

GLAUCO VIEIRA DE OLIVEIRA

**POTENCIAL GENÉTICO DE FAMÍLIAS DE FEIJOEIRO
DA POPULAÇÃO OURO NEGRO X BRS VALENTE**

Tese apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Genética e Melhoramento, para
obtenção do título de *Doctor
Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2008

GLAUCO VIEIRA DE OLIVEIRA

**POTENCIAL GENÉTICO DE FAMÍLIAS DE FEIJOEIRO
DA POPULAÇÃO OURO NEGRO X BRS VALENTE**

Tese apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Genética e Melhoramento, para
obtenção do título de *Doctor
Scientiae*.

APROVADA: 28 de fevereiro de 2008.

Prof. José Eustáquio de Souza Carneiro
(Co-orientador)

Prof. Cosme Damião Cruz
(Co-orientador)

Pesq. Trazilbo José de Paula Júnior

Pesq. Eveline Teixeira Caixeta

Prof. Pedro Crescêncio Souza Carneiro
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo amor, redenção e as suas inúmeras bênçãos apesar de mim.

À Universidade Federal de Viçosa, ao Programa de Genética e Melhoramento e ao Departamento de Biologia Geral, pela oportunidade de realização deste curso.

A Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Pedro Crescêncio Souza Carneiro, pela orientação, confiança, apoio e ensinamentos, imprescindíveis para realização deste trabalho.

Ao professor José Eustáquio de Souza Carneiro pelo auxílio, atenção, avaliação crítica e valiosas sugestões, sempre oportunas.

Ao Professor Cosme e demais professores do programa de Genética e Melhoramento pelos ensinamentos, sugestões, críticas e apoio.

Aos meus pais, pois vocês me apóiam.

A minha esposa por sua presença. Sem teu amor e apoio este curso não teria sobrevivido.

Ao casal Jeferson e Alexandra pela amizade, orações e principalmente pelo acolhimento oferecido a minha esposa enquanto estive ausente.

Aos meus colegas, amigos e irmãos da Primeira e Segunda Igreja Batista de Viçosa, pelos bons momentos compartilhados juntos.

Aos colegas de curso, Bruno, José Ângelo, Lelis, Klever, Márcia Regina, Márcia Flores, Thiago, Demerson, Valéria, Suelen, Fernanda, Josi, pela constante ajuda e agradável convivência.

Aos colegas da Aliança Bíblica Universitária (ABU-Pós), Sarita, Kleibe, Livia, Cintia, Walnir, Luis, Mauricio, Karlinha, Lecy, Magrão, Evaldo, Lenira, Lívio, Weskley e tantos outros, pela amizade, apoio, companheirismo e orações.

Aos alunos da graduação, pelo auxílio na realização deste trabalho.

A todos os funcionários da Agronomia e Secretaria de Pós-Graduação de Genética e Melhoramento, em especial: Gilberto, Conceição, Rita, pela ajuda e amizade.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

Enfim, ao povo brasileiro que, através dos impostos, contribuiu para a concessão de minha bolsa de estudos. Espero honrá-lo com este título.

BIOGRAFIA

GLAUCO VIEIRA DE OLIVEIRA, filho de Fábio Suzé Mendes de Oliveira e Celeste Aida Vieira de Oliveira, nasceu em Niterói, Estado do Rio de Janeiro, em 21 de abril de 1978.

Em fevereiro de 1997, ingressou na Universidade Federal de Viçosa – UFV, onde, em maio de 2002, graduou-se em Agronomia.

Em maio de 2002, iniciou o curso de Mestrado em Genética e Melhoramento, na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, submetendo-se à defesa de tese em fevereiro de 2004.

Em março de 2004, iniciou o curso de Doutorado em Genética e Melhoramento, na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, submetendo-se à defesa de tese em fevereiro de 2008.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE QUADROS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. OBJETIVOS.....	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
3.1. Importância sócio-econômica do feijão comum.....	6
3.2. Melhoramento genético do feijoeiro no Brasil.....	8
3.3. Principais objetivos nos programas de melhoramento do feijão.....	9
3.3.1. Qualidade de grãos.....	9
3.3.2. Resistência a doenças	10
3.3.3. Porte da planta.....	14
3.3.4. Produtividade de grãos	15
3.4. Obtenção e condução de populações segregantes.....	16
3.5. Seleção assistida por meio de marcadores moleculares (SAM)	17
3.6. A Cultivar BRS Valente.....	18
3.7. A Cultivar Ouro Negro.....	18
3.8. Complementaridade das cultivares BRS Valente e Ouro Negro	20
3.9. Índice de seleção.....	22
CAPÍTULO 1.....	25

AVALIAÇÃO DE FAMÍLIAS ORIUNDAS DA POPULAÇÃO BRS VALENTE X OURO NEGRO	25
1. INTRODUÇÃO	25
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	28
2.1. Avaliação de famílias F _{2:4} e F _{2:5}	28
2.1.1. Material genético.....	28
2.1.2. Delineamento e condução do experimento.....	28
2.1.3. Características avaliadas	29
2.1.4. Análise genético-estatística.....	30
2.2. Avaliação de doenças em casa de vegetação.....	34
2.2.1. Resistência à antracnose (<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>)	34
2.2.2. Resistência à ferrugem (<i>Uromyces appendiculatus</i>).....	34
2.2.3. Resistência ao BCMV (<i>Bean Common Mosaic vírus</i>).....	36
2.3. Seleção das famílias superiores	37
2.4. Caracterização molecular dos genitores e das famílias superiores.....	37
3. RESULTADOS.....	40
3.1. Avaliação de famílias em campo	40
3.2. Reação das famílias aos patógenos causadores da antracnose e ferrugem	55
3.3. Correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais	58
3.4. Famílias com potencial para extração de linhagens.....	60
3.5. Caracterização molecular dos genitores e das famílias selecionadas	64
4. DISCUSSÃO	68
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	75
CAPÍTULO 2.....	77
ALTERNATIVAS PARA IDENTIFICAÇÃO DE FAMÍLIAS SUPERIORES NO MELHORAMENTO DO FEIJOEIRO	77
1. INTRODUÇÃO.....	77
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	79
2.1. Índices de discriminação simultânea de caracteres	79
2.1.1. Índice livre de pesos ou parâmetros (ELSTON, 1963).....	79
2.1.2. Índice baseado em soma de ranks (MULAMBA e MOCK, 1978)	80
2.1.3. Índice com soma de ranks binários.....	80
2.1.4. Índice multiplicativo (SUBANDI et al., 1973).....	81
2.1.5. Índice Pi	81
2.1.6. Método da distância genótipo - ideótipo (CRUZ, 2006)	82
2.1.7. Método do centróide (ROCHA et al., 2005)	83
2.2. Potencial dos índices de discriminação	85

2.2.1. Estimação de ganho direto de seleção.....	85
2.2.2. Estimação do ganho indireto de seleção.....	86
3. RESULTADOS.....	87
4. DISCUSSÃO.....	96
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	100
CONCLUSÕES FINAIS.....	101
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
APÊNDICES.....	121

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características complementares das cultivares BRS Valente e Ouro Negro-----	21
CAPÍTULO 1-----	25
Tabela 2. Esquema da análise de variância por ambiente (safra)-----	31
Tabela 3. Esquema da análise de variância conjunta-----	33
Tabela 4. Marcadores moleculares ligados aos genes de resistência à ferrugem, antracnose, mancha-angular e mosaico-comum utilizados nos processos de caracterização dos genitores-----	38
Tabela 5. Resumo das análises de variância individuais para produtividade de grãos em kg/ha, peso de 100 grãos (P100), severidade de mancha-angular (MA), nas safras de inverno/ 2006 e seca/ 2007; e de ferrugem aos 50 e 70 dias após plantio (FE 50 e FE 70, respectivamente) na safra de inverno/ 2006 e acamamento (ACAM) e porte da planta na safra da seca/ 2007, em ensaios de famílias de feijão oriundas da população Ouro Negro x BRS Valente, conduzidos no município de Coimbra-MG-----	41
Tabela 6. Médias de produtividade de grãos (kg/ha), peso de 100 grãos (P100) e severidade de mancha-angular (MA), nas safras de inverno/2006 e seca/2007; e de ferrugem aos 50 e 70 dias após plantio (FE 50 e FE 70, respectivamente) na safra de inverno/2006 e acamamento (ACAM) e porte na safra da seca/ 2007, em ensaios de famílias de feijão oriundas da população Ouro Negro x BRS Valente, conduzidos no município de Coimbra-MG-----	44
Tabela 7. Resumo das análises de variância conjunta para produtividade de grãos, em kg/ha, peso de 100 grãos (P100) e severidade de mancha-angular (MA) referentes ao ensaio de famílias de feijão avaliadas no inverno/2006 e Seca/2007, em Coimbra-MG-----	53
Tabela 8. Médias de peso de 100 grãos (P100) das famílias e testemunhas avaliadas na safra de inverno/2006 e Seca/2007 em Coimbra-MG-----	54

Tabela 9. Caracterização fenotípica de 192 famílias de feijão preto (<i>Phaseolus vulgaris</i>) quanto à reação às raças 65 e 89 de <i>C. lindemuthianum</i> (A65 e A89) e a uma mistura de raças de <i>U. appendiculatus</i> (FE)-----	56
Tabela 10. Médias das 20 famílias promissoras e quatro testemunhas de produtividade de grãos, peso de 100 grãos (P100), severidade de mancha-angular, arquitetura (Porte e ACAM), severidade de ferrugem em campo -Nota máxima no campo (Max geral), e em casa de vegetação (inoculação), à diferentes raças de <i>C. lindemuthianum</i> , e ao vírus do mosaico-comum do feijoeiro (BCMV), e critério de discriminação para a seleção das famílias-----	61
Tabela 11. Resumo dos resultados obtidos com a amplificação do DNA dos genitores Ouro Negro e BRS Valente usando marcadores moleculares RAPD (OP) e SCAR-----	64
Tabela 12. Caracterização das 20 famílias promissoras para o marcador molecular RAPD OPX11 _{550a} ligado ao gene <i>Ur-ON</i> e <i>Co-10</i> -----	67
CAPÍTULO 2 -----	77
Tabela 1. Limites ki e critérios de seleção para o índice proposto por ELSTON (1963)-----	80
Tabela 2. Estimativa de ganhos diretos, na diagonal, e indiretos, fora da diagonal, em porcentagem considerando a seleção de 20 tratamentos promissores em relação a média geral para produtividade (PROD1), peso de 100 grãos (P1001), reação à mancha-angular (MA1) e ferrugem (FEC) avaliadas na safra de inverno/2006 em Coimbra – MG, e para produtividade (PROD2), peso de 100 grãos (P1002), reação à mancha-angular (MA2), porte e acamamento (ACAM) avaliadas na safra da seca/2007 em Coimbra – MG e reação à ferrugem (FEI) e antracnose (ANT65) avaliadas por inoculação-----	88
Tabela 3. Estimativa de ganhos em porcentagem considerando a média de 20 tratamentos promissores para produtividade (PROD1), peso de 100 grãos (P1001), reação à mancha-angular (MA1) e ferrugem (FEC) avaliadas na safra de inverno/2006 em Coimbra – MG, produtividade (PROD2), peso de 100 grãos (P1002), reação à mancha-angular (MA2), porte e acamamento (ACAM) avaliadas na safra da seca/2007 em Coimbra – MG e reação à ferrugem (FEI) e a antracnose (ANT65) avaliadas por inoculação com base em diferentes índices de discriminação-----	90
Tabela 4. Famílias selecionadas para pelo menos um dos 8 índices adotados e suas posições relativas ao seu respectivo índice de discriminação. Número de defeitos (Def) de cada família selecionada de acordo com o índice complementar SRB. Total de participações (Σ) que cada família teve em relação aos índices-----	94

LISTA DE QUADROS

CAPÍTULO 1-----	25
Quadro 1. Correlações entre as características produtividade de grãos (PROD 1 e PROD2), peso de 100 grãos (P1001 e P1002), severidade de ferrugem aos 50 e 70 dias após plantio (FE 50 e FE 70), mancha-angular (MA) e acamamento (ACAM), obtidas na avaliação de famílias de feijão nas safras de inverno/2006 e seca/2007, em Coimbra-MG e reação a raça 65 de <i>C. lindemuthianum</i> (A65) e reação à mistura de raças de <i>U. appendiculatus</i> (FE)-----	59

LISTA DE FIGURAS

- CAPÍTULO 1----- 25
- Figura 1. Diagrama de representação gráfica utilizado na avaliação dos graus de reação do feijoeiro ao *U. appendiculatus*, agente causal da ferrugem (CASTAÑO, 1985). Escala: 1- ausência de sintomas (imune), 2- manchas necróticas sem esporulação, 3- pústulas esporulando com diâmetro <300 µm, 4- pústulas esporulando com diâmetro de 300 µm a 499 µm, 5- pústulas esporulando com diâmetro de 500 µm a 800 µm, e 6- pústulas esporulando com diâmetro >800 µm----- 36
- Figura 2. Análise eletroforética dos produtos amplificados com o primer RAPD OPX11550a separados em gel de agarose 1,2%. A coluna M contém DNA de marcadores de peso molecular de 100 bp DNA ladder (M). Os genitores Ouro Negro e BRS Valente estão representados pelas colunas ON e VA, respectivamente. Colunas 1 a 15 correspondem a diferentes plantas F2:6 das 20 famílias elites selecionadas. As setas indicam as bandas polimórficas ligadas aos alelos *Ur-ON* e *Co-10*----- 66

RESUMO

OLIVEIRA, Glauco Vieira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2008. **Potencial genético de famílias de feijoeiro da população Ouro Negro x BRS Valente**. Orientador: Pedro Crescêncio Souza Carneiro. Co-orientadores: José Eustáquio de Souza Carneiro e Cosme Damião Cruz.

Neste trabalho foi realizada a avaliação de 192 famílias segregantes, oriundas da população “Ouro Negro e BRS Valente”, visando ao desenvolvimento de linhagens de feijão do tipo preto resistentes à antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e ferrugem (*Uromyces appendiculatus*) e com características agronômicas desejáveis, tais como: alta produtividade de grãos, arquitetura ereta das plantas e peso de 100 grãos acima de 23 gramas. Estas famílias foram avançadas e avaliadas em campo nas gerações F_{2:4} e F_{2:5}, nas safras de inverno de 2006 e seca de 2007, utilizando o delineamento em látice triplo. Considerando a análise conjunta das duas gerações, observou-se que a interação famílias x safras foi significativa e de natureza predominantemente complexa. A incidência de ferrugem na safra de inverno influenciou diretamente no desempenho das famílias, reduzindo a produtividade daquelas mais suscetíveis. Foi detectada variabilidade genética para produtividade de grãos, porte de planta, peso de 100 grãos e reação aos patógenos da antracnose e ferrugem, evidenciando sucesso na seleção para esses caracteres na referida população. Cinco famílias (32, 80, 126, 143 e 187) reuniram fenótipos favoráveis das cultivares Ouro Negro e BRS Valente, sendo, portanto, promissoras para extração de

linhagens superiores. Dentre estas, a família 143 é a que mais se destacou com base em todos os caracteres avaliados. Cento e dez plantas selecionadas dentro das melhores famílias apresentaram a marca molecular associada aos genes *Ur-ON* (resistência à ferrugem) e *Co-10* (resistência à antracnose), presentes na cultivar Ouro Negro. Com o intuito de proporcionar alternativas ao pesquisador para a escolha de famílias com ganhos equilibrados para a maioria das características avaliadas, foi realizado um estudo comparativo de onze índices não-paramétricos. O índice de discriminação baseado nas distâncias genótipo-ideótipo destacou-se como o mais promissor em relação aos demais, pois o mesmo proporcionou ganhos satisfatórios e equilibrados, considerando os 11 caracteres estudados das 20 famílias selecionadas.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Glauco Vieira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2008. **Genetic potential of population Ouro Negro x BRS Valente bean families.** Adviser: Pedro Crescêncio Souza Carneiro. Co-advisers: José Eustáquio de Souza Carneiro and Cosme Damião Cruz.

This work shows the analysis of 192 segregating families derived from the crossing of Ouro Negro and BRS Valente cultivars. The purpose is to develop black beans lines that are resistant to antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) and rust (*Uromyces appendiculatus*), and also to have desirable agronomic traits such as high productivity of grain, erect architecture and weight of 100 grains above of the 23 grams. These families were advanced and evaluated in field for generations F_{2:4} and F_{2:5}, from harvests of the 2006 winter and 2007 dry, using triple lattice design. The interaction families x harvests was significant with predominantly complex nature. The rust incidence in the winter harvest directly influenced the performance of the families, diminishing the grain productivity of those most susceptible to disease. Genetic variability for productivity of grains, architecture of plant, weight of grains and diseases resistance of antracnose and rust was detected, evidencing success in the election for these characters in the related population. Five families (32, 80, 126, 143 and 187) had congregated favorable phenotypes of Ouro Negro and BRS Valente, being, therefore, promising for extration of superior ancestries. Among the promising families, the number 143 was the more distinguished family on the

basis of all evaluated tracts One hundred and ten selected plants of the best families had inside presented the associated molecular mark to the genes Ur-ON (resistance to the rust) and Co-10 (resistance to antracnose), gifts in Ouro Negro. Also, a comparative study of eleven non-parametric indexes was done with the objective to provide alternatives for choosing families with balanced profits for the majority of the analyzed characteristics. The selection index based on the genotype to ideotype distances was the most promising one. It provided satisfactory and balanced profits, considering the 11 studied characters of the 20 selected families.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) tem uma grande relevância nacional pelo fato do mesmo fazer parte da dieta da maioria dos brasileiros. A preferência do consumidor por este grão é regionalizada e diferenciada, principalmente quanto à cor e ao tipo de grão. O consumo de feijão do tipo preto representa 20% da demanda nacional (FIEPR, 2006), sendo mais popular no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Sul e Leste do Paraná, Rio de Janeiro, Sudeste de Minas Gerais e Sul do Espírito Santo. Apesar de ser o segundo tipo de feijão mais consumido no Brasil, nos últimos anos, a produção nacional de feijão preto tem sido insuficiente para o abastecimento do mercado interno, sendo este grão responsável por mais de 50% das importações (FERREIRA, 2001; FUNDAG, 2008).

Algumas doenças que assolam a cultura do feijoeiro, principalmente aquelas causadas por fungos, são responsáveis por perdas de até 100% na produtividade de grãos. A incorporação de genes de resistência para o controle das doenças em cultivares comerciais de feijoeiro tem sido apontada como uma das estratégias mais eficientes, principalmente por reduzir o custo de produção e os impactos negativos causados ao homem e ao ambiente pela utilização exacerbada de pesticidas.

O porte ereto é uma característica altamente desejável em uma cultivar, pois o mesmo tem facilitado tratos culturais e também tem proporcionado controle de doenças como mofo branco. Além disso, as plantas de porte ereto não apresentam vagens em contato com o solo,

evitando assim perdas de colheitas e de qualidade de grãos, principalmente em épocas chuvosas, como é o caso da safra das águas.

Apesar de todos os percalços da cultura, observa-se um incremento no número de produtores que usam alta tecnologia na produção de feijão. Para atender este público crescente, é necessário que os programas de melhoramento direcionem seus esforços para o desenvolvimento de cultivares produtivas resistentes aos diversos patógenos que assolam a cultura, e de porte ereto, sendo esta última característica importante para facilitar a colheita mecanizada.

Um método de melhoramento muito utilizado pelos programas de melhoramento de feijoeiro no Brasil é a hibridação. Com ela, o que se espera é combinar, em um novo cultivar, fenótipos favoráveis, de características de interesse agrônomo, que estão em cultivares diferentes.

Neste sentido, a cultivar BRS Valente tem mostrado perfil bastante próximo aos anseios dos produtores, tais como: alta produtividade de grãos em ambientes mais favoráveis ao cultivo; porte ereto; grãos de excelente aspecto visual e cocção rápida, com caldo grosso de cor marrom-chocolate; resistência ao mosaico-comum; reação intermediária à mancha-angular; resistência a 19 patótipos de antracnose, destacando as raças de ampla ocorrência no Brasil 65, 73, 81 e 89. Apesar destes fatores positivos, algumas características deixam a desejar nesta cultivar, como, por exemplo, tamanho reduzido dos grãos e suscetibilidade à ferrugem, doença que ocorre na cultivar principalmente nos cultivos de inverno. A cultivar Ouro Negro, por sua vez, possui características complementares à cultivar BRS Valente, tais como: alta produtividade de grãos, inclusive em ambientes menos favoráveis; peso de grãos acima dos 23g/100grãos; resistência à ferrugem, além de resistência a outras raças dos patógenos causadores de antracnose e mancha-angular, que não estão contempladas na cultivar BRS Valente.

O melhoramento genético visa à obtenção de plantas geneticamente superiores para vários caracteres agrônômicos, simultaneamente. Desta forma, a complexidade na seleção de indivíduos superiores ocorre principalmente em razão das relações existentes entre as diversas

características de interesse. Os índices de seleção que foram criados para auxiliar o melhorista neste processo, consistem em estabelecer um novo caráter determinado pela combinação ótima dos vários caracteres envolvidos, cujos coeficientes de ponderação são estimados de modo a maximizar a correlação entre o índice e o agregado genotípico, valores genéticos dos candidatos à seleção.

No caso de melhoramento de plantas autógamas, com exceção de programas que utilizam a seleção recorrente intrapopulacional, o interesse está na seleção do indivíduo ou famílias superiores *per se*, quando em gerações avançadas, e a estimação de ganhos da forma tradicional perde o seu propósito. Desta forma, o ganho de seleção em autógamas deveria ser atribuído a cada planta ou família selecionada em particular e não a um conjunto dos indivíduos selecionados, que seriam recombinados para obtenção da população melhorada. Neste sentido, os índices não paramétricos são os que mais se aproximam dos objetivos de um programa de seleção de pré-cultivares ou genótipos já fixados, pois não priorizam a melhoria do valor genotípico e sim a simples classificação dos genótipos.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivos reunir características favoráveis das cultivares BRS Valente e Ouro Negro, por meio de hibridação, e comparar vários índices de seleção não paramétricos durante o processo de avaliação e seleção de famílias.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi reunir, por meio de hibridação, fenótipos favoráveis das cultivares BRS Valente e Ouro Negro, tais como: porte ereto, resistência ao mosaico-comum da cultivar BRS Valente, resistência à ferrugem e maior tamanho de grãos da cultivar Ouro Negro, preservando características agronômicas favoráveis das duas cultivares, como resistência à mancha-angular e antracnose.

Os objetivos específicos foram:

- 1- Avaliação em campo de 192 famílias derivadas de plantas F_2 da população BRS Valente x Ouro Negro;
- 2- Caracterização fenotípica de 192 famílias derivadas de plantas F_2 quanto à reação a diferentes raças de *Uromyces appendiculatus* e à raça 65 de *Colletotrichum lindemuthianum*.
- 3- Caracterização fenotípica das 20 famílias elites ($F_{2:6}$) quanto à reação a diferentes patótipos de *Uromyces appendiculatus* e *Colletotrichum lindemuthianum*, e a uma estirpe do vírus do mosaico-comum do feijoeiro.
- 4- Caracterização molecular de plantas, por meio de marcador molecular RAPD OPX11, dentro das famílias promissoras que preservaram o bloco gênico responsável pela resistência à ferrugem e antracnose.

5- Comparar índices de seleção não-paramétricos para a identificação de famílias que proporcionem ganhos mais equilibrados para todas as características avaliadas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Importância sócio-econômica do feijão comum

O consumo de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) no Brasil é de cerca de 10 kg/habitante/ano (BRASIL, 2008), o que faz desta leguminosa não só um dos alimentos básicos da população, mas também a principal fonte de proteína, sobretudo para a classe social de menor renda. É também um dos produtos agrícolas de grande importância social, devido ao grande volume de mão-de-obra que emprega durante o ciclo da cultura. No Estado de Minas Gerais, aproximadamente sete milhões de homens/dia/ciclo são absorvidos na produção de feijão, envolvendo mais de 295 mil produtores (FUNDAG, 2008).

Além de ser o maior consumidor, o Brasil é o maior produtor mundial de *P. vulgaris*. A área cultivada dos últimos cinco anos parece estar estagnada em três milhões de hectares, no entanto, a produtividade de grãos tem aumentado substancialmente, passando de uma média de 800 kg/ha para 1000 kg/ha (AGÊNCIA DE INFORMAÇÃO EMBRAPA, 2007). Parte desse acréscimo na produtividade, segundo Santos e Braga (2006), se deve ao acréscimo da participação da produção da terceira safra, cuja produtividade média está em torno de 2000 kg/ha.

A terceira safra na cultura do feijoeiro se caracteriza pela utilização de alta tecnologia e pela administração da lavoura em moldes empresariais. Contudo, a maior parte da produção nacional (87% aproximadamente) é proveniente das safras das águas e da seca (1ª e 2ª safras, respectivamente), nas quais predominam os pequenos e médios produtores que utilizam, em sua maioria, mão-de-obra familiar com baixo nível tecnológico, o que reflete uma produtividade média de 800 kg/ha (IBGE, 2008). Além do baixo nível tecnológico empregado na produção de feijão, a incidência de doenças tem sido apontada como a principal causa da baixa produtividade de grãos. Neste sentido, diversos trabalhos têm evidenciado que a maior contribuição para o aumento da produtividade do feijoeiro está no desenvolvimento de cultivares modernas que, além de serem produtivas, possuem porte ereto e resistência às principais doenças que assolam a cultura. Estas características contribuem para melhorar os índices de colheita e proporcionam maior estabilidade das cultivares (COLLICHIO, 1995; RAMALHO et al., 1998; RAMALHO, 2007).

Apesar das adversidades climáticas, a produção tem sido suficiente para abastecer o mercado interno nos últimos quatro anos, com exceção os feijões de cores, sendo, por isto, costumeiramente importados de países vizinhos (ALBRECHT e CARVALHO, 2004). O principal feijão de cor importado é o preto, representando mais de 50% das importações, sendo que o principal país exportador de feijão para o Brasil é a Argentina, com uma contribuição aproximada de 86% do total importado (FERREIRA, 2001, ALBRECHT e CARVALHO, 2004; REIS, 2006). O consumo de feijão preto é mais popular no estado do Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, nas regiões sul e leste do Paraná, sudeste de Minas Gerais e sul do Espírito Santo (FUNDAG, 2008). Além do Paraná, que é o principal Estado produtor, os outros produtores importantes são: Bahia, Minas Gerais, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (PERIN et al., 2008).

3.2. Melhoramento genético do feijoeiro no Brasil

O melhoramento genético do feijoeiro no Brasil é realizado principalmente por empresas públicas destacando-se o Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), o Instituto Agronômico de Campinas (IAC), a Embrapa Arroz e Feijão, a Universidade Federal de Lavras (UFLA) e a Universidade Federal de Viçosa. O Estado de Minas Gerais se destaca no desenvolvimento de cultivares de feijoeiro por apresentar um dos maiores contingentes em instituições e especialistas atuando na área (RAMALHO et al., 2004).

Até início da década de 90, a introdução de linhagens de outros programas, especialmente as desenvolvidas pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colômbia, foi a principal estratégia utilizada para a recomendação de cultivares de feijão no Brasil (VOYSEST, 2000; RAMALHO e ABREU, 2006). Com o passar dos anos a importância deste processo foi reduzida, pois as instituições passaram a ter seus próprios programas de desenvolvimento de linhagens. (RAMALHO e ABREU, 2006). Atualmente o método de melhoramento de maior destaque na maioria dos programas de melhoramento de feijão é o da hibridação. Com este método, o que se espera é combinar, em uma nova cultivar, fenótipos favoráveis, de características de interesse agrônomo, que estão em diferentes cultivares ou linhagens parentais.

Alguns estudos realizados com feijoeiro indicam grande progresso nesta cultura no país, que pode ser atribuído, entre outros fatores, ao melhoramento genético (RAMALHO, 2001, RIBEIRO et al., 2003). Com relação à produtividade de grãos, as cultivares oriundas da década de 90 foram 12% mais produtivas que as da década de 60 (ALVES et al., 2001). A estimativa de ganho genético devido ao uso de cultivares melhoradas situa-se entre 13 e 18 kg/ha/ano (ANTUNES et al., 2000; RIBEIRO et al., 2003; ABREU et al., 2004). No entanto, trabalhos mais recentes têm estimado ganhos genéticos anuais de até 38,59 kg/ha/ano para rendimento de grãos (RIBEIRO et al., 2005a). Acredita-se que o maior valor de ganho genético encontrado seja em função da inclusão de linhagens de feijão com maior potencial de produtividade de grãos, resultado de esforços dos programas

de melhoramento no desenvolvimento de cultivares com arquitetura mais ereta e de maior estabilidade de produção (RAMALHO et al., 1998; COLLICHIO, 1995; RIBEIRO et al., 2005). Este esforço dos programas de melhoramento pode ser constatado pelo número de cultivares lançadas nos últimos anos. Enquanto 11 cultivares de feijão foram lançadas na década de 90 para o Estado de Minas Gerais, por exemplo, um número próximo a este já tinha sido lançado e recomendado (nove cultivares) entre os anos de 2001 e 2005 (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2007b).

3.3. Principais objetivos nos programas de melhoramento do feijão

3.3.1. Qualidade de grãos

Para ser bem aceita, uma nova cultivar de feijão deve atender, inicialmente, aos anseios dos consumidores, caso contrário ela não terá condições de ser comercializada. É evidente que, para os consumidores, interessam apenas aspectos relacionados com os grãos, como cor, tamanho, forma e qualidade culinária.

O brilho da semente também é um importante atributo que determina a aceitação ou não de uma nova cultivar. À exceção do feijão vermelho consumido na Zona da Mata Mineira, a preferência é por feijões de tegumento opaco. Segundo Ramalho et al., (2004), o alelo dominante do gene Asp é responsável pela presença do brilho. Os autores também afirmam que o brilho da semente está associado à má qualidade, especialmente demora no cozimento. Este fato foi comprovado por Bushey et al., (2002), em um trabalho incluindo três cultivares diferentes entre si quanto à presença de brilho. Estes autores concluíram que a espessura e a uniformidade de deposição de cera na superfície do tegumento são fatores que afetam na absorção de água pelas cultivares.

Outro caráter associado à aceitação de uma nova cultivar é o tamanho dos grãos. A preferência é pelos grãos de tamanho médio, isto é, 100 grãos pesando de 23 a 25 gramas. Se o tamanho estiver fora desses limites, principalmente abaixo de 23 gramas, certamente haverá restrições na sua adoção (Ramalho et al., 2004). Esse é um caráter influenciado por

maior número de genes e também pelas condições ambientais. Algumas cultivares, recentemente lançadas pela Embrapa Arroz e Feijão, apresentam-se abaixo deste limites, como, por exemplo, as cultivares BRS Valente, BRS Supremo e BRS Timbó (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2007a).

Finalmente, em relação à qualidade dos grãos, toda nova cultivar, antes de ser recomendada, deve ser submetida a testes de cozimento. O ideal é que a nova cultivar apresente tempo médio de cozimento inferior a 30 minutos. Neste aspecto, um dos pontos favoráveis ao lançamento da cultivar BRS Valente, além da produtividade média ser 19% superior às cultivares tradicionalmente plantadas do mesmo tipo de grão, foi a sua rápida cocção, em torno de 28 minutos, proporcionando um caldo grosso e de cor marrom-chocolate (PELOSO et al., 2001; ALBRECHT e CARVALHO, 2004).

3.3.2. Resistência a doenças

É grande o número de enfermidades que podem prejudicar a cultura do feijoeiro. Este é um campo em que os melhoristas de feijão têm obtido os maiores sucessos. A incorporação de genes de resistência às doenças tem efeito estabilizador sobre as cultivares, evitando-lhes uma oscilação de rendimento, ou seja, não atingidos por moléstias, as cultivares podem exibir todo o seu potencial produtivo (VIEIRA et al., 2005). Várias outras estratégias são utilizadas para o controle das doenças, no entanto, o uso de cultivares resistentes destaca-se como uma das mais eficientes, principalmente por não onerar o custo de produção e por reduzir os impactos negativos causados ao homem e ao meio ambiente, pela utilização exacerbada de pesticidas.

