

ENOCK MONTES ASSIS DE BEM

**SELEÇÃO DE LINHAGENS DE FEIJÃO CARIOCA PARA ENSAIOS DE
VALOR DE CULTIVO E USO**

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-Graduação
em Fitotecnia, para obtenção do título de
Magister Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2012

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

B455s
2012

Bem, Enoch Montes Assis de, 1986-

Seleção de linhagens de feijão carioca para ensaios de Valor de Cultivo e Uso / Enoch Montes Assis de Bem. – Viçosa, MG, 2012.

x, 45f. : il. ; 29cm.

Orientador: José Eustáquio de Souza Carneiro.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 36-45

1. *Phaseolus vulgaris*. 2. Seleção de plantas - Melhoramento genético. 3. Plantas - Resistência a doenças e pragas. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 635.6522

ENoch Montes Assis de Bem

**SELEÇÃO DE LINHAGENS DE FEIJÃO CARIOCA PARA ENSAIOS DE
VALOR DE CULTIVO E USO**

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-Graduação
em Fitotecnia, para obtenção do título de
Magister Scientiae.

APROVADA: 31 de julho de 2012.

Pedro Crescêncio Souza Carneiro
(Coorientador)

Paulo Geraldo Berger

Marilene Santos de Lima

José Eustáquio de Souza Carneiro
(Orientador)

Aos meus pais, José Roberto e Marluce

Aos meus irmãos

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, José Roberto e Marluce, por serem imprescindíveis em minha vida e por me ensinarem que a educação é a base de um ser humano digno.

Aos meus irmãos, Erasmo, Sandrine e Mariana, pelo carinho e força que sempre me dão quando preciso.

À minha avó Maria, pelas orações e apoio constante.

Aos meus amigos pela amizade sincera e torcida.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de realizar o mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador, professor José Eustáquio, pela orientação, pelo apoio, pela confiança em mim depositada e, sobretudo, pelos ensinamentos transmitidos.

Aos professores Pedro Crescêncio e Geraldo Antônio de Andrade Araújo, pela coorientação, pelos ensinamentos, pelas críticas e sugestões que muito contribuíram para melhoria deste trabalho.

Ao professor Paulo Geraldo Berger e à Marilene Santos de Lima, pela disponibilidade em participar da banca e pelas sugestões para o enriquecimento deste trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, pelos ensinamentos, essenciais para minha formação.

Aos colegas e amigos do Programa Feijão da UFV, pela imensurável colaboração na realização deste trabalho e pelos bons momentos de descontração.

Aos funcionários das Estações Experimentais da UFV, “Prof. Diogo Alves de Melo” e de Coimbra, por todo auxílio na condução dos experimentos.

Ao Gilberto, pela amizade, disponibilidade e profissionalismo, sendo indispensável a sua ajuda na condução dos experimentos.

Enfim, a todos que por razões não menos importantes aos citados aqui, mas que sabem o quanto colaboraram para o êxito deste trabalho, meus sinceros agradecimentos e estima.

BIOGRAFIA

ENOCH MONTES ASSIS DE BEM, filho de José Roberto Assis de Bem e Marluce de Freitas Montes, nasceu na cidade de Recreio, Minas Gerais, Brasil, em 04 de fevereiro de 1986.

Em março de 2005, ingressou no curso de graduação em Agronomia na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), obtendo o título de Engenheiro Agrônomo em dezembro de 2009, em Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil.

Em agosto de 2010, iniciou o curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), submetendo-se à defesa em julho de 2012.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1. Principais objetivos no melhoramento do feijoeiro	3
2.2. Estratégias utilizadas no melhoramento do feijoeiro	8
2.3. Melhoramento de feijão carioca.....	9
2.4. Interação genótipos x ambientes	10
2.5. Índices de seleção no melhoramento de plantas	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
4. RESULTADOS	20
4.1. Análises de variância individuais e conjuntas	20
4.2. Adaptabilidade e estabilidade das linhagens.....	25
4.3. Identificação das linhagens promissoras.....	29
5. DISCUSSÃO	31
6. CONCLUSÕES	35
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

RESUMO

BEM, Enoch Montes Assis de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2012.

Seleção de linhagens de feijão carioca para ensaios de Valor de Cultivo e Uso.

Orientador: José Eustáquio de Souza Carneiro. Coorientadores: Pedro Crescêncio Souza Carneiro e Geraldo Antônio de Andrade Araújo.

O objetivo do trabalho foi avaliar e identificar linhagens de feijão carioca com potencial para compor os futuros ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) em Minas Gerais. Inicialmente foram avaliadas 69 linhagens, oriundas de cruzamentos envolvendo as linhagens elites UTF-0013, CNFC 9437, OPS-82, Carioca 1070 e GEN 12-2 e a isolinha Rudá-R, usada como fonte de resistência aos patógenos da antracnose, ferrugem e mancha angular. Os experimentos foram conduzidos na Estação Experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa em Coimbra, Minas Gerais, nas safras do inverno de 2009, e da seca e inverno de 2010. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com três repetições e parcelas de duas linhas de dois metros. Avaliaram-se a produtividade de grãos, arquitetura de plantas, aspecto de grãos e severidades de ferrugem e de mancha angular. Com base nas médias dos caracteres avaliados, 20 linhagens mais promissoras foram selecionadas e avaliadas nas safras da seca, inverno e águas de 2011, também em Coimbra, MG. O delineamento experimental e o número de repetições foram os mesmos usados anteriormente, com parcelas de três linhas de dois metros. Foram avaliados a produtividade de grãos, em todas as safras, o aspecto de grãos, nas safras da seca e de inverno, e a arquitetura de plantas e severidade de ferrugem, na safra de inverno. O

tempo de cocção foi avaliado utilizando grãos colhidos no experimento do inverno de 2010. A avaliação das severidades de antracnose (raças 65 e 453) e de mancha angular (raça 31.17), foi realizada em condições controladas, sob inoculação. Foram realizadas as análises de variância individuais e conjuntas da produtividade de grãos, arquitetura de plantas, aspecto de grãos e severidade de ferrugem. Baseado na adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos, pelo método do centróide, e no índice de seleção da distância genótipo-ideótipo, oito linhagens foram identificadas como promissoras para composição dos futuros Ensaios de Valor de Cultivo e Uso de feijão carioca em Minas Gerais: seis com adaptabilidade geral, uma com adaptabilidade a ambientes favoráveis e uma com adaptabilidade a ambientes desfavoráveis. O índice de seleção da distância genótipo-ideótipo mostrou-se promissor para fins de seleção de linhagens de feijoeiro.

ABSTRACT

BEM, Enoch Montes Assis de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July 2012.

Selection of carioca bean lines for value of cultivation and use assays. Adviser: José Eustáquio de Souza Carneiro. Co-advisers: Pedro Crescêncio Souza Carneiro and Geraldo Antônio de Andrade Araújo.

The objective of this work was evaluating and identifying Carioca bean lines with potential to compose the future value for Cultivation and Use (VCU) assays in Minas Gerais. Initially, 69 lines coming from crosses involving the elite lines UTF-0013, CNFC 9437, OPS-82, Carioca 1070 and GEN 12-2 and isoline Rudá-R, used a source of resistance to pathogens of anthracnose, rust and angular leaf spot, were used. The experiments were conducted in the Experimental Station of the Federal University of Viçosa Crop Science Department (Estação Experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa) at Coimbra, Minas Gerais, in the crops of winter of 2009 and of drought and winter of 2010. The randomized block design with three replications and plots of two rows of two meters was employed. Grain yield, plant architecture, grain appearance and rust and angular leaf spot severity were evaluated. On the basis of the evaluated traits, 20 most promising lines were selected and evaluated in the crops of drought, winter and rains of 2011, also at Coimbra, MG. The experimental design and number of replications were the same used previously, with plots of three rows of two meters. Grain yield in all the crops, grain aspect and the plants' architecture and rust severity in the winter crop were evaluated. The cooking time was evaluated by utilizing grains collected in the 2010 winter experiment. The

evaluation of the severities of anthracnose (races 65 and 453) and of angular leaf spot (race 31.17) was conducted under controlled conditions under inoculation. The individual and pooled analyses of variance of grain yield, plant architecture, grain aspect and rust severity were performed. Based upon the availability and stability of grain yield, by the centroid method and upon the genotype- ideotype distance selection index, eight lines were identified as promising to make-up of the future Value of Cultivation and use of Carioca bean in Minas Gerais: six with general adaptability, one with adaptability to favorable environments and one with adaptability to unfavorable environments. The genotype-ideotype distance selection index proved promising to selection purposes of bean plant lines.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial do feijão *Phaseolus vulgaris* L., com uma área cultivada de aproximadamente quatro milhões de hectares (CONAB, 2012), entretanto possui uma das menores médias mundiais de produtividade, cerca de 900 kg/ha (CONAB, 2012). A ocorrência de doenças é uma das explicações pelo baixo rendimento do feijoeiro no Brasil. Entre elas, a antracnose, causada por *Colletotrichum lindemuthianum*, a ferrugem, causada por *Uromyces appendiculatus*, e a mancha angular, causada por *Pseudocercospora griseola*, merecem maior atenção pelos danos provocados e pela alta variabilidade patogênica dos fungos (PAULA JR. & ZAMBOLIM, 2006).

Diversas tecnologias podem ser utilizadas para aumentar a produtividade do feijoeiro. Entre elas, cultivares melhoradas é uma das principais, pois é de fácil acesso e de baixo custo, considerando os benefícios que elas proporcionam. Assim, iniciativas no sentido de obter linhagens que reúnam o maior número possível de fenótipos favoráveis são extremamente importantes.

Entre as diversas estratégias utilizadas para o controle de doenças, o uso de cultivares resistentes destaca-se como uma das mais eficientes. Neste sentido, trabalhos desenvolvidos no Instituto de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária - Bioagro por Alzate-Marin et al. (2005) levaram à introgressão de vários alelos de resistência aos patógenos da antracnose, ferrugem e mancha angular em feijão do tipo carioca, mais especificamente na cultivar Rudá (isolinha Rudá-R). Esta isolinha tem sido utilizada como fonte em cruzamentos visando à incorporação de alelos de resistência a patógenos em linhagens elite e cultivares comerciais de feijoeiro.

Outros caracteres, como arquitetura da planta, produtividade e o aspecto dos grãos, também têm recebido grande ênfase nos programas de melhoramento do feijoeiro. Em relação à arquitetura, os melhoristas visam à obtenção de plantas eretas, que apresentam várias vantagens, como maior facilidade nos tratos culturais e possibilidade de colheita mecânica. Segundo Ramalho & Abreu (2006), para o feijão do tipo carioca, o mais cultivado e consumido no Brasil, a preferência tem sido por grãos de tegumento opaco, cor creme com rajas marrom-claras, fundo claro e tamanho médio (23 a 25 g por 100 grãos).

