos nos estudos sobre misturas varietais de feijão (*Phaseolus vulgaris*). **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 18, n. 100, p. 465-477, nov./dez. 1971.

CARDOSO, A. A.; VIEIRA, C. Comportamento de duas misturas de seis variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris*). **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 23, n.126, p. 142-149, mar./abr. 1976.

CHAVES, G. La antracnosis. In: SHUARTZ, H. F.; GALVEZ, G. E. (Ed.). **Problemas de produccion de fríjol**: enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climáticos de *Phaseolus vulgaris*. Cali: CIAT, 1980. p. 37-53.

CLAY, R. E.; ALLARD, R. W. A comparison of the performance of homogeneous and heterogeneous barley populations. **Crop Science**, Madison, v. 9, n. 4, p. 407-412, July/Aug. 1969.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Safra de grãos**. Disponível em: <<http://conab.gov.br>>. Acesso em: 2008.

CORTE, H. R.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Estabilidade de populações segregantes e respectivos genitores. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 4, p. 900-908, out./dez. 2001.

COWGER, C.; MUNDT, C. C. Effects of wheat cultivar mixtures on epidemic progression of *Septoria tritici* blotch and pathogenicity of *Mycosphaerella graminicola*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 92, n. 6, p. 617-623, June 2002.

CRISPÍN, M. A.; SIFUENTES, J. A.; AVILA, J. C. **Enfermedad y plagas del frijol em México**. México: INIA, 1976. 42 p. (INIA. Folleto de Divulgación, 39).

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2003. 585 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2004. 480 p.

DAVIDE, L. M. C. **Comprovação da variabilidade patogênica dentro da raça 65 de *Colletotrichum lindemuthianum***. 2006. 59 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

DONALD, C. M. Competition among crop and pasture plants. **Advances in Agronomy**, New York, v. 15, p. 1-118, 1963.

EBERHART, S. A.; RUSSEL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 6, n. 1, p. 36-40, Jan./Feb. 1966

FEDERER, W. T.; CONNIGALE, J. C.; RUTGER, J. N.; WIJESINHA, A. Statical analyses of yields from uniblends and biblends of eight dry bean cultivars. **Crop Science**, Madison, v. 22, n. 1, p. 111-115, Jan./Feb. 1982.

FINCKH, M. R.; MUNDT, C. C. Stripe rust, yield, and plant competition in wheat cultivar mixtures. **Phytopathology**, St. Paul, v. 82, n. 9, p. 905-913, Sept. 1992.

FINCKH, M. R.; GACEK, E. S.; GOYEAU, H.; MERZ, U.; MUNDT, C. C.; MUNK, L.; NADZIAK, J.; NEWTON, A. C.; de VALLAVIEILLE POPE, C.; WOLFW, M. S. Cereal variety and species mixtures in practice, with emphasis on disease resistance. **Agronomie**, Paris, v. 20, n. 8, p. 813-837, 2000.

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

GARRETT, K. A.; MUNDT, C. C. Epidemiology in mixed host populations. **Phytopathology**, St. Paul, v. 89, n. 11, p. 984-990, Nov. 1999.

GARRETT, K. A.; MUNDT, C. C. Host diversity can reduce potato late blight severity for focal and general patterns of primary inoculum. **Phytopathology**, St. Paul, v. 90, n. 12, p.1307-1312, Dec. 2000.

GEFFROY, V.; SÉVIGNA, M.; OLIVEIRA, J. C. F. de; FOUILLOUX, G.; SKROCH, P.; THOQUET, P.; GEPTS, P.; LANGIN, T.; DRON, M. Inheritance of partial resistance against *Colletotrichum lindemuthianum* in *Phaseolus vulgaris* colocalization of quantitative trait loci with genes involved in specific resistance. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, St. Paul, v. 13, n. 3, p. 287-296, Mar. 2000.

GIZLICE, Z.; CARTER JUNIOR, T. E.; BURTON, J. W.; EMIGH, T. H. Partitioning of blending ability using two-way blends and component lines of soybean. **Crop Science**, Madison, v. 29, n. 4, p. 885-889, July/Aug. 1989.

GRIFFING, B. A. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, East Melbourne, v. 9, p. 463-493, 1956.

GUAZZELLI, J. R. **Competição intergenotípica em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): Estimação da capacidade competitiva**. 1975. 60 p. Dissertação (Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

HELLAND, S. J.; HOLLAND, J. B. Blend response and stability and cultivar blending ability in oat. **Crop Science**, Madison, v. 41, n. 6, p. 1689-1696, Nov./Dec. 2001.

ISHIKAWA, F.H.; SOUZA E. A., DAMASCENO E SILVA, K.J.; FREIRE, C.N.S. Pathogenic variability of causal agent of common bean anthracnose. Annual Report of the **Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v.51, p. 184-185, Mar. 2008.

KANG, M. S.; GAUCH JUNIOR, H. G. **Genotype by environment interaction**. Boca Raton: CRC, 1996. 424 p.

KIMATI, H.; GALLI, F. *Glomerella cingulata* (Stonem.) Spauld. et V. Scherenk f. sp. Fase ascógena do agente causal da antracnose do feijoeiro. **Anais da ESA LQ**, Piracicaba, v. 27, p. 411-437, 1970.

LANNOU, C.; de VALLAVIEILLE-POPE, C.; BIASS, C.; GOYEAU, H. The efficacy of mixtures of susceptible and resistant hosts to two wheat rusts of different lesion size: controlled conditions experiments and computerized simulations. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v.140, n. 3, p. 227-237, Mar. 1994a.

LANNOU, C.; de VALLAVIEILLE-POPE, C.; GOYEAU, H. Host mixture efficacy in disease control: effect of lesion growth analysed through computer-simulated epidemics. **Plant Pathology**, Oxford, v. 43, n. 3, p. 651-662, Aug. 1994b.

LANNOU, C.; de VALLAVIEILLE-POPE, C.; GOYEAU, H. Induced resistance in host mixtures and its effect on disease control in computer-simulated epidemics. **Plant Pathology**, Oxford, v. 44, n. 3, p. 478-489, June 1995

LIN, C. S.; BINNS, M. R.; LEFROVITCH, L. P. Stability Analysis: Where Do We Stand? **Crop Science**, Madison, v. 26, n. 5, p. 894-899, Sept./Oct. 1986.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 68, n.1, p. 193-198, Jan. 1988.

MASTRANTONIO, J. J. S.; ANTUNES, I. F.; ZONTA, E. P.; EMYGDIO, B. M.; COSTA, C.; LOBATO, L.; SILVA, S. D. dos A.; SILVEIRA, E. P.

Interferência em misturas de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 2, p. 373-377, mar./abr. 2004.

MAHUKU, G.S.; RIASCOS, J.J. Virulence and molecular diversity within *Colletotrichum lindemuthianum* isolates from Andean and Mesoamerican bean varieties and regions. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v.110, n. 3, p. 253-263, Mar. 2004.

MARIOTTI, J. A.; OYARZABAL, E. S.; OSA, J. M.; BULACIO, A. N. R.; ALMADA, G. H. Analisis de estabilidad y adaptabilidad de genótipos de caña de azucar. I. Internaccines dentro de una localidad experimental. **Revista Agronomica Del Noroeste Argentino**, Tuculman, v.13, n. 1-4, p. 105-127, Jan. 1976.

MENDONÇA, H.A. **Controle genético da reação ao fungo *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. Et Magn.) Scrib e da cor de halo em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1996. 60p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MOREIRA, M. A.; BARROS, E. G.de ; CARNEIRO, J. E. de S.; FALEIRO, F. G.; FARIA, L. C. de; CARNEIRO, G. E. de S.; PELOSO, M. J. D.; PAULA JÚNIOR, T. J. de; ABREU, A. de F. B.; RAMALHO, M. A. P. ; MELO, L. C.; SANTOS, J. B. dos; RAVA, C. A.; COSTA, J. G. C. da. BRSMG Pioneiro: new carioca common bean cultivar resistant to anthracnose and rust, for the southern of Brazil. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 49, p. 279-280, 2006.

MIKLAS, P. N.; KELLY, J. D.; BEEBE, S. E.; BLAIR, M. W. Common bean breeding for resistance against biotic and abiotic stresses: From classical to MAS breeding. **Euphytica**, Dordrecht, v. 147, n. 1-2, p. 105-131, Jan. 2006.

MILLE, B.; JOUAN, B. Influence of varietal associations on the development of leaf and glume blotch and brown leaf rust in winter bread wheat. **Agronomie**, Paris, v. 17, n. 4, p. 247-251, May 1997.

MUNDT, C. C. Probability of mutation to multiple virulence and durability of resistance gene pyramids. **Phytopathology**, St. Paul, v. 80, n. 3, p. 221-223, Mar. 1990.

NTAHIMPERA, N.; DILLARD, H. R.; COBB, A. C.; SEEM, R. C. Anthracnose development in mixtures of resistant and susceptible dry bean cultivars. **Phytopathology**, St. Paul, v. 86, n. 6, p. 668-673, June 1996.

PASTOR-CORRALES, M. A.; TU, J. C. Antracnosis. In: PASTOR-CORRALES, M.A.; SCHWARTZ, H. F. (Ed.). **Problemas de producción del frijol en los trópicos**. 2. ed. Cali: CIAT, 1994. p. 87-119.

PAULA JÚNIOR, T. J. de; ZAMBOLIM, L. Doenças. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J. de; BORÉM, A. 2. ed. **Feijão**. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 359-414.

PINTO, A. C. S.; POZZA, E. A.; TALAMINI, V.; MACHADO, J da C.; SALES, N. de L. P.; GARCIA JÚNIOR, D.; SANTOS, D. M. dos. Análise padrão espacial e do gradiente da antracnose do feijoeiro em das épocas de cultivo. **Summa Phytopathologica**, São Paulo, v. 27, n. 4, p. 392-398, out./dez. 2001.

PEDERSEN, W. L. Pyramiding major resistance genes for resistance to maintain residual effects. **Annual Review Phytopathology**, Palo Alto, v. 26, p. 369-378, 1988.

PINDJI, M. M.; TRUTMANN, P. Managing angular leaf spot on common bean in Africa by supplementing farmer mixtures with resistant varieties. **Plant Disease**, St. Paul, v. 76, n. 11, p. 1144-1147, Nov. 1992.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Genética quantitativa em plantas autógamas**: aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia, 1993. 271 p.

RAVA, C. A.; PURCHIO, A. F.; SARTORATO, A. Caracterização de patótipos de *Colletotrichum lindemuthianum* que ocorrem em algumas regiões produtoras de feijoeiro comum. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 9, n. 2, p. 167-172, jun. 1994.

ROCA, M. M. G. **Aspectos citológicos da variabilidade genética em *Glomerella cingulata* (Stonem.) Spauld & Schrenck f. sp. Phaseoli (*Colletotrichum lindemuthianum* (Sac & Man) Scriber)**. 1997. 82 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SARTORATO, A. Antracnose. In: ZIMMERMANN, M. J. de O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFÓS, 1988. p. 457-477.

SARTORATO, A. Determinação da variabilidade patogênica do fungo *Colletotrichum lindemuthianum* (sacc.) Scrib. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Resumos...** Viçosa, MG: UFV: 2002. p.114-116.

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

SARTORATO, A. Common bean genotypes resistant to angular leaf spot, rust and anthracnose. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 50, p. 103-104, 2007.