Destacam-se, entre as principais doenças que assolam a cultura do feijoeiro, aquelas causadas por fungos, como a antracnose, a mancha-angular e a ferrugem (VIEIRA, 1983). Em condições mais específicas como os cultivos irrigados, a ocorrência de doenças fúngicas como mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) e a murcha-de-fusarium (*Fusarium oxysporum* f.

sp. *phaseoli*) tem causado perdas bastante acentuadas na cultura do feijoeiro (PAULA Jr. et al., 2006).

O fungo causador da antracnose é *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.) e, segundo Vieira (1983), em condições favoráveis ao seu desenvolvimento, como elevada umidade relativa e temperaturas entre 15 e 22 °C, esta doença causa perdas consideráveis. No Estado de Minas Gerais, as regiões Sul e Zona da Mata são consideradas as áreas de maior risco, em razão de suas condições mais favoráveis ao desenvolvimento do fungo. Em Minas Gerais, as raças 73, 81 e 89 de *C. lindemuthianum* são as observadas com maior frequência no campo. As raças 65 e 87 são também importantes para o Estado, pois, além da ampla distribuição no território nacional (RAVA et al., 1994; TALAMINI et al., 2004; SILVA et al., 2005; SILVA et al., 2007), elas afetam grande número de cultivares utilizadas e recomendadas para Minas Gerais (ARRUDA, 2005). Desta forma, os melhoristas têm procurado introduzir, nas cultivares já adaptadas (comerciais), genes que conferem resistência a uma ou mais raças desse fungo. As cultivares de feijoeiro recomendadas para o Estado de Minas Gerais (ABREU et al., 2004), por exemplo, são todas resistentes à raça 89, de ampla ocorrência no estado, e pelo menos a mais uma outra raça. Contudo, a vida útil dessas cultivares tem sido pequena, isto porque o fungo apresenta grande variabilidade, refletida em um grande número de raças. Mais de 13 raças de *C. lindemuthianum* foram identificadas no Brasil (RAVA et al., 1994; TALAMINI et al., 2004; SILVA et al., 2007).

De acordo com Ramalho et al. (2004), o esforço da pesquisa dedicado à resistência à antracnose tem sido enorme no Brasil e no Mundo. Já foram identificadas várias fontes de resistência, entre elas 'Cornell 49-242', 'México 222', 'To', 'Tu', 'AB 136' e 'G 2333' (PASTOR-CORRALES et al., 1994; ALZATE-MARIN, 1996; ARRUDA, 1998; YOUNG et al., 1998). Destas, apenas as linhagens 'AB 136' e 'G 2333' apresentaram resistência a todos os isolados de *C. lindemuthianum*, coletados em várias regiões produtoras de feijão no Brasil (RAVA et al., 1994; THOMAZELLA, et al., 2000).

A ferrugem também causa grandes perdas na produção do feijão, quando as condições ambientais são favoráveis ao desenvolvimento da

doença. A grande dificuldade do melhorista em obter materiais resistentes é a existência de grande número de raças fisiológicas do fungo e, também, a ocorrência freqüente de novas raças (VIEIRA, 1983). Esta doença é causada pelo fungo *Uromyces appendiculatus* (Pers) Unger var *appendiculatus*, importante especialmente no plantio do inverno, pois a sua infecção é favorecida em regiões com temperaturas entre 17 e 27°C, e umidade relativa do ar em torno de 95% durante 10 a 18 horas/dia (AUGUSTIN et al., 1972). A vulnerabilidade das plantas à ferrugem ocorre nos estádios de pré-floração e floração, o que acontece normalmente dos 30 aos 45 dias após a germinação. Longos períodos (10-18 horas) de umidade relativa superior a 95% e temperaturas entre 17 e 27°C favorecem a infecção. Se as plantas forem infestadas nestes períodos, as perdas podem atingir até 68% (PAULA Jr. e ZAMBOLIM, 1998).

Para o controle da ferrugem, recomenda-se o uso de cultivares resistentes (PAULA Jr. e ZAMBOLIM, 1998). Atualmente, a cultivar Ouro Negro vem sendo utilizada como genitor em cruzamentos com o objetivo de se obter progênies de grãos do tipo carioca, portadoras desta resistência (MELO et al., 2005) e em programas de piramidação de genes (RAGAGNIN et al., 2003). Outros genótipos têm sido utilizados como fonte de resistência, como México 309 e Belmidak RR3 (SOUZA, 2005).

A mancha-angular incitada pelo fungo *Pseudocercospora griseola* é uma doença que não causava grandes perdas de produtividade no Estado de Minas Gerais, porque a sua incidência ocorria principalmente no final do ciclo da cultura (VIEIRA, 1983). Segundo este autor, no entanto, ela é considerada uma das principais doenças em outras regiões e, também, tem-se notado a tendência do seu agravamento neste Estado, principalmente no plantio de outono/inverno. Diversos estudos têm indicado um controle genético simples da resistência à doença, sendo que algumas linhagens como 'Caraota 260', 'Small White', MAR-2, 'México 54' e AND 277 estão entre os resistentes (VIEIRA, 1983; NIETSHE et al., 2000). Estas informações indicam que a resistência pode ser transferida para outras cultivares com relativa facilidade, embora a existência de diversas raças fisiológicas do fungo dificulte o trabalho de melhoramento. Contudo, as cultivares recentemente lançadas para o Estado de Minas Gerais não

oferecem resistência satisfatória ao patógeno, ou seja, apresentam suscetibilidade ou reação do tipo intermediário ao fungo (ABREU et al., 2004).

Entre as viroses, destaca-se o vírus do mosaico-comum do feijoeiro (*bean common mosaic virus* – BCMV) que, por ser transmitido pelas sementes em considerável proporção (COSTA, 1972; HAMPTON et al., 1983), e distribuído com relativa facilidade por afídeos, encontra-se amplamente disseminado por todo o mundo onde o feijão é cultivado (KAISER e MOSSAHEBI, 1974; BOARI, 1992). Faria (1988) classifica os sintomas provocados pelo BCMV em três tipos: mosaico, lesões locais e necrose sistêmica com raiz negra. De modo geral, o BCMV causa mosaico associado à deformação das folhas, enrolamento, encarquilhamento, embolamento e clorose. O porte da planta fica reduzido, devido ao encurtamento dos entre-nós e podem surgir necroses vasculares nas raízes, tornando-as pretas, levando a planta à morte (COSTA, 1972; AGRIOS, 1978; Bos, 1971 citado por BOARI, 1992). Plantas vindas de sementes infectadas apresentam o sintoma de mosaico já em suas folhas primárias (COSTA, 1972).

O controle do BCMV, como o de outras viroses, deve ser de caráter preventivo, sendo que o único método satisfatório tem sido a utilização de cultivares resistentes (ALI, 1950; PELLICANO et al., 1989). Existem dois tipos de resistência: um, devido ao gene *I*, cujo alelo recessivo (*i*) é necessário para a manifestação dos sintomas de mosaico, e o alelo dominante (*I*) para conferir a reação de hipersensibilidade. O outro tipo de resistência é devido aos genes *bc-u*, *bc-1*, *bc-2*, *bc-2²* e *bc-3*, cujos alelos recessivos, em presença do genótipo *ii*, conferem resistência a diferentes estirpes do vírus (ALI, 1950; VIEIRA, 1980). A maioria das cultivares atualmente cultivadas do tipo carioca e preto já possui o gene *I*, o qual confere resistência a todas as cepas de mosaico-comum como, por exemplo: BRS Horizonte, Pontal, Pérola, Rudá, Carioca e Talismã, do grupo Carioca e BRS Grafite, BRS Campeiro, BRS Valente e BRS Supremo do grupo Preto (ABREU et al., 2004; MELO et al., 2005; EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2007a). Entretanto, variedades dos grupos vermelho, roxo, jalo e rosinha são, em sua maioria, suscetíveis ao mosaico-comum.

3.3.3. Porte da planta

No processo seletivo, o porte ereto é uma característica de importância relevante. Esta característica proporciona ao agricultor uma série de vantagens, tais como: facilidade nos tratamentos culturais e possibilidade de colheita mecânica (RAMALHO e ABREU, 2006). Outra vantagem é a redução de perdas na colheita, devido ao menor contato das vagens com o solo, propiciando melhor qualidade dos grãos colhidos, além de menor incidência de patógenos, principalmente *Sclerotinia sclerotiorum*, causador do mofo-branco, haja vista que uma maior circulação de ar na lavoura desfavorece o seu desenvolvimento (Coyne, 1980 citado por RAMALHO e ABREU, 2006; KOLKMAN e KELLY, 2003; PAULA Jr. e ZAMBOLIM, 1998; SILVA et al., 2006). No entanto, uma dificuldade em programas de melhoramento visando à seleção de plantas de porte ereto, é o acentuado efeito ambiental na expressão desse caráter. Com alta umidade, temperaturas elevadas e fertilização abundante, a planta apresenta maior desenvolvimento vegetativo, fazendo com que até mesmo linhagens que se mostraram bem eretas em algumas condições de cultivo, tornem-se decumbentes em outras (RAMALHO e ABREU, 2006; SILVA et al., 2006).

A arquitetura do feijoeiro depende da expressão de alguns caracteres morfológicos, tais como: altura da planta, número e comprimento de entrenós na haste principal, número de ramificações que se iniciam na haste principal, altura de inserção da primeira vagem, hábito de crescimento (determinado ou indeterminado), tendência da planta de se enrolar em um suporte, diâmetro e comprimento do hipocótilo, ângulo de ramificações, tamanho das folhas, tamanho dos grãos e distribuição de vagens na planta (TEIXEIRA et al., 1999; KELLY, 2003).

O entendimento do controle genético destes caracteres é premissa básica para o desenvolvimento de um programa que almeje a obtenção de uma cultivar de porte ereto. Dessa forma, diversos autores desenvolveram pesquisas a fim de esclarecer a base genética dos caracteres envolvidos na determinação da arquitetura da planta de feijoeiro. Os resultados são muitas vezes discordantes; no entanto, tem-se observado a predominância da ação gênica aditiva em relação à de dominância para a maioria dos caracteres

(NIENHUIS e SINGH, 1986; SANTOS e VENCOVSKY 1986; KORNEGAY et al., 1992; TEIXEIRA et al., 1999).

Um problema potencial na obtenção de cultivares não prostradas está no fato de que a maioria das cultivares de porte ereto normalmente possuem grãos pequenos (KELLY e ADAMS, 1987). Este fato restringe a possibilidade de se associar plantas de porte mais ereto com grãos dentro do padrão comercial. Entretanto, vários autores têm demonstrado que os genes envolvidos no controle genético do porte da planta, não estão ligados ou não são pleiotrópicos aos genes envolvidos no controle genético do tamanho dos grãos. Desta forma, não haveria restrição em se obter plantas eretas com qualquer tamanho de grãos (KORNEGAY et al., 1992; BROTHERS e KELLY, 1993; COLLICHIO et al., 1997).

3.3.4. Produtividade de grãos

Independente da finalidade de um programa específico no processo de obtenção de novas cultivares, a manutenção e o incremento da capacidade produtiva é o objetivo de qualquer programa de melhoramento. Deste modo, a produtividade de grãos é o caráter mais importante no processo seletivo.

A produtividade de grãos é um caráter governado por muitos genes, em que a influência ambiental é muito acentuada, refletindo em baixas estimativas de herdabilidade (BADAN, 1999; LANA et al., 2003). Nessa condição, a seleção para o incremento deste caráter só será eficiente se associada a avaliações das famílias em experimentos com repetição.

Apesar das dificuldades acima, é possível obter famílias de feijoeiro com tipo de grão comercial, porte ereto e alta produtividade de grãos. Isto pode ser evidenciado por alguns trabalhos como o de Pereira (2003) e Pereira et al. (2004), que desenvolveram a linhagem H91 com fenótipo desejável (porte ereto, tipo de grão carioca, boa produtividade e resistência à antracnose). Posteriormente a este trabalho, Silva et al. (2005) promoveram o cruzamento da linhagem H91 com as linhagens B1, B2 e B3, desenvolvidas por Bruzi et al. (2004), resistentes à mancha-angular e tipo de grãos semelhantes ao carioca. Desta forma, Silva et al. (2005) incorporaram

em um único genótipo todas as características favoráveis das quatro linhagens anteriores, através de seleções nas populações segregantes oriundas destes cruzamentos.

3.4. Obtenção e condução de populações segregantes

Um questionamento levantado nos programas de melhoramento diz respeito ao número de cruzamentos a serem realizados e à quantidade de famílias de cada cruzamento a serem avaliadas. Ramalho et al. (2001) sugerem que, quando se conhece os genitores utilizados no cruzamento, a avaliação de um maior número de famílias para explorar melhor a variabilidade deve ser priorizada em relação aos genitores desconhecidos. Neste sentido, Ferreira et al. (2000) constataram que, nas condições da precisão experimental em que são conduzidos os programas de melhoramento do feijoeiro, as chances de sucesso com a seleção são maiores quando o número de famílias avaliadas é superior a 100.

Quanto à condução da população segregante, vários métodos são propostos e utilizados para a cultura do feijoeiro, destacando-se o método do “*bulk*” e suas modificações (VIEIRA et al, 2005). Raposo et al. (2000), comparando os diversos métodos de condução de populações segregantes em feijoeiro, verificaram que eles não apresentaram diferenças marcantes na obtenção de famílias superiores, mas, considerando a facilidade e flexibilidade de condução, os métodos *bulk* e SSD são mais vantajosos para os melhoristas.

O método “*bulk*” dentro de famílias (RAMALHO et al., 1993) apresenta como peculiaridade a separação das fases de endogamia e de seleção, isto é, a seleção intensiva só é iniciada após a maioria dos locos estarem em homozigose. Foi proposto inicialmente por Frey (1954) e associa os dois procedimentos padrões na condução das famílias segregantes em plantas autógamas, o método genealógico e o “*bulk*”. Seu princípio consiste na colheita de plantas individuais nas gerações F_2 ou F_3 , em que cada planta originará uma família, sendo as sementes provenientes de cada família misturadas e utilizadas na obtenção da geração seguinte. A partir da geração $F_{2:3}$ ou $F_{3:4}$, as famílias são avaliadas em experimento com

repetição. Esse processo é repetido por duas a três gerações, sendo, então, identificadas as melhores famílias.

Silva (2005) destaca que o método “*bulk*” dentro de famílias F_2 vem sendo amplamente utilizado na Universidade Federal de Lavras, em experimentos com feijoeiro. Ele ressalta duas vantagens. A primeira e principal é a redução nas perdas por amostragem que ocorre no método do *bulk*, pois os descendentes das plantas F_2 são mantidos individualizados. A outra vantagem, agora em relação ao genealógico, é que a seleção não é efetuada visualmente e dispensa as anotações da genealogia. Além disso, as famílias são avaliadas em experimentos conduzidos por mais de uma geração e em mais locais, propiciando ao melhorista maior segurança no momento da seleção, visto que o efeito da interação genótipos por ambientes é atenuado. Devido ao maior gasto de recursos nas etapas iniciais do programa de melhoramento, em relação ao “*bulk*”, Raposo et al. (2000) destacam que os métodos do “*bulk*” dentro de F_2 ou “*bulk*” dentro de F_3 devem ser preferencialmente utilizados quando se tem um cruzamento muito promissor e o melhorista deseja maior atenção no avanço das gerações.

3.5. Seleção assistida por meio de marcadores moleculares (SAM)

O uso das técnicas moleculares possibilita uma análise genética mais detalhada dos genótipos e por isso tem sido defendida em alguns casos. Com o uso de marcadores moleculares, a incorporação de genes de resistência em genitores recorrentes pode ser facilitada, visto que não há a necessidade da presença do patógeno para a identificação das plantas portadoras dos genes de resistência. Além disso, a chance de escape gênico é reduzida e, ainda, é possível a identificação de múltiplos genes de resistência. Assim, a seleção assistida por marcadores (SAM) permite a transferência destes genes de resistência para genitores recorrentes sem a necessidade de múltiplas inoculações (LANZA et al., 2000).

No Programa de Melhoramento do Feijoeiro do BIOAGRO/UFV, iniciado em 1992 foram piramidados vários genes de resistência à

antracnose, ferrugem e mancha-angular na cultivar Ruda, sendo portanto denominada após este processo de Rudá-R (RAGAGNIN et al., 2003).

Com objetivo de obter cultivares de feijão de grãos pretos com resistência a mancha-angular, antracnose, ferrugem, cretamento bacteriano e mosaico-comum e com bom potencial produtivo, Costa (2004) introgridiu genes de resistência presentes na linhagem 'Rudá R' na cultivar Diamante Negro. Esta introgressão de genes de resistência foi realizada com auxílio dos marcadores moleculares desenvolvidos pelo programa de melhoramento do Bioagro/UFV tais como, SCAR Y20_{830a}, SCAR H13_{490a}, SCAR AZ20_{940a} SCAR F10_{1050a} e SCAR BA08_{560a} associados aos respectivos genes de resistência *Co-4*, *Phg-1*, *Co-6* e *Ur-ON*.

3.6. A Cultivar BRS Valente

A cultivar de feijão BRS Valente, pela sua alta produtividade, ampla adaptação, qualidade de grão, porte ereto e resistência ao acamamento, surge como mais uma opção para os produtores interessados em produzir feijão preto nos Estados de Goiás/Distrito Federal, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul (PELOSO et al., 2000).

Originária do cruzamento triplo envolvendo as cultivares Emgopa 201-Ouro, Ônix e a linhagem AN 512586, a BRS Valente foi submetida a 49 ensaios de avaliação, mostrando superioridade em rendimento de grãos, quando comparada com a média das testemunhas (PELOSO et al., 2000).

Além de possuir ótimo desempenho *per se*, a cultivar BRS Valente tem se mostrado um ótimo genitor em programas de melhoramento, estando envolvida em cruzamentos que têm originado populações mais promissoras, tanto em termos de produtividade quanto de características funcionais como qualidade de grãos (OLIVEIRA, 2003; RIBEIRO et al., 2005b).

3.7. A Cultivar Ouro Negro

A cultivar Ouro Negro é originária de Honduras e, através do Centro Internacional de Agricultura Tropical –CIAT, foi introduzida no Brasil pelo Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão – (Embrapa Arroz e Feijão),

com o nome de Honduras 35. Foi colocada pelo CNPAF à disposição do Sistema Cooperativo de Pesquisa com o Feijoeiro, em 1987, via Ensaio Preliminar de Rendimento. Em Minas Gerais, a Ouro Negro foi avaliada pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), nas épocas das águas e da seca, no período de 1987 a 1990, em quatro municípios da Zona da Mata, região onde o feijão preto tem boa aceitação. No Rio de Janeiro, foi avaliada pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio de Janeiro (PESAGRO), nas épocas da seca e do inverno (com irrigação), no período de 1989 a 1991 (CENTRO DE INFORMAÇÃO-EMBRAPA, 2007).

A cultivar Ouro Negro possui as seguintes características: grão preto, peso médio de 100 sementes de 25-27 g, porte prostrado, ciclo normal, alta capacidade de fixação simbiótica de nitrogênio, resistência à ferrugem e à antracnose e tolerância ao frio (CENTRO DE INFORMAÇÃO-EMBRAPA, 2007).

Em um trabalho desenvolvido por ARRUDA (2005), a cultivar Ouro Negro apresentou resistência à maioria dos 18 patótipos de *C. lindemuthianum* inoculados. No entanto, a suscetibilidade desta cultivar aos patótipos 65 e 87 é muito preocupante devido a sua ampla distribuição no território nacional (RAVA et al., 1994). Esta cultivar, desde seu lançamento em 1991 (ARAÚJO et al., 1991), tem-se destacado como resistente às raças 73, 81 e 89 de *C. lindemuthianum* e a várias raças de *U. appendiculatus* (FALEIRO et al., 2001) e também a diferentes patótipos de mancha-angular (FALEIRO et al., 1996; LANZA et al. 1997; FALEIRO et al., 2000b). Além disso, de acordo com Sartorato (2006), a cultivar Ouro Negro foi a única a apresentar plantas com reação de resistência ao patótipo 63.63 de *P. griseola*. Sanglard (2006) ressaltou ainda que, até recentemente, este patótipo (63.63) apresentava compatibilidade a todos os genótipos de feijoeiro comum testados. Dessa forma, a cultivar Ouro Negro vem sendo amplamente utilizada em cruzamentos por apresentar bom potencial produtivo e resistência a patógenos de grande importância na cultura (FALEIRO, 1997; FALEIRO et al., 2000b; ALZATE-MARIN et al., 2003; RAGAGNIN et al., 2003).

3.8. Complementaridade das cultivares BRS Valente e Ouro Negro

A produção de feijão vem, aos poucos, apresentando uma nova dinâmica nas tecnologias de produção, principalmente aquelas que utilizam altos níveis de insumo como é o caso dos cultivos empresariais de terceira safra. Este novo paradigma traz aos melhoristas de feijão novos desafios e/ou mudanças de prioridades, como por exemplo, a obtenção de cultivares de porte ereto, sem, contudo, perder em produtividade, estabilidade e resistência a patógenos.

Na Tabela 1 pode-se observar as características favoráveis das duas cultivares e que podem ser associadas.

Tabela 1. Características complementares das cultivares BRS Valente e Ouro Negro

Característica	BRS Valente	Ouro Negro	Referências
1) Peso médio de 100 sementes	21 a 22 g	23 a 27 g	EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO (2007b); RAMALHO et al. (2004)
2) Capacidade de fixação simbiótica de nitrogênio	-	Alta	EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO (2007b); RAMALHO et al. (2004)
3) Mosaico-comum	Resistente	Suscetível	EMBRAPA (ARROZ E FEIJÃO 2007b); PELOSO et al. (2001)
4) Crestamento-bacteriano	Resistente	Suscetível	EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO (2007b)
5) Porte e hábito de crescimento	Ereto hábito indeterminado-Tipo II e resistente ao acamamento	Prostrado hábito indeterminado-Tipo III	EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO (2007b); RAMALHO et al. (2004)
6) Resistência à <i>C. lindemuthianum</i>	Raças: 65, 73, 89, 95, 453, 585	Raças: 55, 64, 67, 73, 75, 81, 83, 89, 95, 117, 453, 593, 1033	PELOSO et al. (2001); ARRUDA (2005)
7) Resistência à <i>U. appendiculatus</i>	Intermediária	Resistente	SOUZA et al. (2005)
8) Resistência à <i>P. griseola</i>	Raças: 63.23 e 63.19	Raças: 63.39 e 31.23	REIS et al. (2006), CORRÊA et al. (2001)

3.9. Índice de seleção

Quando a seleção é praticada em determinada característica, normalmente proporciona alterações em outras características, em virtude de correlações genéticas e o seu sentido pode ou não ser de interesse do melhorista. Assim, para obtenção de materiais genéticos reunindo uma série de atributos favoráveis e, portanto, mais produtivos e adaptados, as opções são a seleção pelo método “Tandem”, pelo método dos níveis independentes e pelos índices de seleção (CRUZ e REGAZZI, 1994).

O método de “Tandem” baseia-se na seleção de um caráter por vez a cada ciclo de seleção, esperando-se que os outros permaneçam inalterados, ou melhorados indiretamente no caso de correlações positivas. Este método não é o ideal quando se pensa em contemplar ganhos equilibrados para várias características de interesse, principalmente quando se imprime pressão de seleção elevada. Também não é indicado quando, em programas de melhoramento de autógamas, não é utilizada a recombinação das melhores famílias ao longo dos ciclos de condução de população segregante, pois, algumas famílias com desempenho moderado para todas as características de interesse poderiam ser descartadas em um ciclo de seleção, não havendo mais chance de recuperação deste fenótipo desejado.

Os índices de seleção consistem em estabelecer um novo caráter (supercaráter), estabelecido pela combinação ótima dos vários caracteres envolvidos, cujos coeficientes de ponderação são estimados de modo a maximizar a correlação entre o índice e o agregado genotípico (CRUZ e REGAZZI, 1994).

Vários são os índices de seleção relatados na literatura (CRUZ et al., 2004), sendo os mais utilizados os propostos por Smith (1936) e Hazel (1943) e o índice com base em ganhos desejados de Pesek e Baker (1969). Estes índices são conhecidos como índices otimizados, pois são construídos com a finalidade de maximizar a correlação entre os valores genotípicos e os valores do índice, sendo por isso, apropriados para o uso em programas de seleção recorrente. Nestes programas, a cada ciclo, as progênies selecionadas são recombinadas, com objetivo de obter-se uma nova

população, que possua uma concentração de alelos favoráveis superior à do ciclo anterior, isto é, uma população com um valor genotípico maior. Caso algum dos genótipos selecionados tenha um desempenho aquém do requerido pelos produtores, em um ou mais caracteres, isso poderá ser corrigido nas recombinações posteriores.

Um dos problemas apresentados pelos índices otimizados, segundo Cruz (1990), é que, de maneira geral, para se obter estimativas fidedignas de um índice, seria necessária a disposição de matrizes de variâncias e covariâncias bem estimadas e de pesos econômicos, relativos a cada caráter, bem estabelecidos, para que os ganhos sejam equilibrados em todas as características. Com objetivo de evitar a interferência de imprecisões das matrizes de covariâncias fenotípicas e genotípicas na estimação dos coeficientes que constituem os índices mencionados, foi proposto por Willians (1962) um índice que seja a combinação linear dos valores fenotípicos médios dos caracteres, os quais são ponderados diretamente pelos seus respectivos pesos econômicos.

O índice proposto por Elston (1963) conhecido como Índice “Livre de Pesos” e “Livre de Parâmetros” caracteriza-se por eliminar a necessidade de estabelecer pesos econômicos relativos aos vários caracteres e de estimar as variâncias e covariâncias fenotípicas e genotípicas e, assim, evitar as distorções dos índices clássicos em função da baixa precisão a que estão associadas. Este índice é definido $I = (Y_1 - m_1)(Y_2 - m_2) \dots (Y_k - m_k)$, em que m_k é o valor mínimo (ou máximo) estabelecido, a critério do melhorista, para o k-ésimo caráter, acima (ou abaixo) do qual os indivíduos são selecionados. Para Lin (1978), este método não passa de um algoritmo para o método dos níveis independentes de eliminação. O método dos níveis independentes baseia-se no estabelecimento de níveis mínimos e máximos, conforme o interesse do melhorista para cada caráter, sendo a seleção feita entre indivíduos que atendam a tal limite. Este método exige experiência do melhorista para o estabelecimento dos níveis críticos, mas é prático e relativamente fácil de ser executado. Entretanto, Martins (1999) comenta que este método não leva a uma melhor distribuição de ganhos que os índices de seleção. Um índice semelhante ao proposto por Elston (1963), denominado índice multiplicativo, foi apresentado por Subandi et al (1973),

em que o índice é estabelecido pelo produto dos valores fenotípicos dos caracteres, com ou sem padronização prévia.

Um outro índice mais simples que os apresentados é o índice com base em soma de postos (ou *Ranks*) proposto por Mulamba e Mock (1978). Este índice consiste em classificar os materiais genotípicos em relação a cada um dos caracteres, em ordem favorável ao referente a cada caráter, resultando numa medida adicional tomada como índice de seleção.

Estes índices têm sido usados em sua grande maioria em populações de plantas alógamas, cujo objetivo está focalizado na estimação de ganhos genéticos (predição de ganhos de seleção) para o próximo ciclo de seleção. No caso de autógamias, com exceção de programas que utilizam a seleção recorrente dentro de populações, o interesse está na seleção do indivíduo ou famílias superiores *per se*, quando em gerações avançadas, e a estimação de ganhos perde o seu propósito. Desta forma, o ganho de seleção em autógamias deveria ser atribuído a cada planta ou família selecionada em particular e não a um conjunto dos indivíduos selecionados. Santos (2005) ressaltou que nas etapas finais dos programas de melhoramento os genótipos pré-comerciais podem não ser aleatórios e, assim, não faz sentido estimar variâncias e covariâncias genéticas. Por estas razões, o índice otimizado não é adequado para ser empregado na seleção de cultivares.

Adicionalmente, nos programas de melhoramento de autógamias, como feijão, não se tem informação de plantas dentro de cada parcela em experimentos com repetição em razão de estas informações onerarem o trabalho da condução de populações em campo. Deste modo, os índices de seleção baseados nos fenótipos parecem melhor contemplar o objetivo de seleção no feijoeiro.

CAPÍTULO 1

AVALIAÇÃO DE FAMÍLIAS ORIUNDAS DA POPULAÇÃO BRS VALENTE X OURO NEGRO

1. INTRODUÇÃO

O consumo de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) no Brasil é de cerca de 10 kg/habitante/ano (BRASIL, 2008), o que faz desta leguminosa não só um dos alimentos básicos da população, mas também a principal fonte de proteína, sobretudo para a classe social de menor renda. Neste sentido, o melhoramento genético do feijoeiro tem contribuído expressivamente para o aumento da produtividade de grãos desta cultura, garantindo assim o abastecimento interno e diminuindo também a necessidade de abertura de novas fronteiras agrícolas decorrentes da demanda por alimentos. Além disso, a redução no uso de insumos agrícolas, como pesticidas, tem sido observada na cultura do feijoeiro, pois os programas de melhoramento têm preconizado a incorporação de genes de resistência à patógenos em suas cultivares.

É grande o número de enfermidades que podem prejudicar a cultura do feijoeiro. Entre as principais doenças que assolam o feijoeiro destacam-se aquelas causadas por fungos, como a antracnose, a mancha-angular e a ferrugem. Além destes, o mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) e a

murcha-de-fusarium (*Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*) tem causado perdas bastante acentuadas, em condições de cultivo irrigado. A incorporação de genes de resistência às doenças tem efeito estabilizador sobre as cultivares, evitando-lhes uma oscilação de rendimento, assim, as cultivares podem exibir todo o seu potencial produtivo (VIEIRA et al., 2005).

No programa de melhoramento do feijoeiro, a seleção e desenvolvimento de genótipos de arquitetura ereta têm proporcionado uma série de vantagens, tais como, facilidade nos tratos culturais e possibilidade de colheita mecânica (RAMALHO e ABREU, 2006). Outra vantagem é a redução de perdas na colheita devido ao menor contato das vagens com o solo, propiciando melhor qualidade dos grãos colhidos, além de menor incidência de patógenos, principalmente *Sclerotinia sclerotiorum*, causador do mofo-branco, haja vista que uma maior circulação de ar na lavoura, desfavorece o seu desenvolvimento.

Para ser bem aceita, uma nova cultivar de feijão deve atender, inicialmente, aos anseios dos consumidores, caso contrário ela não terá condições de ser comercializada. Assim, aspectos relacionados com os grãos, como cor, tamanho, forma e qualidade culinária devem ser também observadas no desenvolvimento de novas cultivares. Quanto aos feijões do tipo carioca e preto, a preferência é pelos grãos opacos, de tamanho médio, isto é, 100 grãos pesando de 23 a 25 gramas, e com tempo médio de cozimento inferior a 30 minutos.

Várias cultivares com alta produtividade de grãos já foram lançadas e recomendadas para as diversas regiões do país. Entretanto, muitas destas cultivares ainda deixam a desejar quanto a um ou alguns caracteres, tais como porte ereto, boa qualidade comercial e culinária dos grãos, resistência a doenças, etc. Assim, a obtenção de cultivares que reúnam maior número de caracteres favoráveis tem sido um desafio para os programas de melhoramento do feijoeiro. Estratégias buscando corrigir defeitos das cultivares comerciais são rotinas dos diversos programas.

Para o estado de Minas, os produtores têm à sua disposição, além de outras cultivares, “Ouro Negro” e “BRS-Valente,” ambas de alta produtividade. A cultivar BRS Valente, recomendada mais recentemente,

tem mostrado um perfil bastante próximo aos anseios dos produtores, como: alta produtividade, porte ereto, resistência ao mosaico-comum, reação intermediária a mancha-angular e resistência a 19 patótipos de *C. lindemuthianum*, com destaque para as raças 65, 73, 81 e 89, de ampla ocorrência nas principais regiões produtoras de feijão no Brasil. Apesar destes fatores positivos algumas características ainda precisam ser melhoradas nesta cultivar, como: aumento do tamanho dos grãos e resistência à ferrugem, doença esta que acomete a cultivar, principalmente nos cultivos de inverno. A cultivar Ouro Negro, além do alto potencial de produção e da resistência à algumas raças de *C. lindemuthianum* e *P. griseola*, apresenta características complementares à cultivar BRS Valente tais como: grãos mais graúdos (peso de 100 grãos acima de 23 gramas) e resistência à ferrugem. Contudo, esta cultivar é suscetível ao mosaico comum e apresenta plantas prostradas.