No Brasil, apesar de serem produzidos e consumidos diferentes tipos de feijão, o de maior importância é o feijão do tipo carioca. Atualmente, este tipo de feijão é consumido na maioria das regiões do país, mais especificamente nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás/Distrito Federal, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Pode-se dizer também que, em praticamente todos os estados da federação, há algum consumo de feijão “carioca”. A cultivar Pérola, de grãos tipo carioca, é considerada padrão quanto ao aspecto de grãos e produtividade, sendo a mais cultivada no país. Entretanto, apresenta suscetibilidade às principais raças de *C. lindemuthianum* e *U. appendiculatus*, predominantes nas regiões produtoras de Minas Gerais (LANZA et al., 1997; FALEIRO et al., 2001). A obtenção de novas cultivares de feijão que substituam com vantagens as já existentes tem sido um desafio constante nos programas de melhoramento do feijoeiro. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar e identificar linhagens de feijoeiro com potencial para compor os futuros ensaios de Valor de Cultivo e Uso de grãos tipo carioca, visando à recomendação de novas cultivares no Estado de Minas Gerais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Principais objetivos no melhoramento do feijoeiro

A obtenção de novas cultivares de feijão, que substituam com vantagens as já existentes, tem sido um desafio constante nos programas de melhoramento do feijoeiro. A identificação de novas cultivares de feijão que atendam aos objetivos dos agricultores e consumidores envolve atividades de pesquisa que demandam dedicação e, sobretudo, continuidade (RAMALHO & ABREU, 2006). O melhoramento genético do feijoeiro no Brasil é realizado principalmente por empresas públicas, concentrando-se no Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Alguns objetivos são comuns aos programas, destacando-se o aumento da produtividade e a resistência a doenças, mas outras características têm despertado o interesse dos melhoristas, tais como tolerância à seca e arquitetura de planta mais apropriada à colheita mecanizada (VIEIRA et al., 2005).

A manutenção e o incremento da capacidade produtiva são o objetivo de qualquer programa de melhoramento. Deste modo, a produtividade de grãos é o caráter mais importante no processo seletivo. De modo geral, os programas de melhoramento desenvolvidos no Brasil têm obtido ganhos genéticos satisfatórios (MATOS et al., 2007; CHIORATO, 2010). Porém, algumas dificuldades são observadas nesse sentido, entre elas a produtividade de grãos ser um caráter governado por muitos genes, em que a influência ambiental é muito acentuada, refletindo-se em baixas estimativas de herdabilidade (BADAN, 1999; LANA et al., 2003).

O aspecto do grão também é de grande importância para a aceitação de uma nova cultivar. Esta característica envolve a cor do tegumento, o brilho, o tamanho e a

forma dos grãos (VIEIRA et al., 2005). À exceção do feijão vermelho consumido na Zona da Mata Mineira, a preferência é por feijões de tegumento opaco. Tem-se constatado que essa é uma característica que apresenta alta herdabilidade (PEREIRA et al., 2004; BALDONI et al., 2006), portanto, permite-se antever sucesso com a seleção precoce. Além disso, há relatos na literatura de que seja uma característica pouco influenciada pela variação ambiental (PEREIRA et al., 2004; BALDONI et al., 2006; SILVA et al., 2006). Esse fato, associado à alta estimativa de herdabilidade para a característica em questão, prevê sucesso no processo seletivo. Em muitos casos, recomenda-se que a seleção para esse caráter seja iniciada nas gerações iniciais (SANTOS et al., 2001; SILVA, 2009).

O feijão do tipo carioca apresenta cor creme com rajas marrons e peso de 100 grãos variando de 23 a 25 g. Apesar de várias cultivares com esse tipo de grão terem sido obtidas pelos programas de melhoramento, algumas já saíram do mercado pelo fato de detalhes de cor e tamanho do grão restringirem sua comercialização (RAMALHO & ABREU, 2006).

O porte ereto das plantas do feijoeiro é outro caráter que também tem merecido grande atenção dos melhoristas. Essa característica proporciona ao agricultor vantagens como facilidade nos tratos culturais e possibilidade de colheita mecânica (RAMALHO & ABREU, 2006). Outra vantagem é a redução de perdas na colheita pelo 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 seu desenvolvimento (COYNE, 1980 citado por RAMALHO & ABREU, 2006; KOLKMAN & KELLY, 2003; PAULA JR. & ZAMBOLIM, 2006; SILVA et al., 2006). No entanto, as plantas eretas são menos produtivas quando comparadas com as plantas de porte mais prostrado, sendo recomendado para contornar esse problema o plantio mais adensado das cultivares eretas (SHIMADA et al., 2000; BEZERRA et al., 2001), mas com essa prática é perdida uma das principais vantagens do porte ereto - a redução da severidade de doenças como o mofo branco.

Fatores ambientais exercem grande influência na expressão da arquitetura, o que tem dificultado a seleção de plantas de porte ereto. Collicchio et al. (1997) avaliaram o porte na safra das águas e verificaram um aumento nas notas atribuídas ao porte em relação às safras de inverno e da seca. Isto é esperado porque o feijoeiro apresenta maior desenvolvimento vegetativo na presença de umidade e temperatura altas.

Apesar da dificuldade de se obterem plantas eretas, linhagens de feijão carioca com bom porte têm sido obtidas. Entretanto, muitas dessas linhagens deixam a desejar em termos de características dos grãos, especialmente quanto ao tamanho (RAMALHO & ABREU, 2006). A princípio, isto indica uma possível associação genética entre o tamanho dos grãos e o porte da planta, porém, vários autores têm demonstrado que os genes envolvidos no controle genético do porte da planta não estão ligados aos genes envolvidos no controle genético do tamanho dos grãos e não ocorre pleiotropia. Desta forma, não haveria restrição em se obterem plantas eretas com qualquer tamanho de grãos (KORNEGAY et al., 1992; BROTHERS & KELLY, 1993; COLLICHIO et al., 1997).

Um objetivo comum à maioria dos programas de melhoramento de feijão no Brasil é a resistência a doenças, especialmente aquelas da parte aérea. Entre as doenças de maior importância da parte aérea do feijoeiro, destacam-se três de origem fúngica: antracnose, ferrugem e mancha angular. A mancha angular, causada pelo fungo *Pseudocercospora griseola* (Sacc.) Crous & U. Braun (BRAUN & CROUS, 2006) era considerada de pequena importância econômica no estado de Minas Gerais até o final da década de 80. Segundo Vieira (1988), a doença não causava danos apreciáveis porque só aparecia no final do ciclo da cultura. Entretanto, atualmente a mancha angular tem sido apontada como a mais importante doença da parte aérea do feijoeiro, uma vez que aparece logo no início do ciclo da cultura, principalmente nos plantios da “seca”, quando temperaturas amenas e ocorrência de orvalho são observadas nas principais regiões produtoras (PAULA JR. & ZAMBOLIM, 2006). O patógeno provoca lesões em folhas, vagens, ramos e pecíolos e pode causar grave desfolhamento (JESUS JÚNIOR et al., 2003). Sem controle adequado da doença, as perdas podem chegar a 70% da produção (SARTORATO & RAVA, 1992), dependendo da suscetibilidade das cultivares e das condições ambientais (REIS-PRADO et al., 2006).

A variabilidade patogênica de *P. griseola* tem sido estudada por vários autores, indicando grande variabilidade dos isolados desse patógeno em diferentes regiões. Mais de 50 patótipos já foram identificados na América Latina (PASTOR-CORRALES & JARÁ, 1995; PASTOR-CORRALES & PAULA JR., 1996; NIETSCHE, 1997; APARÍCIO, 1998; NIETSCHE et al., 1999; SARTORATO, 2001). Trabalhos de grande importância sobre a diversidade genética de *P. griseola* e sua coevolução com o feijoeiro na América Latina foram desenvolvidos por Pastor-Corrales & Jará (1995). Os resultados obtidos com esses trabalhos confirmam a grande diversidade de *P. griseola*

na América Latina e a separação dos fenótipos de virulência em dois grupos: andinos e mesoamericanos.

O cultivar Ouro Negro (Honduras 35), possuidor de um gene de resistência à mancha angular, provisoriamente denominado de *Phg-ON*, pelo fato de ainda não ter sido caracterizado, tem sido uma das fontes de resistência a *P. griseola* de maior espectro perante as raças já caracterizadas (SARTORATO, 2006; SANGLARD et al., 2009).

A antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum lindemuthianum* (SACC. & MAGNUS) Scrib., é uma das doenças mais importantes da cultura do feijão. A doença tem sua origem, geralmente, na utilização de sementes contaminadas ou na presença de restos culturais infectados, podendo causar grandes perdas de produção (WORDELL FILHO & STANDNIK, 2008). Os danos por ela ocasionados são tanto maiores quanto mais precoce for o seu aparecimento na lavoura, podendo atingir 100% das sementes quando semeadas em condições de ambiente favorável à doença, merecendo especial destaque tanto pela frequência com que ocorre como pela magnitude dos danos que ocasiona. Essa doença afeta, em todo o mundo, as cultivares suscetíveis estabelecidas em locais com temperaturas moderadas e alta umidade relativa (BIANCHINI et al., 2005). No Brasil, é prevalente nos principais estados produtores como Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Bahia.

Uma das dificuldades no controle da antracnose é a existência de grande número de raças do patógeno. No Brasil, já foram identificadas 50 raças fisiológicas (RAVA et al., 1994; BALARDIN et al., 1997; CARBONELL et al., 1999; THOMAZELLA et al., 2000; ALZATE-MARIN & SARTORATO, 2004; MAHUKU & RIASCOS, 2004; TALAMINI et al., 2004). As raças de maior frequência no Brasil são 64, 65, 73, 81, 87 e 89. Silva et al. (2007) identificaram dez patótipos a partir de 48 isolados coletados no estado de Minas Gerais, tendo sido os patótipos 65, 81 e 73 os mais frequentes.

Mecanismos de resistência a *C. lindemuthianum* têm sido identificados em feijoeiro comum, mostrando que níveis de resistência genética extremamente altos estão sob o controle de um ou poucos genes maiores (PASTOR-CORRALES et al., 1994; ALZATE-MARIN, 1996; ARRUDA, 1998; YOUNG et al., 1998). No Brasil, o controle da antracnose, utilizando resistência genética, tem sido feito por meio da transferência de alelos presentes em cultivares como Cornell 49-242, México 222, TO, TU, PI 207262, AB 136, Ouro Negro, G2333 e Kaboon.

A maioria dos alelos de resistência ao *C. lindemuthianum* já foi identificada por marcadores moleculares estreitamente associados a eles (YOUNG & KELLY, 1997; YOUNG et al., 1998; SILVA, 2000; ALZATE-MARIN et al., 2001). Desse modo, a seleção assistida por marcadores moleculares tem sido uma importante ferramenta no melhoramento visando à resistência a esse patógeno.