SILVA, K. J. D.; SOUZA, E. A. de; SARTORATO, A.; ISHIKAWA, F. H. Variabilidade patogênica e molecular entre isolados de *Colletotrichum lindemuthianum* oriundos de diferentes regiões produtoras de feijão no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: EMBRAPA. 2005. p. 601-604.

SILVA, V. M. P. E.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. D. B.; SILVA, F. B. Estimation of competition parameters in common bean plants. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 7, n. 4, p. 360-366, Dec. 2007.

SOUZA, T. L. P. de O.; RAGAGNIN, V. A.; NELO, C. L. P de; ARRUDA, K. M. A.; CORNEIRO, J. E. de S.; MOREIRA, M. A.; BARROS, E. G. de. Phenotypic and molecular characterization of cultivar BRSMG-Talismã regarding the principal common bean pathogens. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 5, n. 2, p. 247-251, June 2005.

STELLING, D.; EBMEYER, E. LINK, W. Yield stability in faba bean, *Vicia faba* L. effects of herozigosity and heterogeneity. **Plant Breeding**, Berlin, v. 112, n. 1, p. 30-39, Jan. 1994.

SUNESON, C. A.; WIEBE, G. A. Survival of barley and wheat varieties in mixtures. **Journal American Society Agronomy**, Madison, v. 34, n. 5, p. 1052-1056, Sept. 1942.

TALAMANI, V.; SOUZA, E. A.; POZZA, E. A.; CARRIJO, F. R. F.; ISHIKAWA, F. H.; SILVA, K. J. D.; OLIVEIRA, F. A. Identificação de raças patogênicas de *Colletotrichum lindemuthianum* a partir de isolados provenientes de regiões produtora de feijoeiro comum. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 371-375, jul.set. 2004.

VIDIGAL FILHO, P. S.; GONÇALVES-VIDIGAL, M. C.; KELLY, J. D.; KIRK, W. W. Sources of resistance to *Colletotrichum lindemuthianum* in traditional cultivars of common bean from Paraná, Brazil. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 47, p. 53-54, 2004.

VIEIRA, C.; BORÉM, A.; RAMALHO, M. A. P.; CARNEIRO, J. E. de S. Melhoramento do feijão. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. p. 301-392.

YOUNG, R. A.; KELLY, J. D. Gene pyrimiding using marker assisted selection for stable resistance to bean anthracnose. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 39, p. 57-58, 1996.

WALKER, A. K.; FEHR, W. R. Yield stability of soybean mixtures and multiple pure stands. **Crop Science**, Madison, v. 18, n. 5, p. 719-723, Sept./Oct. 1978.

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

ZAUMEYER, W. J.; THOMAS, H. R. **A monographic study of bean diseases and methods for their control**. Washington: USDA, 1957. 225 p. (USDA. Bulletin, 869).

ZHU, Y. Y.; CHEN, H. R.; FAN, J. H.; WANG, Y. Y.; LI, Y.; CHEN, J. B.; FAN, J. X.; YANG, S. S.; HU, L. P.; LEUNG, H.; MEW, T. W.; TENG, P. S.; WANG, Z. H.; MUNDT, C. C. Genetic diversity and disease control in Rice. **Nature**, v. 406, N. 6797, p. 718-722, Aug. 2000.

## **CAPÍTULO 1**

### **MULTILINHAS COMO ESTRATÉGIA PARA REDUZIR OS DANOS DEVIDO A *Colletotrichum lindemuthianum* NO FEIJOEIRO**

## RESUMO

SILVA, Flávia Barbosa. Multilinhas como estratégia para reduzir os danos devido a *Colletotrichum lindemuthianum* no feijoeiro. In: \_\_\_\_\_. **Multilinhas visando atenuação dos estresses bióticos e maior estabilidade fenotípica no feijoeiro**. 2008. Cap. 1, p. 35-63. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, MG.\*

O trabalho foi realizado com o objetivo de verificar se a mistura de linhagens de feijoeiro de grãos tipo carioca reduz o progresso da antracnose e possíveis danos à produtividade de grãos sob condições de cultivo. Para isso, foram selecionadas sete linhagens de feijoeiro com grãos tipo carioca e agronomicamente uniformes, apresentando diferentes reações de resistência ao patógeno. Essas sete linhagens e a mistura de todas elas em igual proporção foram avaliadas em experimentos conduzidos nos anos de 2007 e 2008, em Lavras, Minas Gerais. Depois de implantados os experimentos, realizou-se a inoculação das plantas na área experimental, com uma mistura de raças (65, 81, 87, 89 e 337) do patógeno. Doze dias após a inoculação, iniciaram-se as avaliações de severidade da antracnose, que foram realizadas com intervalos de 10 dias até a colheita. Para avaliar o progresso da doença, estimaram-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e os coeficientes de regressão linear ( $b_1$ ). Também foi estimada a produtividade média de grãos (g/parcela) em ambas as safras. Verificou-se, por meio dos intervalos de confiança de  $b_1$ , que a estimativa obtida pela multilinha não diferiu do apresentado pela linhagem MA-II-22 que mostrou o menor progresso da doença com o tempo. Não houve diferenças entre as estimativas da AACPD entre a multilinha e as linhagens resistentes. Em relação à produtividade de grãos, a multilinha apresentou desempenho semelhante ao das linhagens mais produtivas, mesmo esta sendo formada por 28,6% de plantas de linhagens suscetíveis que apresentaram a menor produtividade média de grãos. Constatou-se, assim, que a mistura de linhagens é uma boa estratégia para reduzir o progresso da doença no campo e, em consequência, elevar a produtividade de grãos.

---

Comitê de orientação: Magno Antonio Patto Ramalho – UFLA (Orientador); Ângela de Fátima Barbosa Abreu – Embrapa Arroz e Feijão/UFLA (Co-orientadora)

## ABSTRACT

SILVA, Flávia Barbosa. Multilines as strategy of reducing the damage caused by *Colletotrichum lindemuthianum* to common bean. In: \_\_\_\_\_. **Multilines to attenuate biotic stress and increase phenotypic stability in common bean.** 2008. Cap. 1, p. 35-63. Thesis (Doctor's degree in Plant Genetics and Breeding) – Universidade Federal de Lavras, MG.\*

The purpose of this study was to verify if the mixture of common bean lines with carioca grains reduces the progress of anthracnose, and a possible impact on grain yield under field conditions. For this purpose, seven agronomically uniform common bean lines with carioca grains were selected, with different resistance reactions to the pathogen. These seven lines and the mixture of them all in equal parts were evaluated in experiments conducted from 2007 to 2008, in Lavras, Minas Gerais. The plants were inoculated in the experimental area with a mixture of races (65, 81, 87, 89, and 337) of the pathogen. From twelve days after inoculation onwards, the disease severity was evaluated every 10 days until harvest. To evaluate the disease progress, the area under the disease-progress curve (AUDP) and the coefficients of linear regression ( $b_1$ ) were estimated. The mean grain yield (g/plot) was also estimated in both growing seasons. Based on the confidence intervals of  $b_1$  it was verified that the estimate of the multiline did not differ from that of line MA-II-22, exhibiting the slowest disease progress in time. The AUDP estimates of the multiline and the resistant lines did not differ. In terms of grain yield, the performance of the multiline was similar to the highest-yielding lines, although it contained 28.6% plants of susceptible lines with a lower mean grain yield. The use of line mixtures proved to be a good strategy of reducing the disease progress in the field and consequently, lessen the impact on grain yield.

---

\*Committee members: Magno Antonio Patto Ramalho – UFLA (Advisor); Ângela de Fátima Barbosa Abreu – Embrapa Arroz e Feijão/UFLA (Co-advisor)

## 1 INTRODUÇÃO

A produtividade do feijoeiro no Brasil é crescente. Contudo, ainda há grande instabilidade na produção, decorrente dos estresses bióticos e abióticos. Entre os estresses bióticos, os patógenos têm grande importância. O uso de cultivares resistentes tem sido a principal alternativa de controle. Contudo, a maioria dos patógenos possui vários patótipos, o que dificulta os trabalhos de melhoramento, pois a vida útil de uma nova cultivar é efêmera.

Alternativas têm sido propostas para aumentar a durabilidade da resistência. A mais propalada é a piramidação de genes, ou seja, a acumulação de alelos de resistência nos diferentes locos envolvidos no controle do patógeno. No caso de *Colletotrichum lindemuthianum*, fungo causador da antracnose, um dos principais patógenos do feijoeiro no Brasil (Rava et al., 1994) e que possui inúmeros patótipos (Ishikawa et al., 2005), a piramidação tem sido intensamente procurada (Alzate-Marin et al., 2001; Sartorato, 2002; Pereira et al., 2004). Contudo, essa estratégia é trabalhosa e não há garantia de que não possa surgir um novo patótipo que vença novamente a resistência. Além do mais, este não é um processo dinâmico de melhoramento, pelo fato de se concentrar todos os esforços em determinada cultivar. Após a construção da pirâmide de alelos, que é demorada, poderão ter sido obtidas outras linhagens com fenótipos desejáveis para outras características de interesse e a linhagem com os alelos de resistência piramidados torna-se obsoleta.

Outra opção para reduzir os danos advindos dos patógenos é o uso de multilinha, ou seja, misturas de linhagens o mais uniforme possível agronomicamente e que apresentem diferentes reações de resistência. O que se espera com o emprego da mistura de linhagens é reduzir a disseminação do patógeno e, provavelmente, aumentar a durabilidade da resistência (Mundt,

2002). Esta estratégia tem sido recomendada para o manejo de muitas doenças que prejudicam o rendimento de vários cereais de importância econômica (Helland & Holland, 2001). Entretanto, não foram encontrados relatos que comprovem a eficácia da mistura de linhagens, especialmente do feijoeiro, nas condições prevaletentes de cultivo no Brasil.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi verificar se a mistura de linhagens de feijoeiro de grãos tipo carioca reduz o progresso da antracnose e possíveis perdas à produtividade de grãos sob condições de cultivo.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Local

Os experimentos foram conduzidos na área experimental do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras (DBI/UFLA), em Lavras, no estado de Minas Gerais, a 918 m de altitude, a 21°14'S e 45°00'W.

### 2.2 Identificação e avaliação das linhagens com diferentes padrões de resistência

Inicialmente, foi feita uma triagem dos acessos de feijão presentes no Banco de Germoplasma da UFLA, para identificar linhagens com diferentes padrões de resistência. Para isso, foram realizadas, em casa de vegetação, inoculações com suspensões de esporos das raças de *C. lindemuthianum* freqüentemente encontradas no país, ou seja, as raças 65, 67, 72, 73, 81, 87, 89, 321, 329 e 337 (Silva et al., 2005).