Desta forma, o presente trabalho teve como principal objetivo reunir fenótipos complementares e favoráveis das cultivares BRS Valente e Ouro Negro, por meio da hibridação destes genitores.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Avaliação de famílias $F_{2:4}$ e $F_{2:5}$

2.1.1. Material genético

Foram realizados cruzamentos entre as cultivares Ouro Negro e BRS Valente em casa de vegetação pertencente à Universidade Federal de Viçosa. As sementes F_1 foram multiplicadas para a obtenção da população F_2 , na qual foram tomadas 192 plantas. A partir da geração F_3 , as famílias oriundas de cada planta F_2 foram avançadas pelo método *bulk* dentro de F_2 , sendo então avaliadas em condições de campo as famílias $F_{2:4}$ e $F_{2:5}$, nas safras de inverno/2006 e seca/2007, respectivamente. Como testemunhas, foram utilizadas as cultivares Supremo e Diamante Negro, além dos genitores.

2.1.2. Delineamento e condução do experimento

As 192 famílias e quatro testemunhas foram avaliadas num experimento em látice quadrado triplo (14 x 14), com parcelas de duas linhas de dois metros, espaçadas em 0,5 m, com densidade de 15 sementes por metro.

O experimento foi conduzido na Estação Experimental do Departamento de Fitotecnia da UFV, localizada no município de Coimbra-MG (690 m de altitude, 20°45' S de latitude e 42°51' W de longitude), na

safras de inverno em 2006 e da seca em 2007. Utilizou-se o plantio convencional, sendo o suprimento de água, nos períodos de déficit hídrico, mantido por irrigações suplementares. No plantio foram aplicados 350 kg/ha da formulação 8-28-16 de N-P-K e, aos 25 dias após a emergência das plantas, 150 kg/ha de sulfato de amônia em cobertura. O controle de plantas daninhas e de pragas foi realizado de acordo com o recomendado para a cultura.

2.1.3. Características avaliadas

Foram avaliadas as características de produtividade de grãos, peso de 100 grãos e severidade de mancha-angular nos dois ensaios (inverno/2006 e seca/2007). Já a severidade de ferrugem e arquitetura de plantas foram avaliadas apenas nas safras de inverno/2006 e seca/2007, respectivamente. A produtividade foi mensurada para todas as parcelas e expressa em kg/ha. A avaliação da severidade de ferrugem foi realizada com base em uma escala de notas de 1,0 a 6,0 modificada por Stavely et al. (1983), em que: 1- ausência de sintomas (imune), 2- manchas necróticas sem esporulação, 3- pústulas esporulando com diâmetro <300 µm, 4- pústulas esporulando com diâmetro de 300 µm a 499 µm, 5- pústulas esporulando com diâmetro de 500 µm a 800 µm, e 6 - pústulas esporulando com diâmetro >800 µm.

A avaliação da resistência à mancha-angular foi realizada com base em uma escala de notas de 1,0 a 9,0 modificada por Inglis et al. (1988), em que: 1- plantas sem sintomas da doença; 3- presença de 5 até 10% de lesões foliares, sem esporulação do patógeno; 5- presença de lesões acima de 20% da área foliar e presença de várias lesões esporuladas; 7- presença de lesões acima de 60% da área foliar com sintomas de clorose e necrose; 9- 90% da área foliar com lesões freqüentemente associadas à desfolha e morte da planta. A análise dos dados foi realizada com o auxílio dos programas MSTAT-C (1991) e Programa Genes (CRUZ, 2006).

A arquitetura das plantas foi determinada por meio das características porte e acamamento, na qual a primeira diz respeito basicamente à ramificação secundária e presença de guias nas plantas e a segunda

corresponde à capacidade da planta em se manter ereta na fase final do ciclo. Foram utilizadas como padrão de comparação as testemunhas BRS Supremo e Ouro Negro, onde foram atribuídas notas em uma escala, com notas variando de 1 a 9, sendo a nota 1 atribuída às plantas de porte mais ereto ou menos acamadas (padrão Supremo) e a nota 9 às plantas de porte mais ramificado ou prostrado (padrão Ouro Negro).

2.1.4. Análise genético-estatística

A análise dos dados foi realizada com o auxílio dos programas MSTAT-C (1991) e Programa Genes (CRUZ, 2006).

A análise de variância dos dados referentes às gerações $F_{2:4}$ e $F_{2:5}$ foi realizada considerando-se todos os efeitos fixos, exceto repetição e o erro. O modelo estatístico para a avaliação do peso de 100 grãos, severidade de ferrugem e mancha-angular foi o seguinte:

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

Em que:

Y_{ij} : Valor observado na parcela que recebeu o tratamento i dentro do bloco j ;

m : Média geral do experimento;

t_i : Efeito do tratamento i , sendo $i=1, 2, 3, \dots, 196$;

b_j : Efeito da repetição j , sendo $j= 1, 2$ e 3 ;

e_{ij} : Erro experimental associado à observação Y_{ij} , assumindo que os erros são independentes e normalmente distribuídos, com média zero e variância σ^2 .

Para a avaliação da produtividade de grãos, porte e acamamento utilizou-se o seguinte modelo estatístico,

$$Y_{ijp} = m + t_i + r_j + b_{p(j)} + e_{ijp}$$

Em que:

Y_{ijp} : observação referente ao tratamento i no bloco p , dentro da repetição j ;

m : média geral do experimento;

t_i : efeito do tratamento i ($i=1, 2, \dots, 196$);

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

$b_{p(j)}$: efeito do bloco p dentro da repetição j (p=1, 2, ...,14);

e_{ijp} : erro experimental associado a observação Y_{ijp} , assumindo que os erros são independentes e normalmente distribuídos, com média zero e variância σ^2

O modelo da ANOVA é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Esquema da análise de variância por ambiente (safra)

Fonte de Variação	GL	QM	F
Tratamentos (T)	195	Q	Q/Q_r ¹
Famílias (F)	191	Q_1	Q_1/Q_r
Testemunhas (Te)	3	Q_2	Q_2/Q_r
Genitores (G)	1	Q_{21}	Q_{21}/Q_r
Não genitores (NG)	1	Q_{22}	Q_{22}/Q_r
G vs NG	1	Q_{23}	Q_{23}/Q_r
F vs Te	1	Q_3	Q_3/Q_r
Erro Efetivo (Látice)	351	Q_4	
Resíduo (Bloco)	390	Q_5	

¹ $Q_r = Q_4$ para experimentos analisados pelo delineamento em látice e $Q_r = Q_5$ para experimentos analisados pelo delineamento em blocos

A partir das esperanças matemáticas dos quadrados médios, obtidos conforme Venkovsky e Barriga (1992) e Ramalho et al. (1993), foram estimados os componentes quadráticos e coeficiente de determinação genotípico, conforme se segue:

- a) Componente quadrático fenotípico entre médias das famílias na geração (ou safra) k

$$\hat{\phi}_F = \frac{Q_1}{r}$$

- b) Componente quadrático genotípico entre as famílias na geração (ou safra) k

No modelo em blocos:

$$\hat{\phi}_{Gk} = \frac{Q_1 - Q_5}{r}$$

No modelo em látice:

$$\hat{\phi}_{Gk} = \frac{Q_1 - Q_4}{r}$$

Também foram estimados os coeficientes de determinação genotípico (H^2) no sentido amplo, na média das famílias, utilizando a expressão citada por Ramalho et al. (1993):

$$H^2 = \frac{\phi_{Gk}}{\phi_{Fk}} \times 100$$

Utilizando-se as médias ajustadas de produtividade de grãos, porte e acamamento provenientes das análises individuais, foram realizadas as análises conjuntas das duas safras. Para a análise conjunta, foram selecionados aqueles ensaios que obedeceram ao critério proposto por CRUZ e REGAZZI (1994), isto é, o maior quadrado médio residual dos ensaios incluídos na análise conjunta não deve superar em sete vezes o menor quadrado médio. Todos os efeitos foram considerados como fixos, exceto o erro médio. A análise conjunta foi realizada utilizando-se o programa Genes (CRUZ, 2006). O modelo adotado foi o seguinte:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + B_{J(k)} + A_k + GA_{ik} + e_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} : observação referente ao tratamento i, na repetição j, na safra k;

μ : média geral do experimento;

G_i : efeito do tratamento i (i=1, 2, ..., 196);

$B_{J(k)}$: efeito da repetição j dentro da safra k (j=1, 2, 3);

A_k : efeito da safra (ou geração) k (k= 1, 2);

GA_{ik} : efeito da interação entre o tratamento i e a safra k;

e_{ijk} : erro efetivo médio

O modelo da ANOVA conjunta é apresentado na Tabela 3

Tabela 3. Esquema da análise de variância conjunta

FV	GL	QM	F
Blocos/Safra	a(r - 1)	QMB	
Safra (S)	a - 1	QMA	QMA/QMR
Tratamentos (T)	g - 1	QMG	QMG/QMR
Famílias (F)	f-1	Q1	Q1/QMR
Testemunhas (Te)	(t _e -1)	Q2	Q2/QMR
Genitores (G)	1	Q3	Q3/QMR
Não genitores (NG)	1	Q4	Q4/QMR
G vs NG	1	Q5	Q5/QMR
F vs Te	1	Q6	Q6/QMR
T x S	(g-1)(a-1)	QMGA	QMGA/QMR
F x S	(f-1)(a-1)	Q7	Q7/QMR
Te x S	(t _e -1)(a-1)	Q8	Q8/QMR
F vs Te x S		Q9	Q9/QMR
Erro médio	a(g - 1) (r - 1)	QMR	

A partir das esperanças matemáticas dos quadrados médios foram estimados o componente quadrático da interação tratamentos por safras e o de famílias por safras, conforme estimadores a seguir:

$$\hat{\phi}_{TA} = \frac{QMGA - QMR}{rl} \quad \text{e} \quad \hat{\phi}_{FA} = \frac{Q7 - QMR}{r}$$

A interação famílias por safras foi decomposta nas partes simples e complexa, conforme expressão apresentada por Cruz e Castoldi (1991):

$$S = \frac{1}{2} (\sqrt{QMG_{A1}} - \sqrt{QMG_{A2}})^2 \quad \text{e} \quad C = \sqrt{(1 - r_G)^3 QMG_{A1} QMG_{A2}}$$

Em que: QMG_{A1} e QMG_{A2} são os quadrados médios das famílias avaliadas na safra de inverno/ 2006 e seca/ 2007, respectivamente.

r_G : correlação genotípica entre as médias das famílias nos dois locais, em cada geração:

$$r_g = \frac{\hat{\phi}_G - \hat{\phi}_{ga}}{\sqrt{\hat{\phi}_{g1} - \hat{\phi}_{g2}}} \times 100$$

Também foram estimados os coeficientes de determinação genotípico (H^2) no sentido amplo para todos os caracteres avaliados, na média das famílias, utilizando a expressão citada por Ramalho et al. (1993):

$$H^2 = \frac{\hat{\phi}_{Gk}}{\hat{\sigma}_F^2} \times 100$$

2.2. Avaliação de doenças em casa de vegetação

2.2.1. Resistência à antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*)

As 192 famílias foram avaliadas em F_{2:6} quanto a reação ao patótipo 65 de *C. lindemuthianum*. As 20 famílias promissoras (selecionadas de acordo com o critério apresentado a seguir no item 2.3) foram inoculadas com outras raças de *C. lindemuthianum* (raças 73, 81, 89, 95, 453 e 1033) descritas e caracterizadas por Rava et al. (1994). Para cada avaliação foram inoculadas doze plantas por família.

O preparo do inóculo e a inoculação seguiram a metodologia adaptada de Pio-Ribeiro e Chaves (1975). Para a produção de conídios, o inóculo de cada patótipo foi multiplicado em tubos de ensaio contendo vagens esterilizadas, parcialmente imersas em ágar-batata-dextrose (BDA), e incubados por 10 dias à temperatura de 23°C. A inoculação foi realizada 10 dias após o plantio, utilizando-se uma suspensão contendo 1,2 x 10⁶ conídios/mL, a qual foi aplicada em ambas as superfícies das folhas primárias com auxílio de um atomizador De Vilbiss nº. 15 acionado por um compressor elétrico. Após a inoculação e rápida secagem ao ar, as plantas foram incubadas por oito dias em câmara de nevoeiro (20 ± 1°C e umidade relativa > 95%), sob fotoperíodo de 12 horas. Após esse período, as plantas foram avaliadas com base na escala de severidade de doença com graus de 1 a 9, conforme descrito por Pastor-Corrales (1992). As famílias avaliadas com notas iguais ou superiores a 3,6 foram consideradas como suscetíveis, conforme ARRUDA (2005).

2.2.2. Resistência à ferrugem (*Uromyces appendiculatus*)

Para avaliação da reação das 192 famílias F_{2:5} a *U. appendiculatus*, foi utilizada uma mistura de três patótipos, sendo 2 patótipos (21.3, 53.3) identificados e classificados por Souza et al (2006) e um outro (29.15) cedido

pelo Dr Aloísio Sartorato da Embrapa Arroz e Feijão. As cultivares Ouro Negro e US Pinto 111, foram utilizadas como testemunhas resistente e suscetível aos referidos patótipos, respectivamente. Para cada avaliação foram inoculadas doze plantas por família.

A inoculação de *U. appendiculatus* foi realizada quando as folhas cotiledonares apresentaram, aproximadamente, 2/3 do seu desenvolvimento completo, cerca de 10 dias após a semeadura. O processo de inoculação foi semelhante ao utilizado para antracnose, diferindo apenas no período sob a câmara de nevoeiro, que foi de 48 horas, sendo após este período, transferidas para casa de vegetação ($20 \pm 5^{\circ}\text{C}$), onde permaneceram até a sua avaliação.

Os graus de reação foram avaliados, planta por planta, cerca de 15 dias após a inoculação, quando se completou o período de latência, que corresponde ao número de dias desde a inoculação até que 50% das pústulas apresentem esporulação. O diagnóstico foi realizado pela observação visual das lesões em ambas as faces das folhas primárias, utilizando como auxílio o diagrama de representação gráfica desenvolvido por CASTAÑO (1985) (Figura 1). Avaliou-se planta por planta.

As famílias que apresentaram grau médio igual ou menor que 3 foram consideradas resistentes e as que apresentaram grau médio igual ou maior que 4 suscetíveis, conforme STEADMAN et al. (2002).

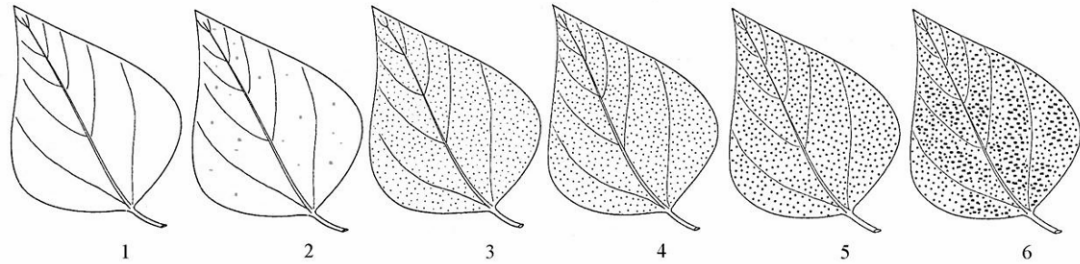


Figura 1. Diagrama de representação gráfica utilizado na avaliação dos graus de reação do feijoeiro ao *U. appendiculatus*, agente causal da ferrugem (CASTAÑO, 1985). Escala: 1- ausência de sintomas (imune), 2- manchas necróticas sem esporulação, 3- pústulas esporulando com diâmetro <300 µm, 4- pústulas esporulando com diâmetro de 300 µm a 499 µm, 5- pústulas esporulando com diâmetro de 500 µm a 800 µm, e 6- pústulas esporulando com diâmetro >800 µm.

2.2.3. Resistência ao BCMV (*Bean Common Mosaic vírus*)

As famílias que se destacaram quanto à produtividade de grãos, resistência à antracnose e ferrugem, foram caracterizadas quanto à resistência ao vírus causador do mosaico-comum do feijoeiro (BCMV). Neste trabalho, foi utilizada a estirpe denominada ATCC, obtida da “American Type Cultura Collection”, gentilmente cedida pelo Dr. Murilo Geraldo de Carvalho, do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa. Os isolados foram mantidos “in vivo” na cultivar suscetível Ouro Negro. A multiplicação foi feita inoculando-se as folhas primárias, quando estas atingiram em média 1/3 do seu tamanho normal. Para evitar uma possível mistura de isolados/estirpes por intermédio de pulgões, as plantas inoculadas foram conduzidas em casa de vegetação telada (tela anti-afídeos) e com controle químico.

Os inóculos foram preparados utilizando-se folhas trifolioladas da cultivar Ouro negro infectadas com ATCC. Os folíolos obtidos foram triturados em almofariz com solução de tampão fosfato a 0,05 M, pH 7,3, com sulfito de sódio, a 0,01 M.

O extrato viral obtido foi friccionado na face adaxial das folhas, com auxílio de uma gaze, sobre as quais havia sido polvilhado abrasivo fino “Carburundum” 600 mesh. O excesso de suspensão ou inóculo e abrasivo foram lavados em seguida com água. As inoculações foram feitas nas folhas primárias quando estas atingiram, em média, 2/3 do seu tamanho normal e

foram repetidas 48 horas após para garantia da infecção viral (COSTA, 1985).

2.3. Seleção das famílias superiores

Neste trabalho optou-se por selecionar previamente aquelas famílias que combinaram pelo menos uma característica favorável do genitor Ouro Negro, como resistência à ferrugem e peso de 100 grãos superior a 23 g, e outra favorável do genitor BRS Valente, como resistência à raça 65 de *C. lindemuthianum* ou boa arquitetura. A combinação de pelo menos duas das características favoráveis de cada genitor permitiu a formação de quatro grupos de famílias de acordo com os seguintes critérios: (1) - famílias resistentes à ferrugem por inoculação e à raça 65 de *C. lindemuthianum*; (2) - resistentes à ferrugem por inoculação e boa arquitetura (notas de 1 a 5); (3) - resistentes a raça 65 de *C. lindemuthianum* e peso de 100 grãos superior a 23 g e (4) - boa arquitetura (notas de 1 a 5) e peso de 100 grãos superior a 23 g. De início selecionou-se aquelas famílias que reuniram todas as características favoráveis dos dois genitores, ou seja, comuns aos quatro grupos. A seguir, para completar 20 famílias, optou-se por aquelas que contemplaram pelo menos dois dos quatro critérios, priorizando o critério 2.

2.4. Caracterização molecular dos genitores e das famílias superiores

A caracterização molecular foi realizada em duas etapas. Na primeira foi realizada a caracterização molecular dos genitores a fim de se encontrar algum polimorfismo entre eles. Aquelas marcas ou marcas polimórficas foram utilizadas para caracterização das 20 famílias F_{2:6} selecionadas com base em produtividade de grãos, arquitetura de plantas e resistência a doenças. De cada família foram cultivadas 10 plantas para coleta de folhas e posterior extração de DNA. Os marcadores moleculares utilizados no presente trabalho são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Marcadores moleculares ligados aos genes de resistência à ferrugem, antracnose, mancha-angular e mosaico-comum utilizados nos processos de caracterização dos genitores

Marcador ¹	Distância (cM) ²	Gene de Resistência	Fontes de Resistência	Referência
SCAR BA08 _{560a}	6,0	<i>Co-10</i> e <i>Ur-ON</i>	Ouro Negro	CORRÊA et al. (2000)
OPX11 _{550a}	5,8 a 8,9	<i>Co-10</i> e <i>Ur-ON</i>	Ouro Negro	FALEIRO et al. (2000a, 2003)
OPAJ18 _{560a}	11,1	<i>Ur-ON</i>	Ouro Negro	CORRÊA (1999)
OPAA19 _{650a}	10,0	<i>Phg-ON</i>	Ouro Negro	CORRÊA et al. (2001)
OPBA16 _{669a}	10,4	<i>Phg-ON</i>	Ouro Negro	FALEIRO et al. (2003)
SCAR BA16 _{669a}	9,7	<i>Phg-ON</i>	Ouro Negro	QUEIROZ et al. (2004)
SCAR SW13 _{690a}	1 a 5	<i>i</i>	Várias	MELOTTO et al. 1998
SCAR ROC11 _{420r}	0 a 7,5	<i>bc-3</i>	Várias	JOHNSON et al. 1997

¹ a: acoplamento, r: repulsão; ² cM: distância genética (centi Morgan) dos marcadores moleculares em relação aos genes de resistência.

A extração foi realizada de acordo com o protocolo de Doyle e Doyle (1990), com algumas modificações propostas por Abdelnoor et al. (1995).

As amostras de DNA obtidas foram amplificadas pela técnica de RAPD (WILLIAMS et al. 1990) e de SCAR (CORRÊA et al., 2000), para selecionar com base na presença de marcadores moleculares ligados aos alelos específicos de resistência. Os *primers* foram adquiridos da “Operon Technologies” (Alameda, CA, EUA). O monitoramento dos genes de resistência aos patógenos foi realizado no laboratório de Genética Molecular de Plantas do BIOAGRO/UFV.

As reações de amplificação com marcadores RAPD foram feitas em um volume total de 25 µl, contendo Tris-HCl 10 mM (pH 8,3), KCl 50 mM, MgCl₂ 2,8 mM, 100µM de cada um dos desoxinucleotídeos (dATP, dTTP, dGTP e dCTP), 0,4 µM do *primer*, uma unidade da enzima *Taq* polimerase e, aproximadamente, 25 ng de DNA.

As amplificações foram efetuadas em termociclador Perkin-Elmer Cetus, modelo 9600, programado para 40 ciclos, constituindo-se, cada um, da seguinte seqüência: 15 segundos a 94 °C, 30 segundos a 35 °C e 1 minuto a 72 °C. Após os 40 ciclos, foi feita uma etapa de extensão final de 7

minutos a 72 °C. Após a amplificação, foram adicionados a cada amostra, 3 µl do corante tipo IV (0,25% de azul-de-bromofenol e 60% de glicerol). Essas amostras foram aplicadas em gel de agarose (1,2%), contendo brometo de etídio (0,5 g/ml) e submersas em tampão SB (BRODY e KERN, 2004).

A separação eletroforética foi realizada durante um período de três a quatro horas, a 120 volts, aproximadamente. Ao término da corrida, os géis foram fotografados sob luz ultravioleta, no sistema de fotodocumentação Eagle Eye II (Stratagene, La Jolla, CA, EUA).

As reações de amplificação com marcadores SCAR foram feitas em reação de 15 µL, contendo as mesmas concentrações de reagentes utilizadas nos ensaios de RAPD, exceto para o *primer*, que foi substituído por cinco picomoles de cada *primer* específico (*Foward* e *Reverse*) mais longos, com 16 a 24 nucleotídeos. O termociclador foi programado para um passo inicial de 94°C por 3 min; 35 ciclos de 94°C por 15 s, 65°C por 1 min e 30 s e 72°C por 1 min e 30 s; e um passo de extensão final de 72°C por 7 min, com redução da temperatura a 4°C.

3. RESULTADOS

3.1. Avaliação de famílias em campo

O resumo das análises de variância relativas às características avaliadas em campo de 192 famílias de feijão preto, oriundas do cruzamento das cultivares Ouro Negro e BRS Valente, e quatro testemunhas comerciais, nas safras de inverno/2006 (geração F_{2:4}) e seca/2007 (geração F_{2:5}), está apresentado na Tabela 5. Pode-se observar que, para a maioria das características analisadas, com exceção das avaliações de ferrugem, os coeficientes de variação apresentaram valores abaixo de 20%, indicando que os experimentos apresentaram boa precisão experimental. Valores semelhantes para coeficiente de variação foram relatados na literatura para a cultura do feijoeiro (MARQUES JÚNIOR, 1997).

O delineamento em látice foi 1,2 a 23,6% mais eficiente que o delineamento de blocos ao acaso, para as características produtividade de grãos e peso de 100 grãos, na safra de inverno/2006 e P100 na safra da seca/2007, o que justifica o seu emprego, para a avaliação da produtividade na safra da seca/2007, como preconizado por Ramalho et al. (2005). De um modo geral, a eficiência do delineamento em látice apresentou baixa magnitude, evidenciando boa uniformidade da área experimental.

Tabela 5. Resumo das análises de variância individuais para produtividade de grãos em kg/ha, peso de 100 grãos (P100), severidade de mancha-angular (MA), nas safras de inverno/ 2006 e seca/ 2007; e de ferrugem aos 50 e 70 dias após plantio (FE 50 e FE 70, respectivamente) na safra de inverno/ 2006 e acamamento (ACAM) e porte da planta na safra da seca/ 2007, em ensaios de famílias de feijão oriundas da população Ouro Negro x BRS Valente, conduzidos no município de Coimbra-MG

Fonte de Variação	GL	Inverno de 2006					Seca de 2007				
		Produtividade	P100	FE 50	FE 70	MA	Porte	ACAM	MA	P100	Produtividade
Tratamentos (T)	195	589862,47**	5,61**	5,94**	6,72**	1,62**	2,59**	1,49**	0,94**	9,37**	622217,42**
Famílias (F)	191	582407,73**	5,11**	5,94**	6,67**	1,57**	2,20**	1,22**	0,95**	8,95**	624841,22**
Testemunhas (Te)	3	1232582,23**	39,65**	7,24**	10,67**	3,13**	27,83**	19,01**	0,33 ^{ns}	38,46**	622448,95**
Genitores (G)	1	2524442,02**	75,62 *	20,20**	24,00**	2,25 ^{ns}	45,54**	48,14**	0,00 ^{ns}	50,46 *	1218052,92*
Não genitores(NG)	1	702440,79**	38,41*	0,16 ^{ns}	2,65*	1,00 ^{ns}	28,12**	4,94**	0,67 ^{ns}	55,19 *	209118,94 ^{ns}
G vs NG	1	470863,89 *	4,92 ^{ns}	1,35 ^{ns}	5,35**	6,13 *	9,83**	3,96 *	0,33 ^{ns}	9,72 ^{ns}	440175,01 ^{ns}
F vs. Te	1	85559,18 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,75 ^{ns}	3,66 ^{ns}	7,71 ^{ns}	0,83 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,32 ^{ns}	2,09 ^{ns}	120376,81 ^{ns}
Erro Efetivo (Látice)	351	89596,42	-	-	-	-	0,82	0,73	-	-	311897,37
Resíduo (Bloco)	390	-	1,58	0,46	0,53	0,96	-	-	0,67	3,88	-
Média Geral		2387,6	21,1	2,8	2,9	5,7	5,1	4,9	4,3	25,2	3909,0
CV (%)		12,5	6,0	24,7	25,2	17,3	17,8	17,3	18,9	7,8	14,3
Eficiência (látice)		101,2	-	-	-	-	116,6	109,5	-	-	123,6
H ² (%)		84,8	71,9	79,9	80,2	80,4	68,4	51,0	28,6	58,6	49,9

** e * significativo pelo teste F (P<0,01 e P<0,05, respectivamente), ^{ns} não significativo pelo teste F (P>0,05).

Observa-se que, para as fontes de variação famílias e testemunhas, houve efeito significativo ($P < 0,01$) para todas as características avaliadas, com exceção de mancha-angular para as testemunhas (tanto genitores quanto não genitores), indicando existência de diferenças entre as médias dos tratamentos (testemunhas e famílias) avaliados.

É importante ressaltar que a média das famílias não diferiu das testemunhas para todas as características avaliadas, o que pode ser verificado na Tabela 5, pelo contraste F vs Te. Esta constatação, associada ao fato de que existe variabilidade entre famílias, indica a possibilidade de se selecionar famílias com desempenhos superiores às médias das testemunhas, o que evidencia o elevado potencial destas famílias para extração de linhagens superiores.

As características avaliadas na safra de inverno/2006 apresentaram coeficientes de determinação genotípicos (H^2) acima de 70%. Este fato não foi verificado na safra seguinte, em que os valores oscilaram entre 28,6 e 68,4%. As características comuns nas duas safras tiveram os seus respectivos coeficientes de determinação decrescidos de uma safra para a outra, como a produtividade de 84,8% para 49,9%, o peso de 100 grãos que passou de 71,9% para 58,6% e a mancha-angular, cuja queda foi mais expressiva, passando de 80,4% na safra de inverno/2006 para 58,63% (Tabela 5).

Os dados referentes às avaliações de cada família em campo estão apresentados na Tabela 6. Pode-se observar pelos valores máximos e mínimos das características avaliadas na população, que os mesmos quase sempre superaram os limites dos genitores, evidenciando a segregação transgressiva, corroborando com a expectativa de que indivíduos superiores aos pais podem ser encontrados nesta população.

A cultivar Ouro Negro superou em produtividade a cultivar BRS Valente nas duas safras (Tabela 6). Nota-se que as diferenças entre as cultivares genitoras tiveram menor magnitude na safra da seca, quando não foi detectada a ocorrência de ferrugem, o que parece indicar uma influência negativa da doença sobre a produtividade da cultivar BRS Valente.

Na safra de inverno/2006, a cultivar Ouro Negro apresentou uma produtividade de 2754 kg/ha, superando a cultivar BRS Valente em quase 1300 kg/ha. Nesta safra, cento e cinquenta e sete famílias apresentaram produtividade estatisticamente igual (Dunnett, a 5% de probabilidade) ao melhor genitor, sendo que 108 delas superaram a média geral do ensaio (2387 kg/ha) e destas, 35 foram mais produtivas, em magnitude, que a cultivar Ouro Negro. A família 169 apresentou produtividade igual a 3532 kg/ha, sendo estatisticamente superior ao Ouro Negro pelo teste de Dunnett ($P < 0,05$). Já na safra da seca de 2007, apenas 15 famílias foram menos produtivas que o genitor mais produtivo e 117 superaram a média do ensaio (3909 kg/ha) e nenhuma foi estatisticamente superior à cultivar Ouro Negro (4452 kg/ha), embora 20 famílias tenham apresentado valores de produtividade acima de 4452 kg/ha.

Quanto ao peso de 100 grãos constatou-se que, no inverno de 2006, 38 famílias foram consideradas estatisticamente iguais a cultivar Ouro negro (25,1g) pelo teste de Dunnett ($P < 0,05$). Sete famílias (7, 104, 44, 1, 107, 43, 5, 18 e 16) apresentaram peso superior ao ideal preconizado neste trabalho, ou seja, 23 g. Estas sete famílias, além da cultivar Ouro Negro, mantiveram o peso de 100 grãos superior a 23 g na safra seguinte (seca/2007). Na safra da seca/2007 houve um acréscimo no peso de 100 grãos em todos os tratamentos, resultando em uma média geral do ensaio bastante elevada (25,2 g).

Nesta safra, apenas 18 famílias apresentaram peso de 100 grãos inferior a 23 g, sendo estas também distintas estatisticamente da cultivar Ouro Negro (27,6g). Levando em consideração a média geral de cada ensaio, observou-se que 107 famílias apresentaram peso superior à média geral (21g) no ensaio de inverno e 93 famílias com peso superior a 25,2g na safra da seca.