A ferrugem causada pelo fungo *Uromyces appendiculatus* (Pers.:Pers.) Unger [sin. *U. phaseoli* (Reben) Wint.], dependendo das condições climáticas, do estágio de desenvolvimento das plantas e do uso de cultivares suscetíveis, pode ocasionar severos prejuízos à produção do feijoeiro (JESUS JÚNIOR et al., 2001). Temperaturas moderadas (17 a 22°C) e molhamento foliar durante períodos superiores a oito horas contínuas são condições que favorecem o progresso da doença (SILVA, 1992). Assim, a partir de 1980, com o cultivo de feijão de inverno sob condições irrigadas, principalmente na região do Brasil Central, a ferrugem passou a ser uma preocupação a mais para os produtores (VIEIRA et al., 2005).

As plantas afetadas por esse fungo apresentam redução no crescimento e na área foliar verde (SILVA, 1997). Esse mesmo autor observou redução da área foliar verde em 0,5%, em decorrência das lesões, e do crescimento das plantas em 18%. Nas folhas com ferrugem, ocorre redução da assimilação líquida de CO₂ (BASSANEZI et al., 2001) e da taxa fotossintética (JESUS JÚNIOR et al., 2001; BASSANEZI et al., 2001; LOPES & BERGER, 2001), o que acarreta diminuição da produção do feijoeiro (JESUS JÚNIOR et al., 2001). A queda prematura das folhas não tem sido relatada na literatura (SILVA, 1997; COELHO, 2000; JESUS JÚNIOR et al., 2001; BASSANEZI et al., 2001). A ferrugem do feijoeiro frequentemente afeta folhas, mas também pode ser encontrada em vagens, ramos e todas as partes verdes das plantas de feijão. Após 10-12 dias da infecção, são observados os sintomas típicos da doença, caracterizados por pústulas de 1-2 mm de diâmetro, com abundante produção de uredósporos, comumente circundados por halo clorótico (VIEIRA, 1988; BIANCHINI et al., 2005).

São vários os trabalhos relacionados à diversidade genética do fungo *U. appendiculatus*. Mora-Núñez et al. (1992) identificaram 53 patótipos de ferrugem a partir de 80 isolados monopustulares coletados em oito estados brasileiros (SC, PR, SP, RJ, MG, ES, GO e PE) e apenas quatro deles foram encontrados em mais de um estado. Faleiro et al. (1999) identificaram treze patótipos a partir de quinze isolados coletados em diferentes municípios em Minas Gerais e demonstraram a existência de patótipos

diferentes em uma mesma folha, confirmando a alta variabilidade genética do patógeno por meio de marcadores moleculares.

De acordo com trabalhos realizados por Faleiro et al. (1999 e 2001) e Souza et al. (2003), cultivares de feijoeiros como Carioca, Pérola, Rudá e Talismã se mostraram suscetíveis quando inoculados com patótipos predominantes nos municípios mineiros de Coimbra, Lavras, Lambari e Patos de Minas. Faleiro et al. (2001) inocularam 17 cultivares de feijoeiro recomendadas para plantio em Minas Gerais com cinco patótipos de *U. appendiculatus* e verificaram que a maioria se mostrou suscetível a pelo menos três dos cinco patótipos testados.

A cultivar Ouro Negro, portadora do gene de resistência à ferrugem Ur-ON, assim provisoriamente denominado pelo fato de não ter sido ainda completamente caracterizado, é a fonte de resistência mais utilizada no Brasil (FALEIRO et al., 2004). A cultivar Ouro Negro tem se mostrado resistente a todos os patótipos de *U. appendiculatus* identificados em Minas Gerais (FALEIRO et al., 1999; RAGAGNIN et al., 2003; SOUZA et al., 2007) e moderadamente resistente a populações do patógeno amostradas em Goiás, Bahia, Paraná e São Paulo (RIOS et al., 2001).

2.2. Estratégias utilizadas no melhoramento do feijoeiro

O melhoramento genético está intimamente relacionado à variabilidade genética, que tem papel fundamental nos programas de cruzamento e seleção de genótipos melhorados. Nesse sentido, pode-se utilizar a variabilidade natural já disponível ou criar uma variabilidade. O uso de variabilidade natural como estratégia para obtenção de novas cultivares é muito comum no melhoramento de plantas, especialmente em programas novos, ainda não muito bem consolidados. Por meio dessa estratégia, várias cultivares de feijão introduzidas do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) foram recomendadas no Brasil, como a Ouro Negro, principalmente, nas décadas de 1980 e 1990 (VOYSEST, 2000).

A seleção de linhas puras é outra estratégia que aproveita a variabilidade natural. Como o feijoeiro é cultivado em quase todo o país, e em grande parte por pequenos produtores que utilizam seus próprios grãos como semente para o próximo plantio, espera-se que haja variabilidade no material cultivado. Essa variabilidade provavelmente advém de mutações, misturas mecânicas e cruzamentos naturais

(RAMALHO et al., 2001). Um exemplo, de grande sucesso, obtido por meio da seleção de linhas puras é a cultivar Carioca (ALMEIDA et al., 1971).

Porém, no melhoramento do feijoeiro, a estratégia mais utilizada é a hibridação, em que se explora a variabilidade por meio de cruzamentos artificiais. De acordo com Ramalho et al. (1993), no melhoramento do feijão, a hibridação entre cultivares e linhagens constitui importante parcela da pesquisa, possibilitando a recombinação da variabilidade existente, produzindo cultivares adaptadas aos mais diversos ambientes. No entanto, devido ao grande número de genótipos disponíveis, a grande dificuldade está na escolha dos mais promissores para genitores nos programas de melhoramento, permitindo assim a criação de populações segregantes potencialmente superiores. Além de suas características próprias, é interessante, também, conhecer a capacidade combinatória dos genótipos a serem empregados. Define-se a capacidade combinatória, ou de combinação, como a capacidade que tem uma cultivar de produzir híbridos superiores quando em cruzamentos. Segundo Allard (1999), no planejamento de um programa de melhoramento de plantas, é interessante considerar a variedade a ser produzida como uma substituição de alguma variedade que já vem sendo cultivada. Desta forma, quase sem exceção, um dos pais é escolhido em função do seu comportamento comprovado nas áreas onde se pretende usar a nova variedade. O outro genitor é escolhido para complementar deficiências específicas do primeiro genitor. O mesmo autor comenta ainda que a recombinação destes genótipos possa levar, em algumas ocasiões, à produção de fenótipos desejáveis inexistentes em quaisquer dos pais. Entretanto, existe maior possibilidade de sucesso quando são escolhidos os pais que apresentam entre si os fenótipos desejados na nova variedade.

2.3. Melhoramento de feijão carioca

Até meados da década de 1970, tradicionalmente eram cultivados no Brasil feijões com tegumento de coloração única, sendo exemplos o rosinha, roxinho, jalo, amarelos e pretos. Os feijões de tegumento bicolor, como os rajados e pintados, eram de pouca expressão. O caráter tegumento bicolor, típico do feijão carioca, nunca tinha sido antes identificado ou considerado material interessante para cultivo até meados da década de 1960 quando, nos municípios de Ibirarema e Palmital-SP, amostras foram selecionadas em lavouras de ‘chumbinho opaco’ de cultivo comum na época, na região. Este material, após comprovado seu potencial produtivo, foi recomendado pelo Instituto

Agrônomo de Campinas (IAC) como variedade “Carioca” (ALMEIDA et al., 1971). Esta cultivar, 30% mais produtiva do que os outros tipos de feijão na época, revolucionou o cultivo no país com profundas alterações nos padrões de grãos produzidos e consumidos no Brasil (ALMEIDA, 2000). Segundo Del Peloso & Melo (2005), o feijão do tipo carioca representou cerca de 70% do mercado consumidor brasileiro em 2004. Em função da grande aceitação do feijão do tipo carioca, os programas de melhoramento passaram a dar ênfase a esse tipo de grão.

Entre os principais programas de melhoramento de feijão no país, estão os conduzidos pela Embrapa Arroz e Feijão, Universidades Federais de Viçosa (UFV) e de Lavras (UFLA), Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar), Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), Embrapa Clima Temperado, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig) (VIEIRA et al., 2005) e pela FT Pesquisa e Sementes, única empresa privada do setor. Como resultado deste esforço conjunto, diversas cultivares de grãos do tipo carioca foram recomendadas, a maioria com vantagens em termos de produtividade e resistência a doenças em relação à cultivar Carioca. Contudo, algumas não foram bem aceitas, culminando com sua saída do mercado após alguns anos de cultivo, pois detalhes de cor, tamanho e forma do grão restringiram sua comercialização (RAMALHO & ABREU, 2006). A cultivar Pérola, recomendada em 1995, apesar de apresentar suscetibilidade a *C. lindemuthianum* e *U. appendiculatus*, estabeleceu-se no mercado pelo seu excelente aspecto de grão, tornando-se a mais cultivada no país.

No estado de Minas Gerais, o melhoramento do feijão do tipo carioca é feito pela Embrapa Arroz e Feijão, UFV, UFLA e Epamig. Essas instituições, em conjunto, trabalham visando à recomendação de cultivares através de avaliações de linhagens por meio de ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU). No âmbito do convênio UFLA/UFV/Embrapa/Epamig, foram lançadas três cultivares de feijão do tipo carioca: a cultivar BRSMG Talismã (RAMALHO et al., 2004), a cultivar BRSMG Majestoso (ABREU et al., 2006) e a cultivar BRSMG Madrepérola (CARNEIRO et al., 2011).

2.4. Interação genótipos x ambientes

O valor fenotípico de um indivíduo, quando avaliado em um ambiente, é o resultado da ação do efeito genotípico associado ao meio em que cresce. No entanto, ao avaliar o mesmo indivíduo em vários ambientes, surge, frequentemente, um

componente adicional denominado interação entre os efeitos genotípicos e os ambientais que influencia seu valor fenotípico (CRUZ & CARNEIRO, 2006).

O processo de seleção de genótipos é frequentemente conduzido avaliando-se o desempenho dos genótipos em diferentes ambientes (ano, local, época de semeadura). Contudo, a decisão de lançamento de novas cultivares normalmente é dificultada pela ocorrência da interação genótipos x ambientes.

A interação genótipos x ambientes ocorre quando há respostas diferenciadas dos genótipos testados em diferentes ambientes. Ela pode ser simples, quando proporcionada pela diferença de variabilidade entre genótipos nos ambientes, e complexa, quando denota a falta de correlação entre medidas de um mesmo genótipo em ambientes distintos e indica haver inconsistência entre a superioridade de genótipos e a variação ambiental (ROBERTSON, 1959). Apenas quando atribuída a esta última causa é que a interação proporcionará dificuldades no melhoramento (RAMALHO et al., 1993; CRUZ et al., 2004). Para Falconer & Mackay (1996), quando a correlação está presente, a variância fenotípica é acrescida de duas vezes o valor da covariância dos desvios do ambiente. A correlação baixa indica que o genótipo superior em um ambiente, normalmente, não terá o mesmo desempenho em outro ambiente.