Os procedimentos adotados para o preparo do inóculo foram idênticos aos realizados por Davide (2003). Para avaliar as reações das linhagens sob teste a cada raça do patógeno, efetuou-se a semeadura dessas em bandejas de isopor (oito sementes de cada). As inoculações foram realizadas quando as plantas apresentavam as folhas primárias completamente desenvolvidas, pulverizando-se a suspensão de esporos de determinada raça, na concentração de  $1,2 \times 10^6$  conídios/ml, sobre as duas faces das folhas e caule das plantas. Após as inoculações, as plantas foram mantidas em câmara úmida por, aproximadamente, 72 horas. Em seguida, foram transferidas para casa de

vegetação, onde permaneceram por sete dias até o momento da avaliação, feita por meio de uma escala de notas variando de 1 a 9, proposta por Rava et al. (1993), em que: 1 – ausência de sintomas; 2 – até 1% das nervuras apresentando manchas necróticas, perceptíveis somente na face inferior das folhas; 3 – maior frequência dos sintomas foliares descrita no grau anterior, até 3% das nervuras afetadas; 4 – até 1% das nervuras apresentando manchas necróticas, perceptíveis em ambas as faces das folhas; 5 – maior frequência dos sintomas foliares descrita no grau anterior, até 3% das nervuras afetadas; 6 – manchas necróticas nas nervuras, perceptíveis em ambas as faces das folhas e presença de algumas lesões em talos, ramos e pecíolos; 7 - manchas necróticas na maioria das nervuras e em grande parte do tecido mesofilico adjacente que se rompe; presença de abundantes lesões no talo, ramos e pecíolos; 8 – manchas necróticas em quase todas as nervuras, muito abundante em talos, ramos e pecíolos, ocasionando rupturas, desfolhação e redução do crescimento das plantas e 9 – a maioria das plantas mortas. Foram consideradas resistentes (reação incompatível), as plantas com notas de 1 a 3 e suscetível (reação compatível) de 4 a 9.

Foram testadas as reações de 100 linhagens de feijoeiro, todas com grãos tipo carioca, com relação aos patótipos mencionados. A partir dessas avaliações, foram identificadas sete linhagens contendo diferentes reações de resistência ao fungo *C. lindemuthianum* (Tabela 1).

Essas sete linhagens e a mistura de todas elas, em igual proporção, foram avaliadas em experimentos conduzidos nas safras da seca de 2007 e seca de 2008. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com seis repetições e as parcelas constituídas por três linhas de 3m espaçadas de 0,5m. A densidade de semeadura foi 15 sementes por metro linear.

TABELA 1. Descrição das linhagens de feijoeiro selecionadas para comporem a multilinha e os patótipos de *C. lindemuthianum* a que foram resistentes.

Linhagens	Origem	Hábito de crescimento	Patótipos
Carioca	IAC	III	suscetível <sup>1/</sup>
BRSMG-Talismã	UFLA/EMBRAPA/UFV/EPAMIG	III	89
RC-I-8	UFLA/EMBRAPA	II	337
MA-II-8	UFLA/EMBRAPA	III	81
MA-II-16	UFLA/EMBRAPA	III	87
MA-II-22	UFLA/EMBRAPA	III	65
CI-107	UFLA	III	suscetível <sup>1/</sup>

<sup>1/</sup> Suscetível a todas as raças inoculadas.

Depois de implantados os experimentos, quando as plantas apresentaram, aproximadamente, o terceiro trifólio completamente desenvolvido foi realizada a inoculação com uma mistura das raças 65, 81, 87, 89 e 337 de *C. lindemuthianum* na área experimental. Cada raça encontrava-se na concentração de  $1,2 \times 10^5$  conídios/ml. A partir do 12º dia após a inoculação (DAI), foi feita a avaliação dos sintomas da doença, por parcela, utilizando escala de notas de 1 a 9, apresentada por Rava et al. (1993). Essa avaliação foi realizada com intervalos de 10 dias até a colheita. Em 2007, foram realizadas sete avaliações e em 2008, cinco. As condições de manejo foram semelhantes à recomendada para a cultura na região. Procurou-se, por meio de irrigação, manter as condições de umidade favoráveis, tanto para a disseminação quanto para a germinação e infecção do patógeno.

### 2.3 Análises dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância, tendo-se considerado todos os efeitos como fixos, exceto o erro experimental, segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = m + b_j + p_i + a_k + (bp)_{ji} + (ba)_{jk} + (pa)_{ik} + e_{ijk},$$

em que:

$Y_{ijk}$  é o valor observado na parcela que recebeu o tratamento  $i$  no bloco  $j$  e avaliação  $k$ ;

$m$  é a média geral;

$b_j$  é o efeito do bloco  $j$  ( $j=1,2,\dots,6$ );

$p_i$  é o efeito do tratamento  $i$  ( $i=1,2,\dots,8$ );

$a_k$  é o efeito da avaliação  $k$  ( $k=1,2,\dots,7$  para safra da seca 2007 e  $k=1,2,\dots,5$  para a safra da seca 2008);

$(bp)_{ji}$  é o efeito da interação entre bloco  $j$  e tratamento  $i$ ;

$(ba)_{jk}$  é o efeito da interação entre o bloco  $j$  e a avaliação  $k$ ;

$(pa)_{ik}$  é o efeito da interação entre o tratamento  $i$  e a avaliação  $k$ ;

$e_{ijk}$  é o erro experimental associado à observação  $Y_{ijk}$ , assumindo-se que os erros são independentes e normalmente distribuídos, com média zero e variância  $\sigma^2$ .

Foi estimada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) por meio da expressão adotada por Talamini (2003):

$$AACPD = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{(Y_{i+1} + Y_i)}{2} x(T_{i+1} - T_i) \right]$$

em que:

$Y_i$ : severidade da doença na época de avaliação  $i$  ( $i=1, \dots, n$ );

$Y_{i+1}$ : severidade da doença na época de avaliação  $i + 1$ ;

$T_i$ : época da avaliação  $i$ , em número de dias após a emergência das plantas;

$T_{i+1}$ : época da avaliação  $i + 1$ .

As estimativas da AACPD foram submetidas à análise de variância por ambiente, considerando todos os efeitos como fixos, exceto o erro experimental, segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ij} = m + p_i + b_j + e_{ij}$$

em que:

$Y_{ij}$  é a AACPD do tratamento  $i$  no bloco  $j$ ;

$m$  é o efeito da média geral;

$p_i$  é o efeito do tratamento  $i$  ( $i=1,2,\dots,8$ );

$b_j$  é o efeito do bloco  $j$  ( $j=1,2,\dots,6$ );

$e_{ijk}$  é o erro experimental.

Obtiveram-se os dados climáticos da estação meteorológica da Universidade Federal de Lavras, localizada a cerca de 100m da área

experimental. Foram estimadas as equações de regressão linear entre as variáveis independentes (temperaturas máxima, média e mínima, e precipitação do decênio que antecedeu cada avaliação) e a variável dependente (notas médias de severidade da antracnose a cada época de avaliação).

Estimaram-se, também, as equações de regressão linear entre a variável independente X (número de dias decorridos da inoculação a cada época de avaliação) e a variável dependente Y (notas médias de severidade da antracnose). Foram obtidos os intervalos de confiança dos coeficientes de regressão linear ( $b_1$ ), por meio de expressões apresentadas por Steel et al. (1997).

Foi avaliada a produtividade de grãos em g/parcela. Os dados foram submetidos à análise de variância individual, seguindo os procedimentos descritos por Ramalho et al. (2005). Estimaram-se as correlações entre as variáveis independentes (AACPD ou estimativa de  $b_1$ ) com a variável dependente (produtividade de grãos).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando se avalia um caráter por meio de uma escala de notas, é questionável se as pressuposições da análise de variância são atendidas. Os testes realizados evidenciaram que todas as pressuposições foram aceitas. Em trabalho com a cultura do feijoeiro, avaliando a severidade dos patógenos *Colletotrichum lindemuthianum* e *Pseudocercospora griseola*, por meio de escala de notas, Marques Júnior et al. (1997) também observaram que as pressuposições da análise de variância foram aceitas.

A precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação (CV) foi boa. Considerando todos os ambientes, foram obtidas estimativas inferiores a 20% para as notas de severidade, mostrando que o caráter foi avaliado com boa precisão. Os valores do CV encontrados neste trabalho foram de magnitude semelhante aos que têm sido obtidos com a cultura do feijoeiro na região, envolvendo a avaliação dos caracteres resistência à mancha-angular e antracnose (Marques Júnior et al., 1997).

As análises de variância das notas de severidade da antracnose apresentaram teste de F significativo para as épocas de avaliação. As notas médias de severidade, independente da linhagem utilizada ou mistura, variaram de 1,79, avaliação efetuada aos 12 dias após a inoculação (DAI) a 5,79, aos 73 DAI, na safra da seca de 2007. Já em 2008, as estimativas médias das notas foram de 2,19 aos 12 DAI a 6,02, aos 54 DAI. Essas notas evidenciam que a ocorrência do patógeno foi relativamente severa e a infecção começou precocemente. Isto ocorreu, provavelmente, porque o patógeno foi inoculado e as condições ambientais foram favoráveis à disseminação e infecção.

Segundo comentário de Paula Júnior & Zambolim (2006), temperaturas moderadas, entre 15°C a 22°C são ideais para o desenvolvimento do patógeno. Contudo, os limites de temperatura devem estar entre 13°C e 30°C. Como se observa pelos dados da Tabela 2, a temperatura média no período não ultrapassou esses limites. Já a umidade deve ser alta, acima de 95%. Embora as precipitações não tivessem sido elevadas no período, não houve falta de umidade na área experimental, pois a cultura foi submetida à irrigação por aspersão com turno de rega diário.

Independente da época de avaliação, as linhagens ou mistura diferiram na reação ao patógeno. As linhagens Carioca e CI-107 comprovaram a suscetibilidade, com maior nota média de severidade (Tabela 4). De modo geral, as demais linhagens e a multilinha não apresentaram diferenças significativas entre as notas médias de severidade da antracnose. Em princípio, esse resultado já evidencia que a multilinha foi eficiente em reduzir a severidade do patógeno, pois, mesmo considerando que 2/7 de plantas da multilinha eram compostas por linhagens muito suscetíveis, a nota média foi semelhante às das linhagens com resistência.

Constatou-se, também, que, nas duas safras, a interação linhagens ou multilinha x épocas de avaliação foi significativa ( $P \leq 0,01$ ). Infere-se que o comportamento das linhagens ou multilinha não foi coincidente nas diferentes épocas de avaliação. A presença de interação era esperada, haja visto que as linhagens diferiram na reação ao patógeno (Tabela 1). Infelizmente, não foram encontrados relatos que comprovem a ocorrência desta interação na cultura do feijoeiro.

TABELA 2. Variáveis climáticas (temperaturas máximas, médias, mínimas e precipitação) registradas durante o ciclo da cultura do feijoeiro nas safras da seca de 2007 e seca de 2008, em intervalos de 10 dias.

Intervalos de dias	Seca 2007			
	Tmáxima (°C)	Tmínima (°C)	Tmédia (°C)	Precipitação (mm)
1/03-10/03	30,9	17,7	23,5	0,0
11/03-20/03	30,4	18,1	23,2	2,3
21/03-30/03	31,2	18,6	23,9	1,2
31/03-9/04	29,7	17,8	22,7	2,7
10/04-19/04	29,2	16,8	22,0	0,0
20/04-29/04	28,0	17,4	21,3	1,0
30/04-9/05	27,9	13,6	19,6	0,0
10/05-19/05	27,1	13,0	19,1	0,0
20/05-29/05	23,0	12,8	16,7	3,0
	Seca 2008			
	Tmáxima (°C)	Tmínima (°C)	Tmédia (°C)	Precipitação (mm)
01/02-10/02	27,9	18,3	21,9	15,5
11/02-20/02	30,8	18,1	23,4	1,0
21/02-01/03	27,4	17,3	20,1	8,1
02/03-11/03	30,6	17,9	23,2	3,8
12/03-21/03	27,2	17,2	21,0	14,3
22/03-31/03	29,2	16,5	21,6	1,1
01/04-10/04	26,7	17,5	20,9	4,5
11/04-20/04	29,0	17,1	20,8	2,5
21/04-30/04	27,8	15,3	20,5	4,1

Foram estimadas as equações de regressão linear entre as notas médias de severidade da antracnose em cada época de avaliação e as variáveis climáticas (Tabela 3). Para o experimento de 2007, as estimativas dos coeficientes de regressão linear ( $b_1$ ), para os dados de temperatura, foram todos diferentes de zero ( $P \leq 0,01$ ). As estimativas de  $b_1$  foram negativas, indicando que as temperaturas mais amenas favoreceram a severidade da doença. Em 2008, as estimativas foram semelhantes às de 2007, embora não fossem

significativamente diferentes de zero. Isto ocorreu porque, em 2008, a variação nas temperaturas foi menor que em 2007 (Tabela 2). Com relação à precipitação, as estimativas de  $b_1$  foram todas de pequena magnitude. Isso era esperado porque a cultura foi irrigada e, portanto, praticamente não ocorreu variação no teor de umidade durante o ciclo.