Tabela 6. Médias de produtividade de grãos (kg/ha), peso de 100 grãos (P100) e severidade de mancha-angular (MA), nas safras de inverno/2006 e seca/2007; e de ferrugem aos 50 e 70 dias após plantio (FE 50 e FE 70, respectivamente) na safra de inverno/2006 e acamamento (ACAM) e porte na safra da seca/ 2007, em ensaios de famílias de feijão oriundas da população Ouro Negro x BRS Valente, conduzidos no município de Coimbra-MG

Famílias	Inverno/2006					Seca/2007				
	Produtividade Kg/ha	P100 (g)	FE 50 ¹	FE 70 ¹	MA ²	Porte ³	ACAM ³	MA ²	P100 (g)	Produtividade Kg/ha
1	2367,7	23,6	3,3	3,3	5,0	3,9	4,3	5,0	24,6	4137,5
2	2301,4	22,3	4,0	4,0	5,5	3,8	4,8	5,0	24,7	3646,3
3	2659,2	21,6	1,0	1,3	5,5	5,8	5,6	3,7	25,0	3865,8
4	2446,1	22,4	3,7	4,0	6,5	4,6	4,6	4,0	26,3	3923,4
5	2402,8	23,4	3,0	3,3	7,5	5,8	5,5	5,0	28,8	4500,2
6	2831,3	22,7	1,3	2,3	6,5	4,6	4,9	5,3	28,7	3953,4
7	2586,3	25,4	4,3	3,7	6,5	5,9	5,0	5,0	28,8	4152,8
8	2361,5	20,3	5,0	4,3	6,5	5,1	4,7	3,3	23,8	3902,9
9	2251,0	21,7	1,3	1,3	6,5	4,0	3,8	3,3	24,5	3883,3
10	3156,1	21,7	2,0	1,7	8,0	4,9	4,2	4,3	24,6	3207,8
11	1254,0	20,4	5,7	6,0	5,5	4,4	5,0	4,3	27,1	3952,6
12	2719,8	22,3	2,0	2,3	7,5	5,3	5,1	4,0	27,7	4019,7
13	2199,0	20,3	4,3	4,7	6,0	5,4	4,8	4,3	22,6	3613,0
14	2227,9	22,4	3,0	3,0	5,0	3,4	3,4	3,7	24,4	3340,5
15	2088,5	19,9	5,0	4,7	4,5	4,7	4,6	4,7	22,9	3862,9
16	2828,7	23,2	1,0	1,0	4,5	4,6	4,9	4,7	28,5	4499,4
17	1328,6	19,8	5,0	4,7	4,5	4,4	4,7	4,3	27,1	4166,9
18	3137,0	23,3	1,0	1,3	5,0	3,4	3,9	4,7	26,5	4192,6
19	2388,3	22,1	4,0	4,7	7,0	4,6	4,9	4,7	25,4	3682,3
20	2733,0	22,3	2,7	2,7	6,0	3,8	4,3	3,7	25,9	3431,1
21	2414,3	22,8	4,3	4,0	7,0	5,7	5,7	5,0	26,2	3714,9
22	2809,7	22,6	1,0	1,0	5,5	6,1	5,6	5,7	27,3	4078,6
23	2565,4	21,5	1,0	1,7	5,5	6,2	5,6	5,0	26,4	4501,3
24	1564,7	21,6	6,0	5,0	5,0	5,2	5,4	4,3	25,3	3911,1

Tabela 6. Continuação

Famílias	Inverno/2006					Seca/2007				
	Produtividade Kg/ha	P100 (g)	FE 50 ¹	FE 70 ¹	MA ²	Porte ³	ACAM ³	MA ²	P100 (g)	Produtividade Kg/ha
25	3205,0	22,7	2,3	2,3	5,0	4,9	5,3	4,7	26,8	4493,5
26	2376,4	22,2	3,7	4,7	7,5	7,5	6,7	4,3	24,8	3921,5
27	2717,7	21,4	2,7	1,7	8,0	4,9	4,7	4,3	26,4	4553,6
28	2045,1	21,5	3,3	4,3	6,5	6,1	6,1	5,0	23,7	3486,5
29	2492,1	22,9	3,7	4,0	6,5	4,6	4,8	4,0	26,4	3814,8
30	2717,6	22,9	1,0	1,3	6,0	6,6	5,4	3,7	25,9	4525,7
31	2190,7	22,1	4,7	4,3	5,0	5,3	5,3	4,3	25,4	4339,1
32	2357,8	21,4	3,7	4,0	5,5	4,5	4,7	4,0	26,2	3948,8
33	1903,9	21,3	3,7	4,0	5,0	6,3	5,6	5,3	25,9	3832,2
34	3101,6	21,4	1,0	1,0	5,5	5,0	5,1	3,7	24,1	3509,0
35	3067,4	22,3	1,0	1,0	6,5	5,0	5,0	4,7	26,7	3866,5
36	2935,7	21,0	1,0	1,0	6,0	5,4	4,5	4,0	25,3	4206,4
37	2861,6	20,7	1,3	1,3	6,0	5,1	4,6	5,0	26,7	3957,2
38	1260,4	19,2	5,0	5,7	4,0	4,2	4,4	3,7	25,3	3570,9
39	2956,7	21,4	1,0	1,0	5,0	4,7	4,7	4,3	26,4	4399,4
40	2627,1	21,0	3,7	4,0	5,5	4,8	5,4	4,3	25,2	3785,7
41	2409,0	20,5	2,7	1,7	6,5	6,6	6,4	4,3	25,4	3914,5
42	2553,5	22,5	2,3	3,0	7,0	5,0	5,8	4,3	26,2	4008,3
43	2533,3	23,6	4,0	4,7	5,0	6,3	6,1	4,7	28,2	4387,8
44	1975,6	24,0	4,3	5,0	6,5	5,6	5,5	5,3	27,5	4546,8
45	1964,0	19,8	3,7	4,0	5,0	3,8	4,3	4,0	20,1	3394,7
46	2662,6	20,8	2,7	3,0	5,0	4,0	4,6	4,3	24,1	3954,6
47	2092,5	21,6	1,0	1,3	4,5	4,2	4,4	4,0	24,5	4075,0
48	1383,3	18,9	5,3	5,3	5,0	5,2	5,2	4,3	23,8	3918,1
49	2737,1	20,5	2,7	2,3	6,5	7,1	6,1	4,0	23,6	3131,7
50	2155,0	19,9	3,3	3,3	6,0	6,2	5,7	4,7	24,9	4320,5
51	2210,4	21,7	2,7	3,3	5,0	5,8	6,2	3,3	24,4	3445,7

Tabela 6. Continuação

Famílias	Inverno/2006					Seca/2007				
	Produtividade Kg/ha	P100 (g)	FE 50 ¹	FE 70 ¹	MA ²	Porte ³	ACAM ³	MA ²	P100 (g)	Produtividade Kg/ha
52	2887,8	21,2	1,3	2,3	5,5	4,9	4,4	4,0	23,1	3758,9
53	1353,5	18,9	5,3	5,7	4,5	5,8	5,6	4,0	24,5	4036,9
54	2673,3	22,1	1,0	1,0	5,5	4,4	4,1	4,3	25,7	3221,4
55	2614,1	18,7	1,0	1,7	6,5	4,4	3,1	5,0	21,5	2502,9
56	2362,6	21,3	2,3	2,3	5,0	4,5	4,1	3,3	18,5	2490,0
57	2612,9	19,1	1,0	1,0	5,0	5,1	4,5	4,3	23,3	3891,6
58	2095,7	21,1	3,3	3,7	6,0	4,9	4,9	4,0	23,3	2977,5
59	2629,2	21,5	2,7	3,7	4,5	6,0	5,6	4,7	25,9	4031,6
60	2778,2	19,9	2,0	3,0	6,5	4,3	4,8	4,3	22,5	3488,6
61	1656,3	21,1	3,3	4,3	6,5	5,9	5,8	5,0	25,2	3749,4
62	2490,8	21,4	3,3	3,3	6,5	5,4	5,1	4,3	24,4	3857,3
63	2664,4	23,0	3,0	3,7	5,5	5,8	5,3	5,0	27,9	4024,9
64	2415,2	19,5	1,0	1,0	7,5	4,9	4,3	4,3	24,4	3899,1
65	2298,5	19,7	1,7	1,7	6,5	6,5	5,9	4,3	23,1	3401,8
66	2523,8	18,6	1,0	1,0	5,0	5,9	5,0	4,0	21,6	3556,7
67	2078,1	21,5	4,0	4,3	5,5	5,8	5,0	3,3	26,3	4104,4
68	2394,0	21,2	3,0	3,7	4,0	4,4	5,2	3,7	22,9	3871,3
69	2747,5	20,9	1,7	1,7	4,5	4,9	5,0	4,7	24,5	3527,8
70	2183,3	19,6	1,0	1,0	6,0	4,5	4,7	4,7	24,5	4212,4
71	2223,0	19,8	3,3	4,0	6,5	7,1	5,0	5,7	25,3	4251,4
72	2146,4	21,3	4,0	4,7	6,0	3,7	4,0	4,7	25,9	3953,1
73	2228,8	22,1	3,3	3,3	5,5	6,0	4,9	4,3	28,0	4377,8
74	1339,5	21,7	4,7	5,3	5,5	4,6	4,3	6,0	27,3	4027,6
75	2061,2	20,0	4,7	4,7	6,0	4,9	4,6	3,7	23,7	3948,2
76	2434,0	21,6	4,7	4,7	4,5	6,1	5,8	4,3	25,3	4092,5
77	2586,4	20,9	1,0	1,0	6,0	5,4	5,2	3,3	25,2	4412,5
78	2528,6	21,9	1,0	1,0	5,0	3,6	4,7	4,7	24,5	3690,4

Tabela 6. Continuação

Famílias	Inverno/2006					Seca/2007				
	Produtividade Kg/ha	P100 (g)	FE 50 ¹	FE 70 ¹	MA ²	Porte ³	ACAM ³	MA ²	P100 (g)	Produtividade Kg/ha
79	3009,9	21,3	1,7	1,0	4,5	4,9	4,4	3,7	24,1	4061,2
80	2946,4	21,0	3,7	3,7	5,5	4,6	4,3	4,3	25,3	3862,8
81	2601,9	20,1	3,0	3,7	5,5	5,8	5,3	5,7	24,3	3956,8
82	2696,3	23,0	3,3	3,7	7,0	5,4	4,6	5,3	28,8	4037,8
83	2641,0	21,3	3,7	3,7	5,5	5,9	5,9	5,0	23,6	3505,7
84	1859,5	21,8	4,0	4,0	5,0	4,4	5,1	3,0	25,4	3894,2
85	2543,8	21,4	1,0	1,0	4,5	6,3	5,7	4,3	25,0	4122,5
86	2076,1	20,3	4,0	4,7	6,0	5,4	4,7	4,0	25,5	4032,1
87	2134,1	20,5	3,3	3,7	4,5	5,8	5,9	3,7	25,2	4526,3
88	2672,0	23,1	3,0	3,7	5,0	5,9	5,6	4,0	27,0	3660,4
89	2890,5	21,5	1,0	1,0	6,0	5,8	5,3	5,0	24,9	4278,6
90	2466,9	22,8	3,0	2,3	6,0	5,1	4,4	4,0	26,8	4120,1
91	1292,4	18,8	5,7	6,0	5,0	4,3	5,0	4,3	25,0	4507,0
92	2356,8	21,4	3,7	3,7	5,5	5,8	5,5	4,7	26,0	4386,7
93	2002,8	20,8	3,3	4,7	5,0	5,6	5,7	4,7	25,2	3677,1
94	2805,6	21,2	1,3	1,7	6,0	4,6	5,4	3,3	25,1	4319,1
95	2577,3	22,3	3,0	2,0	5,5	5,5	4,1	3,0	26,1	4066,7
96	2536,4	20,4	1,3	1,3	6,0	5,7	6,0	4,3	23,2	3734,2
97	2514,6	20,8	1,0	1,0	8,0	5,5	5,9	4,0	24,7	4172,1
98	2150,8	18,7	1,0	1,0	5,5	5,4	5,6	4,7	25,1	3788,2
99	2156,4	22,1	4,3	5,0	5,0	4,8	5,0	4,3	27,8	3963,9
100	2708,2	20,2	1,0	1,0	5,0	4,1	4,5	3,3	22,3	3106,0
101	2728,4	22,2	1,7	1,7	6,5	4,3	4,7	3,7	27,5	3407,2
102	1528,5	20,6	4,7	4,7	6,0	6,5	5,3	4,3	24,9	3747,9
103	2247,5	18,9	3,0	3,7	5,0	5,3	4,7	4,7	23,0	3097,5
104	2765,8	24,4	1,0	1,0	5,5	5,5	4,6	4,3	29,2	4058,0
105	2589,9	22,2	1,0	1,0	5,5	4,2	4,1	4,3	25,6	4472,2

Continua...

Tabela 6. Continuação

Famílias	Inverno/2006					Seca/2007				
	Produtividade Kg/ha	P100 (g)	FE 50 ¹	FE 70 ¹	MA ²	Porte ³	ACAM ³	MA ²	P100 (g)	Produtividade Kg/ha
106	2434,1	21,7	2,7	2,3	7,0	5,3	5,8	4,0	24,2	3984,8
107	2812,3	23,6	2,3	1,3	5,5	4,0	2,9	4,3	27,5	3881,1
108	3056,5	22,5	1,7	1,7	6,0	5,2	5,5	4,0	24,4	3503,8
109	2404,5	21,9	2,7	2,3	6,0	4,3	4,6	5,0	24,8	3738,2
110	1731,4	19,8	5,3	4,3	6,0	3,6	4,3	3,7	25,2	3980,1
111	2730,9	20,4	1,0	1,3	6,5	4,7	5,8	4,3	21,8	2677,5
112	2452,4	19,4	1,3	1,7	7,0	3,3	4,3	5,0	24,0	2946,0
113	2040,4	20,0	4,0	4,3	5,5	4,5	4,2	4,0	23,6	4213,7
114	2866,7	20,4	2,3	2,0	5,5	4,2	4,3	4,0	23,6	3954,8
115	2484,6	21,5	1,7	3,0	6,0	5,6	5,3	4,7	27,5	4242,9
116	2232,0	19,5	3,3	4,0	6,0	4,9	4,6	4,7	26,5	4350,5
117	2534,9	19,2	1,0	1,0	5,5	5,1	5,3	4,3	24,9	4292,3
118	2288,7	21,8	3,7	4,0	5,0	4,5	4,2	4,3	27,1	3680,6
119	2649,6	21,4	3,0	3,0	5,0	4,5	4,9	4,3	24,6	3868,7
120	2527,4	21,0	1,0	1,0	4,5	5,4	4,7	4,3	25,0	4547,0
121	2122,2	21,6	3,0	3,3	5,5	5,0	4,1	4,7	26,7	4680,8
122	2080,2	20,1	4,0	4,3	7,0	5,4	5,6	4,3	23,8	3947,0
123	2056,3	18,4	2,0	3,3	5,0	5,1	4,9	4,7	23,5	4038,5
124	2132,8	18,9	2,0	3,0	4,5	5,3	5,0	4,3	24,9	3502,5
125	2870,1	21,7	1,0	1,0	6,0	5,2	4,6	4,7	24,0	3948,8
126	2161,2	21,6	3,7	4,0	5,0	4,6	4,1	4,0	25,1	3912,0
127	1960,0	19,9	3,7	4,3	5,0	5,6	5,4	4,3	25,0	3893,0
128	1961,4	19,6	1,7	1,3	5,0	4,9	5,6	4,3	25,6	3770,7
129	893,8	18,2	6,0	6,0	3,5	5,0	5,3	4,0	25,4	3547,1
130	2712,3	21,6	2,3	1,0	4,5	3,9	4,4	4,0	26,2	3970,1
131	2622,5	21,9	2,7	2,7	3,5	3,2	3,7	4,0	25,2	4037,9

Tabela 6. Continuação

Famílias	Inverno/2006					Seca/2007				
	Produtividade Kg/ha	P100 (g)	FE 50 ¹	FE 70 ¹	MA ²	Porte ³	ACAM ³	MA ²	P100 (g)	Produtividade Kg/ha
132	2308,5	19,3	1,0	1,3	5,5	5,4	4,5	4,3	22,5	3703,7
133	2298,2	21,6	3,0	3,7	6,0	5,9	4,8	5,0	25,5	3103,0
134	2901,2	20,9	1,0	1,0	6,5	5,1	4,9	5,0	25,5	4618,9
135	2616,2	19,4	2,7	3,0	5,0	3,5	4,8	4,3	21,6	3385,0
136	2900,8	21,7	2,0	2,3	7,0	4,2	4,1	4,7	24,9	4176,9
137	2669,0	20,2	1,7	1,7	5,0	4,7	5,5	4,0	24,1	3124,3
138	2661,9	21,1	1,0	1,0	3,5	4,5	4,7	3,7	25,1	4231,4
139	1368,9	20,6	5,3	5,3	5,0	5,6	5,4	4,0	22,7	3622,5
140	3247,8	22,5	1,0	1,0	5,0	3,4	4,0	3,7	24,9	4153,1
141	2492,9	20,3	3,0	3,3	5,5	5,0	4,5	5,0	22,8	2830,5
142	2298,8	20,5	3,7	4,7	5,5	4,9	5,6	4,7	26,3	4274,8
143	2916,4	21,6	1,3	1,0	5,5	4,0	4,7	4,0	26,8	3923,0
144	1991,1	22,3	3,7	4,3	5,0	5,3	4,4	3,3	27,0	4280,8
145	2702,3	18,0	3,0	3,0	6,0	4,5	4,5	4,0	21,8	3331,5
146	2380,6	20,2	3,3	2,3	6,0	5,4	5,1	4,3	25,5	4045,4
147	2035,9	19,0	4,0	3,3	7,0	5,7	5,0	5,0	24,7	4407,3
148	2367,7	20,5	1,7	1,3	6,0	6,4	5,7	4,7	25,9	4133,1
149	1901,2	19,5	3,7	3,7	5,0	6,1	5,4	4,7	26,7	4457,8
150	2681,0	21,7	3,0	3,0	6,5	3,9	4,7	5,3	25,7	4754,2
151	2202,4	21,4	4,3	4,0	4,0	4,7	5,2	4,0	24,8	3957,2
152	2359,2	18,4	4,0	3,7	6,0	4,0	4,4	3,7	23,3	3952,1
153	2194,3	21,1	2,0	3,0	5,5	5,0	5,6	4,7	25,1	4323,5
154	2759,5	21,0	2,7	3,3	5,0	4,8	4,3	4,7	26,4	4409,0
155	2373,3	20,8	4,7	4,7	6,0	5,1	5,1	5,3	28,7	4092,2
156	2737,2	21,3	1,7	1,3	6,0	6,3	5,7	4,0	25,7	4584,2
157	2784,3	21,6	1,0	1,0	7,0	5,7	4,8	4,7	26,5	4167,0
158	2190,8	20,0	2,7	3,0	4,0	3,3	4,3	5,0	26,1	4203,8

Tabela 6. Continuação

Famílias	Inverno/2006					Seca/ 2007				
	Produtividade Kg/ha	P100 (g)	FE 50 ¹	FE 70 ¹	MA ²	Porte ³	ACAM ³	MA ²	P100 (g)	Produtividade Kg/ha
159	2704,9	21,4	1,0	1,7	7,5	6,2	5,0	4,0	26,8	4044,9
160	2040,8	20,9	4,3	4,7	6,0	4,7	4,7	3,3	26,1	4064,8
161	2076,8	19,5	3,7	4,3	6,0	4,5	4,6	4,0	24,7	3203,4
162	1994,2	19,9	4,0	3,7	6,0	4,2	4,6	3,7	25,6	3593,6
163	1889,8	19,9	3,7	4,3	5,0	5,4	4,6	4,3	26,2	4280,5
164	2088,1	20,9	2,7	2,7	5,0	5,6	5,0	3,7	24,4	3951,5
165	2511,5	19,9	1,0	1,0	4,5	4,1	4,1	5,0	27,4	4314,6
166	1949,8	21,1	3,3	2,3	5,5	4,1	3,8	4,3	23,9	3115,9
167	2992,0	20,7	1,0	1,0	5,0	3,9	3,7	4,0	25,1	4039,1
168	1420,3	21,7	4,7	5,0	4,5	3,9	4,5	4,0	23,6	3553,3
169	3532,1	22,2	1,7	1,3	5,5	4,4	5,0	4,3	27,5	4447,9
170	1965,6	18,9	2,3	2,0	4,0	3,6	4,3	3,7	23,1	3830,6
171	2410,6	20,0	4,3	4,7	5,5	5,7	5,5	4,0	23,6	4050,1
172	1726,7	20,6	5,0	5,0	6,5	4,9	4,3	5,0	24,9	3041,1
173	2204,3	22,2	2,0	1,0	6,5	5,5	4,8	4,3	27,4	4068,5
174	1538,0	21,6	5,3	5,3	5,5	4,3	4,8	4,0	27,6	3726,5
175	2301,7	22,6	3,3	3,7	4,0	6,3	5,8	3,7	25,8	4524,3
176	2834,7	22,8	1,0	1,0	6,5	6,5	5,5	4,3	25,3	4136,4
177	2569,3	21,4	1,0	1,0	6,0	6,2	5,4	5,0	27,9	4017,7
178	2024,7	20,2	4,3	4,3	6,0	6,5	5,8	4,0	23,8	4401,7
179	2761,6	22,1	1,0	1,0	5,0	4,7	4,7	5,0	24,8	4190,7
180	2611,8	20,5	1,0	1,0	5,0	4,0	4,1	3,7	23,9	2955,5
181	2463,9	18,7	3,0	4,0	6,0	5,5	5,0	5,0	23,6	4600,2
182	2664,3	22,1	2,3	3,3	7,0	7,4	6,5	5,0	23,5	4000,6
183	2702,5	21,3	3,3	3,3	5,5	5,3	5,0	4,3	26,0	4092,2
184	2302,4	20,3	4,0	3,7	5,5	4,1	4,2	6,0	21,9	2255,9
185	1453,8	19,0	5,0	5,7	4,5	4,1	4,8	3,7	21,6	2483,8

Tabela 6. Continuação

Famílias	Inverno/2006					Seca/ 2007				
	Produtividade Kg/ha	P100 (g)	FE 50 ¹	FE 70 ¹	MA ²	Porte ³	ACAM ³	MA ²	P100 (g)	Produtividade Kg/ha
186	2516,0	18,6	1,0	1,0	5,0	4,7	4,0	4,3	24,7	3961,4
187	2714,9	21,2	1,0	1,0	6,0	5,2	4,8	4,7	25,7	4460,2
188	1970,5	21,0	5,0	5,0	6,0	6,4	5,9	3,7	25,4	4590,3
189	2695,3	21,5	1,0	1,0	7,0	6,4	5,6	4,3	25,6	4413,3
190	2427,7	22,1	4,3	4,3	5,0	5,5	5,3	4,3	28,7	4037,2
191	3117,9	20,6	1,0	1,0	6,0	5,3	4,4	3,3	25,5	4278,9
192	2790,6	22,3	1,0	1,0	6,0	5,3	5,0	4,0	24,0	3473,3
Ouro Negro	2754,6	25,1	1,0	1,0	6,5	8,5	8,3	4,3	27,6	4452,0
BRS Supremo	2159,9	17,8	2,3	2,3	7,0	1,7	3,4	4,3	23,5	3805,0
BRS Valente	1457,3	18,0	4,7	5,0	5,0	2,9	2,6	4,3	21,8	3550,8
Diamante Negro	2844,3	22,8	2,0	1,0	8,0	6,1	5,2	3,7	29,5	3431,7
Máximos	3532,1	25,4	6,0	6,0	8,0	7,5	6,7	6,0	29,5	4754,2
Mínimos	893,8	18,0	1,0	1,0	3,5	3,3	2,9	3,0	18,5	2255,9
Média Geral	2387,5	21,0	2,7	2,8	5,6	5,1	4,9	4,3	25,2	3909,0
CV (%)	12,5	5,9	24,6	25,2	17,3	17,7	17,3	18,8	7,8	14,3
DMS _{5%} (Dunnet)	711,2	2,3	1,6	1,7	2,3	2,1	2,0	1,9	4,6	1326,9
Eficiência (látice)	101,2	bloco	bloco	bloco	bloco	116,6	109,5	bloco	bloco	123,6

¹ grau de severidade variando de 1 a 6. Famílias com médias iguais ou superiores a 3,0 foram consideradas como suscetíveis.

² avaliação com base em uma escala de notas variando de 1 (resistente) a 9 (suscetível), de acordo com Inglis et al. (1988). Famílias com médias iguais ou superiores a 3,5 foram consideradas como suscetíveis

³ notas variando de 1 a 9, sendo a nota 1 atribuída às plantas de porte mais ereto ou menos acamadas (padrão BRS Supremo) e a nota 9 as plantas de porte mais ramificado ou prostrado (padrão Ouro negro).

Quanto à resistência à ferrugem no campo, foi observado que 100 famílias $F_{2:4}$ apresentaram notas iguais ou inferiores a 3, considerando as duas avaliações realizadas na safra de inverno de 2006. Deve-se destacar que, semelhantemente à cultivar Ouro Negro, 39 famílias mostraram-se resistentes à ferrugem no campo, ou seja, com nota igual a 1,0. Ainda na safra de inverno, apenas as famílias 129, 131 e 138 foram resistentes à mancha-angular (notas inferiores a 3,5).

Quanto à arquitetura da planta, nenhuma família apresentou notas inferiores ao genitor de melhor arquitetura (BRS Valente). No entanto, destacaram-se como sendo de porte mais ereto 107 famílias e de menor acamamento 90 famílias (notas inferiores a 5) (Tabela 6). Quando se consideram notas inferiores ou iguais a 4 para porte ou acamamento, o número de famílias cai drasticamente (23 famílias para porte e 13 para acamamento) e considerando as duas características simultaneamente, 10 famílias apresentaram boa arquitetura (porte e acamamento com notas inferiores a 4).

O resumo das análises de variância conjunta das características produtividade de grãos, peso de 100 grãos e severidade de mancha-angular no ensaio de famílias avaliadas nas safras inverno/2006 e seca/2007, em Coimbra-MG, está apresentado na Tabela 7. A interação tratamento x safras significativa indica o comportamento diferenciado das famílias e testemunhas nas duas safras (ou nos dois ensaios).

Para investigar a natureza da interação genótipos por ambientes, foi utilizada a metodologia proposta por Cruz e Castoldi (1991). Neste sentido, foi constatado que a fração complexa da interação para o caráter produtividade e severidade de mancha-angular foi de 94,6 e 80%, respectivamente. A ocorrência da interação famílias x safras muito pronunciada e com predominância da parte complexa evidencia que a classificação das famílias não foi consistente nas diferentes safras.

Tabela 7. Resumo das análises de variância conjunta para produtividade de grãos, em kg/ha, peso de 100 grãos (P100) e severidade de mancha-angular (MA) referentes ao ensaio de famílias de feijão avaliadas no inverno/2006 e Seca/2007, em Coimbra-MG

Fontes de Variação	GL	Produtividade (kg/ha)	P100	MA
Safra (S)	1	680529218,58**	4999,71**	518,13**
Tratamentos (T)	195	737151,40**	11,72**	1,94**
Famílias (F)	191	726298,95**	10,82**	1,93**
Testemunhas (Te)	3	1485796,54 *	72,72**	1,59 ^{ns}
Genitores (G)	1	4184991,63 *	124,81**	1,69 ^{ns}
Não genitores (NG)	1	35905,08 ^{ns}	92,96**	0,08 ^{ns}
G vs NG	1	236492,91 ^{ns}	0,40 ^{ns}	3,01 ^{ns}
F vs Te	1	564034,53 ^{ns}	0,52 ^{ns}	4,04 *
T x S	195	597590,00**	3,27 *	1,41**
F x S	191	603262,53**	3,24 ^{ns}	1,37**
Te x S	3	42446,04**	5,43**	2,40 *
F vs Te x S	1	27568,65 ^{ns}	2,52 ^{ns}	5,30**
Erro médio	780	238058,55	2,73	0,81
Média		3148,30	23,13	4,99
Parte Simples (%) ¹		5,40	39,06	20,00
Parte Complexa (%) ¹		94,60	60,93	80,00

** significativo pelo teste F ($P < 0,01$); ns: não significativo pelo teste F ($P > 0,05$).
¹decomposição da interação famílias x safras em partes simples e complexa (Cruz e Castoldi, 1991)

Na decomposição da interação tratamentos x safras foi observado que a interação famílias x safras não foi significativa para o caráter peso de 100 grãos, indicando que não houve alterações significativas na classificação das famílias, nas duas safras, para este caráter.

Na análise conjunta, o efeito de safras foi responsável por mais de 20% da variação total (somadas de quadrados), sendo mais acentuado para o caráter produtividade de grãos (58%), seguido pelo peso de 100 grãos e severidade de mancha-angular (47% e 29%, respectivamente). A interação tratamentos por safras capitalizou 10%, 6% e 15% para as características referidas, respectivamente.

Analisando as médias para o caráter peso de 100 grãos (Tabela 8), verificou-se que apenas 54 famílias apresentaram desempenho estatisticamente inferior ao genitor com maior massa de grãos (Ouro Negro), pelo teste de Dunnett a 5% de significância, evidenciando a superioridade das famílias avaliadas nas duas safras.

Tabela 8. Médias de peso de 100 grãos (P100) das famílias e testemunhas avaliadas na safra de inverno/2006 e Seca/2007 em Coimbra-MG

Famílias	P100 ¹	Famílias	P100 ¹	Famílias	P100 ¹	Famílias	P100 ¹
7	27,1 a	27	23,9 a	149	23,1 ab	68	22,1 b
104	26,8 a	130	23,9 a	138	23,1 ab	49	22,1 b
5	26,1 a	32	23,8 ab	9	23,1 ab	70	22,1 b
82	25,9 a	31	23,8 ab	40	23,1 ab	117	22,0 b
43	25,9 a	11	23,8 ab	151	23,1 ab	114	22,0 b
16	25,9 a	19	23,8 ab	163	23,1 ab	8	22,0 b
44	25,8 a	59	23,7 ab	191	23,1 ab	178	22,0 b
6	25,7 a	140	23,7 ab	51	23,0 ab	122	22,0 b
107	25,5 a	150	23,7 ab	47	23,0 ab	64	21,9 b
63	25,4 a	37	23,7 ab	119	23,0 ab	124	21,9 b
190	25,4 a	154	23,7 ab	77	23,0 ab	98	21,9 b
88	25,1 a	92	23,7 ab	158	23,0 ab	147	21,9 b
73	25,1 a	183	23,7 ab	120	23,0 ab	91	21,9 b
12	25,0 a	165	23,6 ab	116	23,0 ab	75	21,9 b
99	25,0 a	33	23,6 ab	93	23,0 ab	129	21,8 b
22	25,0 a	84	23,6 ab	106	23,0 ab	96	21,8 b
18	24,9 a	72	23,6 ab	41	23,0 ab	113	21,8 b
169	24,9 a	189	23,6 ab	62	22,9 ab	171	21,8 b
101	24,8 a	133	23,5 ab	86	22,9 ab	53	21,7 b
90	24,8 a	160	23,5 ab	167	22,9 ab	112	21,7 b
25	24,8 a	131	23,5 ab	87	22,9 ab	139	21,7 b
155	24,8 a	156	23,5 ab	125	22,9 ab	186	21,6 b
173	24,8 a	26	23,5 ab	146	22,8 ab	141	21,5 b
177	24,7 a	187	23,5 ab	182	22,8 ab	13	21,5 b
29	24,7 a	2	23,5 ab	172	22,8 ab	15	21,4 b
144	24,7 a	17	23,5 ab	34	22,7 ab	65	21,4 b
174	24,6 a	24	23,5 ab	97	22,7 ab	48	21,4 b
115	24,5 a	76	23,5 ab	102	22,7 ab	100	21,2 b
21	24,5 a	108	23,5 ab	162	22,7 ab	57	21,2 b
35	24,5 a	179	23,4 ab	79	22,7 ab	60	21,2 b
74	24,5 a	14	23,4 ab	69	22,7 ab	181	21,1 b
118	24,5 a	142	23,4 ab	168	22,7 ab	111	21,1 b
30	24,4 a	126	23,3 ab	164	22,6 ab	184	21,1 b
42	24,4 a	109	23,3 ab	28	22,6 ab	170	21,0 b
4	24,4 a	3	23,3 ab	128	22,6 ab	123	21,0 b
95	24,2 a	136	23,3 ab	71	22,5 ab	103	20,9 b
143	24,2 a	78	23,2 ab	83	22,5 ab	132	20,9 b
175	24,2 a	134	23,2 ab	110	22,5 ab	152	20,9 b
121	24,1 a	85	23,2 ab	166	22,5 ab	135	20,5 b

Continua...