Por ser uma espécie com ciclo anual e desenvolvimento precoce, o feijão é mais sensível às variações ambientais (ROSSE & VENCOSKY, 2000). Assim, alterações nas condições climáticas podem provocar mudanças acentuadas nos caracteres do feijoeiro. Na maior parte do Brasil, as épocas de semeadura do feijoeiro podem ser divididas em três: safra das águas, com semeadura entre setembro e novembro, sem irrigação; safra da “seca”, semeada entre janeiro e março, com irrigação opcional; e safra do inverno, semeada de abril a julho, em que a irrigação é indispensável.

Estudos sobre a interação genótipos x ambientes, apesar de serem de grande importância para o melhoramento, não proporcionam informações pormenorizadas sobre o comportamento de cada genótipo frente às variações ambientais. Para tal objetivo, são conduzidas análises de adaptabilidade e estabilidade que permitem identificar cultivares de desempenho previsível e que sejam responsivas às variações ambientais, seja em condições específicas ou amplas (CRUZ et al., 2004).

Atualmente, há diversas metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade destinadas à avaliação do desempenho genotípico (CRUZ & CARNEIRO, 2006). Como exemplos, podem ser citados os métodos de Plaisted & Peterson (1959) e Annicchiarico (1992), que se baseiam na análise de variância, e os métodos de Finlay &

Wilkinson (1963) e Eberhart & Russell (1966), que têm como princípio estatístico a análise de regressão linear simples. Métodos não paramétricos, como aqueles desenvolvidos por Lin & Binns (1988), Carneiro (1998) e Rocha et al. (2005), também são utilizados.

O método centróide (ROCHA et al., 2005) é não paramétrico e tem como objetivo facilitar a recomendação de genótipos, pois permite o direcionamento dos genótipos em relação à variação ambiental, dispensa a análise de vários parâmetros, como a que ocorre nos métodos baseados em regressão, e não leva à duplicidade de interpretação observada na metodologia de Lin & Binns (1988). Este método consiste na comparação de valores de distância cartesiana entre os genótipos e quatro referências ideais (ideótipos), criados com base nos dados experimentais para representar os genótipos de máxima adaptabilidade geral, máxima adaptabilidade específica a ambientes favoráveis ou desfavoráveis e os genótipos de mínima adaptabilidade.

2.5. Índices de seleção no melhoramento de plantas

Os índices de seleção são uma técnica multivariada que associa as informações relativas a vários caracteres de interesse agrônômico com as propriedades genéticas da população avaliada. Com os índices de seleção, cria-se um valor numérico que funciona como caráter adicional, teórico, resultante da combinação de determinados caracteres escolhidos pelo melhorista, sobre os quais se deseja exercer a seleção simultânea (CRUZ & REGAZZI, 1994). Os índices de seleção foram propostos por Smith (1936), sendo sua eficiência na seleção simultânea de características superior ao método *tandem*, em que a seleção é feita em uma característica de cada vez, e ao método dos níveis independentes de eliminação, no qual se estabelece um nível, máximo ou mínimo, e a seleção é feita entre os indivíduos que se encontram entre esse nível e o nível desejado (HAARMAN et al., 1993).

Os índices de seleção foram inicialmente propostos para a seleção simultânea de diversos caracteres e, por requererem a obtenção de estimativas de variância e covariâncias, são mais apropriados para programas de seleção recorrente. Posteriormente, foram desenvolvidos outros índices, que, por não requererem o conhecimento de tais estimativas, podem ser aplicados tanto em programas de seleção recorrente, como para a seleção de genótipos já fixados, como clones, linhagens e híbridos. Nos programas de melhoramento de autógamas, 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 com base nos fenótipos parecem melhor contemplar o objetivo de seleção do feijoeiro.

Diferentes índices identificam, de maneira rápida e eficiente, genótipos mais adequados para os propósitos do melhorista. Como atualmente já se dispõe de recursos computacionais e aplicativos adequados à estimação desses índices, sua obtenção é operacionalmente simples, inexistindo razão para que não sejam utilizados (SANTOS & ARAÚJO, 2001; SANTOS, 2005).

Na literatura, encontram-se descritas dezenas de metodologias de índice de seleção (CRUZ et al., 2004; CRUZ & CARNEIRO, 2006). Como exemplos, podem ser citados os índices de Pesek & Baker (1969), com base nos ganhos desejados; o índice proposto por Tai (1977), que divide os caracteres em primários e secundários; o índice base (WILLIAMS, 1962), que estabelece pesos e pondera diretamente os valores fenotípicos médios dos caracteres; o índice com base na soma de postos ou *ranks* (MULAMBA & MOCK, 1978); o índice multiplicativo (SUBANDI et al., 1973); o índice da distância genótipo-ideótipo (CARVALHO et al., 2002); e o índice Z (MENDES et al., 2009), com base no somatório de variáveis padronizadas, entre outros.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos de campo foram conduzidos na Estação Experimental de Coimbra – Coimbra/MG, 690 m de altitude, 20° 45' S de latitude e 42° 51' W de longitude, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

As linhagens avaliadas são provenientes do programa de introgressão de alelos de resistência aos patógenos da antracnose, mancha angular e ferrugem em cultivares comerciais e linhagens elite de feijão. Como fonte de resistência, foi utilizada a linhagem Rudá-R, oriunda do programa de “piramidação” do Instituto de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária (Bioagro). Inicialmente foram avaliadas 69 linhagens - UTF-0013 x Rudá-R (32 linhagens), CNFC 9437 x Rudá-R (20 linhagens), OPS-82 x Rudá-R (8 linhagens), Carioca 1070 x Rudá-R (7 linhagens) e GEN 12-2 x Rudá-R (2 multilinhas) e 12 testemunhas - oriundas de cinco populações segregantes de feijão do tipo carioca, nas safras de inverno de 2009 e seca e inverno de 2010, no delineamento em blocos casualizados, com três repetições. As parcelas foram constituídas de duas linhas de 2m, com 12 sementes por metro e espaçamento entre linhas de 0,5m. Nas três safras, foram avaliados a produtividade de grãos, a arquitetura de plantas e o aspecto de grãos. A severidade de ferrugem foi avaliada no inverno de 2009 e 2010, e a severidade de mancha angular, somente na safra do inverno de 2009.

As 20 linhagens mais promissoras, selecionadas com base na análise conjunta dos experimentos referidos anteriormente, foram avaliadas nas safras da seca, inverno e águas de 2011, no delineamento em blocos casualizados, com três repetições. As parcelas eram constituídas por três linhas de 2m, espaçadas de 0,5 metros, com 12

sementes por metro. A produtividade foi avaliada nas três safras. O aspecto de grãos foi avaliado nas safras da seca e do inverno. A severidade de ferrugem foi avaliada somente na safra do inverno. O tempo de cocção foi avaliado com os grãos oriundos do experimento do inverno de 2010. A avaliação da reação a *Colletotrichum lindemuthianum* e *Pseudocercospora griseola* foi feita sob condições de inoculação artificial.

Os tratos culturais adotados em todos os experimentos referidos foram aqueles recomendados para a cultura do feijoeiro na região. Na adubação de plantio, foram utilizados 350 kg/ha da fórmula 8-28-16 e, 25 dias após a emergência das plantas, 150 kg/ha de sulfato de amônio em cobertura. Nas safras do inverno de 2009, 2010 e 2011, os experimentos foram mantidos sob irrigação convencional por aspersão.

A arquitetura de planta foi avaliada por meio de escala de notas, segundo Collicchio et al. (1997), em que: nota 1 - planta do tipo II, ereta, com uma haste e com inserção alta das primeiras vagens; nota 2 - planta do tipo II, ereta e com algumas ramificações; nota 3 - planta do tipo II ou III, ereta, com muitas ramificações e tendência a prostrar-se; nota 4 - planta do tipo III, semiereta e medianamente prostrada; e nota 5 - planta do tipo III, com entrenós longos e muito prostrada.

Na avaliação do aspecto dos grãos, utilizou-se uma escala de cinco notas, semelhante à proposta por Ramalho et al. (1998a), em que: nota 1, refere-se ao grão padrão carioca (cor creme com estrias marrom-claras, fundo claro, halo creme, peso médio de 100 sementes de 22 a 24 g e não achatado) e nota 5, grãos totalmente fora do padrão carioca. Vale salientar que para avaliação do aspecto de grãos foi adotado o delineamento de blocos ao acaso, com três repetições, sendo cada repetição representada por um avaliador.

A severidade de ferrugem foi avaliada visualmente por meio de escala com notas de 1 a 6, conforme proposto por Stavely et al. (1983). As linhagens ou testemunhas que receberam notas menores ou iguais a 3 foram consideradas resistentes e as que receberam notas superiores a 3, suscetíveis. Esta classificação em resistente se baseia na ausência de esporulação do fungo.

Foram inoculadas duas raças de *C. lindemuthianum* (65 e 453) e uma de *P. griseola* (31.17) para avaliação da severidade de antracnose e mancha angular, respectivamente. As inoculações foram realizadas em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Fitotecnia da UFV. A casa de vegetação possui sistema automático de resfriamento e de irrigação. Após as inoculações, o painel de controle foi ajustado para

que o sistema de irrigação fosse ativado durante um minuto a cada hora. O sistema de resfriamento era ativado automaticamente sempre que a temperatura interna ultrapassava 25°C e desligado quando a temperatura retornava a esse patamar.

Para a antracnose, o inóculo de cada raça fisiológica foi multiplicado em vagens esterilizadas e parcialmente imersas em meio ágar-ágar dentro de tubos de ensaio. Os tubos com o inóculo foram incubados por aproximadamente 10 dias em BOD a 24°C para a produção dos conídios. Estes conídios foram inoculados em plântulas de cada tratamento, sendo que as sementes foram pré-germinadas em germinadores, utilizando papel germitest, durante 24 horas a 25°C. As sementes pré-germinadas foram semeadas em bandejas de isopor com 128 células preenchidas com substrato comercial. A inoculação foi realizada sete dias após a semeadura, atomizando uma suspensão contendo $1,2 \times 10^6$ conídios/mL em ambas as superfícies das folhas primárias, com o auxílio de um atomizador de Vilbiss nº15 acionado por um compressor elétrico.

Para obtenção do inóculo da raça 31.17 de mancha angular, foi preparada uma suspensão de conídios, raspando-se superficialmente colônias do fungo de 12 dias de idade, crescendo a 24 °C sobre placas contendo uma mistura de água destilada, suco de tomate, ágar e carbonato de cálcio (CaCO_3). Esta suspensão foi ajustada para a concentração final de $2,0 \times 10^4$ conídios/ml, sendo feita a inoculação das plantas no estágio V3 (surgimento da primeira folha trifoliolada). Os demais procedimentos de inoculação e manutenção nas câmaras de nevoeiro foram idênticos aos do ensaio com antracnose, exceto o período de incubação, que foi de 48 h.