Embora não fosse comparado o efeito da temperatura no comportamento das diferentes linhagens em relação ao patógeno, verifica-se que as estimativas do coeficiente de regressão linear foram de maior magnitude para as linhagens suscetíveis Carioca e CI-107. Isso ocorreu devido à amplitude de variação nas notas de severidade dessas duas linhagens terem sido maiores.

As equações de regressão linear entre o número de dias decorridos da inoculação a cada época de avaliação e a nota de severidade da antracnose das linhagens e da multilinha por safra são apresentadas na Tabela 4. Constatou-se que os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) foram altos, a maioria superiores a 0,90, evidenciando que as equações lineares explicaram o progresso da doença com o tempo. Esses resultados são coerentes ao que tem sido obtido na literatura, envolvendo o mesmo patossistema (Talamini, 2003).

Para todas as linhagens ou multilinha, a estimativa do coeficiente de regressão foi positiva e significativamente diferente de zero ( $P \leq 0,01$ ), comprovando incremento das notas médias de severidade da antracnose ao longo das avaliações, condição essencial para pesquisa dessa natureza. Na safra da seca de 2007, as estimativas de  $b_1$  variaram de 0,03, para a linhagem MA-II-22 a 0,13, na linhagem Carioca. Já em 2008, essas estimativas foram praticamente da mesma magnitude entre as linhagens, entretanto, a variação foi maior, de 0,03 a 0,16. As linhagens Carioca e CI-107 comprovaram sua suscetibilidade, conforme já comentado, apresentando altas estimativas de  $b_1$ .

TABELA 3. Estimativas dos coeficientes de regressão linear ( $b_1$ ) entre as notas médias de severidade da antracnose em cada época de avaliação com as variáveis climáticas nas linhagens de feijoeiro e na multilinha nas duas safras..

Variáveis	Carioca	Talismã	RC-I-8	MA-II-8	MA-II-16	MA-II-22	CI-107	Multilinha
Climáticas	Seca 2007							
Tmáx.	-1,07**	-0,90**	-0,40**	-0,38**	-0,48**	-0,24**	-0,98**	-0,34**
Tmín.	-0,98**	-0,77**	-0,36**	-0,32**	-0,42**	-0,21**	-0,87**	-0,28**
Tméd.	-1,09**	-0,88**	-0,40**	-0,37**	-0,48**	-0,24**	-0,99**	-0,33**
Prec.	-0,08 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	-0,07 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>
	Seca 2008							
Tmáx.	-0,67 <sup>ns</sup>	-0,46 <sup>ns</sup>	-0,22 <sup>ns</sup>	-0,20 <sup>ns</sup>	-0,46 <sup>ns</sup>	-0,15 <sup>ns</sup>	-0,76 <sup>ns</sup>	-0,42 <sup>ns</sup>
Tmín.	-0,81 <sup>ns</sup>	-1,07 <sup>ns</sup>	-0,46 <sup>ns</sup>	-0,40 <sup>ns</sup>	-0,19 <sup>ns</sup>	-0,21 <sup>ns</sup>	-1,24 <sup>ns</sup>	-0,43 <sup>ns</sup>
Tméd.	-2,03 <sup>ns</sup>	-1,63 <sup>ns</sup>	-0,92 <sup>ns</sup>	-0,73 <sup>ns</sup>	-1,12 <sup>ns</sup>	-0,47 <sup>ns</sup>	-1,74 <sup>ns</sup>	-1,17 <sup>ns</sup>
Prec.	-0,19 <sup>ns</sup>	-0,14 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>	-0,06 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>	-0,02 <sup>ns</sup>	-0,13 <sup>ns</sup>	-0,06 <sup>ns</sup>

\*\* e <sup>ns</sup>: significativo e não significativo, a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 4. Coeficientes da equação de regressão linear entre a época de avaliação e a nota de severidade de antracnose, e as notas médias das avaliações para as linhagens e multilinha de feijoeiro, para a safra da seca de 2007 e seca de 2008.

Linhagens	Seca 2007				Seca 2008			
	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	R <sup>2</sup>	Notas	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	R <sup>2</sup>	Notas
Carioca	0,73	0,13 (0,13-0,14) <sup>1/</sup>	0,95	6,12 a <sup>2/</sup>	0,00	0,16 (0,15-0,18)	0,99	5,43 b
Talismã	0,45	0,10 (0,09-0,11)	0,99	4,81 b	0,37	0,12 (0,11-0,14)	0,99	4,33 c
RC-I-8	1,11	0,05 (0,04-0,06)	0,99	3,07 c	0,97	0,06 (0,05-0,08)	0,86	2,93 d
MA-II-8	1,19	0,04 (0,03-0,05)	0,98	3,00 c	1,05	0,05 (0,04-0,07)	0,97	2,77 d
MA-II-16	0,93	0,06 (0,05-0,07)	0,98	3,26 c	0,48	0,08 (0,07-0,10)	0,96	3,10 d
MA-II-22	1,31	0,03 (0,02-0,04)	0,97	2,45 c	1,02	0,03 (0,02-0,05)	0,91	2,03 d
CI-107	1,87	0,12 (0,11-0,13)	0,89	6,86 a	3,04	0,12 (0,11-0,14)	0,97	7,03 a
Multilinha	1,32	0,04 (0,03-0,05)	0,98	2,90 c	0,99	0,08 (0,07-0,10)	0,97	3,70 c

<sup>1/</sup> Limites do intervalo de confiança para b<sub>1</sub>, com 2,5% de probabilidade

<sup>2/</sup> Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste Scott-Knott (P≤0,05).

Por meio dos intervalos de confiança dos valores de  $b_1$ , foi possível verificar, na safra de 2007, que não houve diferença entre a estimativa de  $b_1$  obtida pela multilinha e a apresentada pela linhagem MA-II-22, que mostrou o menor progresso da doença com o decorrer das épocas de avaliação, uma vez que ambos os valores ocorrem dentro do mesmo intervalo. Em 2008, a estimativa de  $b_1$  obtida pela multilinha foi superior apenas às linhagens MA-II-22 e MA-II-8.

Outra alternativa para avaliar o progresso da doença foi a estimativa da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Nas análises de variância da AACPD para as duas épocas de cultivo, detectaram-se diferenças significativas entre os tratamentos ( $P \leq 0,01$ ). Isso indica, como já discutido para as estimativas dos coeficientes de regressão linear, que ocorreu variabilidade entre as linhagens ou multilinha para a resposta à infecção da antracnose. As estimativas da AACPD variaram, em 2007, de 7,50 a 35,00 e, em 2008, de 7,00 a 39,25 (Tabela 5).

Considerando os dados da AACPD, observou-se que as linhagens mais suscetíveis, ou seja, com maiores estimativas da AACPD, foram as linhagens Carioca, CI-107 e BRSMG-Talismã. Não houve diferenças significativas entre as estimativas da AACPD, entre a multilinha e as demais linhagens resistentes, em 2007. Esses resultados são similares aos obtidos em outras situações, considerando outras espécies (Mille & Jouan, 1997). Cowger & Mundt (2002) e Andrivon et al. (2003) observaram que misturas constituídas por linhagens resistentes e suscetíveis proporcionaram menor severidade da mancha-de-septoria no trigo e requeima-da-batata, respectivamente. Esses autores comentam que isso ocorre devido ao fato de as plantas resistentes da multilinha funcionarem como barreira física à disseminação do inóculo pelo ar, limitando a quantidade de inóculo depositado nos componentes suscetíveis da mistura. Também ocorre diluição do inóculo devido à redução de sua produção nas

TABELA 5. Área abaixo da curva de progresso da severidade da antracnose nas linhagens de feijoeiro e na multilinha, nas safras da seca 2007 e seca 2008.

Linhagens	Seca 2007	Seca 2008
Carioca	35,00 a <sup>1/</sup>	39,25 a
Talismã	28,42 b	27,83 b
RC-I-8	14,42 c	13,33 d
MA-II-8	11,67 c	12,00 d
MA-II-16	16,17 c	18,75 c
MA-II-22	7,50 c	7,00 d
CI-107	36,67 a	28,75 b
Multilinha	10,83 c	19,17 c

<sup>1/</sup>Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ).

plantas resistentes e menor quantidade de inóculo infeccioso nos hospedeiros suscetíveis devido à deposição de alguns esporos produzidos nas plantas resistentes (Garret & Mundt, 1999; Finckh et al., 2000).

As estimativas das correlações entre a AACPD e o coeficiente de regressão linear ( $b_1$ ) foram de  $r=0,99$  ( $P \leq 0,01$ ), em ambos os experimentos. Isso indica que os dois procedimentos forneceram a mesma informação com relação à resposta das linhagens ao patógeno com o tempo. Não foi encontrado qualquer relato na literatura que comprove esses resultados com a cultura do feijoeiro. Von Pinho et al. (1999), na avaliação do patógeno *Puccinia polysora* em milho, obtiveram, também, altas estimativas de correlação entre a AACPD e  $b_1$ .

Foram detectadas diferenças significativas ( $P \leq 0,01$ ) entre os tratamentos avaliados quanto à produtividade de grãos, em ambas as avaliações. As linhagens Carioca e CI-107 foram as que apresentaram menores produtividades médias de grãos (Tabela 6). Já as linhagens MA-II-8, MA-II-16, MA-II-22 e RC-I-8 foram agrupadas entre as mais produtivas, na safra de 2007. Merece destaque o comportamento da multilinha, que apresentou produtividade bem semelhante à das linhagens com melhor desempenho. Na safra de 2008, a produtividade estimada para a multilinha e as demais linhagens MA-II-16, MA-II-22 e RC-I-8 não diferiram significativamente. Esse fato é bem expressivo, pois, na constituição da multilinha, 28,6% das plantas são das linhagens Carioca e CI-107 que, na média das duas avaliações, apresentaram desempenho apenas de 29,1% do obtido pelas quatro linhagens consideradas as mais produtivas.

Outros resultados relatados na literatura têm comprovado que a multilinha contribui para maior produtividade e menor incidência de alguns patógenos do que o uso de cultivares puras (Finckh & Mundt, 1992; Zhu et al., 2000). Segundo Helland & Holland (2001), a utilização de misturas de cultivares de aveia permitiu produção maior e mais estável em relação ao cultivo de linhas puras. Os autores concluíram, em um dos experimentos, que a produção média de grãos nas misturas avaliadas foi, em média, 3% superior à média das linhas puras. Evidenciaram também que as misturas foram mais estáveis que a monocultura. Em trabalho realizado por Bruzi et al. (2007) foi comparada a estabilidade de oito linhagens, a mistura entre elas e a população segregante do híbrido múltiplo. Pôde-se constatar que a mistura e a população segregante foram as mais estáveis.