Tabela 8 Continuação

Famílias	P100 ¹	Famílias	P100 ¹	Famílias	P100 ¹	Famílias	P100 ¹
1	24,1 a	148	23,2 ab	127	22,5 ab	185	20,3 b
159	24,1 a	188	23,2 ab	46	22,4 b	66	20,1 b
20	24,1 a	89	23,2 ab	50	22,4 b	55	20,1 b
176	24,1 a	61	23,2 ab	38	22,3 b	45	19,9 b
157	24,0 a	192	23,2 ab	180	22,2 b	56	19,9 b
23	24,0 a	10	23,2 ab	58	22,2 b	145	19,9 b
67	23,9 a	80	23,2 ab	81	22,2 b	Ouro Negro ²	26,4 a
105	23,9 a	36	23,1 ab	137	22,1 b	BRS Valente ²	19,9 b
39	23,9 a	94	23,1 ab	52	22,1 b		
54	23,9 a	153	23,1 ab	161	22,1 b		

¹ médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente da testemunha pelo teste Dunnett a 5% de significância; ² testemunhas.

3.2. Reação das famílias aos patógenos causadores da antracnose e ferrugem

Na Tabela 9 está apresentada a caracterização fenotípica de 192 famílias e testemunhas de feijão preto quanto à reação as raças 65 e 89 de *C. lindemuthianum* e à mistura de raças de *U. appendiculatus* utilizada neste trabalho.

Quanto à resposta à infecção da raça 65 de *C. lindemuthianum*, pode-se observar que 80 famílias apresentaram notas inferiores a 3,6, sendo desta forma classificadas como resistentes.

Com relação à resposta a infecção da raça 89 de *C. lindemuthianum*, somente foram inoculadas as famílias que apresentaram resistência à ferrugem ou à antracnose (raça 65). Dessa forma, as famílias inoculadas foram aquelas que, provavelmente, continham o gene oriundo da cultivar Ouro Negro de resistência à ferrugem ou tinham o gene ou genes de resistência da cultivar BRS Valente. Ambas as cultivares foram resistentes à raça 89. Apesar disto, foram encontradas nove famílias com notas superiores a 3,6, ou seja, suscetíveis à raça 89 de *C. lindemuthianum*.

Na avaliação de ferrugem por inoculação foram observadas 89 famílias resistentes à mistura de raças de *U. appendiculatus* utilizada neste trabalho, destacando-se 20 famílias com notas iguais à da testemunha Ouro Negro (famílias 9, 22, 50, 70, 89, 125, 134, 136, 143, 155, 176, 187, 66, 20, 111, 152, 150, 60, 69 e 74).

Tabela 9. Caracterização fenotípica de 192 famílias de feijão preto (*Phaseolus vulgaris*) quanto à reação às raças 65 e 89 de *C. lindemuthianum* (A65 e A89) e a uma mistura de raças de *U. appendiculatus* (FE)

Família	FE ¹	A65 ²	A89 ²	Família	FE ¹	A65 ²	A89 ²	Família	FE ¹	A65 ²	A89 ²
1	4,1	4,1	-	65	2,8	5,2	1,0	129	4,4	1,0	1,2
2	3,6	4,0	-	66	1,1	3,2	1,5	130	3,9	2,5	2,2
3	3,0	6,5	-	67	4,3	4,5	-	131	5,0	2,6	4,0
4	3,4	1,0	1,0	68	5,2	2,7	1,0	132	4,0	2,8	1,4
5	2,4	3,3	2,0	69	1,4	6,0	2,0	133	3,5	4,3	2,2
6	1,7	6,5	7,0	70	1,0	5,3	2,6	134	1,0	5,7	2,8
7	4,1	1,7	1,5	71	3,8	5,8	-	135	3,8	7,5	-
8	2,3	2,8	1,6	72	3,8	4,2	-	136	1,0	5,8	4,5
9	1,0	6,2	1,8	73	3,3	5,7	1,0	137	2,6	6,0	1,0
10	2,0	6,0	4,5	74	1,4	2,5	2,4	138	2,0	6,0	4,4
11	5,4	2,1	1,0	75	5,2	5,4	-	139	4,8	1,0	1,0
12	2,3	4,5	2,0	76	2,8	3,6	2,3	140	2,9	6,1	1,0
13	2,2	2,8	1,2	77	1,5	3,4	1,0	141	3,3	4,8	-
14	3,2	1,4	1,0	78	2,9	4,5	1,9	142	3,8	3,0	1,0
15	5,0	6,0	-	79	4,7	3,1	1,0	143	1,0	1,7	2,0
16	2,3	4,2	1,7	80	3,0	2,3	2,0	144	4,0	2,8	1,0
17	3,7	1,4	-	81	2,5	2,7	3,5	145	4,0	4,8	-
18	4,0	7,0	-	82	3,2	3,7	1,7	146	2,3	3,4	1,0
19	2,8	1,5	1,8	83	2,1	4,7	1,4	147	2,0	4,4	1,0
20	1,2	4,2	1,6	84	2,2	1,7	2,5	148	1,8	4,2	-
21	5,0	3,9	-	85	2,5	5,0	2,2	149	2,6	3,0	1,5
22	1,0	7,0	4,5	86	3,5	2,0	1,5	150	1,4	5,2	5,3
23	2,8	7,1	1,0	87	4,7	2,3	1,2	151	3,6	3,5	1,8
24	3,9	1,0	2,0	88	5,1	1,4	1,2	152	1,3	2,2	1,0
25	1,8	4,6	2,3	89	1,0	5,8	3,2	153	2,0	4,0	1,0
26	3,4	2,8	2,0	90	3,9	5,4	1,0	154	3,2	4,0	2,0
27	2,1	5,2	2,0	91	4,7	2,0	-	155	1,0	3,2	1,0
28	3,0	2,1	1,0	92	5,2	5,4	-	156	2,7	5,7	1,6
29	4,1	1,8	1,0	93	5,0	3,7	1,0	157	1,6	1,0	1,6
30	3,6	5,4	2,0	94	2,5	5,8	7,0	158	1,5	6,0	1,4
31	3,2	4,7	-	95	2,9	4,2	2,2	159	2,0	6,2	1,0
32	2,0	2,2	2,1	96	2,8	4,0	1,6	160	4,0	3,0	1,0
33	2,0	3,0	1,0	97	1,8	4,6	2,6	161	4,2	9,0	-
34	2,4	2,0	1,7	98	4,8	7,3	-	162	3,8	1,7	1,0
35	2,5	3,3	2,8	99	4,3	4,6	-	163	5,2	3,6	1,2
36	4,6	5,2	-	100	4,6	2,9	1,0	164	3,7	4,6	-
37	4,1	7,5	-	101	1,9	5,7	2,0	165	3,6	9,0	-

Continua...

Tabela 9 Continuação

Família	FE ¹	A65 ²	A89 ²	Família	FE ¹	A65 ²	A89 ²	Família	FE ¹	A65 ²	A89 ²
38	6,0	3,3	-	102	4,5	1,0	2,2	166	2,8	3,7	1,0
39	2,0	8,0	2,3	103	4,8	5,0	-	167	1,7	7,0	2,6
40	2,1	4,0	1,5	104	3,2	1,0	2,0	168	5,0	2,0	1,0
41	2,7	4,4	3,0	105	4,6	5,5	-	169	2,0	5,4	2,0
42	2,9	7,7	4,0	106	3,8	1,0	1,0	170	2,5	6,2	1,0
43	4,6	3,5	1,0	107	1,7	3,0	3,1	171	4,5	2,6	1,8
44	5,0	5,6	1,3	108	4,6	1,0	1,6	172	3,3	3,5	1,0
45	2,3	1,7	2,2	109	3,3	4,3	-	173	4,5	5,1	-
46	3,0	3,0	1,0	110	5,5	1,4	1,5	174	5,3	3,9	1,0
47	2,6	5,0	2,8	111	1,3	4,1	3,1	175	5,2	5,7	-
48	4,1	1,5	1,8	112	3,8	5,7	-	176	1,0	6,1	-
49	3,8	3,5	3,5	113	3,3	1,7	1,9	177	4,0	8,1	-
50	1,0	6,3	2,0	114	2,1	2,8	1,5	178	4,6	1,4	1,0
51	2,8	2,9	3,4	115	4,2	6,3	-	179	1,7	6,4	2,0
52	2,1	6,0	2,0	116	4,2	2,8	-	180	2,8	4,6	1,0
53	3,9	1,5	1,0	117	3,4	8,3	-	181	4,7	4,4	-
54	4,0	8,1	-	118	4,5	7,0	-	182	4,6	7,3	-
55	2,0	7,5	1,8	119	2,7	6,2	1,0	183	6,0	5,2	-
56	3,1	2,8	1,0	120	2,2	7,7	1,0	184	5,6	5,4	-
57	2,8	3,8	1,0	121	4,2	3,0	2,0	185	5,3	1,3	1,6
58	3,1	2,1	1,7	122	3,8	3,0	3,2	186	2,8	9,0	1,0
59	3,7	4,8	-	123	3,3	4,1	-	187	1,0	2,3	1,3
60	1,4	7,0	2,0	124	2,9	5,5	1,0	188	5,6	4,0	1,0
61	5,1	2,1	-	125	1,0	5,0	2,3	189	4,6	5,0	2,6
62	3,1	6,8	-	126	2,7	1,0	1,0	190	4,4	1,9	1,5
63	3,7	2,2	-	127	2,0	4,0	1,0	191	2,5	8,0	3,9
64	2,0	8,3	1,0	128	2,5	1,0	1,0	192	3,3	7,0	2,0

¹ grau de severidade variando de 1 a 6 (média de avaliação de 12 plantas). Genótipos com médias iguais ou superiores a 3,0 foram consideradas como suscetíveis.

² avaliação com base em uma escala de notas variando de 1 (resistente) a 9 (susceptível), de acordo com Inglis et al. (1988). Grau de severidade de doença (média de avaliação de 12 plantas). Genótipos com médias iguais ou superiores a 3,6 foram consideradas como suscetíveis

Também foi observado que 30 famílias classificadas como resistentes nas avaliações de campo, foram suscetíveis quando avaliadas sob inoculação artificial. Estes resultados sugerem que a mistura de raças utilizadas na inoculação podem não corresponder às raças ocorridas no campo.

3.3. Correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais

No Quadro 1 são apresentadas as estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica entre as características avaliadas em campo (inverno/2006 e seca/2007) e avaliadas por inoculação. Para as características avaliadas com repetição, também foram estimadas as correlações genotípicas e ambientais. Nota-se que, pelo teste estatístico adotado (teste t), valores de correlação acima de 0,15 em módulo foram considerados significativos a 5% de probabilidade. Este aumento da sensibilidade do teste t ocorre quando o número de pares de observações é elevado, sendo que, neste caso específico, cada correlação foi obtida de 192 observações. Assim, foi adotado como critério de explicação biológica correlações acima de 0,7, ou seja, cujo coeficiente de determinação (R^2) fosse superior a 0,49. Desta forma, pode-se visualizar que as correlações entre produtividade na primeira safra (PROD1) e ferrugem aos 50 e 70 dias (FE 50 e FE70) foram correlacionadas (valores iguais a - 0,72). Este resultado demonstrou que os indivíduos infectados mais severamente pela doença, apresentaram desempenho produtivo mais baixo. Esta correlação foi ainda maior quando se analisou os valores de correlação genotípica entre as características citadas acima (-0,81 e -0,82, respectivamente).

Quadro 1. Correlações entre as características produtividade de grãos (PROD1 e PROD2), peso de 100 grãos (P1001 e P1002), severidade de ferrugem aos 50 e 70 dias após plantio (FE 50 e FE 70), mancha-angular (MA) e acamamento (ACAM), obtidas na avaliação de famílias de feijão nas safras de inverno/2006 e seca/2007, em Coimbra-MG e reação a raça 65 de *C. lindemuthianum* (A65) e reação à mistura de raças de *U. appendiculatus* (FE)

	Inverno/ 2006					Seca/ 2007					Inoculação		
	PROD1	P1001	FE50	FE70	MA	Porte	ACAM	MA	P1002	PROD2	FE	A65	
Inverno de 2006	PROD1	1	0,41 ¹ 0,47 ² 0,16 ³	-0,72 -0,81 -0,08	-0,72 -0,82 -0,01	0,25 0,30 0,01	0,04	-0,02	0,04	0,14	0,11	-0,05	0,41
	P1001		1	-0,17 0,01	0,20 0,02	0,25 -0,09	0,21	0,18	0,06	0,58	0,24	0,10	0,00
	FE50			1	0,99 0,38	-0,16 -0,09	-0,02	0,04	-0,01	0,00	-0,06	0,05	-0,53
	FE70				1	-0,16 -0,18 -0,02	0,02	0,09	0,06	-0,02	-0,06	0,02	-0,49
	MA					1	0,26	0,16	0,17	0,14	0,00	-0,03	0,15
Seca de 2007	Porte					1	0,78 0,99 0,53	0,13 0,19 0,17	0,21 0,27 0,07	0,26 0,43 0,04	-0,06	0,02	
	ACAM						1	0,21 0,06	0,22 -0,03	0,34 -0,02	-0,04	-0,04	
	MA							1	0,31 0,14	0,02 0,14	-0,05	0,16	
	P1002								1	0,49 0,73	0,08	0,06	
	PROD2									1	-0,01	0,08	
Inoculação	FE										1	-0,22	
	A65											1	

¹Correlação fenotípica; valores em módulo superiores a 0,14 e 0,19 foram significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t; ²Correlação genotípica; ³Correlação ambiental.

O peso de 100 grãos apresentou correlação genotípica de magnitude intermediária com o caráter produtividade ($r_g=0,47$ e $0,49$ nos ensaios de inverno e da seca, respectivamente). Este resultado pode ser indicativo de que outros fatores estejam influenciando (ou “covariando”), de forma

positiva, o incremento da produtividade de grãos, tais como o número de vagens por planta e número de grãos por vagem.

Os valores de correlação ambiental de uma forma geral apresentaram baixa magnitude, com exceção de peso de 100 grãos e produtividade na segunda safra ($r_a=0,73$). Esta correlação positiva de elevada magnitude significa que as condições ambientais favoráveis à produção também o foram para o incremento do peso de grãos.

Neste trabalho não foi verificada associação linear entre severidade de mancha-angular e produtividade de grãos para as duas safras, sendo as correlações genotípicas entre estas características iguais a -0,16 e 0,14 para as safras da seca e do inverno, respectivamente. A falta de associação linear entre as avaliações realizadas para mancha-angular nas duas safras ($r_f=0,17$) é um indicio de que as reações de compatibilidade entre planta e patógeno foram diferentes devido à ocorrência de raças distintas de uma safra para outra.

Os componentes da arquitetura (porte e acamamento) apresentaram correlação genotípica próxima à unidade ($r_g=0,99$), ou seja, plantas com nós e guias mais curtos foram aquelas que sofreram menor tombamento. Além disso, verificou-se que não houve correlação acima de 0,7 de nenhum componente da arquitetura com peso de 100 grãos. Também não foi encontrada correlação acima de 0,7 de nenhum componente da arquitetura com produtividade de grãos, sendo indicativo de que existem plantas produtivas e eretas dentro das 192 famílias avaliadas neste trabalho.

A correlação fenotípica quase nula ($r_f=0,11$) entre as produções das duas safras é um indicativo de interação tratamentos (famílias e testemunhas) por safras.

3.4. Famílias com potencial para extração de linhagens

Na Tabela 10 são apresentadas as médias das 20 famílias selecionadas considerando os vários caracteres avaliados.

Tabela 10. Médias das 20 famílias promissoras e quatro testemunhas de produtividade de grãos, peso de 100 grãos (P100), severidade de mancha-angular, arquitetura (Porte e ACAM), severidade de ferrugem em campo -Nota máxima no campo (Max geral), e em casa de vegetação (inoculação), à diferentes raças de *C. lindemuthianum*, e ao vírus do mosaico-comum do feijoeiro (BCMV), e critério de discriminação para a seleção das famílias

Famílias	Médias			Arquitetura ²		Ferrugem ³		Antracnose ^{1, 4}					Vírus ⁵	Critérios ⁶
	Produtividade	P100	Mancha Angular ¹	Porte	ACAM	Máx geral	Inoculação	65	89	73	81	453	BCMV	
16	3664	25,9	4,6	4,7	4,9	1,0	2,3	4,2	1,7	1,0	1,0	3,4	12R/2S	2+4
19	3035	23,8	5,9	4,6	4,9	4,7	3,0	1,5	1,8	1,4	1,0	4,7	7R/11S	1+2+3+4
27	3636	23,9	6,2	4,9	4,7	2,7	2,1	4,8	2,0	1,0	1,0	1,5	4R/4S	2+4
32	3153	23,8	4,8	4,6	4,7	4,0	2,3	2,2	2,1	1,7	1,7	1,7	7R/1S	1+2+3+4
39	3678	23,9	4,7	4,7	4,7	1,0	2,0	8,0	2,3	2,5	1,0	1,0	4R/4S	2+4
46	3309	22,4	4,7	4,0	4,6	3,0	3,0	3,0	1,0	2,2	2,2	3,0	7R/3S	1+2
52	3323	22,1	4,8	5,0	4,4	2,3	2,1	6,0	2,0	1,0	1,0	1,7	3R/5S	2
57	3252	21,2	4,7	5,1	4,5	1,0	2,8	3,8	1,0	1,7	1,7	3,7	4R/4S	1+2
74	2684	24,5	5,8	4,7	4,3	5,3	1,4	2,5	2,4	1,0	1,0	6,7	7R/1S	1+2+3+4
80	3405	23,2	4,9	4,7	4,3	3,7	3,0	2,3	2,0	1,0	1,0	1,6	4R/4S	1+2+3+4
107	3347	25,5	4,9	4,0	2,9	2,3	1,7	3,0	3,1	2,7	7,1	3,9	6R/4S	1+2+3+4
114	3411	22,0	4,8	4,2	4,3	2,3	2,1	2,8	1,5	1,4	1,0	1,0	3R/5S	1+2
120	3537	23,0	4,4	5,4	4,7	1,0	2,2	7,7	1,0	1,3	1,3	1,0	7R/5S	2
126	3037	23,3	4,5	4,7	4,1	4,0	2,5	1,0	1,0	1,5	1,5	3,6	7R/1S	1+2+3+4
134	3760	23,2	5,8	5,1	4,9	1,0	1,0	5,7	2,8	1,0	1,0	1,0	4R/5S	2+4
140	3700	23,7	4,4	3,5	4,0	1,0	2,9	6,1	1,0	1,0	1,0	1,0	4R/5S	2+4
143	3420	24,2	4,8	4,1	4,7	1,3	1,0	1,7	2,0	1,0	1,0	1,0	7R/1S	1+2+3+4
157	3476	24,0	5,9	5,8	4,8	1,0	1,6	1,0	1,6	1,0	1,0	5,2	6R/6S	1+2+3+4
179	3476	23,4	5,0	4,7	4,7	1,0	1,7	6,4	2,0	1,0	1,0	1,0	5R/3S	2+4
187	3588	23,5	5,4	5,2	4,8	1,0	1,0	2,3	1,3	2,0	1,0	1,8	7R/1S	1+2+3+4

Tabela 10 Continuação

Famílias	Médias			Arquitetura ²		Ferrugem ³		Antracnose ^{1,4}					Vírus ⁵	Critérios ⁶
	Produtividade	P100	Mancha Angular ¹	Porte	ACAM	Máx geral	Inoculação	65	89	73	81	453	BCMV	
Ouro Negro ⁷	3603	26,4	5,4	8,5	8,3	1,0	2,5	8,6	1,3	1,0	1,7	1,0	8S	
Pérola ⁷	-	-	-	-	-	-	4,6	8,7	6,7	9,0	8,2	7,0	-	
Pinto 111 ⁷	-	-	-	-	-	-	4,9	-	-	-	-	-	-	
BRS Valente ⁷	2504	19,9	4,7	3,0	2,6	5,0	3,9	2,0	1,7	1,0	1,0	6,0	4R/4S	

¹ avaliação com base em uma escala de notas variando de 1 (resistente) a 9 (suscetível), de acordo com Inglis et al. (1988)

² notas variando de 1 a 9, sendo a nota 1 atribuída as plantas de porte mais ereto ou menos acamadas (padrão Supremo) e a nota 9 as plantas de porte mais ramificado ou prostrado (padrão Ouro negro).

³ grau de severidade variando de 1 a 6 (média de avaliação de 12 plantas). Genótipos com médias iguais ou superiores a 3,0 foram consideradas como suscetíveis.

⁴ grau de severidade de doença (média de avaliação de 12 plantas). Genótipos com médias iguais ou superiores a 3,6 foram consideradas como suscetíveis

⁵ relação de indivíduos resistentes (R) e suscetíveis (S) nas famílias avaliadas.

⁶ Critério 1: resistentes à ferrugem por inoculação e à raça 65 de *C. lindemuthianum*; Critério 2: resistentes à ferrugem por inoculação e boa arquitetura (notas de 1 a 5); Critério 3: resistentes à raça 65 de *C. lindemuthianum* e P100 superior a 23g; Critério 4: boa arquitetura e P100 superior a 23g.

⁷ testemunhas

Foram selecionadas as 20 famílias que continham pelo menos uma característica favorável oriunda do genitor BRS Valente (porte e acamamento com notas inferiores a 5 e resistência à raça 65 de *C. lindemuthianum*) e, pelo menos, uma característica favorável oriunda do genitor Ouro Negro (resistência à ferrugem e peso de 100 grãos superior a 23 g). Todas apresentaram desempenho estatisticamente igual ao genitor mais produtivo (teste de Dunnett a 5% de probabilidade, realizado nas médias das duas safras).

Todas as 20 famílias selecionadas apresentaram boa arquitetura com notas inferiores a 5,0 para acamamento, apesar de seis terem notas iguais ou superiores a 5,0 para porte (famílias 52, 57, 120, 134, 157, 187). Considerando que as notas foram atribuídas ao aspecto geral das parcelas, é possível que existam plantas com arquitetura (porte e acamamento) melhores que a média da família. Quanto ao peso de 100 grãos, apenas as famílias 46, 42, 57 e 104 apresentaram pesos inferiores a 23g/100grãos. Treze famílias apresentaram resistência intermediária à mancha-angular, apresentando notas superiores a 3,6 e inferiores a 5,0. Apesar de todas as 20 famílias serem resistentes à ferrugem por inoculação, as famílias 19, 32, 74, 80 e 126 apresentaram-se suscetíveis, quando avaliadas em campo.

Quanto ao BCMV, nenhuma família apresentou-se como resistente homocigota. Isto pode ser explicado pelo fato da cultivar resistente (BRS Valente) ter se comportado como heterocigota para esta característica (Tabela 10).

Nove famílias (19, 32, 74, 80, 107, 126, 143, 157 e 187) foram consideradas superiores considerando acamamento, peso de 100 grãos acima de 23 g, resistência a ferrugem por inoculação e a raça 65 de *C. lindemuthianum* simultaneamente (critérios 1+2+3+4). Destas nove famílias, cinco apresentaram resistência a todas as raças de *C. lindemuthianum*. As famílias 107, 143 e 157 destacaram-se entre as demais, pois também foram resistentes à ferrugem em campo e destas, a família 107 foi a que apresentou melhor arquitetura (notas 4 e 2,9 para porte e acamamento, respectivamente).

3.5. Caracterização molecular dos genitores e das famílias selecionadas

Com o intuito de avaliar a possibilidade de utilizar a seleção indireta por meio de marcadores moleculares para os genes de resistência aos patógenos de antracnose, mancha-angular, ferrugem e mosaico-comum, o DNA dos genitores foram amplificados com marcadores associados aos genes *Ur-ON* (ferrugem), *Co-10* (antracnose), *Phg-On* (mancha-angular) e *bc-3*, *bc1* e *i* (mosaico-comum). Os resultados dos produtos de amplificação estão apresentados na Tabela 11. Para seleção indireta dos referidos genes, foi possível utilizar somente o marcador OPX11 (associado aos genes *Ur-ON* e *Co-10*), pois os demais marcadores avaliados não foram polimórficos entre os genitores Ouro Negro e BRS Valente.

Tabela 11. Resumo dos resultados obtidos com a amplificação do DNA dos genitores Ouro Negro e BRS Valente usando marcadores moleculares RAPD (OP) e SCAR

Marcador	Distância # (cM)	Gene de Resistência	GENITORES	
			Ouro Negro	BRS Valente
SCAR BA08 _{560a}	6,0	<i>Co-10</i> e <i>Ur-ON</i>	+	+
OPX11 _{550a}	5,8 a 8,9	<i>Co-10</i> e <i>Ur-ON</i>	+	-
SCAR AA19 _{650a}	10,0	<i>Phg-ON</i>	+	+
SCAR BA16 _{669a}	9,7	<i>Phg-ON</i>	+	+
SCAR SW13 _{690a}	1 a 5	<i>i</i>	-	-
SCAR ROC11 _{420a}	0 a 7,5	<i>bc-3</i>	-	-
SCAR SBD5 _{1250a}	0	<i>bc-1</i>	-	-

*a: acoplamento; #cM: distância genética (centi Morgan) dos marcadores moleculares em relação aos genes de resistência.

Na Figura 2 observa-se os produtos de amplificação de algumas plantas da população Ouro Negro x BRS Valente com o marcador OPX11_{550a}. Assim dez plantas de cada uma das 20 famílias selecionadas (Tabela 10) foram genotipadas utilizando o marcador OPX11_{550a}. Das 200 plantas genotipadas, 110 apresentaram a marca, portanto com possibilidade

de conter os genes *Ur-ON* e *Co-10* (Tabela 12). Observa-se que das 20 famílias caracterizadas, seis apresentaram marca em todas as plantas, uma família não apresentou nenhuma planta com marca e 13 famílias apresentaram-se como segregantes para o marcador (Tabela 12).

É importante ressaltar que todas as plantas caracterizadas quanto ao marcador molecular RAPD OPX11_{550a} foram extraídas de famílias que apresentaram resistência à ferrugem sob inoculação (Tabela 10).

No entanto, das famílias 74, 107, 134, 143, 157 e 187 consideradas resistentes e homozigotas com base na inoculação (Tabela 12), apenas a família 143 apresentou concordância com os resultados da caracterização molecular, ou seja, as dez plantas genotipadas apresentaram a marca. Outro fato interessante é que nenhuma das dez plantas da família 74 apresentou marca, sendo esta homozigota resistente, conforme resultados de inoculação (Tabela 12).

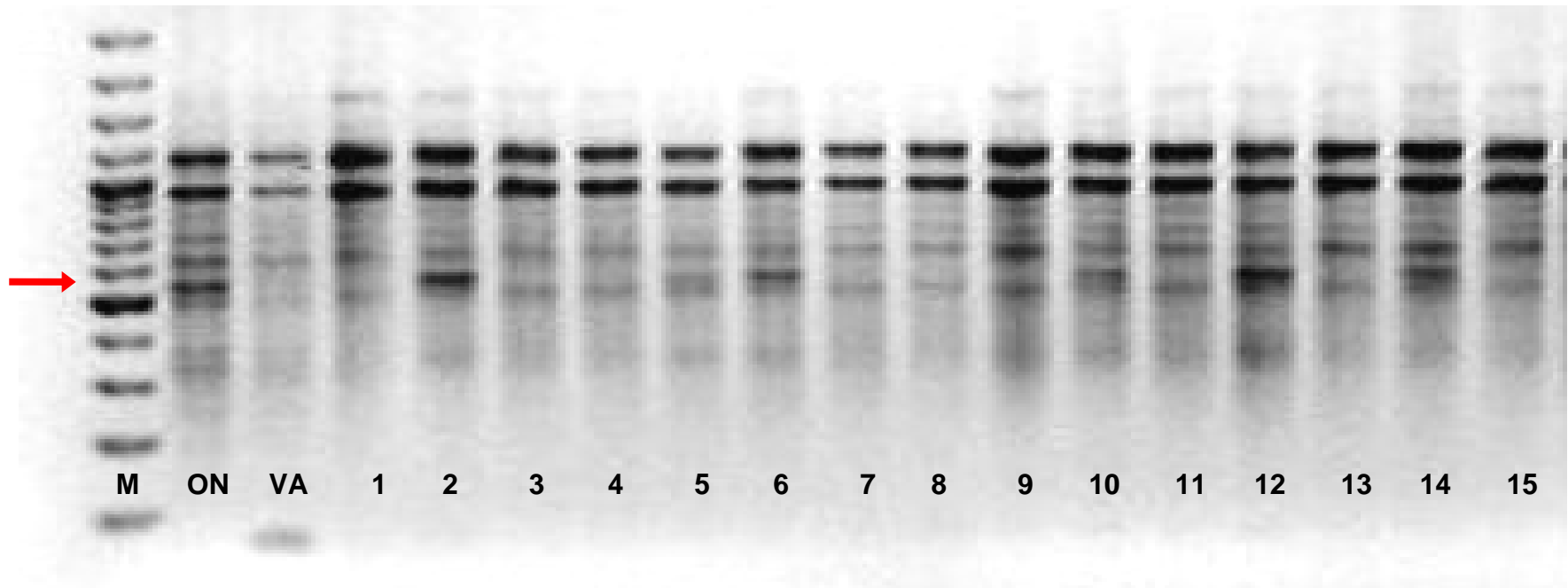


Figura 2. Análise eletroforética dos produtos amplificados com o *primer* RAPD OPX11_{550a} separados em gel de agarose 1,2%. A coluna M contém DNA de marcadores de peso molecular de 100 bp DNA *ladder* (M). Os genitores Ouro Negro e BRS Valente estão representados pelas colunas ON e VA, respectivamente. Colunas 1 a 15 correspondem a diferentes plantas F_{2:6} das 20 famílias elites selecionadas. As setas indicam as bandas polimórficas ligadas ao alelos *Ur-ON* e *Co-10*.

Tabela 12. Caracterização das 20 famílias promissoras para o marcador molecular RAPD OPX11_{550a} ligado ao gene *Ur-ON* e *Co-10*

Famílias	Plantas										Resumo		Inoculação*		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	+	-	R	S	Nota média
16	-	+	-	+	+	-	-	+	-	+	5	5	7	5	2,30
19	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	2	8	6	4	3,00
27	-	+	-	-	+	+	-	-	+	+	5	5	9	3	2,10
32	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	9	8	4	2,30
39	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	10	0	10	2	2,00
46	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	1	9	6	6	3,00
52	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	10	0	10	2	2,10
57	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	1	9	8	4	2,80
74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	10	12	0	1,40
80	-	-	-	+	-	-	+	+	+	-	4	6	7	5	3,00
107	+	-	-	+	+	+	+	-	+	+	7	3	12	0	1,70
114	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	7	3	10	2	2,10
120	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	10	0	9	3	2,20
126	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	1	9	6	6	2,50
134	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	9	1	12	0	1,00
140	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	10	0	7	5	2,90
143	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	10	0	12	0	1,00
157	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	2	8	12	0	1,60
179	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	10	0	11	1	1,70
187	+	+	+	-	-	-	-	+	-	+	5	5	12	0	1,00
Ouro Negro	+	+	+	+							4	0			
BRS Valente	-	-	-	-	-	-					0	6			

^{1/} + e - plantas com presença e ausência de marca, respectivamente. * Os indivíduos utilizados para caracterização quanto à reação à mistura de raças (21.3, 53.3 e 29.15) de *U. appendiculatus* não foram os mesmos utilizados na caracterização molecular.

4. DISCUSSÃO

As diferentes safras promoveram boa divergência em termos de condições ambientais, visto que a produtividade média da safra da seca superou a do inverno em mais de 1500kg/ha. As condições ambientais mais favoráveis da estação da seca em relação à de inverno também foi verificada quanto à incidência de patógenos, uma vez que só foi detectado a incidência de ferrugem na estação de inverno e a incidência de mancha-angular nesta safra foi mais severa do que na estação da seca. No entanto, os dois ambientes utilizados não são suficientes para generalização do comportamento das famílias avaliadas, uma vez que doenças importantes como antracnose, mofo-branco e murcha de fusarium não foram detectadas a ponto de influenciar no desempenho destas famílias em campo. Desta forma, trabalhos futuros devem ser realizados nesta população, seja por inoculação artificial ou avaliações em outros locais/safras.