A avaliação visual da severidade de antracnose foi realizada 10 dias após a inoculação, com base na escala de notas de 1 a 9, descrita por Pastor-Corrales (1992): 1 - ausência de sintomas; 2 - até 1% das nervuras com manchas necróticas, perceptíveis somente na face abaxial da folha; 3 - maior frequência dos sintomas foliares descritos no grau anterior, até 3% das nervuras afetadas; 4 - até 1% das nervuras com manchas necróticas, perceptíveis em ambas as faces das folhas; 5 - maior frequência dos sintomas foliares descritos no grau anterior, até 3% das nervuras afetadas; 6 - manchas necróticas nas nervuras, perceptíveis em ambas as faces das folhas, presença de algumas lesões no caule, ramos e pecíolos; 7 - manchas necróticas na maioria das nervuras e em grande parte do tecido do mesófilo adjacente que se rompe; presença de abundantes lesões no caule, ramos e pecíolos; 8 - manchas necróticas na quase totalidade das nervuras, ocasionando ruptura, desfolhamento e redução do crescimento das plantas; lesões abundantes no caule, ramos e pecíolos; e 9 - maioria das plantas mortas. As plantas com

notas entre de 1 e 3 foram consideradas resistentes e aquelas com nota 4 ou maior, suscetíveis. As plantas resistentes permaneceram na casa de vegetação para posterior avaliação de severidade de mancha angular.

A severidade de mancha angular foi avaliada visualmente aos 18 dias após a inoculação, utilizando uma escala com nove graus proposta por Pastor-Corrales & Jara (1995), descrita a seguir: 1- plantas sem sintomas da doença; 2- presença de até 3% de lesões; 3- presença de até 5% de lesões foliares, sem esporulação do patógeno; 4- presença de lesões esporuladas cobrindo 10% da área foliar; 5- presença de várias lesões esporuladas entre 2 e 3 mm, cobrindo 10-15% da área foliar; 6- presença de numerosas lesões esporuladas maiores que 3 mm cobrindo entre 15-20% da área foliar; 7- presença de numerosas lesões esporuladas maiores que 3 mm, cobrindo entre 20-25% da área foliar; 8- presença de numerosas lesões esporuladas maiores que 3 mm, que cobrem entre 25-30% da área foliar; e 9- sintomas severos da doença, resultando em queda prematura de folhas e morte da planta. As linhagens que apresentaram graus médios de reação de 1 a 3,5 foram consideradas resistentes e aquelas com grau 3,6 ou maior, suscetíveis.

O tempo de cocção foi determinado em duas amostras com 50 grãos por tratamento. Os grãos foram previamente imersos em 50 mL de água destilada durante 16 horas. Após a hidratação, os grãos foram cozidos em cozedor de Mattson (MATTSON, 1946). Esse equipamento consta de 25 estiletes em posição vertical, cada um pesando 90 g. A ponta do estilete tem diâmetro de 0,15 cm e fica apoiada perpendicularmente sobre um grão. O aparelho é colocado no interior de um béquer de 2 L, com 1 L de água em ebulição. Os grãos foram considerados cozidos quando 13 grãos (metade + 1) foram atravessados pelos estiletes.

Inicialmente, foram realizadas as análises de variância individual e, posteriormente, a análise de variância conjunta, considerando os efeitos dos tratamentos e a média como fixos, conforme descrito em Cruz et al., (2004). O efeito da interação genótipos x ambientes foi decomposto, em parte simples e complexa, conforme Cruz & Castoldi (1991).

Na avaliação da adaptabilidade e estabilidade das linhagens, foi utilizado o método do centróide (ROCHA et al., 2005), que consiste na comparação de valores de distância cartesiana entre os genótipos e quatro referências ideais (ideótipos), criados com base nos dados experimentais para representar os genótipos de máxima

adaptabilidade geral, máxima adaptabilidade específica a ambientes favoráveis ou desfavoráveis e os genótipos de mínima adaptabilidade.

Para auxiliar na seleção das linhagens com potencial para compor os futuros ensaios de VCU de feijão carioca, foi utilizado o índice da distância genótipo-ideótipo (CARVALHO et al., 2002) adaptado, uma vez que a mesma característica avaliada em diferentes ambientes foi considerada característica diferente, sendo assim para todas as características avaliadas.

O índice da distância genótipo-ideótipo fixa um valor ótimo para cada característica, construindo assim um ideótipo. Obtém-se a diferença entre a média de cada característica e o valor atribuído ao ideótipo, e finalmente, calcula-se, para cada genótipo, uma distância em relação a esse ideótipo, sendo essa distância o próprio índice. Assim, tem-se:

X_{ij} : valor fenotípico médio do i -ésimo genótipo em relação à j -ésima característica;

Y_{ij} : valor fenotípico médio transformado;

C_j : constante relativa à depreciação da média do genótipo, por não estar dentro dos padrões desejados pelo melhorista;

LI_j : limite inferior a ser apresentado pelo genótipo, relativo à característica j , conforme o padrão desejado pelo melhorista;

LS_j : limite superior a ser apresentado pelo genótipo; e

VO_j : valor ótimo a ser apresentado pelo genótipo, sob seleção.

Se $LI_j \leq X_{ij} \leq LS_j$, então $Y_{ij} = X_{ij}$

Se $X_{ij} < LI_j$, $Y_{ij} = X_{ij} + VO_j - LI_j - C_j$

Se $X_{ij} > LS_j$, $Y_{ij} = X_{ij} + VO_j - LS_j + C_j$

No procedimento é considerado $C_j = LS_j - LI_j$. O valor C_j garante que qualquer valor de X_{ij} dentro do intervalo de variação em torno do ótimo resultará num valor Y_{ij} com magnitude próxima do valor ótimo (VO_j), ao contrário dos valores de X_{ij} fora desse intervalo. Assim, a transformação de X_{ij} é realizada para garantir a depreciação dos valores fenotípicos fora do intervalo considerado ótimo do padrão a ser apresentado pelo genótipo que será selecionado.

Na definição do ideótipo, optou-se por considerar como valor ótimo a maior média observada, no caso do caráter produtividade. Em relação à arquitetura de planta e ao aspecto de grãos, adotou-se como valor ótimo o menor valor médio observado.

Foram estabelecidos pesos econômicos iguais para todas as características avaliadas. Foram considerados como intervalo de valores favoráveis para o melhoramento do feijoeiro os maiores e menores valores médios obtidos em cada ambiente de cada característica. Foram feitas comparações das médias de produtividade, arquitetura, aspecto de grãos e tempo de cocção das linhagens com a média da cultivar comercial Pérola pelo teste de Dunnett (CRUZ, 2006).

As análises estatísticas foram realizadas utilizando os recursos computacionais do programa GENES (CRUZ, 2006).

4. RESULTADOS

4.1. Análises de variância individuais e conjuntas

Os resumos das análises de variância individuais referentes à avaliação das 69 linhagens e 12 testemunhas, nas safras de inverno 2009 e seca e inverno 2010 são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 1, 2 e 3. Os coeficientes de variação experimental, à exceção da severidade de ferrugem e de mancha angular, situaram-se abaixo de 20%, indicando boa precisão dos experimentos. As médias de produtividade de grãos dos experimentos foram elevadas, variando de 2.838 kg/ha, na seca de 2010, a 3.817 kg/ha, no inverno de 2010. À exceção da severidade de ferrugem na safra de inverno 2010 (Tabela 3), o efeito de linhagens foi significativo sobre as características avaliadas em todos os ambientes. Para a fonte de variação entre populações, em relação ao caráter produtividade de grãos, houve efeito significativo somente na safra de inverno de 2010 (Tabela 3), o que indica superioridade de pelo menos uma população em relação às demais nesse ambiente. Já para severidade de mancha angular, avaliada na safra de inverno de 2009 (Tabela 1), houve diferença significativa entre populações, assim como para arquitetura de plantas e aspecto de grãos avaliados nas três safras. A severidade de ferrugem não diferiu entre populações nas safras em que esta característica foi avaliada.

O resumo das análises de variância conjunta para os caracteres, produtividade de grãos, aspecto de grãos, arquitetura da planta e severidade de ferrugem, referente às 69 linhagens e 12 testemunhas, avaliadas nas safras de inverno 2009 e seca e inverno 2010, são apresentadas na Tabela 4. Vale ressaltar que a severidade de ferrugem foi avaliada

somente nas safras de inverno de 2009 e de 2010. Houve efeito significativo da interação linhagens x ambientes sobre todos os caracteres, exceto severidade de ferrugem, indicando comportamento inconsistente das linhagens frente às variações ambientais.

As médias de produtividade de grãos, arquitetura de plantas, aspecto de grãos e severidade de ferrugem, das 20 linhagens mais promissoras, encontram-se na Tabela 5.

Os resumos das análises de variância individuais das 20 linhagens mais promissoras e cinco testemunhas, referentes aos caracteres avaliados nas safras da seca, inverno e águas de 2011 são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 6, 7 e 8. Na safra das águas de 2011 (Tabela 8) só foi avaliada a produtividade de grãos.

Novamente, os coeficientes de variação experimental, à exceção da severidade de ferrugem, que foi de 27,6%, situaram-se abaixo de 20%, indicando boa precisão dos experimentos. As médias de produtividade de grãos dos experimentos foram elevadas, variando de 2.195 kg/ha, na seca 2011 (Tabela 6), a 3.523 kg/ha, no inverno 2011 (Tabela 7). Foi altamente significativo o efeito de linhagens sobre produtividade, arquitetura de planta, aspecto de grãos e severidade de ferrugem em todos os ambientes, indicando variabilidade genética entre as linhagens avaliadas para esses caracteres. Quanto à fonte de variação entre populações, houve efeito significativo para produtividade de grãos nos três ambientes em que este foi avaliado, assim como arquitetura de plantas na safra em que esta característica foi avaliada (Tabela 7), indicando diferença de comportamento das populações. O aspecto de grãos, avaliado nas safras da seca e de inverno de 2011 (Tabelas 6 e 7), e a severidade de ferrugem, avaliada na safra de inverno de 2011 (Tabela 7), não foram influenciados pela origem das linhagens.

O resumo da análise conjunta para os caracteres, produtividade de grãos, avaliado nas safras de seca, inverno e águas 2011, e aspecto de grãos, avaliado nas safras de seca e inverno 2011, referente às 20 linhagens mais promissoras e cinco testemunhas, são apresentadas na Tabela 9.