TABELA 6. Produtividade média de grãos (g/parcela) de linhagens de feijoeiro e da multilinha, para a safra da seca 2007 e 2008.

Linhagens e multilinha	Seca 2007	Seca 2008
Carioca	306,67 c <sup>1/</sup>	121,67 c
Talismã	723,33 b	270,00 b
RC-I-8	1043,33 a	276,67 b
MA-II-8	1030,00 a	431,67 a
MA-II-16	1058,33 a	298,33 b
MA-II-22	1108,33 a	275,00 b
CI-107	301,67 c	73,33 c
Multilinha	906,67 b	283,33 b

<sup>1/</sup> Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ).

O efeito das notas médias de severidade da antracnose na produtividade de grãos pôde ser observado pelas estimativas das correlações entre as duas características (Tabela 7). Essas estimativas obtidas indicam que, quanto maior a nota de severidade da antracnose menor a produtividade média de grãos. A associação entre a nota de severidade do patógeno e a produtividade de grãos é freqüente na literatura (Singh et al., 1991; Ramalho et al., 1993; Abreu et al., 2003).

TABELA 7. Estimativas das correlações entre as notas médias de severidade de antracnose nas linhagens e na multilinha, em cada época de avaliação e a produtividade média de grãos (g/parcela), nas safras da seca de 2007 e seca de 2008.

Avaliações	Seca 2007	Seca 2008
	Produtividade de grãos	Produtividade de grãos
Primeira	0,14 <sup>ns</sup>	-0,75 <sup>**</sup>
Segunda	-0,82 <sup>**</sup>	-0,77 <sup>**</sup>
Terceira	-0,95 <sup>**</sup>	-0,82 <sup>**</sup>
Quarta	-0,98 <sup>**</sup>	-0,84 <sup>**</sup>
Quinta	-0,97 <sup>**</sup>	-0,81 <sup>**</sup>
Sexta	-0,96 <sup>**</sup>	-
Sétima	-0,94 <sup>**</sup>	-

<sup>\*\*</sup> e <sup>ns</sup>: significativo e não significativo, a 1% de probabilidade, respectivamente.

Visando à confirmação dessa última observação, também foram estimadas as correlações entre as variáveis independentes ( $b_1$  ou AACPD) e a variável dependente (produtividade média de grãos). Como era esperado, as estimativas da correlação foram sempre negativas e de alta magnitude, especialmente no experimento de 2007 (Tabela 8). Na literatura, entretanto, os resultados relatados não evidenciaram a associação entre as estimativas de AACPD e a produtividade de grãos (Talamini, 2003).

TABELA 8. Estimativas das correlações entre os coeficientes da equação de regressão linear ( $b_1$ ) e a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) com a produtividade média de grãos (g/parcela).

Parâmetros	Seca 2007	Seca 2008
	Produtividade de grãos	Produtividade de grãos
$b_1$	-0,94**	-0,72**
AACPD	-0,94**	-0,72**

\*\* significativo, a 1% de probabilidade.

Com esse tipo de trabalho não é possível avaliar a durabilidade da resistência. Seria necessária a condução de experimentos em maior número de ambientes por vários anos. Além do mais, seria necessário avaliar a proporção das linhagens na mistura e verificar se a reação das linhagens alterou-se com o tempo e ou ocorreram novas raças patogênicas. É evidente, contudo, que a mistura de linhagens é uma boa estratégia para reduzir o progresso da doença no campo e, em consequência, reduzir as perdas na produtividade de grãos. É preciso enfatizar que os agricultores de subsistência têm, ao longo do tempo, utilizado essa estratégia, haja visto que eles não compram sementes e suas “cultivares” são uma mistura de linhagens de vários tipos (Ramalho & Abreu, 2006).

Considerando que os programas de melhoramento vêm, ao longo do tempo, obtendo inúmeras linhagens de feijoeiro com outros alelos de resistência e com grãos tipo carioca muito semelhantes, a mistura destas linhagens, certamente, é uma boa opção. É preciso salientar, também, que o processo é dinâmico, ou seja, a cada nova linhagem resistente que surge, essa pode ser incorporada na nova multiplicação da multilinha. Essa estratégia pode

perfeitamente ser utilizada para outros patógenos simultaneamente e até mesmo para a resistência a estresses abióticos. Além do mais, como os grãos são comercialmente muito semelhantes, os agricultores de subsistência, ao continuarem utilizando os grãos colhidos como sementes, a multilinha seria mais vantajosa que as utilizadas por eles, pois não teriam restrição na comercialização de excedentes de produção.

## **CONCLUSÕES**

Foi possível constatar, no presente trabalho, que a mistura de linhagens é uma boa estratégia para reduzir o progresso da antracnose no campo e, em consequência, reduzir as perdas na produtividade de grãos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A. de F. B.; RAMALHO, M. A. P.; GONÇALVES, F. M. A.; MENDONÇA, H. A. de. Utilização da produtividade de grãos na seleção para resistência ao *Colletotrichum lindemuthianum* no feijoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n.2, p. 363-369, mar./abr. 2003.
- ALZATE-MARIN, A.L.; NIETSCHE S.; COSTA M.R.; SOUZA K.A.; SARTORATO A.; BARROS E.G.; MOREIRA M.A. Análises do DNA de isolados de *Colletotrichum lindemuthianum* e *Phaeoisariopsis griseola* visando identificação de patótipos. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 47, n. 2, p.197-203, abr./jun. 2001.
- ANDRIVON, D.; LUCAS, J. M.; ELLISSECHE. Development of natural late blight epidemics in pure and mixed plots of potato cultivars with different levels of partial resistance. **Plant Pathology**, Oxford, v. 52, n. 5, p. 586-594, Oct. 2003.
- BRUZI, A. T.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F.B.; FERREIRA, D. F.; SENA, M. R. Homeostasis of common bean populations with different genetic structures. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 7, n. 2, p. 111-116, June 2007.
- COWGER, C.; MUNDT, C. C. Effects of wheat cultivar mixtures on epidemic progression of *Septoria tritici* blotch and pathogenicity of *Mycosphaerella graminicola*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 92, n. 6, p. 617-623, June 2002.
- DAVIDE, L. M. C. **Comprovação da variabilidade patogênica dentro da raça 65 de *Colletotrichum lindemuthianum***. 2006. 59 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- FINCKH, M. R.; MUNDT, C. C. Stripe rust, yield, and plant competition in wheat cultivar mixtures. **Phytopathology**, St. Paul, v. 82, n. 9, p. 905-913, Sept. 1992.
- FINCKH, M. R.; GACEK, E. S.; GOYEAU, H.; MERZ, U.; MUNDT, C. C.; MUNK, L.; NADZIAK, J.; NEWTON, A. C.; de VALLAVIEILLE POPE, C.;

WOLFW, M. S. Cereal variety and species mixtures in practice, with emphasis on disease resistance. **Agronomie**, Paris, v. 20, n. 8, p. 813-837, 2000.

GARRETT, K. A.; MUNDT, C. C. Epidemiology in mixed host populations. **Phytopathology**, St. Paul, v. 89, n. 11, p. 984-990, Nov. 1999.

HELLAND, S. J.; HOLLAND, J. B. Blend response and stability and cultivar blending ability in oat. **Crop Science**, Madison, v. 41, n. 6, p. 1689-1696, Nov./Dec. 2001.

ISHIKAWA, F. H.; DAVIDE, L. M. C.; FREIRE, C. N. S.; SILVA, K. J. D.; SOUZA, E. A. Levantamento de raças de *Colletotrichum lindemuthianum* de regiões produtoras de feijão. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: EMBRAPA, 2005. p. 501-504.

MARQUES JÚNIOR, O. G.; RAMALHO, M. A. P. ; FERREIRA, D. F. ; SANTOS, J. B. Viabilidade do emprego de notas na avaliação de alguns caracteres do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista CERES**, Viçosa, MG, v. 26, n. 254, p. 411-420, jul./ago. 1997.

MILLE, B.; JOUAN, B. Influence of varietal associations on the development of leaf and glume blotch and brown leaf rust in winter bread wheat. **Agronomie**, Paris, v. 17, n. 4, p. 247-251, May 1997.

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

PAULA JÚNIOR, T. J. de; ZAMBOLIM, L. Doenças. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J. de; BORÉM, A. 2. ed. **Feijão**. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 359-414.

PEREIRA, H. S.; SANTOS, J. B. dos; ABREU, A. de F. B. Linhagens de feijoeiro com resistência à antracnose selecionadas quanto a características agronômicas desejáveis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v 39, n. 3, p. 209-215, mar. 2004.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Cultivares. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J. de; BORÉM, A. **Feijão**. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 415-436.

RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A. de F. B.; MENDONÇA, H. A. de. Melhoramento visando a obtenção de cultivares de feijão resistentes à antracnose. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4., Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1993. p. 111.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B.; SANTOS, J. B. Melhoramento de plantas autógamas. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S. de; VALADARES-INGLIS, M. C. **Recursos genéticos e melhoramento:** plantas. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 201-230.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas.** 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 326 p.

RAVA, C. A.; MOLINA, J.; KAUFFMAN, M.; BRIONES, I. Determinación de Razas Fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum* en Nicaragua. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 388-391, Sept. 1993.

RAVA, C. A.; PURCHIO, A. F.; SARTORATO, A. Caracterização de patótipos de *Colletotrichum lindemuthianum* que ocorrem em algumas regiões produtoras de feijoeiro comum. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 9, n. 2, p. 167-172, jun. 1994.

SARTORATO, A.; RAVA, C.A. **Principais doenças do feijoeiro comum e seu controle.** 2. ed. Santo Antônio de Goiás: Embapa/Arroz e Feijão, 2002. 1 CD-ROM.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v. 30, n. 3, p. 507-512, Sept. 1974.

SILVA, K. J. D.; SOUZA, E. A. de; SARTORATO, A.; ISHIKAWA, F. H. Variabilidade patogênica e molecular entre isolados de *Colletotrichum lindemuthianum* oriundos de diferentes regiões produtoras de feijão no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: EMBRAPA. 2005. p. 601-604.

SINGH, S. P; PASTOR-CORRALES, M. A.; MOLINA, A.; URREA, C.; CAJIAO, C. Independent, alternate, and simultaneous selection for resistance to anthracnose and angular leaf spot and effects on seed yield in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Plant Breeding**, Berlin, v. 106, n. 4, p. 312-318, May 1991.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 3. ed. Boston: WCB/McGraw Hill, 1997. 666p.

TALAMINI, V. **Progresso especial e temporal da antracnose a partir de diferentes níveis de inóculo inicial em sementes de feijoeiro**. 2003. 144 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

VON PINHO, R. G.; RAMALHO, M. A. P.; SILVA, I. C.; C, R. I. ; POZAR, G. Danos causados pelas ferrugens polyssora e tropical do milho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 3, p. 400-409, set. 1999.