Quanto à precisão experimental obtida na cultura do feijoeiro, uma série de fatores pode afetar a precisão dos experimentos. Esses fatores estão presentes durante a implantação e condução dos experimentos, como também na pós-colheita (SOUZA et al., 2000). Estes autores mencionam que os coeficientes de variação baixos, ou de alta precisão, são almejados pelos melhoristas, visto que proporcionam a obtenção de estimativas mais acuradas de parâmetros genéticos, as quais são fundamentais nas tomadas de decisão no programa de melhoramento.

A variabilidade detectada nas famílias oriundas do cruzamento Ouro Negro x BRS Valente, associada com médias superiores ao melhor genitor

(Tabela 6) evidenciaram o potencial da população. Quanto aos genitores, deve-se destacar a detecção de diferenças significativas entre os mesmos para a maioria das características avaliadas em campo, ressaltando a complementaridade de características favoráveis entre os mesmos. Apesar de não haver diferença significativa entre as cultivares BRS Valente e Ouro Negro em relação à mancha-angular, houve diferença significativa para o efeito de famílias para esta característica. Isso significa que o gene ou genes que conferem resistência à mancha-angular presentes no genitor Ouro Negro não são os mesmos presentes na cultivar BRS Valente (Tabela 5).

Neste trabalho, o coeficiente de determinação genotípico (H^2) poderia ser comparado com o coeficiente de herdabilidade, pois, apesar do objetivo estar focado no desempenho das famílias em particular, todas elas foram oriundas de um único cruzamento e o seu número é suficiente para representar uma população (Tabela 6). Se a herdabilidade ou o coeficiente de determinação genotípico de um caráter for elevado, implica maior sucesso nos procedimentos de seleção. Por outro lado, se a herdabilidade for baixa, o grau de correspondência entre o valor fenótipo e o valor genético também o é. Assim, maior atenção deve ser dedicada a estratégias de controle ambiental na busca da solução do problema. Desta forma, se o objetivo fosse a seleção de famílias superiores em cada ciclo de autofecundação, maiores sucessos seriam esperados na safra de inverno do que na safra da seca, pois os valores de H^2 do primeiro ensaio (inverno) foram maiores do que o segundo (seca).

Carneiro (2002) cita vários trabalhos, cujas estimativas de herdabilidades para produtividade de grãos em feijão são bastante amplas. Segundo este autor, vários fatores influenciam esta ampla variação, uma vez que a herdabilidade é influenciada pelas condições ambientais onde foram realizados os estudos, pela diversidade da população e pela precisão experimental, entre outros. As estimativas de herdabilidade evidenciam que há possibilidade de sucesso com a seleção para todas as características avaliadas. Menor sucesso com a seleção seria esperado para a característica mancha-angular (safra da seca/2007), cuja estimativa de H^2 foi inferior a 28%.

Apesar de a cultivar BRS Valente ter sido lançada com reação intermediária à ferrugem (ALBRECHT e CARVALHO, 2004), foi verificado neste trabalho suscetibilidade a essa doença tanto nas avaliações de campo quanto com inoculação (Tabela 9). Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira (2004) para a mesma cultivar em um ensaio de VCU realizado no mesmo local. Considerando todos os tratamentos avaliados na safra de inverno/ 2006, a estimativa de correlação genotípica (r_g) entre severidade de ferrugem e produtividade de grãos foi relativamente alta e negativa (-0,81), indicando que a ocorrência desse patógeno teve reflexo na produtividade de grãos (Quadro 1). Isto pode ser exemplificado pelas famílias 11, 17, 24, 38, 48, 53, 74, 91, 110, 129, 139, 172, 174, 185, 188, entre outras, que apresentaram valores elevados de severidade de ferrugem e produtividade abaixo da média (Tabela 7). Este dado é um indicativo de que esta doença é um fator de grande relevância para a interação genótipos x ambientes na safra de inverno.

Verificou-se que 30 famílias classificadas como resistentes à ferrugem nas avaliações de campo, foram suscetíveis quando avaliadas em casa de vegetação (Tabela 9). Também foi verificado que 18 famílias resistentes em condições de casa de vegetação foram classificadas como suscetíveis em condições de campo. Estes resultados sugerem que a mistura de raças utilizadas na inoculação podem não corresponder àquelas ocorridas no campo.

A dificuldade em recuperar famílias com boa arquitetura próxima à da cultivar BRS Valente, ou seja, com notas inferiores a 4, para porte e acamamento, sugere que este caráter não é de natureza simples. Tem sido relatado na literatura que a arquitetura do feijoeiro depende da expressão de alguns caracteres morfológicos (TEIXEIRA et al., 1999; KELLY, 2003). Dessa forma, vários genes estariam relacionados com a expressão deste caráter (NIENHUIS e SINGH, 1986; SANTOS e VENCOVSKY 1986; LEAKEY, 1988; KORNEGAY et al., 1992; TEIXEIRA et al., 1999).

Neste trabalho não houve correlação com valor acima de 0,7 para nenhum componente da arquitetura (acamamento e porte) com peso de 100 grãos. Estes dados corroboram com alguns trabalhos que afirmam não haver restrição em se obter plantas eretas com qualquer tamanho de grãos,

pois os genes envolvidos no controle genético do porte da planta não estão ligados aos genes envolvidos no controle genético do tamanho dos grãos ou não são pleiotrópicos (KORNEGAY et al., 1992; BROTHERS e KELLY, 1993; COLLICHIO et al., 1997). Apesar dos baixos valores, os caracteres associados à arquitetura e peso de 100 grãos apresentaram correlações positivas com a produtividade de grãos, mostrando a possibilidade de se obter nesta população indivíduos produtivos, com peso de 100 grãos acima de 23g e com boa arquitetura.

A interação significativa de famílias por safras foi bastante pronunciada, demonstrando a importância de se atentar para as medidas mitigadoras da interação genótipos por ambientes nos programas de melhoramento. A predominância da parte complexa da interação já era esperada, pois este cálculo é dependente das correlações e estas foram baixas ($r=0,11$ e $0,22$ para produtividade e mancha-angular, respectivamente).

A baixa correlação verificada para as famílias em relação à reação à *P. griseola* pode ser um indicativo de que raças diferentes ocorreram nas duas safras.

Com intuito de investigar quais seriam as causas da interação famílias por safras, observada para o caráter produtividade de grãos, optou-se por realizar correlações parciais entre produtividade nas duas safras avaliadas, e também para peso de 100 grãos nas duas safras removendo o efeito de ferrugem (inoculação e/ou campo) em ambos os casos. As estimativas das correlações parciais entre produção (seca e inverno), removendo o efeito de ferrugem, não apresentou diferenças de magnitude superior a 0,1 em relação às correlações simples, indicando que outros fatores (ambientais e/ou genéticos) podem estar envolvidos na baixa associação entre as produtividades das duas safras avaliadas.

Ramalho et al. (2002a) demonstraram que a interação genótipos x safras na cultura do feijoeiro é a mais importante quando comparada com interações de genótipos com anos ou locais. Este fato também tem sido constatado por outros autores (CARBONELL e POMPEU, 2000; CARNEIRO, 2002; RAMALHO et al., 2002b; OLIVEIRA, 2003; OLIVEIRA, 2004). Uma hipótese é que isto se deve principalmente à ocorrência de

determinadas doenças em cada safra, decorrentes, de suas peculiares condições edafo-climáticas (CARNEIRO, 2002; RAMALHO et al., 1993; RAMALHO et al., 2002b; CARBONELL et al., 2001).

Das marcas moleculares utilizadas na genotipagem dos genitores, apenas OPX11_{550a} foi polimórfica em relação aos mesmos, desta forma somente esta marca foi utilizada para caracterização molecular das famílias selecionadas no presente estudo (Tabela 11). Alguns trabalhos têm evidenciado ocorrência de falsos positivos relacionados aos marcadores SCAR F10₁₀₅₀ (*Ur-ON*), SCAR BA08₅₆₀ (*Ur-ON*), SCAR BA16 (*Phg-ON*) e SCAR AA19₆₅₀ (*Phg-ON*), sendo estes dois últimos presentes em outras fontes de resistência com genes *Phg* (MIKLAS et al., 2002; SOUZA, 2005; SANGLARD, 2006).

O programa de melhoramento do BIOAGRO/UFV já vem utilizando o marcador OPX11_{550a} para seleção indireta do gene *Ur-ON* durante a sua introgressão conjunta com genes de resistência à antracnose e à mancha-angular em linhagens de feijoeiro do tipo carioca e preto (RAGAGNIN, 2004; COSTA et al., 2004; MELO, 2004; ARRUDA, 2005). Esse marcador foi identificado por Faleiro et al. (2000a) como ligado em fase de acoplamento a 5,8 cM do gene *Ur-ON*, em uma população F₂ derivada do cruzamento US Pinto 111 x Ouro Negro. Posteriormente, foi avaliado em uma população de RILs derivada de Rudá x Ouro Negro, mostrando, neste caso, estar ligado a 8,9 cM de distância do loco *Ur-ON* (FALEIRO et al., 2003).

Em trabalho mais recente, realizado por Melo et al. (2005), foi encontrado uma distância de 11,6 cM do marcador OPX11_{550a} e o bloco gênico *Ur-ON* e *Co10* em uma população F_{3:7} oriunda do cruzamento da cultivar Pérola com a cultivar Ouro Negro. É importante ressaltar que em todos os trabalhos, até o momento, onde as populações derivadas de Ouro Negro com alguma linhagem suscetível a ferrugem e polimórfica em relação ao marcador OPX11_{550a}, apresentaram alta confiabilidade de resultados, ou seja, a maioria das linhagens oriundas destas populações que apresentaram a marca molecular associada ao gene foi confirmada como sendo resistente a ferrugem (SOUZA, 2005; MELO et al., 2005; MELO et al., 2006; SANGLARD, 2006).

Deve-se notar que das famílias consideradas resistentes e homozigotas com base na inoculação, apenas uma (família 143) apresentou concordância com a caracterização molecular, ou seja, apenas esta apresentou todas as dez plantas com presença da marca. O fato do marcador não estar completamente ligado ao gene de resistência, com as sucessivas auto-fecundações ocorridas ao longo do avanço das gerações é possível a ocorrência de recombinação, quebrando assim a ligação entre a marca e o gene.

Comparando os resultados de ligação gênica, Faleiro et al. (2003) encontraram menores distâncias de ligação entre marcadores moleculares SCAR F10₁₀₅₀, SCAR BA08₅₆₀ e OPX11_{550a} e o gene de resistência a ferrugem no cruzamento entre Pinto 111 e Ouro Negro do que no cruzamento entre Rudá e Ouro Negro, realizado por Corrêa (1999). Como a distância genética é calculada com base na frequência de recombinação, a maior similaridade entre Ouro Negro e Rudá pode ter favorecido um maior número de recombinações, aumentando assim as distâncias genéticas obtidas no trabalho. A mudança de posição pode ser explicada com base na ação de diferentes genes “menores” de resistência presentes nas cultivares Rudá e US Pinto 111, os quais levaram a diferentes avaliações fenotípicas da resistência nas diferentes populações (FALEIRO et al., 2003). Desta forma é de se esperar que maior distância entre a marca molecular possa ocorrer entre cultivares de feijões pertencentes a um mesmo grupo, como é o caso das cultivares BRS Valente e Ouro Negro.

As famílias 19, 32, 74, 80 e 126 consideradas resistentes quando inoculadas em casa de vegetação, não o foram em condições de campo (Tabela 9). Pode-se observar que a maioria das plantas das famílias relatadas acima apresentou predominância de ausência de marcas, o que leva a inferência de que há predominância de indivíduos suscetíveis dentro das famílias em questão.

Deve-se destacar que para se ter certeza da relação marcador/gene seria necessário a realização de inoculações de ferrugem nas progênies de cada planta caracterizada para a marca OPX11_{550a}, pois os dados apresentados referem-se às famílias às quais elas pertencem. No entanto, com base na literatura, espera-se que a maioria das plantas com as marcas

também possuem o bloco gênico contendo os genes *Ur-ON* e *Co-10*, pois esta marca já foi validada em três populações diferentes até o momento (FALEIRO et al., 2000a; FALEIRO et al., 2003; MELO et al., 2005), além de ter sido utilizada para monitoramento dos genes citados acima em populações derivadas da cultivar Pérola (SOUZA, 2005, SANGULARD, 2006, MELO et al., 2006).

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Neste trabalho foram realizadas avaliações de 192 famílias segregantes, oriundas da hibridação entre as cultivares Ouro Negro e BRS Valente, visando ao desenvolvimento de linhagens de feijão preto resistentes à antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*), ferrugem (*Uromyces appendiculatus*) e que possuísem características agronômicas desejáveis, como alta produtividade de grãos, arquitetura ereta e peso de 100 grãos acima de 23g. Estas famílias foram avançadas e avaliadas em campo nas gerações F_{2:4} e F_{2:5}, nas safras da inverno/2006 e seca/2007, utilizando o delineamento em látice triplo.

Foi detectado variabilidade genética para todas as características avaliadas em campo. Além disso, muitas famílias apresentaram desempenho igual ou superior à melhor testemunha para todas as características avaliadas evidenciando a segregação transgressiva e corroborando com a expectativa de que indivíduos superiores aos pais podem ser encontrados nesta população.

A interação famílias x safras foi significativa e de natureza predominantemente complexa. A incidência de ferrugem na safra de inverno influenciou diretamente no desempenho das famílias diminuindo a produtividade de grãos daquelas mais suscetíveis ao patógeno, no entanto, outros fatores (ambientais e/ou genéticos) foram relevantes na determinação

da interação genótipos por ambientes em relação à produtividade de grãos das famílias.

Poucas famílias apresentaram porte ereto semelhante a cultivar BRS Valente. No entanto, espera-se que existam dentro das famílias promissoras plantas de boa arquitetura, já que as famílias apresentam variabilidade dentro. Entretanto, a maioria das famílias apresentou porte mais ereto do que o genitor Ouro Negro.

Das 20 famílias mais promissoras, 19 apresentaram pelo menos uma planta com presença da marca molecular OPX11_{550a} associada ao gene *Ur-ON* e *Co-10* presentes na cultivar Ouro Negro, totalizando 110 plantas com marca das 200 avaliadas. Cinco famílias (32, 80, 126, 143 e 187) reuniram fenótipos favoráveis das cultivares Ouro negro e BRS Valente, sendo, portanto promissoras para extração de linhagens superiores. Destas, ainda podem ser destacadas as famílias 107, 143 e 187 por serem resistentes a ferrugem em condições de campo. Dentre as famílias promissoras, a família 143 é a que merece maior atenção devido ao seu bom desempenho para todos os caracteres, além de ser a única a apresentar a marca em todas as plantas avaliadas.

CAPÍTULO 2

ALTERNATIVAS PARA IDENTIFICAÇÃO DE FAMÍLIAS SUPERIORES NO MELHORAMENTO DO FEIJOEIRO

1. INTRODUÇÃO

O melhoramento visa à obtenção de materiais geneticamente superiores em relação a caracteres agronômicos, que, em geral, são quantitativos e complexos, o que torna a seleção mais difícil quando comparada a caracteres qualitativos. Sua complexidade ocorre em razão do grande número de genes envolvidos, das relações existentes com outras características e da influência que o ambiente exerce sobre a expressão destes genes. Esta complexidade acentua-se na medida em que a obtenção de materiais genéticos superiores envolve a avaliação de vários caracteres de natureza diversa, como agronômica, morfológica, fisiológica e molecular, simultaneamente (CASTOLDI, 1997).

A seleção baseada em um ou poucos caracteres tem-se mostrado inadequada, por conduzir a um produto final superior com relação aos caracteres selecionados, mas com desempenho não tão favorável em relação aos vários outros caracteres. Isto pode comprometer a aceitação do produto pelo agricultor, industrial ou por qualquer outro consumidor. Assim, é importante avaliar e interpretar o máximo de caracteres de importância econômica, simultaneamente. No entanto, quanto maior o número de

caracteres avaliados, maior será a dificuldade em se encontrar um genótipo ideal.

Os índices de seleção foram criados para facilitar o melhorista neste processo e consistem em estabelecer um novo caráter (supercaráter), estabelecido pela combinação ótima dos vários caracteres envolvidos, cujos coeficientes de ponderação são estimados de modo a maximizar a correlação entre o índice e o agregado genotípico (CRUZ e REGAZZI, 1994).

A maioria dos índices de seleção foi proposta para serem utilizados em programas de seleção recorrente. Como o material selecionado será recombinado, genótipos com dados de caracteres em níveis inferiores aos aceitáveis comercialmente podem ser escolhidos, desde que concentrem um número razoável de alelos favoráveis em relação às várias características. Entretanto, quando o objetivo do melhorista não está na recombinação dos indivíduos promissores, como em muitos programas de melhoramento de plantas autógamas, os índices idealizados para o emprego em programas de seleção recorrente não são os mais adequados. Neste caso, deseja-se simplesmente identificar os melhores genótipos para o conjunto de características, e não promover o aumento do valor genotípico de uma população. Este é o caso do melhoramento genético do feijoeiro em que se busca linhagens que reúnam o maior número de fenótipos favoráveis.

Alguns autores apresentaram índices não paramétricos, cujo objetivo não está focado na melhoria do valor genotípico, mas na simples classificação dos genótipos (GARCIA, 1998; CRUZ et al., 2004; SANTOS, 2005). Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo comparar vários índices não-paramétricos quanto à sua validade para a seleção de famílias em programas de melhoramento de feijão.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo foram utilizados os dados referentes às avaliações das famílias $F_{2:4}$ e $F_{2:5}$ oriundas da população BRS Valente x Ouro Negro, conforme relatado no Capítulo 1. Os índices de discriminação utilizados neste trabalho, os quais serão descritos a seguir, basearam-se nos dados de produtividade de grãos, peso de 100 grãos, reação à mancha-angular a campo, reação à ferrugem a campo e por inoculação artificial, porte, acamamento e reação à raça 65 de *C. lindemuthianum* por inoculação. Deve-se ressaltar que para ferrugem a campo foram utilizadas as notas máximas considerando as avaliações aos 50 e aos 70 dias após o plantio.

2.1. Índices de discriminação simultânea de caracteres

2.1.1. Índice livre de pesos ou parâmetros (ELSTON, 1963)

Este índice (I_e) é definido por:

$$I_e = w_1 \times w_2 \times \dots \times w_n$$

Em que

$$W_j = x_{ij} - k_j$$

Onde x_{ij} é o valor da i -ésima família no j -ésimo caráter e k_j o limite mínimo ou máximo preestabelecido para cada caráter. Os valores de K_j adotados neste trabalho foram iguais à média de cada um dos caracteres (Tabela 1). O valor de w_j é nulo nos casos em que x_{ij} está abaixo (ou acima) do limite mínimo (ou máximo) preestabelecido.

Tabela 1. Limites k_i e critérios de seleção para o índice proposto por ELSTON (1963)

Variável Seleccionada ¹	Critério de Seleção	Valores de k_i
PROD1	Acima de k_i	2393,40
P1001	Acima de k_i	21,08
MA1	Abaixo de k_i	5,64
PROD2	Acima de k_i	3913,29
P1002	Acima de k_i	25,20
MA2	Abaixo de k_i	4,31
Porte	Abaixo de k_i	5,09
ACAM	Abaixo de k_i	4,91
FEC	Abaixo de k_i	2,97
FEI	Abaixo de k_i	3,18
ANT65	Abaixo de k_i	4,27

¹produtividade de grãos (PROD1 e PROD2), peso de 100 grãos (P1001 e P1002), e resistência a mancha-angular (MA1 e MA2) nas duas safras (inverno/2006 e seca/2007), ferrugem em campo (FEC) e por inoculação (FEI), porte, acamamento (ACAM) e reação a raça 65 de *C. lindemuthianum* (ANT65). Deve-se ressaltar que foram utilizadas as notas máximas para ferrugem a campo considerando as avaliações aos 50 e aos 70 dias após o plantio.

2.1.2. Índice baseado em soma de ranks (MULAMBA e MOCK, 1978)

Este índice corresponde ao somatório de ranks dos genótipos com base nos caracteres avaliados. As famílias foram ordenadas e classificadas de acordo com o sentido da seleção para cada um dos 11 caracteres. Assim, foi atribuído *rank* ou posto 1 para o maior valor encontrado para os caracteres no qual se desejava promover incrementos como a produção e peso de 100 grãos, *rank* ou posto 2 para o segundo maior valor e, assim, sucessivamente. Para as demais características (porte, acamamento, resistência a mancha-angular, ferrugem e antracnose) o ordenamento foi realizado de forma inversa, ou seja, o *rank* 1 foi atribuído ao menor valor encontrado no caráter, *rank* 2 para o segundo menor valor encontrado e, assim, sucessivamente. Desta forma, as famílias selecionadas foram aquelas que apresentaram o menor valor para o índice.

2.1.3. Índice com soma de ranks binários

Este índice baseou-se naquele proposto por Elston (1963), sendo que a única diferença consistiu em se atribuir peso 1 para cada característica

cujos valores foram acima ou abaixo do limite estipulado. Assim, a nota final de cada família ou genótipo correspondeu ao somatório dos pesos para o conjunto de características avaliadas, sendo que o valor máximo de um genótipo corresponde ao número de características avaliadas. Com a finalidade de se selecionar famílias com ganhos mais equilibrados, foi adotado como limite mínimo ou máximo, de acordo com o sentido da seleção, a média de cada caráter (Tabela 1).

2.1.4. Índice multiplicativo (SUBANDI et al., 1973)

Este índice é composto pela multiplicação direta dos caracteres que se deseja aumentar (produtividade e peso de 100 grãos) e multiplicação dos inversos ($1/x$) dos valores nos quais se deseja diminuir o seu valor (demais caracteres). Desta forma quanto maior for o valor do índice para a família melhor será a sua classificação.

2.1.5. Índice Pi

Neste índice foram estimadas as distâncias relativas aos valores ótimos (máximos ou mínimos) de acordo com o método de estabilidade proposto por Lin e Binns (1988). Assim, espera-se que as famílias mais estáveis sejam aquelas com ganhos mais equilibrados para todos os caracteres. Estes autores definiram como medida para estimar a estabilidade o quadrado médio da distância entre a média da cultivar e a resposta média máxima para todos os ambientes. Desde que a resposta ótima esteja no limite superior em cada local, o quadrado médio menor indicará uma superioridade geral da família em questão. Este índice é definido por:

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - M_j)^2}{2n}, \text{ onde:}$$

P_i : É a estimativa do parâmetro estabilidade do tratamento (famílias ou testemunhas) i ;

X_{ij} : É o valor do caráter do i -ésimo tratamento no j -ésimo caráter;

M_j : É a resposta ótima (máximos para produção e peso de 100 grãos e mínimo para as demais características) observada entre todos os tratamentos no caráter j);

n: É o número de características.

Neste método para o cálculo do Pi foi utilizado:

- a) Os dados originais
- b) Os dados padronizados pelo desvio padrão ($x_{ij} = X_{ij}/DP_j$ onde DP_j é o desvio padrão para o j-ésimo caráter)
- c) Os dados padronizados pela amplitude, sendo definido por:

$$Pi = \sum_{j=1}^n \left(\frac{X_{ij} - M_j}{A_j} \right)^2, \text{ em que } A_j \text{ é a diferença, em módulo, dos valores}$$

máximos e mínimos no caráter j. Neste índice os valores variam de 0 para o melhor tratamento e 1 para o pior. Alternativamente pode se expressar o valor de Pi em porcentagem, como se segue:

$$Pi_{(\%)} = \frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{X_{ij} - M_j}{A_j} \right)^2}{n} \times 100$$

2.1.6. Método da distância genótipo - ideótipo (CRUZ, 2006)

Este método equivale à raiz quadrada do Pi calculado a partir dos escores gerados pela técnica de componentes principais obtidos com base nos dados padronizados. Assim:

$$Gi = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (x_{ij} - m_j)^2}$$

Onde:

G_i : Distância Genótipo-Ideótipo

x_{ij} : É o escore referente ao i-ésimo tratamento no j-ésimo componente principal;

m_{ij} : É o escore ótimo (máximos para produção e peso de 100 grãos e mínimo para as demais características) observada entre todos os tratamentos no componente principal j);

A técnica multivariada de componentes principais permite a obtenção de um número reduzido de variáveis abstratas e independentes, que visam representar, em ordem de estimação, o máximo da variação total contida nas variáveis originais (CRUZ e REGAZZI, 1994).

Este método ainda permite a inclusão de pesos econômicos específicos para cada característica de forma que:

$$Gi = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left(\frac{x_{ij} - m_j}{p_j} \right)^2}$$
 onde p_j é igual ao peso econômico atribuído ao

j-ésimo caráter.

2.1.7. Método do centróide (ROCHA et al., 2005)

O método foi proposto originalmente com objetivo de empregar a metodologia de componentes principais para representar a informação da performance diferencial dos genótipos diante das alterações ambientais (ROCHA et al., 2005).

O método, chamado de método centróide, consiste da comparação de valores de distância cartesiana entre os genótipos e quatro referências (ideótipos), criados com base nos dados experimentais para representar os genótipos de máxima adaptabilidade geral (Ideótipo I) e os genótipos de mínima adaptabilidade (Ideótipo IV) e adaptabilidade específica (Ideótipos II e III). Neste trabalho, o ideótipo de máxima adaptabilidade geral é aquele que apresenta notas (ou escores) com valores ótimos para as 11 características, ou seja, máximas para produtividade e peso de 100 grãos nas safras de seca e inverno e notas mínimas para reação a mancha-angular, à ferrugem, porte e acamamento no campo e ferrugem e raça 65 de antracnose por inoculação. Neste trabalho, ideótipo de adaptabilidade específica 1 (ideótipo II) possui notas (ou escores) semelhantes a cultivar Ouro Negro exceto o caráter reação à raça 65 de *C. lindemuthianum* que foi substituído pelo escore mínimo. O ideótipo de adaptabilidade específica 2 (ideótipo III) possui notas (ou escores) semelhantes a cultivar Ouro Negro com exceção dos caracteres porte e acamamento nos quais foram adotados as notas (ou escores) mínimos. O de mínima adaptabilidade (Ideótipo IV) é

aquele que possui notas (ou escores) com os piores valores dos 11 caracteres avaliados, ou seja, valores mínimos para produtividade e peso de 100 grãos nas safras de seca e inverno e máximos para a reação à mancha-angular, à ferrugem, porte e acamamento a campo e ferrugem e raça 65 de *C. lindemuthianum* por inoculação.

Semelhantemente aos estudos de divergência genética, é desejável que a variância acumulada nos dois primeiros componentes principais exceda 80%. Neste caso a distorção das coordenadas de cada cultivar, no gráfico de dispersão cujos eixos são os componentes principais, será considerada aceitável. Cruz (1990) comenta que em casos em que a dispersão gráfica não provê informações adequadas sobre o grau de similaridade dos indivíduos estudados, certos autores têm utilizados os escores dos primeiros componentes para o cálculo da distância euclidiana, valendo-se, para este fim, da propriedade de independência entre tais componentes. Tal procedimento é, muitas vezes, utilizado para complementar as informações da dispersão gráfica, em virtude de permitir o estabelecimento de grupos de maneira menos subjetiva do que aquela que se verifica em exames visuais. Como não foi possível atingir variância acumulada mínima de 80% nos três primeiros componentes principais, optou-se por se realizar a distância euclidiana relativa aos escores de todos os componentes principais. Para a avaliação da resposta diferencial dos genótipos, a metodologia de componentes principais foi utilizada no conjunto de dados originais contendo a média dos 196 tratamentos (192 famílias + 4 testemunhas) + 4 ideótipos. As análises de componentes principais foram realizadas no Programa Genes (CRUZ, 2006).

A distância euclidiana foi calculada da seguinte forma:

$$D_{ij} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (I_j - X_{ij})^2}$$

D_{ij} = Distância euclidiana média do i -ésimo tratamento do j -ésimo ideótipo;

I_j = Ideótipo j ;

X_{ij} e n como definidos anteriormente

Após constituídas as distâncias, foi estabelecido as probabilidades associadas de cada família em relação a cada ideótipo em que:

$$P_{ij} = \frac{\frac{1}{D_{ij}}}{\sum_{j=1}^4 \frac{1}{D_{ij}}}$$

P_{ij} = probabilidade do i-ésimo tratamento tem de pertencer ao j-ésimo Ideótipo.

2.2. Potencial dos índices de discriminação

Para avaliar o potencial dos índices na seleção das famílias, foram utilizadas as estimativas de ganhos com base na seleção direta. Visto que para alguns caracteres, a exemplo de reação a ferrugem e a antracnose por inoculação, não foi possível estimar a herdabilidade, optou-se por utilizar o diferencial de seleção como sinônimo do ganho com a seleção. Assim, o ganho de seleção se tornou apenas um parâmetro de comparação entre os índices e não um parâmetro de estimação de ganho populacional. Neste trabalho foram selecionadas 20 famílias promissoras.

2.2.1. Estimação de ganho direto de seleção

O ganho de seleção (GS), neste trabalho, foi considerado igual ao diferencial de seleção (DS), dado por:

$$DS = \bar{X}_{si} - \bar{X}_{oi}$$

em que:

\bar{X}_{si} = média dos indivíduos selecionados para o caráter i;

\bar{X}_{oi} = média original da população para o caráter i;

Para obtenção do ganho percentual de seleção utilizou-se a seguinte fórmula:

$$GD_i\% = (GD_i \times 100) / \bar{X}_{oi}$$

2.2.2. Estimação do ganho indireto de seleção

Para estimar o ganho indireto, baseou-se no diferencial de seleção dada pela expressão a seguir:

$$GD_{i(j)} = DS_{i(j)}$$

Em que:

$GD_{i(j)}$ = ganho de seleção obtido no caráter principal i em função da seleção praticada no caráter auxiliar j;

$DS_{i(j)}$ = diferencial de seleção indireto obtido no caráter principal i, em função da seleção direta praticada no caráter auxiliar j.

Para obtenção do ganho percentual de seleção utilizou-se a seguinte fórmula para o estimador de ganho:

$$GD_{i(j)}\% = (GS_{i(j)} \times 100) / \bar{X}_{oi}$$

3. RESULTADOS

Na Tabela 2 estão apresentados os ganhos diretos e indiretos considerando a média das 20 famílias superiores em relação a cada um dos 11 caracteres avaliados tanto em condições de campo quanto por inoculação. Verificou-se que a seleção direta foi superior à seleção indireta para todos os caracteres. Isto já era esperado uma vez que a herdabilidade foi considerada igual à unidade para todos os caracteres, assim o ganho indireto poderia ser no máximo igual ao direto. A seleção direta para cada um dos caracteres resulta num ganho indireto nos outros caracteres, assim quanto maior a correlação entre um par de caracteres, maior será o ganho indireto em outro caráter. Este fato pode ser observado para a seleção direta em peso de 100 grãos na primeira safra (P1001) que resultou em um ganho de 9,2 % para Peso de 100 grãos na segunda safra (P1002), representando 75% do ganho direto para P1002. Deve-se ressaltar que estes caracteres possuem correlação fenotípica igual a 0,58. Ganhos indiretos iguais ou superiores a 50% dos ganhos diretos foram obtidos para os pares P1001 x P1002, Porte x ACAM, PROD1 x FEC e PROD1 x PROD2 cujas correlações fenotípicas foram 0,58, 0,95, -0,72 e 0,41, respectivamente.