Tabela 1 – Resumo das análises de variância individuais da produtividade de grãos (PROD), arquitetura de planta (ARQ), aspecto de grãos (AG) e severidades de ferrugem (FE) e de mancha angular (MA), referente à avaliação de 69 linhagens das populações: UTF-0013 x Rudá-R (LP1), CNFC 9437 x Rudá-R (LP2), OPS-82 x Rudá-R (LP3), Carioca 1070 x Rudá-R (LP4), GEN 12-2 x Rudá-R (LP5) e 12 testemunhas. Coimbra, MG, safra de inverno 2009

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio				
		PROD	ARQ	AG	FE	MA
Tratamentos	80	393388,5847**	0,9529**	0,6170**	1,0631**	2,4711**
Linhagens (L)	68	338063,2916**	0,8870**	0,5024**	0,2870**	1,9660**
LP1	31	496177,3921**	0,9804**	0,2338**	0,5104**	1,2782**
LP2	19	156630,6632 ^{ns}	0,8912**	0,9211**	0,1263 ^{ns}	1,5754**
LP3	7	111496,5714 ^{ns}	0,4152*	0,1295 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,8036 ^{ns}
LP4	6	220337,1587*	0,2460 ^{ns}	0,4444**	0,1905 ^{ns}	0,5238 ^{ns}
LP5	1	15913,5000 ^{ns}	0,1667 ^{ns}	0,6667*	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}
Entre populações	4	628102,4044 ^{ns}	2,1108**	1,2937**	0,0378 ^{ns}	13,8412**
Testemunha (Test)	11	23259,2929**	1,4463**	1,0808**	3,3611**	5,2399**
L vs Test	1	526930,7254*	0,0019 ^{ns}	3,3094**	28,5562**	6,3575*
Resíduo	160	99125,087	0,1544	0,1229	0,089	0,4277
Média		3528	2,8	2,3	1,2	2,9
CV (%)		8,9	14,0	15,4	24,7	22,4

^{ns}, ** e * não significativos, significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 2 – Resumo das análises de variância individuais de produtividade de grãos (PROD), arquitetura de planta (ARQ) e aspecto de grãos (AG), referente à avaliação de 69 linhagens das populações: UTF-0013 x Rudá-R (LP1), CNFC 9437 x Rudá-R (LP2), OPS-82 x Rudá-R (LP3), Carioca 1070 x Rudá-R (LP4), GEN 12-2 x Rudá-R (LP5) e doze testemunhas. Coimbra, MG, safra da seca 2010

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio		
		PROD	ARQ	AG
Tratamentos	80	131192,1334**	0,5717**	0,3822**
Linhagens (L)	68	126326,5841*	0,5600**	0,2933**
LP1	31	109076,1505*	0,3438*	0,1314*
LP2	19	114928,1053*	0,9377**	0,2763**
LP3	7	246144,6667 ^{ns}	0,1369 ^{ns}	0,4271**
LP4	6	128108,7460 ^{ns}	0,2143 ^{ns}	0,2222**
LP5	1	14113,5000 ^{ns}	0,1667 ^{ns}	0,6667**
Entre populações	4	129858,6026 ^{ns}	1,7996**	1,4080**
Testemunha (Test)	11	150537,1717*	0,6439**	0,6566**
L vs Test	1	249254,0662 ^{ns}	0,5712*	3,4074**
Resíduo	160	65080,2700	0,1261	0,0757
Média		2838	3,0	2,3
CV%		9,0	12,0	11,8

^{ns}, ** e * não significativos, significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 3 – Resumo das análises de variância individuais da produtividade de grãos (PROD), arquitetura de planta (ARQ), aspecto de grãos (AG) e severidade de ferrugem (FE), referente à avaliação de 69 linhagens das populações: UTF-0013 x Rudá-R (LP1), CNFC 9437 x Rudá-R (LP2), OPS-82 x Rudá-R (LP3), Carioca 1070 x Rudá-R (LP4), GEN 12-2 x Rudá-R (LP5) e doze testemunhas. Coimbra, MG, safra de inverno 2010

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio			
		PROD	ARQ	AG	FE
Tratamentos	80	449031,2069**	0,6833**	0,2833**	1,0628**
Linhagens (L)	68	340337,6066*	0,7254**	0,1853**	0,2630 ^{ns}
LP1	31	404304,7093**	0,7093**	0,1277**	0,3817*
LP2	19	286316,0307 ^{ns}	0,5024*	0,0842 ^{ns}	0,1500 ^{ns}
LP3	7	147030,4762 ^{ns}	0,4390 ^{ns}	0,2961*	0,0417 ^{ns}
LP4	6	195896,1905 ^{ns}	0,6508*	0,1905**	0,4286 ^{ns}
LP5	1	592204,1667 ^{ns}	0,0417 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,1667 ^{ns}
Entre populações	4	593178,0076*	2,6934**	0,9568**	0,0427 ^{ns}
Testemunha (Test)	11	1145900,96**	0,4160 ^{ns}	0,5985**	3,7854**
L vs Test	1	174628,7495 ^{ns}	0,7618 ^{ns}	3,4819**	25,4976**
Resíduo	160	237110,9700	0,2776	0,0725	0,2675
Média		3817	3,0	2,3	1,3
CV%		12,8	17,8	11,7	41,3

^{ns}, ** e * não significativos, significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Houve efeito significativo da interação linhagens x ambientes sobre os dois caracteres, indicando comportamento diferencial das linhagens frente as variações ambientais. Para quantificar as frações das interações, o quadrado médio das interações linhagens x ambientes, foi decomposto, segundo Cruz e Castoldi (1991), nas frações simples e complexa (Tabela 10). Observou-se interação de natureza complexa, o que indica inconsistência na produtividade de grãos das linhagens nos diferentes ambientes.

Tabela 4 – Resumo das análises de variância conjuntas da produtividade de grãos (PROD), arquitetura de planta (ARQ), aspecto de grãos (AG) e severidade de ferrugem (FE), referentes à avaliação de 69 linhagens das populações: UTF-0013 x Rudá-R (LP1), CNFC 9437 x Rudá-R (LP2), OPS-82 x Rudá-R (LP3), Carioca 1070 x Rudá-R (LP4), GEN 12-2 x Rudá-R (LP5) e doze testemunhas. Coimbra, MG, safras de inverno 2009 e seca e inverno de 2010

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio			
		PROD	ARQ	AG	FE
Ambientes (Amb)	2 (1)	61530497,6507	1,8790	0,1629	0,2490
Tratamentos (T)	80 (80)	507570,5543**	1,6341**	1,0116**	1,9102**
Linhagens (L)	68 (68)	360669,409**	1,5934**	0,7007**	0,4832**
LP1	31 (31)	555855,5125**	1,5726**	0,3154**	0,7942**
LP2	19 (19)	201797,9915 ^{ns}	1,6909**	0,8395**	0,2189 ^{ns}
LP3	7 (7)	159652,5079 ^{ns}	0,6429**	0,6225 ^{ns}	0,0000 ^{ns}
LP4	6 (6)	170217,4974 ^{ns}	0,7579**	0,7116**	0,5952**
LP5	1 (1)	193649,3889 ^{ns}	0,3472 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,5100 ^{ns}
Entre populações	4 (4)	281828,7884 ^{ns}	4,5196**	3,3228**	0,1275 ^{ns}
Testemunhas (Test)	11 (11)	1460721,242**	1,9495**	2,0985**	5,9950**
L vs Test	1 (1)	12190,8634 ^{ns}	0,9319*	10,1976**	54,0111**
Trat x Amb	160 (80)	233020,6854**	0,2869**	0,1355**	0,2156 ^{ns}
L x Amb	136 (68)	222029,0366**	0,2896**	0,1402**	0,0668 ^{ns}
LP1 x Amb	62 (62)	226851,3697**	0,2305 ^{ns}	0,0887 ^{ns}	0,0980 ^{ns}
LP2 x Amb	38 (19)	178038,4038 ^{ns}	0,3203**	0,2211**	0,0575 ^{ns}
LP3 x Amb	14 (7)	172509,6032 ^{ns}	0,1741 ^{ns}	0,1151 ^{ns}	0,0000 ^{ns}
LP4 x Amb	12 (6)	187062,2989 ^{ns}	0,1766 ^{ns}	0,0728**	0,0238 ^{ns}
LP5 x Amb	2 (1)	428581,7778*	0,0139 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}
Entre pop x Amb	8 (4)	481082,3908**	1,0421**	0,3345**	0,0675 ^{ns}
Test x Amb	22 (11)	279488,0909**	0,2784 ^{ns}	0,1187 ^{ns}	1,1515**
L vs Test x Amb	2 (1)	469311,3387*	0,2018 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,0435 ^{ns}
Resíduo	480 (320)	133772,1086	0,1861	0,0904	0,1783
Média		3394	2,9	2,3	1,2
CV (%)		10,8	14,8	13,1	34,4

Os graus de liberdade (GL) entre parênteses referem-se à severidade de ferrugem avaliada em duas safras.

^{ns}, ** e * não significativos, significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 5 – Médias de produtividade de grãos (kg/ha) (PROD), arquitetura de planta (ARQ), aspecto de grãos (AG) e severidade de ferrugem (FE) das 20 linhagens de feijão carioca mais promissoras. Coimbra, MG, safras de inverno 2009 e seca e inverno 2010

Linhagens	PROD	ARQ	AG	FE
1	4134*	3,4*	2,1*	1,0
2	3819*	3,3*	2,2*	1,0
3	3802*	3,1*	2,1*	1,0
4	3764*	3,2*	2,3*	1,5
5	3740*	2,5*	2,2*	1,0
6	3714*	2,9*	2,3*	1,0
7	3665*	2,9*	1,9*	1,0
8	3584*	3,1*	2,2*	1,0
9	3558*	2,4*	2,1*	1,0
10	3530*	2,3*	2,2*	1,0
11	3505*	3,0*	1,7*	1,3
12	3503*	3,6*	2,1*	1,0
13	3489*	2,5*	2,2*	1,2
14	3472*	2,9*	2,2*	1,0
15	3445*	2,9*	1,7*	1,0
16	3445*	2,6*	2,1*	1,0
17	3382*	3,4*	2,3*	1,0
18	3378*	3,6*	2,1*	1,0
19	3473*	2,6*	2,2*	1,0
20	3367*	3,1*	1,9*	1,0
Pérola	3561*	3,0*	2,3*	2,8*

Médias seguidas por * na coluna, não diferem estatisticamente da média da cultivar Pérola, pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade.

4.2. Adaptabilidade e estabilidade das linhagens

A significância da interação linhagens x ambientes (Tabela 9) indica que as linhagens mostraram desempenho diferenciado frente às variações ambientais. Assim, fez-se necessário um estudo pormenorizado do comportamento das 20 linhagens mais promissoras frente a essas variações, por meio da análise de adaptabilidade e estabilidade.

A análise dos dados pelo método do centróide (Tabela 11) indicou que, das 20 linhagens avaliadas, seis foram classificadas como pouco adaptadas, quatro com adaptabilidade aos ambientes desfavoráveis, três com adaptabilidade aos ambientes favoráveis, e as linhagens 1, 2, 3, 5, 6, 9 e 10 foram classificadas com adaptabilidade geral.