ZHU, Y. Y.; CHEN, H. R.; FAN, J. H.; WANG, Y. Y.; LI, Y.; CHEN, J. B.; FAN, J. X.; YANG, S. S.; HU, L. P.; LEUNG, H.; MEW, T. W.; TENG, P. S.; WANG, Z. H.; MUNDT, C. C. Genetic diversity and disease control in Rice. **Nature**, v. 406, N. 6797, p. 718-722, Aug. 2000.

## **CAPÍTULO 2**

### **ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS DE COMPENSAÇÃO E DE ESTABILIDADE VISANDO À OBTENÇÃO DE MULTILINHAS NA CULTURA DO FEJJOEIRO**

## RESUMO

SILVA Flávia Barbosa. Estimativas de parâmetros de compensação e de estabilidade visando à obtenção de multilinhas na cultura do feijoeiro. In: \_\_\_\_\_. **Multilinhas visando atenuação dos estresses bióticos e maior estabilidade fenotípica no feijoeiro.** 2008. Cap. 2, p. 64-86. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, MG.\*

O objetivo do presente trabalho foi obter estimativas de parâmetros de compensação de linhagens de feijoeiro e, ao mesmo tempo, verificar se a mistura das linhagens possui maior estabilidade que as suas linhagens componentes. Foram utilizadas seis linhagens de feijoeiro com grãos tipo carioca, que diferem no ciclo, no hábito de crescimento e na reação aos patógenos *Pseudocercospora griseola* e *Colletotrichum lindemuthianum*. Essas linhagens foram misturadas, duas a duas, em igual proporção, totalizando 21 tratamentos. O delineamento adotado foi de blocos casualizados, com três repetições e as parcelas constituídas de três linhas de 3m. Os experimentos foram conduzidos em 11 ambientes (safra e locais), no período de fevereiro de 2007 a junho de 2008. O caráter avaliado foi produtividade de grãos em g/parcela. Com os dados médios por ambiente foram estimados os parâmetros de capacidade geral de compensação ( $c_i$ ) e capacidade específica de compensação ( $s_{ij}$ ). Ocorreram diferenças tanto na capacidade geral como na capacidade específica de compensação. Constatou-se que a cultivar Talismã apresentou maior estimativa positiva de  $c_i$ , sendo uma boa linhagem para ser utilizada em mistura, pois complementa bem a outra linhagem. O par Carioca + MA-II-16 apresentou boa combinação, tendo obtido maior estimativa positiva de  $s_{ij}$ , seguido dos pares RC-I-8 + MA-II-22 e Talismã + MA-II-16. Observou-se que as misturas apresentaram em média menor contribuição para a interação do que as linhagens em monocultivo. A mistura Talismã + MA-II-8 foi a mais estável e a que obteve maior produtividade média de grãos. Essa mesma mistura apresentou menor risco de adoção. As estimativas desses parâmetros de compensação e de estabilidade em mistura possibilitam obter informações que auxiliam na escolha das linhagens para compor uma multilinha.

---

Comitê de orientação: Magno Antonio Patto Ramalho – UFLA (Orientador); Ângela de Fátima Barbosa Abreu – Embrapa Arroz e Feijão/UFLA (Co-orientadora)

## ABSTRACT

SILVA, Flávia Barbosa. Estimates of parameters of compensation and stability for the development of multilines in common bean. In:\_\_\_\_\_. **Multilines to attenuate biotic stress and increase phenotypic stability in common bean.** 2008. Cap. 2, p. 64-86. Thesis (Doctor's degree in Plant Genetics and Breeding) – Universidade Federal de Lavras, MG.\*

The purpose of this study was to establish estimates of parameters of compensation of common bean lines and to verify if a mixture of lines is more stable than its components. Six common bean lines were used with carioca grain types that differed in cycle, growth habit and reaction to the pathogens *Pseudocercospora griseola* and *Colletotrichum lindemuthianum*. These lines were blended pairwise in equal shares, totalling 21 treatments, in a randomized block design with three replications. The experiments were carried out in 11 environments (growing seasons and locations), from February 2007 through June 2008, on plots with three 3-m- rows. The trait grain yield was evaluated in g/plot. The parameters of general compensation ( $c_i$ ) and specific compensation ability ( $s_{ij}$ ) were estimated based on the mean data per environment and differences were stated in both. The highest positive  $c_i$  estimate of Talismã recommended this cultivar for a mixture, for being complementary to the other line. The pair Carioca + MA-II-16 represented a good combination, with the highest positive  $s_{ij}$  estimate, followed by the pairs RC-I-8 + MA-II-22 and Talismã + MA-II-16. The contribution of the mixtures to interaction was on average lower than that of lines in monoculture. The mixture Talismã + MA-II-8 was the most stable and reached the highest mean grain yield. This same mixture represented a lower risk. The estimates of these parameters of compensation ability and stability in mixture provided information underlying the choice of the lines to compose a multiline.

---

\*Committee members: Magno Antonio Patto Ramalho – UFLA (Advisor); Ângela de Fátima Barbosa Abreu – Embrapa Arroz e Feijão/UFLA (Co-advisor)

## 1 INTRODUÇÃO

Em muitas regiões do Brasil, os agricultores não adquirem sementes e utilizam para plantio os grãos colhidos na safra anterior. Essas “cultivares” dos agricultores, em realidade, são uma mistura de várias linhagens, algumas vezes até com grãos de cores bem distintas. Ao que tudo indica, essa mistura de linhagens funciona como uma multilinha e, pelo menos aparentemente, proporciona maior estabilidade de produção.

O emprego de multilinhas tem sido sugerido como mecanismo para diminuir a pressão de seleção nos patógenos, reduzindo a chance de incremento das raças pouco freqüentes que podem ser mais complexas (Wolfe 2000; Stuthman, 2002). Além do mais, tem sido constatado que as cultivares constituídas por uma mistura de linhagens apresentam maior estabilidade que a maioria das cultivares constituídas por uma única linha pura (Helland & Holland, 2001; Bruzi et al., 2007). Esse fato ocorre, provavelmente, devido à presença de homeostase ou tamponamento populacional inerente às misturas (Becker e Léon, 1988). Há relatos, na literatura, que comprovam que a mistura de linhagens pode apresentar maior produtividade em relação às linhas puras (Finckh & Mundt, 1992; Zhu et al., 2000).

A recomendação de cultivares constituídas de uma mistura poderia ser uma estratégia para o melhoramento do feijoeiro no Brasil. Na maioria das regiões, a preferência é por feijões com grãos tipo carioca e há disponível algumas centenas de linhagens nos programas de melhoramento que poderiam ser misturadas sem maiores conseqüências no aspecto do produto comercial.

Um questionamento que surge na utilização desta estratégia é como obter a multilinha, isto é, identificar as linhagens que irão compor a mistura. Uma opção para se obter essa informação é por meio de estimativas da

capacidade de exercer e suportar a competição. Essas estimativas podem ser obtidas por meio de algumas alternativas. Uma delas seria a combinação das linhagens duas a duas semelhante a um sistema dialético (Federer et al., 1982). Esse procedimento ainda não foi devidamente avaliado, sobretudo, com linhagens utilizadas no Brasil.

Do exposto, foi realizado o presente trabalho visando à obtenção de estimativas da capacidade de compensação de linhagens de feijão, bem como verificar se misturas das linhagens possuem maior estabilidade que as suas linhagens componentes.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Locais e linhagens avaliadas

Foram utilizadas seis linhagens de feijoeiro com grãos tipo carioca (Tabela 1), que diferem no ciclo, hábito de crescimento e reação aos patógenos *Pseudocercospora griseola* e *Colletotrichum lindemuthianum*. Essas linhagens foram misturadas duas a duas em igual proporção. Os 21 tratamentos (seis linhagens e 15 misturas) foram avaliados em 11 ambientes (Tabela 2). Os ambientes envolvem diferentes locais e épocas de semeadura.

TABELA 1. Descrição das linhagens de feijoeiro utilizadas nos experimentos, e suas respectivas reações à *C. lindemuthianum* e à *P. griseola*.

Linhagens	Hábito de crescimento	Ciclo	Reação à <i>C. lindemuthianum</i>	Reação à <i>P. griseola</i>
Carioca	III	Normal	Suscetível <sup>1/</sup>	Suscetível
BRSMG-Talismã	III	Precoce	Resistente à raça 89	Suscetível
RC-I-8	II	Normal	Resistente à raça 337	Suscetível
MA-II-8	III	Normal	Resistente à raça 81	Resistente
MA-II-16	III	Normal	Resistente à raça 87	Resistente
MA-II-22	III	Normal	Resistente à raça 65	Resistente

<sup>1/</sup> Suscetível a todas as raças inoculadas

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições. As parcelas foram constituídas de 3 linhas de 3m, adotando-se como densidade de semeadura 15 sementes por metro e espaçamento de 0,5m entre as linhas.

A adubação foi realizada no sulco de semeadura, tendo sido aplicado o equivalente a 300 kg/ha da fórmula 8-28-16 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O mais Zn. Em cobertura, foram aplicados 150 kg/ha de sulfato de amônio. Nas semeaduras realizadas em fevereiro e julho, a cultura foi irrigada por aspersão. Os demais tratamentos culturais foram os normalmente adotados para a cultura na região.

TABELA 2. Principais características dos ambientes de condução dos experimentos, com as respectivas épocas de semeadura.

Locais	Épocas de semeadura	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Ijaci	Fev./07	21°10'S	44°75'W	832
Lavras	Jul./07, Nov./07, Fev./08	21°14'S	44°75'W	919
Lambari	Fev./07, Jul./07, Nov./07	21°58'S	45°21'W	887
Patos de Minas	Fev./07, Jul./07, Nov./07	18°34'S	46°31'W	832
Viçosa	Jul./07	20°44'S	42°50'W	650

## 2.2 Análises dos dados

O caráter avaliado foi produtividade de grãos em g/parcela. Os dados foram submetidos à análise de variância individual, adotando-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + p_i + r_j + e_{ij}$$

em que:

$Y_{ij}$  é a observação referente ao tratamento  $i$  na repetição  $j$ ;

$\mu$  é a média geral;

$p_i$  é o efeito do tratamento  $i$  ( $i=1,2,3,\dots,21$ );

$r_j$  : efeito da repetição  $j$  ( $j=1, 2,3$ );

$e_{ij}$  é o erro experimental associado à observação  $Y_{ij}$  ( $e_{ij} \cap N(0,\sigma^2)$ ).

Posteriormente, procedeu-se a análise conjunta envolvendo todos os ambientes, adotando-se o seguinte modelo:

$$Y_{ijl} = \mu + p_i + a_l + r_{j(l)} + (pa)_{il} + e_{ijl}$$

em que:

$Y_{ijl}$  é a observação referente ao tratamento  $i$  na repetição  $j$  no ambiente  $l$ ;

$\mu$  é a média geral;

$p_i$  é o efeito do tratamento  $i$  ( $i= 1, 2, 3,\dots, 21$ );

$a_l$  é o efeito do ambiente  $l$  ( $l= 1, 2, 3,\dots, 11$ );

$r_{j(l)}$  é o efeito da repetição  $j$  no ambiente  $l$ ;

$(pa)_{il}$  é o efeito da interação tratamentos x ambientes;

$e_{ijl}$  é o erro experimental associado à observação  $Y_{ijl}$  ( $e_{ijl} \cap N(0, \sigma^2)$ ).