Tabela 2. Estimativa de ganhos diretos, na diagonal, e indiretos, fora da diagonal, em porcentagem considerando a seleção de 20 tratamentos promissores em relação a média geral para produtividade (PROD1), peso de 100 grãos (P1001), reação à mancha-angular (MA1) e ferrugem (FEC) avaliadas na safra de inverno/2006 em Coimbra – MG, e para produtividade (PROD2), peso de 100 grãos (P1002), reação à mancha-angular (MA2), porte e acamamento (ACAM) avaliadas na safra da seca/2007 em Coimbra – MG e reação à ferrugem (FEI) e antracnose (ANT65) avaliadas por inoculação

	Caracteres	Seleção em										
		PROD1	P1001	MA1	PROD2	P1002	MA2	Porte	ACAM	FEC	FEI	ANT65
Ganhos (%) em	PROD1	27,39	10,57	-8,52	2,09	5,62	0,61	0,32	3,71	11,8	8,26	-17,22
	P1001	2,82	11,17	-1,48	2,08	8,89	1,51	-0,62	0,73	0,35	-0,34	-0,55
	MA1	1,71	7,46	-25,71	0,83	7,46	-3,6	-7,13	-3,15	-0,06	6,13	-3,6
	PROD2	3,51	5,18	3,32	16,33	4,33	-2,32	-2,33	-3,51	1,61	1,75	-3,02
	P1002	0,53	9,12	-0,5	3,61	12,14	-1,99	-3,12	-2,33	0,11	-0,82	-0,27
	MA2	-1,63	5,89	-4,52	4,15	6,12	-21,16	0,68	-4,17	0,11	6,46	-4,86
	Porte	-6,6	8,28	-4,15	6,52	8,28	-3,57	-30,88	-21,29	0,45	-2,98	0,64
	ACAM	-6,64	3,91	0,97	4,42	4,62	-3,6	-15,68	-23,9	-0,56	-1,47	2,18
	FEC	-49,28	-5,92	11,99	-7,26	3,62	-6,92	-1,9	-20,48	-66,52	-29,86	35,26
	FEI	-25,17	6,3	13,81	1,13	-0,44	-2,47	-0,12	-7,95	-17,66	-64,78	21,48
	ANT65	15,4	1,76	-6,86	7,13	4,68	-10,83	3,28	15,87	14,7	10,51	-72,26

Os ganhos indiretos dos caracteres nem sempre são favoráveis aos objetivos de um programa de melhoramento como pode ser exemplificado pelo caráter ANT65 que foi altamente prejudicado pela seleção direta em PROD1, resultando em um aumento da média das notas de antracnose em mais de 50%. Isto já era esperado uma vez que a correlação entre estes dois caracteres tem sinal positivo, no entanto o seu valor não é alto (0,41), o que permite o melhorista encontrar famílias com bons desempenhos para estes dois caracteres, ou seja, alta produtividade de grãos associada a notas baixas de antracnose sendo para isto necessário a utilização de índices de seleção.

Na Tabela 3 estão apresentados os ganhos de seleção em relação a média geral de cada um dos 11 caracteres avaliados, tanto em condições de campo quanto por inoculação, com base em 11 diferentes índices fenotípicos de seleção (índices de discriminação). Para fins de comparação dos índices foi acrescentado na Tabela 3 o ganho obtido pela seleção direta em cada caráter e os ganhos obtidos em relação às famílias selecionadas no Capítulo 1. Neste trabalho, buscou-se um índice que venha proporcionar principalmente aumento nos ganhos (sinais positivos) de produtividade nas duas safras (PROD1 e PROD2) e diminuição (notas negativas) para arquitetura (porte e ACAM), reação à ferrugem (FEI e FEC) e reação à antracnose (ANT65). Deve-se ressaltar que na construção dos índices DE1, DE2 e DE3 não foi possível acumular 80% da variabilidade contida nos 11 caracteres através da técnica dos componentes principais preconizado no método do centróide proposto por Rocha et al. (2005). Desta forma, optou-se por fazer uma ordenação dos 20 tratamentos mais próximos aos ideótipos construídos a partir das distâncias euclidianas com base nos escores dos 11 componentes principais mantendo assim o mesmo princípio proposto por Rocha et al (2005).

Foi constatado que o método da distância genótipo-ideótipo de Cruz (2006) com peso 1 para todos os caracteres permitiu a mesma classificação das 20 melhores famílias do método do centróide (ROCHA et al., 2005).

Tabela 3. Estimativa de ganhos em percentagem considerando a média de 20 tratamentos promissores para produtividade (PROD1), peso de 100 grãos (P1001), reação à mancha-angular (MA1) e ferrugem (FEC) avaliadas na safra de inverno/2006 em Coimbra – MG, produtividade (PROD2), peso de 100 grãos (P1002), reação à mancha-angular (MA2), porte e acamamento (ACAM) avaliadas na safra da seca/2007 em Coimbra – MG e reação à ferrugem (FEI) e a antracnose (ANT65) avaliadas por inoculação com base em diferentes índices de discriminação

CARÁTER	Média geral	Ganhos (%)												
		LP*	SR	M	Pi1	Pi2	Pi3	Gi1	Gi2	DE1	DE2	DE3	GSD	C1
PROD1	2387,6	22,2	18,0	11,8	22,6	17,9	21,5	15,2	13,1	17,8	17,3	18,2	27,39	11,8
P1001	21,1	2,5	5,3	2,0	4,0	5,0	3,6	3,6	5,6	5,6	7,8	6,0	11,17	2,0
MA1	5,7	-2,7	-11,6	-2,7	2,6	-12,0	2,2	-6,3	-4,0	-7,1	9,7	3,5	-25,71	-0,9
PROD2	3909,0	0,4	5,2	3,4	12,4	4,6	11,9	3,9	3,3	4,1	8,5	5,1	16,33	5,4
P1002	25,2	6,4	3,6	1,0	3,1	3,2	2,7	3,9	4,3	4,4	7,7	4,1	12,14	1,5
MA2	4,3	-7,5	-5,4	-3,1	-0,2	-6,0	-0,6	-4,4	-6,37	-6,6	3,7	0,5	-21,16	2,5
PORTE	5,1	-19,7	-15,1	-6,2	-2,9	-16,1	-3,3	-14,1	-10,4	-11,7	9,2	-13,2	-30,88	-8,4
ACAM	4,9	-4,6	-12,7	-7,9	-3,2	-13,5	-4,6	-13,8	-11,5	-9,2	2,5	-11,3	-23,9	-8,5
FEC	3,0	-56,5	-43,8	-53,8	-46,4	-37,5	-47,6	-24,7	-20,8	-39,2	-35,9	-44,3	-66,52	-25,2
FEI	3,2	-68,7	-15,9	-44,0	-25,6	-12,5	-26,1	-20,6	-20,9	-11,4	-26,9	-31,9	-64,78	-35,2
ANT65	4,3	-60,4	-1,2	-15,7	29,8	-5,2	31,7	-16,0	-29,2	2,8	-3,8	38,6	-72,26	-10,9

*Apenas um tratamento (família 143) foi selecionado por este método

LP - Índice livre de Pesos (ELSTON, 1963)

SR - Índice com base na soma de ranks (MULAMBA e MOCK 1978)

M - Índice multiplicativo (SUBANDI et al. 1973)

Pi1 - Índice Pi

Pi2 - Índice Pi Padronizado pelo desvio padrão

Pi3 - Índice Pi Padronizado pela amplitude

Gi1 – Índice genótipo- Ideótipo (CRUZ, 2006) com peso 2 para PROD2, ACAM e FEI, 3 para ANT65 e 1 para demais caracteres

Gi2 - Índice genótipo- Ideótipo (CRUZ, 2006) com peso 0 para MA1 e MA2, 2 para PROD2, ACAM e FEI, 3 para ANT65 e 1 para demais caracteres

DE1 – distâncias euclidianas do genótipo em relação ao Ideótipo I (escores ótimos para todos os caracteres)

DE2 - distâncias euclidianas do genótipo em relação ao Ideótipo II (nota ótima para ANT65 e demais escores da cultivar Ouro Negro)

DE3 - distâncias euclidianas do genótipo em relação ao Ideótipo III (nota ótima para arquitetura e demais escores da cultivar Ouro Negro)

GSD - Ganho de seleção realizada para seleção direta de cada caráter

C1- Ganho de seleção das famílias selecionadas no capítulo 1

O índice LP proporcionou maiores ganhos para o carácter PROD1, seguido pelos índices Pi1 e Pi3. É importante ressaltar que devido a sua natureza, o índice livre de pesos e parâmetros (LP) permitiu a seleção de apenas um tratamento (família 143).

Todos os demais índices permitiram uma obtenção de ganhos positivos, entretanto, os índices multiplicativo (M) e com base na distância genótipo-ideótipo Gi2 apresentaram ganhos inferiores a 50% daqueles obtidos pela seleção direta no próprio carácter (GSD).

Maiores ganhos no carácter PROD2 foram obtidos pelos índices Pi1, Pi3 e DE2, respectivamente. Semelhante ao carácter PROD1, todos os demais índices proporcionaram ganhos positivos, porém com ganhos inferiores a 50% do ganho máximo pela seleção direta no próprio carácter (GSD). Destes índices, observou-se que os índices Pi1 e Pi3 proporcionaram maiores ganhos para produção nas duas safras (PROD1 e PROD2) e, por conseqüência, foram responsáveis pela seleção das 20 famílias mais produtivas nas duas safras, como esperado pela própria natureza do método (adaptabilidade e estabilidade). Os caracteres relacionados a arquitetura de planta (porte e ACAM) apresentaram o mesmo sinal de ganhos em todos os índices estudados, o que era esperado devido a correlação elevada entre porte e acamamento. O carácter porte apresentou maiores ganhos em termos de magnitude em relação ao carácter acamamento. Os índices que apresentaram maiores ganhos para porte foram LP, Pi2 e SR, respectivamente, e para acamamento destacaram-se os índices Gi1, Pi2 e SR. Dos índices estudados, apenas o índice DE2 apresentou sinal de ganho não desejado para os caracteres porte e acamamento, isto não é surpresa devido forma como foi construído este índice. Considerando simultaneamente os dois caracteres relacionados a arquitetura de planta foi observado que os índices Pi2 e SR proporcionaram ganhos acima de 50% dos ganhos diretos para os respectivos caracteres.

Para o carácter FEC, maiores ganhos foram observados para os índices LP, M e Pi3 com ganhos iguais a -56,5%, -53,8% e -47,6%, respectivamente. Para o carácter reação à ferrugem por inoculação (FEI) maiores ganhos foram observados para os índices LP, M e DE3 com ganhos iguais a -68,7%, -44%, e -31,9%, respectivamente. Observa-se que os dois

índices que proporcionaram maiores ganhos para o caráter ferrugem (FEI e FEC) foram coincidentes entre si. Todos os índices proporcionaram ganhos desejados (negativos) para os caracteres FEI e FEC simultaneamente.

Os índices LP, Gi2 e M apresentaram, respectivamente, ganhos na ordem de -60,4%, 29,2% e 16% para o caráter ANT65, sendo que apenas o primeiro foi capaz de superar em mais de 50% o ganho proporcionado pelo ganho de seleção direto (GSD).

Em se tratando da direção da seleção, ou seja, levando-se em conta os sinais dos ganhos estimados para os 11 caracteres avaliados, destacaram-se os índices LP, SR, M, Gi1, Gi2 e Pi2. Destes, o índice Gi1 destacou-se por apresentar ganhos mais equilibrados. Observou-se que para as 20 famílias selecionadas no Capítulo 1, o índice C1 também apresentou ganhos satisfatórios para os caracteres principais, ou seja, produtividade de grãos, arquitetura e resistência a ferrugem e antracnose, além de peso de 100 grãos (Tabela 3).

Tomando-se como referência um ganho mínimo de 50% do ganho direto, observou-se que os índices relacionados ao método do centróide (ROCHA et al., 2005) DE1, DE2 e DE3 não apresentaram vantagem em relação aos demais índices e ainda com a desvantagem de não apresentarem ganhos equilibrados. No entanto, os mesmos poderiam ser utilizados como referência para classificação para os tratamentos comuns aos oito demais índices estudados, pois foram construídos com base em três ideótipos pré-estabelecidos.

Deve-se estar atento ao fato de que os ganhos estão relacionados à média das 20 famílias. Deste modo, um ou mais tratamentos, cujo ganho não seja o desejado para algum caráter, poderão estar incluídos entre as 20 famílias selecionadas. Mesmo assim, espera-se que os tratamentos cujas médias proporcionem ganhos equilibrados estejam inclusos em sua maioria nos índices testados. Para elucidar o comportamento de cada tratamento, estão apresentadas na Tabela 4, as famílias que foram selecionadas para pelo menos um dos índices adotados e suas posições relativas para cada índice. Nota-se que apenas 46 dos 196 tratamentos foram contemplados nos oito índices adotados.

O maior número de participações foi observado para as famílias 143, 140 e 16 (sete participações) sendo contempladas em todos os índices, exceto a família 143 no índice Pi1. A família 143 sempre ocupou classificação igual ou superior a 4^a posição nos índices em que foi incluída. Para inclusão de um tratamento no índice LP, o mesmo não deve apresentar nenhum defeito para os níveis k_i adotado pelo pesquisador, sendo que a única família com estas características foi a família 143. As famílias 14, 16, 18, 20, 25, 95, 104, 107, 130, 131, 138, 140, 143, 167, 169 e 187 foram as mais freqüentes considerando um mínimo de quatro participações, sendo que todas estas 16 famílias foram contempladas pelos índices SR e Pi3.

A eficiência dos índices poderia ser verificada, alternativamente, pela avaliação do número médio de defeitos (Def) das famílias selecionadas em cada índice de discriminação (Tabela 4). Assim, considerando a eficiência dos índices pelo número médio de seus defeitos, verifica-se que o índice Gi1 não diferiu daqueles com menor número de defeitos LP, SR (defeitos médios inferiores a 2).

Tabela 4. Famílias selecionadas para pelo menos um dos 8 índices adotados e suas posições relativas ao seu respectivo índice de discriminação. Número de defeitos (Def) de cada família selecionada de acordo com o índice complementar SRB. Total de participações (Σ) que cada família teve em relação aos índices

Tratamento	Índices de discriminação/Posição relativa no índice								Def	Σ
	LP*	SR	M	Pi1	Pi2	Pi3	Gi1	Gi2		
4								12°.	2	1
14		16°.	17°.		12°.	12°.	8°.	18°.	5	6
16		4°.	8°.	8°.	5°.	3°.	7°.	7°.	1	7
18		8°.		7°.	6°.	20°.			2	4
20		12°.			11°.	10°.	14°.	13°.	1	5
25		13°.		2°.	15°.	8°.			2	4
27				13°.			15°.		1	2
30				14°.				17°.	4	2
32							17°.		2	1
34			5°.			15°.			4	2
36				10°.					4	1
39		14°.		6°.					1	2
47		20°.			18°.	17°.			3	3
66			12°.						5	1
70			18°.						4	1
77			7°.			16°.			4	2
79		17°.		19°.	17°.				2	3
80							16°.	14°.	3	2
89			19°.	9°.					4	2
94				16°.					3	1
95		15°.			14°.	11°.	9°.	5°.	2	5
104		7°.	3°.		9°.	4°.	6°.	2°.	1	6
105		19°.			16°.				2	2
107		2°.	6°.		1°.	1°.	1°.	1°.	1	6
114					19°.	14°.	13°.	15°.	2	4
125			11°.						3	1
126			20°.				10°.	11°.	4	3
128			16°.						4	1
130		5°.			7°.	7°.	5°.	10°.	1	5
131		6°.			4°.	13°.	4°.	19°.	2	5
134			15°.	4°.					3	2
136				18°.					2	1
138		11°.	10°.		13°.	9°.			2	4
140		3°.	14°.	5°.	2°.	5°.	3°.	9°.	2	7
143	1°.	1°.	1°.		3°.	2°.	2°.	4°.	0	7
144								20°.	4	1
150				17°.			18°.		2	2
154				15°.	20°.				3	2
156				11°.					3	1
157			2°.					6°.	1	2
165							12°.		3	1
167		9°.	9°.		10°.	19°.	19°.		3	5
169		10°.		1°.	8°.	6°.	15°.	16°.	2	6
187		18°.	4°.	20°.		18°.	20°.	8°.	1	6
191				3°.					3	1
Ouro Negro				12°.				3°.	3	2

Continua...

Tabela 4. Continuação

Def (média)	0,0	1,8	2,8	2,4	2,0	2,1	1,9	2,1
Def (máxima)	0	5	5	4	5	5	5	5
Def (mínimo)	0	0	0	1	0	0	0	0

*Apenas um tratamento (família 143) foi selecionado por este método
_ famílias promissoras referentes ao Capítulo 1

LP - Índice livre de Pesos (ELSTON, 1963)

SR - Índice com base na soma de ranks (MULAMBA e MOCK 1978)

M - Índice multiplicativo (SUBANDI et al. 1973)

Pi1 - Índice Pi

Pi2 - Índice Pi Padronizado pelo desvio padrão

Pi3 - Índice Pi Padronizado pela amplitude

Gi1 - Índice genótipo- Ideótipo (CRUZ, 2006) com peso 2 para PROD2, ACAM e FEI, 3 para ANT65 e 1 para demais caracteres

Gi2 - Índice genótipo- Ideótipo (CRUZ, 2006) com peso 0 para MA1 e MA2, 2 para PROD2, ACAM e FEI, 3 para ANT65 e 1 para demais caracteres

4. DISCUSSÃO

Neste trabalho, buscou-se um índice de seleção não-paramétrico que pudesse proporcionar aumento nos ganhos de, pelo menos, sete caracteres: produção nas duas safras (PROD1 e PROD2), arquitetura de planta (Porte e ACAM), reação à ferrugem (FEI e FEC) e antracnose (ANT65). Os caracteres peso de 100 grãos (P1001 e P1002) e reação à mancha-angular (MA1 e MA2) das duas safras foram considerados secundários.

A seleção baseada em um ou poucos caracteres tem-se mostrado inadequada, por conduzir a um produto final superior com relação aos caracteres selecionados, mas com desempenho não tão favorável em relação aos vários outros caracteres, podendo comprometer a aceitação deste produto pelo agricultor, industrial ou por qualquer outro consumidor (CASTOLDI, 1997). As seleções direta e indireta não proporcionaram resultados conjuntos satisfatórios em ganhos nos sete dos 11 caracteres avaliados, uma vez que o interesse era obter acréscimo nos caracteres PROD1, PROD2 e decréscimo nos caracteres porte, ACAM, FEI, FEC e ANT65, simultaneamente.

Dado à natureza multivariada dos índices de seleção, estes aparecem como opções interessantes para obtenção de materiais reunindo uma série de atributos favoráveis, normalmente mais interessantes para o melhorista, quando comparados com os processos de seleção univariada. Além disso, dada a natureza de suas obtenções, os índices de seleção, normalmente, levam a uma distribuição de ganhos entre os caracteres considerados mais convenientes aos propósitos do melhoramento.

O índice livre de peso e parâmetros, proposto por Elston (1963) apresentou, apresentou o maior percentual de ganho para os sete caracteres em destaque. No entanto, o número de famílias selecionadas foi muito limitado, apenas uma, a família 143. Isto já era esperado, pois quanto maior o número de caracteres incorporados em um índice maior será a dificuldade em se obter genótipos que atendam todos os limites críticos impostos pelos melhoristas segundo um ideótipo único.

A inclusão das famílias 14, 16, 18, 20, 25, 95, 104, 107, 130, 131, 138, 140, 143, 167, 169 e 187 na maioria dos índices é indicativo da superioridade das mesmas em relação às demais. Estas 16 famílias foram contempladas pelos índices de discriminação com base na soma de ranks (SR) proposto por Mulamba e Mock (1978) e o índice Pi com dados padronizados pela amplitude (Pi3) sendo que a média de defeitos das 20 famílias selecionadas pelo índice SR foi inferior a dois. O índice Gi1, por sua vez, foi aquele que proporcionou ganhos mais equilibrados comparados com os ganhos diretos de cada caráter.

Foi constatado que sete das 20 famílias selecionadas e caracterizadas para o marcador molecular RAPD OPX11_{550a} no Capítulo 1 não foram contempladas em pelo menos um dos oito índices de discriminação propostos (Tabela 4), inclusive as famílias 19 e 74 que tinham sido selecionadas com base nos quatro critérios adotados no primeiro capítulo não foram contempladas em nenhum dos índices adotados. Entretanto, observou-se que o índice Gi1, baseado na distância genótipo-ideótipo (CRUZ, 2006), contemplou 10 das 20 famílias selecionadas no Capítulo 1.

Como exposto anteriormente, os ganhos de seleção foi baseado na média das famílias selecionadas, assim existe a possibilidade de que haja famílias de comportamento não desejado pelo melhorista e que, no entanto, se complementam gerando uma média equilibrada. Foi sugerida uma análise das médias dos defeitos das famílias que seria um critério auxiliar na escolha do melhor índice de discriminação. Finalmente, uma outra análise poderia ser feita levando-se em conta os defeitos particularizados de cada família no índice ou nos índices mais promissores. Assim, foi realizada uma análise mais detalhada de cada família, sendo utilizado neste trabalho

algumas famílias selecionadas pelo método com base na distância genótipo - ideótipo Gi1 proposto por Cruz (2006), que estão apresentadas no Apêndice 1A.

A família 14 foi juntamente com as famílias 140 e 143, a mais freqüente em relação aos índices de discriminação e, no entanto foi aquela que apresentou o maior número de defeitos. Avaliando os dados originais (Apêndice 1A) percebe-se que as notas (3 e 3,2 para ferrugem, campo e inoculação) apresentaram valores muito próximos dos limites de seleção adotados neste trabalho (2,97 e 3,18). Os caracteres produtividade nas duas safras foram também abaixo da média k_i estabelecida (Apêndice 1A), no entanto suas médias foram estatisticamente iguais a melhor cultivar (Ouro Negro) para este caráter. Este tipo de problema poderia ser contornado se os índices de discriminação para genótipos levassem em conta as diferenças estatísticas entre as médias de cada tratamento e não as diferenças de magnitude dos mesmos. Garcia (1998) sugere um índice que leva em conta o teste de agrupamento (Scott e Knott) sendo que a média de cada genótipo é substituída pela média do grupo para cada caráter em questão. A padronização dos dados proposto por Garcia (1998) tende a favorecer genótipos que proporcionam ganhos mais equilibrados para um conjunto de caracteres, pois iguala as médias dentro de um mesmo grupo, o que não acontece nos métodos de soma de ranks e multiplicativo, por exemplo. Santos (2005) utilizou o índice proposto por Garcia (1998) para seleção de 88 pré-cultivares de soja, encontrando bons resultados para seleção de genótipos promissores. No entanto, Santos (2005) ressalta que a seleção deve ser acompanhada da avaliação de caracteres individuais, para se evitar que genótipos promissores sejam descartados por apresentarem pequenos defeitos em caracteres de importância secundária. A aplicação do índice proposto por Garcia (1998), entretanto, é trabalhosa, dificuldade que seria eliminada com o desenvolvimento de um programa computacional, o que provavelmente o tornaria mais utilizado pelo melhoristas de plantas (SANTOS, 2005).

Na avaliação detalhada de cada caráter em relação às 20 famílias selecionadas pelo melhor critério de seleção adotado Gi1 verificou-se que algumas famílias como, por exemplo, as famílias 14, 20, 107 e 126,

apresentaram produtividade de grãos inferior a média em uma das safras, no entanto, as mesmas tiveram o seu desempenho igual estatisticamente a melhor testemunha. As famílias 27, 140, 150, 167 e 169 apesar de superiores para a maioria dos caracteres avaliados, foram suscetíveis a raça 65 de *C. lindemuthianum*, isso não inviabilizaria a seleção das mesmas, pois estas famílias foram tão produtivas quanto a melhor cultivar Ouro Negro com a vantagem de apresentarem boas notas para arquitetura, o que significa dizer que estas seis famílias seriam classificadas como sendo de comportamento semelhante ao Ideótipo III. As famílias 14, 32, 80, 126, e 130, apesar de serem produtivas, apresentaram notas ruins para resistência à ferrugem (acima de 3) em campo ou por inoculação, porém as mesmas foram resistentes a raça 65 de *C. lindemuthianum* e apresentaram arquitetura ereta, o que permite a utilização destas em regiões onde não há incidência de ferrugem.

O índice de discriminação Gi1 contemplou 10 das 20 famílias selecionadas no Capítulo1 (famílias 16, 27, 32, 80, 107, 114, 126, 140, 143 e 187), e seis das nove famílias selecionadas em todos os quatro critérios adotados no Capítulo1. A substituição da família 165, selecionada pelo índice Gi1, pela família 157, selecionada no Capítulo 1, por exemplo, seria uma alternativa interessante uma vez que a mesma possui comportamento semelhante a cultivar Ouro Negro com a vantagem de ser resistente a raça 65 de antracnose, o que seria equivalente a dizer que a mesma apresenta comportamento semelhante ao Ideótipo II.

O índice Gi1 destacou-se como o mais promissor em relação aos demais, pois o mesmo proporcionou ganhos satisfatórios para todos os 11 caracteres estudados considerando a média das 20 famílias selecionadas, com médias de defeitos inferiores a dois. A vantagem do método das distâncias genótipo - ideótipo (Gi1), proposto por Cruz (2006), está na inclusão de pesos econômicos, o que permitiu um ganho mais equilibrado tanto nos sete caracteres principais quanto nos secundários.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi comparar vários índices não-paramétricos quanto a sua viabilidade para a seleção de famílias promissoras para a extração de linhagens. Os índices utilizados foram: índice livre de pesos e parâmetros (ELSTON, 1963), soma de ranks (MULAMBA e MOCK 1978), índice multiplicativo (SUBANDI et al., 1973), índice Pi (Lin e Binns, 1988), distância do genótipo em relação ao ideótipo (CRUZ, 2006) e o método do centróide (ROCHA et al., 2005). Foram avaliados nove caracteres oriundos de dois ensaios realizados no campo e dois caracteres obtidos através de inoculação artificial.

O índice distância genótipo-ideótipo proposto por Cruz (2006) destacou-se como o mais promissor em relação aos demais, pois o mesmo proporcionou ganhos equilibrados para todos os 11 caracteres estudados considerando a média das 20 famílias selecionadas, sendo que estas apresentaram uma das menores médias de defeitos.

A inclusão das famílias 14, 16, 18, 20, 25, 95, 104, 107, 130, 131, 138, 140, 143, 167, 169 e 187 na maioria dos índices é um indicativo da superioridade das mesmas em relação às demais.

CONCLUSÕES FINAIS

Foi detectada variabilidade genética na população Ouro Negro x BRS Valente para produtividade de grãos, porte de planta, peso de 100 grãos e reação aos patógenos da antracnose e ferrugem, evidenciando sucesso na seleção para esses caracteres.

Cinco famílias (32, 80, 126, 143 e 187) reuniram fenótipos favoráveis das cultivares Ouro negro e BRS Valente, sendo, portanto, promissoras para extração de linhagens superiores.

Cento e dez plantas selecionadas dentro das melhores famílias apresentaram a marca molecular associada aos genes *Ur-ON* (resistência à ferrugem) e *Co-10* (resistência à antracnose), presentes na cultivar Ouro Negro.

O índice Gi1 (distância genótipo-ideótipo) se destacou entre os demais índices proporcionando ganhos equilibrados para todos os 11 caracteres estudados, considerando a média das 20 famílias selecionadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELNOOR, R.V.; BARROS, E.G; MOREIRA, M.A. Determination of genetic diversity within Brazilian soybean germplasm using random amplified polymorphic DNA techniques and comparative analysis with pedigree data. **Revista Brasileira de Genética**. v.18, n.2, p.265-273, 1995.

ABREU, A.F.B. **Predição do potencial genético de populações segregantes do feijoeiro utilizando genitores inter-raciais**. 1997, 95f. Tese (Doutoramento em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ABREU, A.F.B.; RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D.F. Selection potential for seed yield from intra- and inter-racial populations in common bean. **Euphytica**. v.108, p.121-127, 1999.

ABREU, A.F.B., RAMALHO, M.A.P., CARNEIRO, J.E.S., GONÇALVES, F.M.A., SANTOS, J.B., PELOSO, M.J.D., FARIA, L.C., CARNEIRO, G.E.S., PEREIRA FILHO, I.A. "BRSMG Talismã: common bean cultivar with carioca grain type. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, 47:319-320, 2004.

AGÊNCIA INFORMAÇÃO EMBRAPA. **Histórico das Cultivares do Grupo Preto**. Disponível em:
http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia4/AG01/arvore/AG01_28_96200312318.html. Acesso: Setembro de 2007

AGRIOS, G. N. PLant diseases caused by viruses. **Plant Pathology**. New York, Academic Press, p.588-590, 1978.

ALBRECHT, J. C.; CARVALHO, W. P. BRS Valente: nova cultivar de feijoeiro comum do grupo comercial preto para o Distrito Federal e noroeste mineiro. **Comunicado Técnico**, n.109, p. 2004.

ALI, M. A. Genetics of resistance to the common bean mosaic vírus (Bean vírus I) in the bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Phytopathology**, Lancaster, v.40, n.1, p.69-79, 1950.

ALVES, G. F., RAMALHO, M. A. P., ABREU, A. F. B. Desempenho de cultivares antigas e modernas de Feijão Avaliadas em diferentes condições ambientais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.4, p.863-870, jul./ago., 2001.

ALZATE-MARIN, A. L. **Resistência à antracnose do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.): diversidade genética de raças de *Colletotichum lindemuthianum*, herança de resistência e identificação de marcadores moleculares**. 1996. 65f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento)-Universidade federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

ALZATE-MARIN, A.L.; COSTA, M.R.; ARRUDA, K.M.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. Characterization of the anthracnose resistance gene present in Ouro Negro (Honduras 35) common bean cultivar. **Euphytica**, 133:165-169, 2003.

ANTUNES, I. F.; PIANA, C.F. de B.; SILVEIRA, E. P.; Progresso no melhoramento genético do feijão no Rio Grande do Sul, no período 1987/88 – 1998/99. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO FEIJÃO, 33., e REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DO FEIJÃO, 4., 2000, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2000. CD-ROM.

ARAÚJO, G.A.A.; VIEIRA, C.; SOUZA FILHO, B.F. '**Ouro Negro**' Nova Variedade de Feijão-Preto para os Estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro. Viçosa, MG: EPAMIG, 1991. (Boletim Técnico N°. 1).

ARRUDA, M.C.C. **Resistência do feijoeiro-comum à antracnose: herança, identificação de marcadores moleculares e introgressão do gene C0-4 no cultivar Rudá.** 1998. 101f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ARRUDA, K.M.A. **Melhoramento genético de feijão tipo carioca com ênfase na piramidação de genes de resistência à antracnose.** 2005. 77f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

AUGUSTIN, E.; COYNE, D.P.; SCHUSTER, M.L. Inheritance of resistance in *Phaseolus vulgaris* to *Uromyces phaseoli typica* Brazilian rust race B11 and of plant habit. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.97, p.:526-529, 1972.

BADAN, A.C.C. **Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos em duas populações de arroz de sequeiro e suas implicações para o melhoramento.** 1999. 51 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba 1999.

BEARZOTI, E. **Simulação de seleção recorrente assistida por marcadores moleculares em espécies autógamas.** 1997. 230 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP

BOARI, A. J. **Detecção na caracterização de estirpes do vírus do mosaico-comum do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) que ocorrem no estado de Minas Gerais.** 1992, 58f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio Mundial e Brasil – 2006/07 a 2017/18.** Brasília, p.40-42, 2008. Disponível em:
http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/page/mapa/mapa_agronet/agronet_inicial/esquerda_agronet/menu_da_esquerda_agronet/gestao_estr

ategica/acao_resultados/palestras_2/power%20point%20projecoes%20a gronegocio.pdf Acesso em: fevereiro de 2008.

BRODY, J. R.; KERN, Y S. E. Sodium boric acid: a Tris-Free, cooler conductive medium for DNA electrophoresis. **Biotechniques**. v.36, p.214-216, 2004.

BROTHERS, M.E.; KELLY, J.D. Interrelationship of plant architecture and yield components in the Pinto bean ideotype. **Crop Science**, v.33, p.1234-1238, 1993.

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

BUSHEY, S. M.; OWENS, S.; HOSFIELD, G. L. The epicuticular wax layer and water uptake in black beans. **Bean Improvement Cooperative**, Cali, p. 159-160, 2002.