Tabela 6 – Resumo das análises de variância individuais da produtividade de grãos (PROD) e arquitetura de planta (ARQ), das 20 linhagens mais promissoras de feijão do tipo carioca e cinco testemunhas. Coimbra, MG, safra da seca de 2011

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio	
		PROD	AG
Tratamento	24	865594,9867**	0,2986**
Linhagens (L)	19	952417,9439**	0,2096**
LP1	9	1000441,3185**	0,1935*
LP2	2	196186,3333 ^{ns}	0,1111 ^{ns}
LP3	6	863301,0794**	0,2619**
Entre populações	2	1759894,9619**	0,2240 ^{ns}
Testemunha (Test)	4	338114,7333*	0,6083**
L vs Test	1	1325879,8133**	0,7500**
Resíduo	48	95220,97944	0,0811
Média		2195	2,4
CV%		14,1	12,0

^{ns}, ** e * não significativos, significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 7 – Resumo das análises de variância individuais da produtividade de grãos (PROD), arquitetura de planta (ARQ), aspecto de grãos (AG) e severidade de ferrugem (FE), das 20 linhagens mais promissoras de feijão do tipo carioca e cinco testemunhas. Coimbra, MG, safra de inverno de 2011

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio			
		PROD	ARQ	AG	FE
Tratamento	24	397434,3333**	0,6467**	0,5717**	2,2478**
Linhagens (L)	19	347592,7325**	0,7325**	0,3298**	1,8386**
LP1	9	540882,5333**	0,2407 ^{ns}	0,3898**	2,3704**
LP2	2	26715,1111 ^{ns}	1,7778**	0,5833*	2,3333**
LP3	6	151346,5556 ^{ns}	0,3175 ^{ns}	0,1905 ^{ns}	1,3016**
Entre populações	2	387404,7806*	3,1448**	0,2244 ^{ns}	0,5619 ^{ns}
Testemunha (Test)	4	627790,3333**	0,4000 ^{ns}	0,1000 ^{ns}	3,9000**
L vs Test	1	423000,7500*	0,0033 ^{ns}	7,0533**	3,4133**
Resíduo	48	94603,0150	0,2950	0,1338	0,2961
Média		3523	3,3	2,5	2,0
CV%		8,7	16,7	14,5	27,6

^{ns}, ** e * não significativos, significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 8 – Resumo da análise de variância individual da produtividade de grãos (PROD) das 20 linhagens mais promissoras de feijão do tipo carioca e cinco testemunhas. Coimbra, MG, safra das águas de 2011

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio
		PROD
Tratamento	24	536396,4200**
Linhagens	19	552277,2939**
LP1	9	163852,5333*
LP2	2	182857,0000 ^{ns}
LP3	6	49712,8730 ^{ns}
Entre populações	2	4177302,2726**
Testemunha (Test)	4	453729,2667**
L vs Test	1	565328,4300**
Resíduo	48	60618,0467
Média		2211
CV%		11,1

^{ns}, ** e * não significativos, significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 9 – Resumo das análises de variância conjuntas da produtividade de grãos (PROD) e aspecto de grãos (AG) das 20 linhagens mais promissoras de feijão do tipo carioca e cinco testemunhas. Coimbra, MG, safras de seca, inverno e águas de 2011

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio	
		PROD	AG
Ambiente (Amb)	2(2)	43574877,8677	0,8817
Tratamento (T)	24(24)	948282,3882**	0,5754**
Linhagens (L)	19(19)	1012928,5778**	0,2934**
LP1	9(9)	790100,0938**	0,4148**
LP2	2(2)	272480,4815*	0,1806 ^{ns}
LP3	6(6)	446727,3968**	0,1627 ^{ns}
Entre populações	2(2)	617245,5533**	0,0474 ^{ns}
Testemunha (Test)	4(4)	334819,7444**	0,5083**
L vs Test	1(1)	2173584,0789**	6,2017**
Trat x Amb	48(24)	425571,6198**	0,2949**
L x Amb	38(19)	419679,6962**	0,2461**
LP1 x Amb	18(9)	457538,1457**	0,1685 ^{ns}
LP2 x Amb	4(2)	88851,9753 ^{ns}	0,5139*
LP3 x Amb	12(6)	308816,5556**	0,2897*
Entre pop x Amb	4(2)	158245,3707 ^{ns}	0,0385 ^{ns}
Test x Amb	8(4)	542407,2944**	0,2000 ^{ns}
L vs Test x Amb	2(1)	8749,9120 ^{ns}	0,2002 ^{ns}
Resíduo	144(96)	83480,6804	0,1074
Média		2643	2,4
CV (%)		10,9	13,4

Os graus de liberdade (GL) entre parênteses referem-se à severidade de ferrugem avaliada em duas safras.

^{ns}, ** e * não significativos, significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 10 – Estimativas da parte complexa, em percentagem, resultante da decomposição da interação linhagens x ambientes, de produtividade de grãos (PROD). Coimbra, MG, safras do inverno de 2009, seca e inverno de 2010 e seca, inverno e águas de 2011

Ambientes	PROD				
	Sec/10	Inv/10	Sec/11	Inv/11	Agu/11
Inv/09	87,1	78,6	78,8	88,2	72,1
Sec/10		68,1	59,3	63,3	78,1
Inv/10			59,1	70,2	88,9
Sec/11				62,1	73,2
Inv/11					92,5

Valores superiores a 50% indicam interação de natureza complexa.

Tabela 11 – Classificação dos genótipos, pelo método do centróide e sua classificação, considerando a produtividade média de grãos (Prod)

Linhagens	Prod	Classificação
1	3707	I
2	3553	I
3	3464	I
4	3157	II
5	3369	I
6	3327	I
7	3111	II
8	3062	II
9	3129	I
10	3286	I
11	2873	IV
12	2872	IV
13	2968	III
14	3157	III
15	2852	IV
16	3134	III
17	2903	IV
18	2952	IV
19	3069	III
20	2869	IV

I = adaptabilidade geral; II = adaptabilidade aos ambientes favoráveis; III = adaptabilidade aos ambientes desfavoráveis; e IV = pouco adaptado.

4.3. Identificação das linhagens promissoras

Com base no índice da distância genótipo-ideótipo, nove linhagens (2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11 e 16) foram classificadas como as que mais se aproximaram do ideótipo em relação à produtividade de grãos, arquitetura de planta e aspecto de grãos. Dessas, somente a linhagem 11 não foi selecionada, por ser pouco adaptada (Tabela 11). Das selecionadas, a maioria não diferiu significativamente da cultivar Pérola em relação à produtividade, arquitetura de plantas, aspecto de grãos e severidade de ferrugem (Tabela 12). Considerando o tempo de cocção, avaliado no inverno de 2011, a maioria das linhagens não diferiu da cultivar Pérola. Quanto à resistência ao *Colletotrichum lindemuthianum*, somente a linhagem 7, se mostrou suscetível às raças 65 e 453.

Tabela 12. Médias de produtividade (PROD); arquitetura de planta (ARQ); aspecto de grãos (AG); severidade de ferrugem (FE), severidade de mancha angular (MA) e tempo de cocção; e reação às raças 65 e 453 de *Colletotrichum lindemuthianum*, das oito linhagens selecionadas pelo índice de seleção da distância genótipo-ideótipo e da cultivar Pérola. Coimbra, MG, safras do inverno 2009, “seca” e inverno de 2010 e “seca”, inverno e águas de 2011.

Linhagens Selecionadas	INVERNO 2009					SECA 2010			INVERNO 2010				SECA 2011		INVERNO 2011				ÁGUAS 2011	COCÇÃO	Antracnose Raças 65 e 453
	PROD	ARQ	AG	FE	MA	PROD	ARQ	AG	PROD	ARQ	AG	FE	PROD	ARQ	AG	FE	PROD				
2	4203*	3,3*	2,2*	1,0	2,0*	3220*	3,3*	2,2*	4035*	3,2*	2,2*	1,0	2781	2,2*	4173*	3,3*	2,3*	1,3*	2908	33,6*	R
3	4489*	3,2*	2,2*	1,0	2,3*	3038*	3,2*	2,0*	3878*	2,8*	2,2*	1,0	2510*	2,0	4070*	3,7*	2,2	1,7*	2798	29,6*	R
5	3755*	2,2*	2,2*	1,0	1,7	2884*	2,7*	2,5*	4582*	2,7*	2,0*	1,0	2860	2,7*	3727*	3,3*	2,8*	1,7*	2403	26,3	R
6	4039*	3,2*	2,2*	1,0	1,7	2839*	2,8*	2,5*	4264*	2,7*	2,2*	1,0	2617	2,2*	3274*	3,3*	2,2	1,3*	2927	29,9*	R
7	3969*	2,7*	1,8*	1,0	2,3*	3001*	3,0*	2,0*	4026*	3,0*	2,0*	1,0	2025*	2,3*	3476*	3,0*	2,0	1,0*	2168*	34,1*	S
9	3618*	2,3*	2,0*	1,0	3,3*	2745*	2,7*	2,2*	4311*	2,2*	2,2*	1,0	2718	2,5*	3691*	2,7*	2,2	1,0*	1693*	33,3*	R
10	3672*	2,0	2,2*	1,0	2,0*	2948*	2,3*	2,2*	3970*	2,7*	2,2*	1,0	2680	2,5*	3849*	3,0*	2,2	1,3*	2597	34,2*	R
16	3741*	3,0*	2,0*	1,0	3,3*	2731*	2,5*	2,0*	3862*	2,2*	2,2*	1,0	2974	2,2*	3648*	2,3*	2,0	1,3*	1846*	38,0*	R
Pérola	3567*	3,0*	2,2*	2,3*	3,3*	2686*	3,2*	2,3*	4428*	2,8*	2,5*	3,3*	1820*	2,8*	3420*	2,7*	3,2*	2,0*	1651*	37,4*	S

Médias seguidas por * na coluna não diferem da testemunha Pérola (Dunnett a 5% de probabilidade). R: Reações de resistência. S: Reações de suscetibilidade.

5. DISCUSSÃO

Em relação às interações genótipos x ambientes, de modo geral, os ambientes utilizados para avaliação de genótipos são escolhidos de modo a existir uma diversidade de condições edafoclimáticas representativas das condições de cultivo de uma dada região. Segundo Ramalho et al. (1998b), as interações mais expressivas no caso do feijoeiro são genótipos x safras (G x S) e genótipos x anos (G x A), enquanto a interação genótipos x locais (G x L) é menos expressiva. Esse resultado indica que a avaliação dos genótipos em vários anos e nas diferentes safras é mais importante do que a avaliação em vários locais. Assim, neste estudo, pelas dificuldades de condução de experimentos em outras localidades, optou-se por avaliar as linhagens em diferentes anos e safras.

A precisão experimental da cultura do feijoeiro pode ser afetada por uma série de fatores presentes durante a implantação e condução dos experimentos, como também na pós-colheita (SOUZA et al., 2000). Esses autores mencionam que os coeficientes de variação baixos, ou de alta precisão, são almejados pelos melhoristas por proporcionarem estimativas mais acuradas de parâmetros genéticos, fundamentais nas tomadas de decisão no programa de melhoramento.

Os valores dos coeficientes de variação (CV) para produtividade de grãos, nos seis experimentos, situaram-se abaixo de 15%. Tais estimativas estão de acordo com os valores relatados na literatura para experimentos desta natureza com a cultura do feijoeiro (MARQUES JÚNIOR et al., 1997). Para arquitetura de plantas e aspecto de grãos, os valores de CVs foram abaixo de 20%, caracterizando uma boa precisão experimental. Os caracteres severidade de ferrugem e de mancha-angular apresentaram

CVs acima de 20%. A subjetividade desse tipo de avaliação pode ter contribuído para a menor precisão experimental. Contudo, em se tratando de características avaliadas visualmente por notas, não eram esperados coeficientes de variação de pequena magnitude.