Todas as análises foram efetuadas no programa MSTAT-C (1991). Utilizando-se os dados médios de cada mistura, foi efetuada análise semelhante a proposta por Federer et al. (1982), conforme o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + c_i + c_j + s_{ij} + e_{ij}$$

em que:

$Y_{ij}$  observação referente à mistura das linhagem  $i$  e  $j$ ;

$\mu$  é a média geral;

$c_i$  é a capacidade de compensação da linhagem  $i$ ;

$c_j$  é a capacidade de compensação da linhagem  $j$ ;

$s_{ij}$  é a capacidade específica de compensação do par de linhagens  $i$  e  $j$ ;

$e_{ij}$  é o erro experimental associado à observação  $Y_{ij}$ .

Para verificar o efeito da mistura em relação às linhas puras, com relação à estabilidade, foi obtida a estimativa da ecovalência (Wricke, 1965), pela seguinte expressão:

$$W_i^2 = \sum (Y_{ij} - \bar{Y}_i - \bar{Y}_j + \bar{Y}_{..})^2$$

em que:

$W_i^2$  : é a ecovalência do tratamento  $i$ ;

$Y_{ij}$  : é a observação referente ao tratamento  $i$  no ambiente  $j$ ;

$\bar{Y}_i$  : é a média do tratamento  $i$ ;

$\bar{Y}_{.j}$  : é a média do ambiente  $j$ ;

$\bar{Y}_{..}$  : é a média geral.

Estimou-se também o risco de adoção das linhagens ou mistura pelo método de Annicchiarico (1992). Para a aplicação desse método, as médias de cada tratamento foram transformadas em porcentagens das médias dos ambientes ( $Y_i$ ). Posteriormente, foi estimado o desvio padrão ( $s_i$ ) das porcentagens de cada tratamento. Como estimadores destes dois parâmetros,  $Y_i$  e  $s_i$ , foi estimado o índice de confiança  $I_i$ , pela seguinte expressão:  $I_i = \bar{Y}_i - Z_{(1-\alpha)} s_i$ , em que:  $I_i$  é o índice de confiança (%);  $\bar{Y}_i$  é a média do tratamento  $i$  em porcentagem;  $Z$  é o percentil  $(1-\alpha)$  da função de distribuição normal standardizada;  $\alpha$  é o nível de significância e  $s_i$  é o desvio padrão dos percentuais.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No resumo da análise de variância conjunta (Tabela 3), envolvendo os 11 ambientes, constatou-se que a precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação foi boa (CV=14,6%). Essa estimativa é de magnitude inferior às que têm sido obtidas com a cultura do feijoeiro na região, avaliando linhagens (Matos et al., 2007). A fonte de variação ambientes (safra e locais) apresentou teste de F altamente significativo ( $P \leq 0,00$ ), condição essa primordial para a condução de experimentos dessa natureza. Esse fato era esperado, pois as condições ambientais em que os experimentos foram implantados foram bastante discrepantes.

Na safra da seca, semeadura em fevereiro, e safra de inverno, semeadura em julho, os experimentos foram irrigados. Observaram-se, também, maiores temperaturas na safra da seca. Em relação aos locais em que os experimentos foram avaliados, esses apresentam características bem distintas, entre elas, destaca-se, a variação nas condições de fertilidade do solo. A produtividade média variou de 605g/parcela, em Lambari, na semeadura de julho de 2007, a 1401g/parcela, no mesmo local, na semeadura realizada em fevereiro de 2007.

As linhagens utilizadas diferem na reação a *Colletotrichum lindemuthianum* (Tabela 1). As linhagens de sigla MA são provenientes de um programa de seleção recorrente visando à resistência ao patógeno *Pseudocercospora griseola*, agente causal da mancha-angular. Já as cultivares Talismã e Carioca são suscetíveis a esse patógeno. Infelizmente, nos 11 ambientes, não foi detectada a ocorrência desses patógenos na intensidade suficiente para discriminar a resistência. Contudo, as linhagens diferem no ciclo, a Talismã, por exemplo, é 5 a 10 dias mais precoce que as demais. A RC-I-8 apresenta porte mais ereto. Mesmo assim, não foi possível, pelo teste de F,

detectar diferenças significativas entre as linhagens para a produtividade de grãos (Tabela 3).

TABELA 3. Resumo da análise de variância conjunta da produtividade de grãos (g/parcela) das linhagens de feijoeiro e misturas em 11 ambientes.

FV	GL	QM
Ambientes (A)	10	1917438,636 <sup>**</sup>
Blocos/ambientes	22	37756,569 <sup>*</sup>
Tratamentos (T)	20	52137,942 <sup>**</sup>
Linhagens (L)	5	21236,448 <sup>ns</sup>
Entre misturas (M)	14	66353,570 <sup>**</sup>
CGC	5	85008,000 <sup>**</sup>
CEC	9	55990,000 <sup>*</sup>
L vs M	1	9019,458 <sup>ns</sup>
T x A	200	68518,466 <sup>**</sup>
L x A	50	64884,582 <sup>**</sup>
M x A	140	63956,915 <sup>**</sup>
CGC x A	50	52076,560 <sup>**</sup>
CEC x A	90	70591,067 <sup>**</sup>
L vs M x A	10	150549,60 <sup>**</sup>
Erro	440	23948,032
CV (%)	14,6	
Média	1061,6	

<sup>\*</sup> e <sup>\*\*</sup> significativo, pelo teste de F, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Contudo, a interação linhagens x ambientes foi altamente significativa, indicando que o comportamento das linhagens não foi coincidente nos diferentes ambientes (Tabela 3). Essa inferência reforça o comentário anterior de que as linhagens diferem em alguns atributos, que proporcionaram diferenças em condições ambientais específicas.

A produtividade média da mistura foi, em valores absolutos, porém não significativos, 1,4% superior à média das linhagens (Tabela 4). Existem relatos envolvendo algumas metodologias, em que a mistura apresentou desempenho superior ao das linhagens componentes, como, por exemplo, em soja (Bisognin et al., 1995), em aveia (Helland & Holland, 2001) e em feijão (Guazzelli, 1975). Há, também, resultados em que o monocultivo foi superior à mistura (Silva et al., 2007)

TABELA 4. Produtividade média de grãos (g/parcela) das linhagens de feijoeiro *per se* e das misturas, nos 11 ambientes avaliados.

Ambiente		Linhagens	Misturas
Safra	Local		
Fevereiro/2007	Ijaci	1307,78	1320,44
	Lambari	1408,33	1398,22
	Patos de Minas	1131,94	1060,44
Julho/2007	Lavras	536,39	843,57
	Lambari	675,00	577,00
	Patos de Minas	827,06	861,67
Novembro/2007	Lavras	1345,56	1329,56
	Lambari	897,22	920,44
	Patos de Minas	1323,33	1329,44
	Viçosa	1400,83	1330,07
Fevereiro/2008	Lavras	693,33	732,00
Média		1049,71a <sup>1/</sup>	1063,90a

<sup>1/</sup>Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ).

Muito embora, na média dos ambientes, o desempenho das linhagens *per se* fosse semelhante, quando misturadas elas apresentaram comportamento distinto (Tabela 3 e 5). Pelo teste de Scott-Knott (1976), foi possível agrupá-las em dois grupos. As misturas envolvendo a ‘Talismã’ estiveram quase sempre no grupo das mais produtivas. Considerando as cinco combinações de que ela participou, a média foi 4% acima da obtida com a mesma linhagem em monocultivo, inferindo que ela beneficiou-se da associação. A provável explicação é que essa linhagem, como já mencionado, por ser ligeiramente mais precoce que as demais, possibilitou que suas misturas, envolvendo plantas com período de florescimento mais longo, funcionassem como mecanismo de escape aos estresses climáticos durante o florescimento.

TABELA 5. Produtividade média de grãos (g/parcela) das misturas de feijoeiro, considerando os 11 ambientes.

Linhagens	Talismã	RCI8	MAII8	MAII6	MAII22
Carioca	1103,6a <sup>1/</sup>	1064,9a	1065,9a	1079,9a	1031,8b
Talismã		1019,4b	1118,9a	1085,4a	1114,2a
RCI8			1077,2a	985,9b	1093,8a
MAII8				982,6b	1109,2a
MAII16					1025,9b

<sup>1/</sup>Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ).

Na estimativa da capacidade de compensação, adotou-se modelo semelhante ao da análise dos cruzamentos dialélicos, método IV de Griffing (1956). Não foi possível adotar o mesmo procedimento proposto por Federer et al. (1982) porque nas misturas realizadas por esses autores era possível separar os componentes da mistura, pois as linhagens diferiam na cor dos grãos. No presente trabalho, todas as linhagens apresentavam grãos tipo carioca, sendo difícil identificá-las, com precisão, na mistura.

Constatou-se, na análise conjunta, que tanto a capacidade geral de compensação (CGC) como a capacidade específica de compensação (CEC) foram significativas (Tabela 3). Em princípio, isso indica que as linhagens em mistura diferem na capacidade de compensação e há pares que exploram de modo diferente a associação entre linhagens.

A estimativa da capacidade geral de compensação ( $c_i$ ) avalia as linhagens quanto a capacidade de associação, ou seja, se o  $c_i$  é positivo, a linhagem é promissora para compor a mistura e, se negativo, ocorre o contrário. Considerando a média dos 11 ambientes, verifica-se que a maior estimativa positiva da capacidade geral de compensação ( $c_i$ ) foi obtida pela Talismã (Tabela 6), realçando o que foi mencionado anteriormente isto é, a Talismã é uma boa linhagem para ser utilizada em mistura, pois complementa bem a outra linhagem. Vale salientar que essa linhagem, em trabalho envolvendo competição planta a planta com linhagens diferentes das envolvidas neste trabalho, também exerceu pouca competição ( $c_i$  positivo) em relação às demais (Silva et al., 2007). A estimativa de  $c_i$ , obtida pela linhagem MA-II-22, embora de menor magnitude, não diferiu significativamente da Talismã (Tabela 6).

TABELA 6. Estimativa dos parâmetros da capacidade geral de compensação ( $c_i$ ) para a produtividade média de grãos (g/parcela), nos 11 ambientes avaliados e os erros associados às estimativas de  $c_i$ - $c_j$ .

Ambiente		Carioca	Talismã	RCI8	MAII8	MAII16	MAII22	Erro associado a $c_i$ - $c_j$
Safra	Local							
Fev/ 2007	Ijaci	51,33	123,58	40,08	-62,17	-148,92	-3,92	57,23
	Lambari	34,92	-43,58	-55,33	-26,33	73,92	16,42	66,12
	Patos de Minas	17,75	23,50	-77,50	32,75	58,50	-55,00	57,36
Jul/ 2007	Lavras	-88,92	-12,92	-26,67	82,58	-123,42	169,33	88,13
	Lambari	28,75	15,25	22,00	13,50	-67,00	-12,50	36,58
	Patos de Minas	126,75	38,00	36,25	-40,50	-101,75	-58,75	61,93
Nov/ 2007	Lavras	7,25	3,75	-36,00	39,00	-85,50	71,50	88,57
	Lambari	-12,92	79,33	31,83	-6,42	-98,17	6,33	52,68
	Patos de Minas	37,33	47,83	-53,92	-10,17	-35,67	14,58	45,99
Fev/ 2008	Viçosa	-69,75	89,00	-35,50	-24,00	69,75	-29,50	55,80
	Lavras	-58,25	-29,25	-61,00	95,75	18,50	34,25	48,86
	Média	6,75	30,41	-19,61	8,55	-39,98	13,89	18,66

No outro extremo, a linhagem MA-II-16 foi a pior em associação, com  $c_i$  negativo. Observou-se que, na média, ela reduziu o desempenho das misturas em que ela participou em 1,7% em relação ao seu comportamento *per se*. Outra linhagem que não apresentou boa complementação foi a RC-I-8 ( $c_i = -19,61$ ) (Tabela 6). Essa linhagem é a única entre as avaliadas, como já mencionado, que apresenta hábito de crescimento tipo II, isto é, plantas mais eretas e com guias curtas. Como as demais linhagens apresentam plantas de hábito tipo III, na

mistura, elas ocuparam mais espaço, afetando o desempenho das plantas da linhagem RC-I-8.