CARBONELL, S. A.; POMPEU, A.S. Estabilidade Fenotípica de Linhagens de Feijoeiro em Três Épocas de Plantio no Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 35(2), 321-329, 2000.

CARBONELL, S. A. M., FILHO, J. de A., DIAS, L. A dos S., GONÇALVES, C., ANTONIO, C. B. Adaptabilidade e Estabilidade de Produção de Cultivares e Linhagens de Feijoeiro no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, 60(2), p.69-77, 2001.

CARNEIRO, J. E. S. **Alternativas para obtenção e escolha de populações segregantes no feijoeiro**. 134f, Lavras: UFLA, 2002

CASTAÑO, J. **Manual standas para cuantificación de daños causados por hongos, bacterias y nematodos em frijol**. Cali, Colômbia: CIAT, 1985. 22p.

CASTOLDI, F. L. **Comparação de métodos multivariados aplicados na seleção em milho**. 1997. 118f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

COLLICHIO, E. **Associação entre o porte da planta do feijoeiro e o tamanho dos grãos**. 1995. 98p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

COLLICHIO, E.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Associação entre o porte da planta do feijoeiro e o tamanho dos grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 297-304, 1997.

CORRÊA, R.X. **Genes de resistência a doenças do feijoeiro comum: Identificação de marcadores moleculares, organização e identificação de análogos**. 1999, 116f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CORRÊA, R.X.; COSTA, M.R.; GOOD GOD, P.I.; RAGAGNIN, V.A.; FALEIRO, F.G.; MOREIRA, M.A.; BARROS, E.G. Sequence characterized amplified regions linked to rust resistance genes in the common bean. **Crop Science**, v.40, p.804-807, 2000.

COSTA, A. S. Moléstias do feijoeiro causadas por vírus. In: **Simpósio Brasileiro de Feijão**, 1, Viçosa, **Anais...** Viçosa: UFV, 1972, p.305-352.

COSTA, H. **Efeito da infecção individual ou conjunta do vírus do mosaico-comum do feijoeiro e de *Uromyces phaseoli* var. *typica* Arth. em *Phaseolus vulgaris* L.** 1985, 42f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

COSTA, J.G.C.; FARIA, L.C.; RAVA, C.A.; DEL PELOSO, M.J.; MELO, L.C.; CABRERA DIAZ, J.L.; FARIA, J.C.; SILVA, H.T.; SARTORATO, A.; BASSINELO, P.Z.; ZIMMERMANN, F.J.P. BRS Supremo: cultivar de grão preto de feijoeiro-comum, de porte ereto, indicada para as regiões Sul e Centro-Oeste. **Comunicado Técnico**, 87. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2p., 2004.

COSTA, M.R. **Introgressão de genes de resistência a antracnose, ferrugem e mancha-angular no cultivar Diamante Negro**. 2004. 77f. Dissertação (Mestrado em genética e Melhoramento) – Universidade federal de Viçosa, Viçosa.

CRUZ, C. D. **Aplicativo computacional em genética e estatística**, Viçosa: UFV, 2006, 648p.

CRUZ, C.D. **Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**. 1990. 188f. Tese (Doutorado em Genética e melhoramento) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

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

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 1994. 390p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, vol. 1, 2004. 480p.

DOYLE, J.J.; DOYLE, J.L. Isolation of plant DNA from fresh tissue. **Focus**, v.12,13-15, 1990.

ELSTON, R.C. A weight-free index for the purpose of ranking or selection with respect to several traits at a time. **Biometrics**, v. 19, n. 1, p. 85-97, 1963.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO - **Centro Nacional de Pesquisa Arroz e Feijão (CNPAF)**. Disponível em: <http://www.cnpaf.embrapa.br/apps/socioeconomia/index.htm> Acesso: Maio de 2007a.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO - **Centro Nacional de Pesquisa Arroz e Feijão (CNPAF)**. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoPrmSegSafraSulMG/cultivares.htm>. Acesso: Maio de 2007b

FALEIRO, F.G.; PAULA JR., T.J.; BARROS, E.G.; FREITAS, M.A.; MOREIRA, M.A. Resistência de cultivares de feijoeiro comum a *Uromyces appendiculatus* da Zona da Mata de Minas Gerais. **Fitopatologia Brasileira** 21:123-125. 1996

FALEIRO, F. G. **Identificação de raças, diversidade genética de *Uromyces appendiculatus* var. *appendiculatus* e herança da resistência no feijoeiro.** 1997. 65f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) -Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FALEIRO, F.G., VINHADELLI, W.S., RAGAGNIN, V.A., CORRÊA, R.X., MOREIRA, M.A., BARROS, E.G. de. RAPD markers linked to a block of genes conferring rust resistance to the common bean. **Genetics and Molecular Biology**, v.23, p.399-402, 2000a.

FALEIRO, F.G.; RAGAGNIN, V.A.; CORRÊA, R.X.; VINHADELLI, W.S.; MOREIRA, M.A.; BARROS, E.G. Ligação gênica da resistência à ferrugem e à antracnose na variedade de feijão Ouro Negro. **Revista Ceres**. v. 47, 375-382, 2000b.

FALEIRO, F.G.; NIEETSCHKE, S.; RAGAGNIN, V.A.; BORÉM, A. MOREIRA, M.A.; BARROS, E.G. de. Resistência de cultivares de feijoeiro-comum à ferrugem e à mancha-angular em condições de casa de vegetação. **Fitopatologia Brasileira**. v.26, p.86-89, 2001.

FALEIRO, F.G.; RAGAGNIN, V.A. SCHUSTER, I.; CORRÊA, R.X.; GOODGOD, Mapeamento de genes de resistência do feijoeiro à ferrugem, antracnose e mancha-angular usando marcadores RAPD. **Fitopatologia Brasileira**, v.28, p.59-66, 2003.

FARIA, J. C. Doenças causadas por vírus. In: Zimmermann, M. J. O. **Cultura do feijoeiro**. Piracicaba, Associação Brasileira de Pesquisa Potássio e Fosfato, 1988, p548-558.

FERREIRA, C.M. **Comercialização de Feijão no Brasil 1990-99.** 2001. 145p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FERREIRA, W.D.; RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D.F.; SOUZA, M.A. Family number in common bean selection. **Genetics and Molecular Biology**, v. 23, n. 2, p. 403-409, 2000.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO PARANÁ – FIEPR. **Programa de aumento das vendas dos produtos paranaenses – Feijão**. 2006. Disponível em: http://www.fiepr.org.br/fiepr//conselhos/agroindustria_alimentos/uploadAddress/Relat%C3%B3rioFeij%C3%A3o0506.pdf. Acesso em fevereiro de 2008.

FREY, K. J. The use of F2 lines in predicting the performance of F3 selections in two barley crosses. **Agronomy Journal**, Madison, v. 46, n. 12, p. 541-544, 1954.

FUNDAG - **Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola**. Disponível em: <http://www.fundag.br/homesite/news.asp?artigo=157> Acesso: Janeiro de 2008

GARCIA, A. A. F. **Índice para a seleção de cultivares**. 1998. 112f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba,

HAMPTON, R.O.T.; SILNABERNAGEL, M.G.; BURKE, D. W. Bean common mosaic vírus strains associated with bean common mosaic epidemics in the northwestern United States. **Plant diseases**, Washington, v.67, n.6, p.658-661, 1983.

HAZEL, L. N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, v. 28, p. 476-490, 1943.

IBGE. **Levantamento sistemático da Produção agrícola: Confronto das Safras de 2006 e das Estimativas para 2007 – Brasil**. Disponível: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_200712_2.shtm. Acesso em: 9 de fevereiro de 2008

INGLIS, D.A.; HAGEDORN, D.J.; RAND. R.E. Use of dry inoculum to evaluate beans for resistance to anthracnose and angular leaf spot. **Plant Disease**. v. 72, p.771-774, 1988.

JOHNSON, W.C.P.; GUZMAN, D.; MANDALA, A.B.C.; MKANDAWIRE, S.; TEMPLE, R.L.; GILBERTSON, P. GEPTS. Molecular tagging of the bc-3 gene for introgression into Andean common bean. **Crop Science**, v.37, p.248-254, 1997.

KAISER, W.J.; MOSSAHEBI, G. H. Natural infection of mungbean by bean common mosaic virus. **Phytopathology**, Lancaster, v.64 n.9, p.1209-1274, 1974.

KELLY, J. D. Remaking bean plant architecture for efficient production. **Advances in Agronomy**, New York, v. 7, n. 1, p. 109-143. 2003.

KELLY, J.D.; ADAMS, M.W. Phenotypic recurrent selection in ideotype breeding of pinto beans. **Euphytica**, v.36, p.69-80, 1987.

KOLKMAN, J. M.; KELLY, J. D. QTL Confering Resistance and Avoidance to White Mold in Common Bean. **Crop Science**, v. 43, p. 539-548, 2003.

KORNEGAY, J.; WHITE, J. W.; CRUZ, O. O. Growth habit and gene pool effects on inheritance of yield in common bean. **Euphytica**, Wageningen, v. 62, n. 3, p. 171-180, 1992.

LANZA, M.A.; PAULA JÚNIOR, T.J.; VINHADELLI, W.S.; MORANDI, M.A.B.; BARROS, E.G. de; MOREIRA, M.A. Resistência à antracnose em cultivares de feijoeiro-comum recomendadas para Minas Gerais. **Fitopatologia Brasileira**, v. 22, p. 560-562, 1997.

LANZA, M. A.; GUIMARÃES, C. T.; SHUSTER, I. Aplicação de marcadores moleculares no melhoramento genético. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 204, p. 97-108, 2000.

LANA, A. M. Q.; CARDOSO, A. A.; CRUZ, C. D. Herdabilidades e correlações entre caracteres de linhagens de feijão obtidas em monocultivo e em consórcio com o milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 6, p1031-1037, nov-dez, 2003.

LEAKEY, C. L. A. Genotypic and phenotypic markers in common beans. In: GEPTS, P. **Genetic resources of Phaseolus beans**. Boston: Kluwer Academic Publishers, p. 245-327, 1988.

LIN, C.S.; BINNS M.R. A method for analyzing cultivar x location x years experiments: a new stability parameter. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 76, n. 3, p. 425-430. 1988.

MARQUES JÚNIOR, O.G. **Eficiência de experimentos com a cultura do feijão**. 1997. 80f. , Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de plantas). Universidade federal de Lavras, Lavras.

MARTINS, I, S. **Comparação entre métodos Uni e Multivariados aplicados na seleção em *Eucaliptus grandis***. 1999. 94f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) -Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MELO, C.L.P. **Caracterização fenotípica e molecular de linhagens de feijão do cruzamento Ouro Negro x Pérola**. 2004. 70f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.

MELO, L. C.; FARIA, L.C.; RAVA, C.A.; DEL PELOSO, M.J.; COSTA, J.G.C.; CABRERA DIAZ, J.L.; FARIA, J.C.; SILVA, H.T.; SARTORATO, A.; BASSINELO, P.Z.; ZIMMERMANN, F.J.P. BRS Horizonte: new bean variety of the carioca grain type. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.5, p.473-474, 2005.

MELO, C.L.P.; CARNEIRO, J.E.S.; CARNEIRO, P.C.S.; CRUZ, C.D.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. Linhagens de feijão do cruzamento 'Ouro Negro' x 'Pérola' com características agronômicas favoráveis **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.41, n.11, p.1593-1598, Brasília, Nov. 2006.

MELOTTO, M.; KELLY, J.D. SCAR markers linked to major disease resistance genes in common bean. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**. v. 41, p.64-65, 1998.

MIKLAS, P.N.; PASTOR-CORRALES, M.A.; JUNG, G.; COYNE, D.P.; KELLY, J.D.; MCCLEAN P.E.; GEPTS, P. Comprehensive linkage map of bean rust resistance genes. **Annual Report. Bean Improvement Cooperative**. v. 45, p125–129, 2002.

MSTAT-C. Michigan State University 1991 [Online]. MSTAT-C: A software program for the design, management and analysis of agronomic research experiments. Homepage: <http://www.msu.edu/~freed/mstatc.htm>.

MULAMBA, N.N.; MOCK, J.J. Improvement of yield potential of the eto blanco maize (*Zea Mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, v. 7, n. 1, p. 40-51, 1978.

NIENHUS, J.; SINGH, S. P. Combining ability analyses and relationships among yield, yield components and architectural traits in dry bean. **Crop Science**, Madison, v. 26, n. 1, p. 21-27, 1986.

NIETSCHKE, S.; BORÉM, A.; ROCHA, R.C.; CAIXETA, E. T.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. Fontes de resistência à mancha-angular do feijoeiro comum no Brasil. **Revista Ceres**. v.47, n. 273, p. 567-571, 2000.

OLIVEIRA, M.S. **Predição do Potencial Genético de populações Segregantes de Feijão Comum oriundas de Híbridos simples e Duplos**. 2003. 87f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) –Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

OLIVEIRA, G. V. **Estratificação ambiental, adaptabilidade e estabilidade de linhagens feijão**. 2004. 100f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) –Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PASTOR-CORRALES, M.A. **Recomendaciones y acuerdos del primer taller de antracnosis en América Latina**. In: PASTOR-CORRALES, M. (Ed.), *La Antracnosis del Frijol Común, Phaseolus vulgaris*, en América Latina, pp. 212–239 (Doc de trabajo, 113). CIAT, Cali. 1992.

PASTOR-CORRALES, M.A.; OTOYA, M.M.; MAYA, M.M. Diversidad de la virulencia de *Colletotrichum lindemuthianum* en Mesoamérica y la region Andina. **Fitopatología Colombiana**, Cali, v.17, p.31-38, 1994.

PAULA Jr, T. J. de; ZAMBOLIM L. Doenças In: VIEIRA, C.; PAULA Jr, T. J.; BORÉM, A. **Feijão: Aspectos Gerais e Cultura no Estado de Minas**, Ed. UFV, 1998, capítulo13, p.375-433.

PAULA Jr, T. J. de; LOBO Jr, M.; SARTORATO, A.; VIEIRA, R. F.; CARNEIRO, J. E. S.; ZAMBOLIM, L. Manejo Integrado de Doenças do Feijoeiro em Áreas Irrigadas. **Guia técnico**. 48p. Viçosa, MG. 2006.

PELICANO, I. J.; RAMALHO, M. A. P.; FIGUEIRA, A. R. Avaliação de cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*. L.) quanto a resistência ao vírus do mosaico-comum do feijoeiro. **Ciência e Prática**. Lavras, v.13, n.1, p.112-5, jan./abr. 1989.

PELOSO, M.J. Antracnose do feijoeiro no Estado de Minas Gerais-Brasil. In: PASTOR-CORRALES, M.A. **La antracnosis del frijol común, *Phaseolus vulgaris*, en América Latina**. Cali: CIAT, 1992. (Doc. de trabajo, 113).

PELOSO, M.J.; COSTA, J.G.C.; RAVA, C.A.; CARNEIRO, G.E. DE S.; SOARES, D.M.; FARIA, L.C. DE; CABRERA DIAZ, J.L.; ANTUNES, I.F.; SILVEIRA, E.P. AND MESQUITA, A.M.. Feijão Preto BRS Valente: extensão de indicação para São Paulo, Paraná e Santa Catarina. **Comunicado Técnico, 44**. Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás-GO, 2000.

PELOSO, M.J.; COSTA, J.G.C.; RAVA, C.A.; CARNEIRO, G.E. DE S.; SOARES, D.M.; CABRERA DIAZ, J.L.; FARIA, L.C. DE; ANTUNES, I.F.; SILVEIRA, E.P. AND MESQUITA, A.M. Feijão Preto é 'Valente'. **Pesquisa em Foco 48**. Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás-GO, 2001.

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

PEREIRA, H.S.; SANTOS, J.B.; ABREU, A.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, 2004.

PERIN, E.; VIEIRA, J.A.N.; LOVATO, L.F. MACHADO, M.L.S.; BERTUOL, O. **Referências Modulares para a Produção de Feijão na Região Sudoeste do Paraná**. Disponível em: http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/RM_Feij%E3o_SO.pdf. Acesso em: janeiro de 2008.

PESEK, J.; BAKER, R. J. Desired improvement in relation to selection indices. **Canadian Journal of Plant Sciences**, v. 49, p. 803-804, 1969.

PIO-RIBEIRO, G.; CHAVES, G.M. Raças fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. etMagn.) Scrib. que ocorrem em alguns municípios de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro. **Experientia**. v.19, p.95-118, 1975.

QUEIROZ, V. T.; SOUSA, C. S.; COSTA, M. R.; SANGLARD, D. A.; ARRUDA, K. M. A.; SOUZA, T. L. O.; RAGAGNIN, V. A.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. Development of SCAR markers linked to common bean angular leaf spot resistance genes. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v.47, p.237-238, 2004.

RAGAGNIN, V.A.; ALZATE-MARIN, A.L.; SOUZA, T.L.P.O.; ARRUDA,, K.M.; MOREIRA, M.A.; BARROS, E.G. de. Avaliação da resistência de isolinhas de feijoeiro a diferentes patótipos de *Colletotrichum lindemuthianum*, *Uromyces appendiculatus* e *Pseudocercospora griseola*. **Fitopatologia Brasileira**. v. 28, n.6, p.591-596, 2003.

RAGAGNIN, V.A. **Piramidação de genes de resistência à ferrugem, antracnose e mancha-angular em feijão do tipo carioca**. 2004. 79f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

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

RAMALHO, M.A.P.; PIROLA, L.H.; ABREU, A. de F.B. Alternativas na seleção de plantas de feijoeiro com porte ereto e grãos tipo carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.1989-1994, 1998.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B.; SANTOS, J. B. Melhoramento de espécies autógamas. In: RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B.; SANTOS, J. B. **Recursos genéticos e melhoramento**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. 1183 p.

RAMALHO, M.A.P. Melhoramento genético de plantas no Brasil: situação atual e perspectivas. In: **Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas**, 1, 2001, Goiânia. *Anais...* Goiânia: EMBRAPA, 2001. CDROM.

RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B.; RIGHETTO, G.H. Interação de cultivares de feijão por época de semeadura em diferentes localidades do Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, **28**(10):1183-1189, 1993.

RAMALHO, M. A. P.; FILHO, J. L. S.; ABREU, A. F. B. A Interação Safras x Cultivares No Trabalho dos Melhoristas de Feijão. In: **VII Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão (Resumos)**, UFV, Viçosa, *Anais...*, p.366- 368, 2002a.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. A.; SANTOS, J. B. Estabilidade de Linhagens de Feijão do programa de melhoramento da UFLA. In: **VII Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão (Resumos)**, UFV, Viçosa, p.369- 370, 2002b.

RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B.; CARNEIRO, J.E.S. Feijão de alta qualidade - cultivares. **Informe Agropecuário**. v.25, p.21-32, 2004.

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

RAMALHO, M.A.P., ABREU, A.F.B. Cultivares In: VIEIRA, C.; PAULA Jr, T. J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2ª. Edição atualizada e Ampliada, Ed. UFV, 2006, capítulo14, p.415-436.

RAMALHO, M.A.P. **Melhoramento genético do feijoeiro visando a resistência as doenças**. 2007. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_1/MelFeijoeiro/index.htm>. Acesso em: 9/3/2008.

RAPOSO, F. L.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Comparação de métodos de condução de populações segregantes do feijoeiro **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.10, p.1991-1997, 2000.

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

RAVA, C.; PURCHIO, A.; SARTORATO, A. Caracterização de patótipos de *Colletotrichum lindemuthianum* que ocorrem em algumas regiões produtoras de feijoeiro comum. **Fitopatologia Brasileira**. v.19, p.167-172, 1994.

REIS, J. N. P. Desempenho comercial da agricultura brasileira: os casos do feijão e do milho. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.36, n.2, fevereiro, 2006.

RIBEIRO, N.D.; POSSEBON, S.B.; STORCK, L. Progresso genético em caracteres agrônômicos no melhoramento do feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.4, p.629-633, 2003.

RIBEIRO, N.D.; CARGNELUTTI FILHO, A.; ROSA, S.S.; ANTUNES, I.F.; HOFFMANN JÚNIOR, L.; LONDERO, P.M.G. Progresso genético do rendimento de grãos e seus componentes para a cultura do feijoeiro no Estado do Rio Grande do Sul. In: **Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão (Resumos)**, VIII, 2005, Goiânia. *Anais...*, p.547-550, Goiânia: EMBRAPA, 2005a.

RIBEIRO, N. D.; LONDERO, P. M.G.; HOFFMANN JUNIOR, L.; POERSCH, N. L.; CARGNELUTTI FILHO, A. Dissimilaridade genética para teor de proteína e fibra em grãos de feijão dos grupos preto e de cor. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.11, n. 2, p. 167-173, 2005b.

ROCHA, R. B.; MURO-ABA, J. I.; ARAÚJO, E. F.; CRUZ, C. D. Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 3, p. 255-266, 2005.

SANGLARD, D.A. **Melhoramento genético do feijoeiro com ênfase na piramidação de genes de resistência à mancha-angular**. 2006. 84f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SANTOS, V. S. **Seleção de pré-cultivares de soja baseada em índices**. 2005.104f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

SANTOS, J. B.; VENCOSKY, R. Controle genético de alguns componentes do porte da planta em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 9, p. 957-963, set. 1986.

SANTOS, M. L.; BRAGA, M. J. Aspectos econômicos. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J. de; BORÉM, A. In: **Feijão**. 2ª. Edição atualizada e Ampliada, Ed. UFV, 2006, capítulo 14, p.19-40.

SARTORATO, A. Novas fontes de resistência do feijoeiro comum à mancha-angular. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, p.192-194, 2006.

SILVA, K J D; SOUZA, A; SARTORATO, A; ISHIKAWA, F H . Variabilidade patogênica e molecular entre isolados de *Colletotrichum lindemuthianum* oriundos de diferentes regiões produtoras de feijão no Brasil. In: **VIII Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão**, 8., 2005, Goiânia. *Anais...* Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. v. 1, p. 601-604.

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

SILVA, M.G.; ARF, O.; TARSITANO, M.A.A.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S. Lucratividade Operacional do Feijoeiro de Inverno em Sistemas de Produção Irrigados. In: **VIII Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão**, 8., 2005, Goiânia. *Anais...* Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. v. 1, p.884-887.

SILVA, M. G. M.; SANTOS. J. B.; ABREU, A F. B. Seleção de famílias de feijoeiro resistente à antracnose e à mancha-angular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.10, p.1499-1506, 2006.

SILVA, K. J. D. ; SOUZA, E. A.; ISHIKAWA, F. H. Characterization of *Colletotrichum lindemuthianum* Isolates from the State of Minas Gerais, Brazil. **Journal of Phytopathology**, v. 155, p. 241–247, 2007.

SMITH, H.F. A discriminant function for plant selection. **Annals of Eugenics**. v.7, p.240-250, 1936.

SOUZA, E. A.; GERALDI, I. O.; RAMALHO, M. A. P. Alternativas experimentais na avaliação de famílias em programas de melhoramento genético do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 9, p. 1765-1771, 2000.

SOUZA, T.L.P.O. **Classificação de raças fisiológicas de *Uromyces appendiculatus* e piramidação de genes de resistência ao patógeno em feijão do tipo carioca**. 2005. 113f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SOUZA, T.L.P.O.; RAGAGNINI, V.A.; SANGLARD, D.A.; MOREIRA, M.A.; BARROS, E.G. Virulence Diversity of *Uromyces appendiculatus* in Minas Gerais State, Brazil. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**. v.49, p. 227-228, 2006.

SUBANDI; COMPTON, W.A.; EMPIG, L.T. Comparison of the efficiencies of selection indices for three traits in two variety crosses of corn. **Crop Science**, v. 13, n. 2, p. 184-186, 1973.

STAVELY, J.R.; FREYTAG, G.F.; STEADMAN, J.R.; SCHWARTZ, H.F.. The 1983 bean rust workshop. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, n. 26, p. iv-vi, 1983.

STEADMAN, J.R.; PASTOR-CORRALES, M.A.; BEAVER, J.S. An overview of the 3rd bean rust and 2nd bean common bacterial blight international workshops, march 4-8, 2002, Pietermaritzburg, South Africa. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v. 45, p. 120-125, 2002.

TALAMINI, 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 produtoras de feijoeiro comum. **Summa Phytopathologica**, v. 30, p. 371-375, 2004.

TEIXEIRA, F.F.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B. Genetic control of plant architecture in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 22, n. 4, p. 577-582, 1999.

THOMAZELLA, C.; GONÇALVES-VIDIGAL, M. C.; VIDA, J.B.; VIDIGAL FILHO, P.S.; RIMOLD, F. Identification of *Colletotrichum lindemuthianum* races in *Phaseolus vulgaris* L. **Annual Report of Bean Improvement Cooperative**, v.43, p.82-83, 2000.

VENKOVSKY, R., BARRIGA, P. **Genética Biométrica no Fitomelhoramento**. Ribeirão Preto, SP: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 186p.

VIEIRA, C. Sobre a hibridação natural em *Phaseolus vulgaris* L. **Revista Ceres**, v.11, p.103-107, 1960.

VIEIRA, C. **O feijoeiro-comum: Cultura, doenças e melhoramento**. Viçosa, Imprensa Universitária, 22p, 1980.

VIEIRA, C. **Doenças e Pragas do Feijoeiro**. UFV- Viçosa, 231p. 1983.

VIEIRA, C.; BORÉM, A.; RAMALHO, M.A.P.; CARNEIRO, J.E.S. Melhoramento do Feijão In: BORÉM, A. **Melhoramento de Espécies Cultivadas**. 2ª Ed. UFV, 2005, p. 301-391.

VOYSEST, O.V. **Mejoramiento Genético Del frjol ((*Phaseolus vulgaris* L.): legado de variedades de América Latina 1930 – 1999**. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2000. 195p.

WILLIAMS, J. S. The evaluation of a selection index. **Biometrics**, v. 18, n. 3, p. 375-393, 1962.

WILLIAMS, J.G.; KUBELIK, A.R.; LIVAK, K.J.; RAFALSKI, L.A.; TINGEY, S.V. DNA polymorphism amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. **Nucleic Acids Research**. v. 18, p. 6531-6535, 1990.

YOUNG, R.A.; MELOTTO, M.; NODARI, R.O.; KELLY J.D. Marker-assisted dissection of the oligogenic anthracnose resistance in the common bean cultivar "G2333". **Theor. Appl. Genetics**. v. 96, n.1, p. 87-94, 1998.

APÉNDICES

Apêndice 1A

Médias das 20 famílias selecionadas pelo índice de discriminação distância genótipo- ideótipo (Cruz, 2006) mais genitores Ouro Negro e BRS Valente de produtividade (Prod), peso de 100 grãos (P100), mancha-angular (MA), arquitetura (Porte e Acam), reação à ferrugem em campo (Máx. geral), e em casa de vegetação (inoculação), reação à diferentes raças de antracnose, e ao vírus do mosaico-comum do feijoeiro

TRAT	Inverno/ 2006			Seca/ 2007			Arquitetura ²		<i>U. appendiculatus</i> ²		Raças de <i>C. lindemuthianum</i> ^{1,4}					Vírus
	Prod	P100	MA ¹	Prod	P100	MA ¹	PORTE	ACAM	Campo	Inoc	65	89	73	81	453	BCMV
14	2227,9	22,4	5,0	3341,0	24,4	3,7	3,4	3,4	3,0	3,2	1,4	1,0			2,4	-
16	2828,7	23,2	4,5	4499,0	28,5	4,7	4,7	4,9	1,0	2,3	4,2	1,7	1,0	1,0	3,4	12/2S
20	2733,0	22,3	6,0	3431,0	25,9	3,7	3,8	4,3	2,7	1,2	4,2	1,6	2,5	2,2	3,5	7R/1S
27	2717,7	21,4	8,0	4554,0	26,4	4,3	4,9	4,7	2,7	2,1	5,2	2,0	1,0	1,0	1,5	4R/4S
32	2357,8	21,4	5,5	3949,0	26,2	4,0	4,6	4,7	4,0	2,0	2,2	2,1	1,7	1,7	1,7	7R/1S
80	2946,4	21,0	5,5	3863,0	25,3	4,3	4,7	4,3	3,7	3,0	2,3	2,0	1,0	1,0	1,6	4R/4S
95	2577,3	22,3	5,5	4067,0	26,1	3,0	5,5	4,1	3,0	2,9	4,2	2,2		3,0	6,7	4R/3S
104	2765,8	24,4	5,5	4058,0	29,2	4,3	5,6	4,6	1,0	3,2	1,0	2,0	1,0	1,7	2,1	-
107	2812,3	23,6	5,5	3881,0	27,5	4,3	4,0	2,9	2,3	1,7	3,0	3,1	2,7	7,1	3,9	6R/4S
114	2866,7	20,4	5,5	3955,0	23,6	4,0	4,2	4,3	2,3	2,1	2,8	1,5	1,4	1,0	1,0	3R/5S
126	2161,2	21,6	5,0	3912,0	25,1	4,0	4,7	4,1	4,0	2,7	1,0	1,0	1,5	1,5	3,6	7R/1S
130	2712,3	21,6	4,5	3970,0	26,2	4,0	3,9	4,4	2,3	3,9	2,5	2,2	1,0	1,0	5,0	-
131	2622,5	21,9	3,5	4038,0	25,2	4,0	3,3	3,7	2,7	5,0	2,6	4,0			5,0	6R
140	3247,8	22,5	5,0	4153,0	24,9	3,7	3,5	4,0	1,0	2,9	6,1	1,0	1,0	1,0	1,0	4R/5S
143	2916,4	21,6	5,5	3923,0	26,8	4,0	4,1	4,7	1,3	1,0	1,7	2,0	1,0	1,0	1,0	7R/1S
150	2681,0	21,7	6,5	4754,0	25,7	5,3	3,9	4,7	3,0	1,4	5,2	5,3	1,0	5,9	5,2	4R
165	2511,5	19,9	4,5	4315,0	27,4	5,0	4,2	4,1	1,0	3,6	9,0			4,5	3,0	-
167	2992,0	20,7	5,0	4039,0	25,1	4,0	4,0	3,7	1,0	1,7	7,0	2,6	1,0	7,3	6,1	2R/2S
169	3532,1	22,2	5,5	4448,0	27,5	4,3	4,5	5,0	1,7	2,0	5,4	2,0	1,0	1,7	2,2	-
187	2714,9	21,2	6,0	4460,0	25,7	4,7	5,2	4,8	1,0	1,0	2,3	1,3	1,0	1,0	1,8	7R/1S
Ouro Negro	2754,6	25,1	6,5	4452,0	27,6	4,3	8,5	8,3	1,0	1,0	9,0	1,3	1,0	1,7	1,0	8S
BRS Valente	1457,3	18,0	4,7	3550,8	21,8	4,3	3,0	2,6	5,0	5,0	2,0	1,7	1,0	1,0	6,0	4R/4S

Continua...

Apêndice 1A. Continuação

Ki	2387,6	21,1	5,7	3909,0	25,2	4,3	5,1	4,9	3,0	3,2	4,3	-	-	-	-	-	-
DMS	711,2	2,4	1,6	1326,9	4,7	1,9	2,2	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Ki – limites para o índice livre de parâmetros (ELSTON, 1963) sendo ki mínimo para PROD e P100 e máximo arquitetura e resistência a doenças (ferrugem e antracnose)

DMS- diferença mínima significativa para o teste de Dunnett a 5% de significância.

¹ avaliação com base em uma escala de notas variando de 1 (resistente) a 9 (suscetível), de acordo com Inglis et al., (1988)

² notas variando de 1 a 9, sendo a nota 1 atribuída as plantas de porte mais ereto ou menos acamadas (padrão Supremo) e a nota 9 as plantas de porte mais ramificado ou prostrado (padrão Ouro negro).

³ grau de severidade variando de 1 a 6 (média de avaliação de 12 plantas). Genótipos com médias iguais ou superiores a 3,0 foram consideradas como suscetíveis.

⁴ grau de severidade de doença (média de avaliação de 12 plantas). Genótipos com médias iguais ou superiores a 3,6 foram consideradas como suscetíveis

⁵ relação de indivíduos Resistentes (R) e suscetíveis (S) na famílias avaliadas.