Na Tabela 7, estão apresentadas as estimativas da capacidade específica de compensação ( $s_{ij}$ ), considerando a média dos 11 ambientes. Vale ressaltar que o par de linhagens que não apresenta boa combinação possui um valor negativo, como, por exemplo, o par Carioca + MA-II-22. O contrário ocorre para os valores positivos, ou seja, explora bem a associação. Neste caso, merecem destaque os pares Carioca + MA-II-16, RC-I-8 + MA-II-22 e Talismã + MA-II-16. Essas estimativas permitem inferir que, quando se for elaborar uma multilinha, é aconselhável avaliar maior número de linhagens e identificar os pares que apresentem  $s_{ij}$  positivo e  $c_i$  dos genitores correspondentes também positivos. É provável que, em ocorrendo maior severidade dos patógenos, que a observada nestas avaliações, a discriminação dos pares seja mais expressiva, auxiliando na decisão da escolha dos constituintes da mistura.

TABELA 7. Estimativas médias da capacidade específica de compensação ( $s_{ij}$ ) para a produtividade de grãos (g/parcela), considerando os 11 ambientes.

Linhagens	Talismã	RCI8	MAII8	MAII16	MAII22
Carioca	2,68	13,97	-13,37	49,34	-52,62
Talismã		-55,50	15,88	30,95	6,00
RC-I-8			24,45	-18,48	35,56
MA-II-8				-49,91	22,95
MA-II-16					-11,89

$$s_{ij}-s_{ik} = 2(p-3)/(p-2); \quad s_{ij}-s_{km} = 2(p-4)/(p-2)$$

Outra variável que pode ser envolvida é a estimativa de alguns parâmetros de estabilidade da mistura. Foi estimada, por exemplo, a contribuição de cada tratamento para a interação ( $W_i^2$ ). Observou-se, pelas estimativas de  $W_i^2$ , que, em média, as misturas contribuíram com 4,53% para a interação genótipos x ambientes e as linhagens, com 5,34% (Tabela 8). Essa diferença pode parecer, em princípio, pequena, contudo, é responsável por 15,2%, na estimativa de  $W_i^2$ . Corte et al. (2001) e Bruzi et al. (2007) verificaram resultados semelhantes com a cultura do feijoeiro, pois as populações heterogêneas ou com a maioria dos locos em heterozigose foram as mais estáveis. Em trabalhos realizados com outras espécies, a maior estabilidade das misturas, também foi constatada (Stelling et al., 1994; Helland & Holland, 2001).

A mistura constituída pelas linhagens Talismã e MA-II-8 foi a mais estável, apresentando menor estimativa de  $W_i^2$ , apenas de 1,99% (Tabela 8). Vale salientar que essa mistura também apresentou maior produtividade média de grãos. Esse tipo de estabilidade é mencionada por Lin et al. (1986), como estabilidade agrônômica (tipo II). A utilização de misturas de linhagens que apresentem essa estabilidade é desejável, pois, normalmente, está associada a altas produtividades, que pode traduzir em maior adaptabilidade.

Um argumento utilizado contra o uso de mistura de linhagens é a dificuldade de se obter mistura com todas as linhagens apresentando alta produtividade. Contudo, no presente trabalho, houve misturas que apresentaram melhor desempenho que a linhagem mais produtiva (Tabela 8). As misturas Talismã+MA-II-8, RC-I-8+MA-II-22 e Carioca+Talismã apresentaram comportamento superior ao da melhor linhagem, obtendo maior produtividade de grãos, aliada à menor contribuição para a interação genótipos x ambientes.

TABELA 8. Produtividade média de grãos (g/parcela) das linhagens e misturas de feijoeiro com as estimativas de ecovalência ( $W_i^2$ ) e Índice de Confiança ( $I_i$ ).

Linhagens e misturas	Produtividade média	$W_i^2$	$W_i^2$ (%)	$I_i$
Carioca	1086,9 a <sup>1/</sup>	425452,42	3,55	97,77
Talismã	1046,9 b	466399,44	3,89	97,56
RC-I-8	1015,2 b	762562,19	6,37	88,47
MA-II-8	1058,0 a	708295,05	5,91	103,31
MA-II-16	1050,6 b	811149,15	6,77	92,70
MA-II-22	1077,9 a	663875,38	5,54	106,78
Carioca + Talismã	1103,6 a	258928,79	2,16	106,49
Carioca + RC-I-8	1064,9 a	591968,87	4,94	95,93
Carioca + MA-II-8	1065,9 a	285462,68	2,38	95,32
Carioca + MA-II-16	1079,9 a	610666,25	5,10	95,92
Carioca + MA-II-22	1031,8 b	747598,68	6,24	91,57
Talismã + RC-I-8	1019,4 b	823413,87	6,87	87,91
Talismã + MA-II-8	1118,9 a	238783,47	1,99	103,26
Talismã + MA-II-16	1085,4 a	716511,44	5,98	95,04
Talismã + MA-II-22	1114,2 a	670680,96	5,60	100,04
RC-I-8 + MA-II-8	1077,2 a	488920,90	4,08	97,93
RC-I-8 + MA-II-16	985,9 b	386142,78	3,22	88,78
RC-I-8 + MA-II-22	1093,8 a	281059,31	2,35	99,05
MA-II-8 + MA-II-16	982,6 b	701186,60	5,85	86,35
MA-II-8 + MA-II-22	1109,2 a	555768,76	4,64	99,70
MA-II-16 + MA-II-22	1025,9 b	784651,81	6,55	89,60

<sup>1/</sup>Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ).

Outra alternativa que poderia ser utilizada como critério na constituição de uma multilinha seria a estimativa do risco de adoção de cada par de linhagens (Annicchiarico, 1992). Novamente, merecem destaque as misturas Carioca+Talismã e Talismã+MA-II-8, que apresentaram baixo risco de adoção e, na pior das hipóteses, suas produções serão 6,49% e 3,26% superiores à média do ambiente, respectivamente (Tabela 8). Essa inferência comprova o que foi comentado anteriormente, que a mistura formada pelas linhagens Talismã e MA-II-8 seria uma boa opção para compor a multilinha.

Os resultados apresentados evidenciam que o emprego de multilinhas constituídas por linhagens de feijoeiro com grãos tipo carioca é uma boa estratégia para propiciar maior estabilidade de produção no Brasil. Nos programas de melhoramento, há disponível um grande número de linhagens com padrão de cores muito semelhantes e com diferentes reações aos principais patógenos da cultura, que poderiam ser misturadas sem maiores conseqüências no aspecto do produto comercial, conforme realizado nesse trabalho. Além do mais, as estimativas dos parâmetros de compensação em mistura possibilitam obter informações que auxiliam na escolha dessas linhagens para comporem uma multilinha.

## CONCLUSÕES

1. A utilização de misturas constituídas por linhagens de feijoeiro de grãos tipo carioca é uma boa estratégia para propiciar maior estabilidade fenotípica.

2. As estimativas de parâmetros de compensação e de estabilidade possibilitam obter informações que auxiliem na escolha das linhagens para comporem uma multilinha.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Breeding**, Rome, v. 46, n. 1, p. 269-278, Mar. 1992.

BECKER, H. C.; LÉON, J. Stability analysis in plant breeding. **Plant Breeding**, Berlin, v. 101, n.1, p. 1-23, Apr. 1988.

BISOGNIN, D. A.; VERNETTI, F. de J.; GASTAL, M. F. da C.; ZONTA, E. P. Competição intergenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 7, p. 947-955, jul. 1995.

BRUZI, A. T.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F.B.; FERREIRA, D. F.; SENA, M. R. Homeostasis of common bean populations with different genetic structures. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 7, n. 2, p. 111-116, June 2007

CORTE, H. R.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Estabilidade de populações segregantes e respectivos genitores. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 4, p. 900-908, out./dez. 2001.

FEDERER, W. T.; CONNIGALE, J. C.; RUTGER, J. N.; WIJESINHA, A. Statical analyses of yields from uniblands and biblends of eight dry bean cultivars. **Crop Science**, Madison, v. 22, n. 1, p. 111-115, Jan./Feb. 1982.

FINCKH, M. R.; MUNDT, C. C. Stripe rust, yield, and plant competition in wheat cultivar mixtures. **Phytopathology**, St. Paul, v. 82, n. 9, p. 905-913, Sept. 1992.

GRIFFING, B. A. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, East Melbourne, v. 9, p. 463-493, 1956.

GUAZZELLI, J. R. **Competição intergenotípica em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): Estimação da capacidade competitiva**. 1975. 60 p. Dissertação (Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

- HELLAND, S. J.; HOLLAND, J. B. Blend response and stability and cultivar blending ability in oat. **Crop Science**, Madison, v. 41, n. 6, p. 1689-1696, Nov./Dec. 2001.
- LIN, C. S.; BINNS, M. R.; LEFROVITCH, L. P. Stability Analysis: Where Do We Stand? **Crop Science**, Madison, v. 26, n. 5, p. 894-899, Sept./Oct. 1986.
- MATOS, J. W. de, RAMALHO, M. A. P. A.; ABREU, A. de F. B. Trinta e dois anos do programa de melhoramento do feijoeiro comum em Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1749-1754, nov./dez. 2007.
- MSTAT-C. **A software program for the design, management and analysis of agronomic research experiments**. Michigan: Michigan State University, 1991.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v. 30, n. 3, p. 507-512, Sept.1974.
- SILVA, V. M. P. E.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. D. B.; SILVA, F. B. Estimation of competition parameters in common bean plants. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 7, n. 4, p. 360-366, Dec. 2007.
- STELLING, D.; EBMEYER, E. LINK, W. Yield stability in faba bean, *Vicia faba* L. effects of herozigosity and heterogeneity. **Plant Breeding**, Berlin, v. 112, n. 1, p. 30-39, Jan. 1994.
- STUTHMAN, D. D. Contribution of durable disease resistance to sustainable agriculture. **Euphytica**, Dordrecht, v. 24, n. 2, p. 253-258, 2002.
- WOLFE, M. S. Crop strength through diversity. **Nature**, London, v. 406, n. 6797, p. 681-682, Aug. 2000.
- WRICKE, G. Die erfassung der wechselwirkungen zwischen genotype und umwelt bie quantitativen eigenschaften. **Zeistcherif fur Pflanzenzüchtg**, Berlin, v. 53, n. 4, p. 266-343, 1965.
- ZHU, Y. Y.; CHEN, H. R.; FAN, J. H.; WANG, Y. Y.; LI, Y.; CHEN, J. B.; FAN, J. X.; YANG, S. S.; HU, L. P.; LEUNG, H.; MEW, T. W.; TENG, P. S.; WANG, Z. H.; MUNDT, C. C. Genetic diversity and disease control in Rice. **Nature**, v. 406, N. 6797, p. 718-722, Aug. 2000.