As maiores produtividades de grãos foram observadas nas safras do inverno. Segundo Ramalho et al. (1998b), a safra de inverno tem proporcionado condições mais favoráveis ao feijoeiro por se tratar de um cultivo totalmente irrigado, no qual o agricultor escapa dos riscos de excesso ou falta de chuva, sendo ainda uma época com menor incidência de doenças. Esses resultados também confirmam aqueles encontrados por Pereira et al. (2011), que afirmam serem os rendimentos médios na safra do inverno superiores aos das demais safras.

Observou-se diferença significativa entre linhagens ($P \leq 0,05$) para todos os caracteres avaliados, em todos os ambientes, exceto para severidade de ferrugem na safra do inverno de 2010. Todas as linhagens avaliadas apresentaram alto potencial de produção, grãos com bom aspecto comercial e boa resistência à ferrugem, superando inclusive testemunhas como a “Pérola”, uma das mais cultivadas no Brasil.

Nos programas de melhoramento, a presença de interação genótipos x ambientes dificulta a recomendação de cultivares de forma mais ampla. No caso do feijoeiro, que é cultivado em até três safras por ano, é necessário que as cultivares recomendadas sejam adaptadas às diferentes condições de cultivo. Neste estudo, as interações linhagens x ambientes foram significativas ($P \leq 0,01$) para todos os caracteres avaliados, exceto severidade de ferrugem, indicando que as linhagens apresentaram comportamento inconsistente nas diferentes safras.

Para o caráter produtividade de grãos, as interações foram, predominantemente, do tipo complexa. A ocorrência da interação genótipos x ambientes do tipo complexa, tem sido relatada em vários estudos realizados no melhoramento do feijoeiro, especialmente envolvendo produtividade de grãos (CARNEIRO, 2002; TEIXEIRA, 2004; AMARO, 2006; MELO et al., 2007; PEREIRA et al., 2011).

A existência de interação do tipo complexa é dada pela falta de correlação entre os desempenhos dos genótipos nos diversos ambientes. Isso implica que haverá genótipos com desempenho superior em um ambiente, mas não em outro, tornando mais difícil a seleção e, ou sua recomendação (CRUZ et al., 2004). Esse comportamento diferencial dos genótipos nos ambientes ocorre devido às condições edafoclimáticas

específicas de cada ambiente (local, safra e ano), indicando necessidade do estudo da estabilidade fenotípica destes genótipos (RAMALHO et al., 1993).

Diversos métodos para estudo da adaptabilidade e estabilidade fenotípica estão disponíveis na literatura (CRUZ et al., 2004; CRUZ & CARNEIRO, 2006). O método do centróide foi proposto originalmente com o 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 consiste na comparação de valores de distância cartesiana entre os genótipos e quatro referências.

As linhagens classificadas como de máxima adaptabilidade geral (1, 2, 3, 5, 6, 9 e 10) são as melhores linhagens quanto à adaptabilidade e estabilidade, considerando o caráter produtividade. Estas linhagens têm as melhores produtividades em cada ambiente avaliado. Três linhagens foram classificadas como de adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (4, 7 e 8) e quatro, como de adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (13, 14, 16 e 19).

Seis linhagens foram classificadas como pouco adaptadas, pois os valores obtidos para produtividade, em cada ambiente, para essas linhagens, foram os mínimos obtidos no conjunto de linhagens estudadas. Logo, estas são passíveis de descarte.

A seleção com base em uma ou em poucas características tem se mostrado inadequada por conduzir a um produto final superior em relação aos caracteres selecionados, mas com desempenho não tão favorável em relação aos vários outros caracteres não considerados. Assim, uma maneira de aumentar as chances de êxito de um programa de melhoramento é pela seleção simultânea de um conjunto de caracteres de importância econômica (CRUZ et al., 2004). Logo, visando a identificar as linhagens mais promissoras, foi utilizado o índice da distância genótipo-ideótipo (CARVALHO et al., 2002).

Com base nesse índice, foram selecionadas dez linhagens com produtividade de grãos, arquitetura de plantas e aspecto de grãos satisfatórios. Quando se considera a classificação segundo a adaptabilidade e estabilidade, apenas oito linhagens foram selecionadas (linhagens 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10 e 16). Vale ressaltar que a linhagem 1 obteve a maior média de produtividade, considerando todos os ambientes avaliados, e teve uma boa média quanto ao aspecto de grãos, porém devido ao seu porte não ser adequado, essa linhagem não foi selecionada. Exceto a linhagem 7, todas as outras linhagens selecionadas são resistentes às raças 65 e 453 de *C. lindemuthianum*, encontradas com frequência no estado de Minas Gerais, e apresentam tempo de cocção estatisticamente

igual ao da cultivar Pérola, com exceção da linhagem 5, que apresentou um tempo inferior. Assim, estas linhagens são candidatas a futuros ensaios de VCU em Minas Gerais.

O índice de seleção da distância genótipo-ideótipo permitiu ganhos para todos os caracteres, em todos os ambientes, sendo esta uma ferramenta promissora para fins de seleção de linhagens, podendo ser usada de modo a considerar vários ambientes de avaliação.

6. CONCLUSÕES

Baseado na adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos e no índice de seleção da distância genótipo-ideótipo, oito linhagens foram identificadas como promissoras para composição dos futuros Ensaios de VCU carioca em Minas Gerais: seis com adaptabilidade geral, uma com adaptabilidade a ambientes favoráveis e uma com adaptabilidade a ambientes desfavoráveis.

O índice de seleção da distância genótipo-ideótipo mostrou-se promissor para fins de seleção de linhagens de feijoeiro.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A. de F. B.; RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; CARNEIRO, J. E. S.; DEL PELOSO, M. J.; PAULA JR., T. J. de; FARIA, L. C de; MELO L. C.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A.; PEREIRA FILHO, I. A.; MARTINS, M.; RAVA, A. C.; COSTA, J. G. C. da. **BRSMG Majestoso: mais uma opção de cultivar de grão carioca para o Estado de Minas Gerais**. Comunicado Técnico, 134: 1-2, 2006. Santo Antônio de Goiás, GO, 2006.
- ALLARD, R.W. **Principles of plant breeding**. 2.ed. New York: J. Wiley, 1999. 254p.
- ALMEIDA, L. D'A. de; LEITÃO FILHO, H. F.; MIYASAKA, S. Características do feijão carioca, um novo cultivar. **Bragantia**, v.30, XXXIII-XXXVIII, 1971.
- ALMEIDA, L. D'A. de. **O feijão Carioca**: reflexos de sua adoção. Campinas: IAC, 2000. Não paginado.
- ALZATE-MARIN, A. L.; CERVIGNI, G. D. L.; MOREIRA, M. A.; BARROS, E. G. Seleção assistida por marcadores moleculares visando ao desenvolvimento de plantas resistentes a doenças, com ênfase em feijoeiro e soja. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 4, p. 333-342, 2005.
- ALZATE-MARIN, A. L.; MENARIM, H.; BAÍA, G. S.; PAULA JR., T. J.; SOUZA, K. A.; COSTA, M. R.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. Inheritance of anthracnose resistance in the common bean differential cultivar G2333 and identification of a new molecular marker linked to the Co-4² gene. **Journal of Phytopathology**, 149:259-264, 2001.
- ALZATE-MARIN, A. L. **Resistência à antracnose do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) : diversidade genética de raças de *Colletotrichum lindemuthianum*, herança de resistência e identificação de marcadores moleculares**. 1996. 65 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 1996.

ALZATE-MARIN, A. L.; SARTORATO, A. Analysis of the pathogenic variability of *Colletotrichum lindemuthianum* in Brazil. In: **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Michigan, v. 47, p. 241-242, 2004.

AMARO, G. B. **Seleção recorrente fenotípica no feijoeiro visando resistência a *Phaeoisariopsis griseola***. 2006. 90 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2006.

ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfafa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Plant Breeding**, v. 46, p. 269-278, 1992.

APARÍCIO, B. H. E. **Caracterización de la diversidad molecular y la virulencia de aislamientos del hongo *Phaeoisariopsis griseola* de Brasil y Bolivia**. Cali, Colômbia: Universidad del Valle, 1998. p. 120.

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

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 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior Agricultura Luiz de Queiróz, ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 1999.

BALARDIN, R. S.; JAROSZ, A. M.; KELLY, J. D. Virulence and molecular diversity in *Colletotrichum lindemuthianum* from South, Central and North America. **Phytopathology**, Netherlands, v. 87, p. 1184-1191, 1997.

BALDONI, A. B.; SANTOS, J. B. dos; ABREU, A. de F. B. Melhoramento do feijoeiro comum visando à obtenção de cultivares precoces com grãos tipo ‘carioca’ e ‘rosinha’. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 67-71, 2006.

BASSANEZI, R. B.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. Eficiência fotossintética das folhas de feijoeiro infectadas com o vírus do mosaico-em-desenho, *Uromyces appendiculatus* e *Phaeoisariopsis griseola*. **Summa Phytopathologica**, v. 27, n. 1, p. 5-11, 2001.

BEZERRA, A. A. de C.; ANUNCIAÇÃO FILHO, C. J. da; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q. Inter-relação entre caracteres de caupi de porte ereto e crescimento determinado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 137-142. 2001.

BIANCHINI, A.; MARINGONI, A. C.; CARNEIRO, S. M. T. P. G. Doenças do feijoeiro. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Ceres, v. 2, p. 376-399, 1997.

BIANCHINI, A.; MARINGONI, A. C.; CARNEIRO, S. M. T. P. G. Doenças do feijoeiro. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Agronômica Ceres, v. 2. p. 333-349. 2005.

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

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

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

CARNEIRO, J. E. S.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P.; DEL PELOSO, M. J.; PAULA JÚNIOR, T. J. de; VIEIRA, R. F.; TEIXEIRA, H.; PEREIRA FILHO, I. A.; MARTINS, M.; FARIA, L. C.; MELO, L. C.; PEREIRA, H. S.; SANTOS, J. B.; COSTA, J. G. C.; FARIA, J. C.; CARNEIRO, P. C. S. BRMS Madrepérola: Cultivar de Feijão Tipo Carioca com Escurecimento Tardio dos Grãos. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 6., 2011, Búzios. **Resumos...**, 2011.

CARNEIRO, J. E. S. **Alternativas para obtenção e escolha de populações segregantes no feijoeiro**. 2002. 134 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2002.

CARNEIRO, P. C. S. **Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento**. 1998. 168 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1998.

CARVALHO, C. G. P.; CRUZ, C. D.; VIANA, J. M. S.; SILVA, D. Selection based on distances from ideotype. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, PR, v. 2, n. 2, p. 171-178, 2002.

CHIORATO, A. F.; CARBONELL, S. A. M.; VENCovsky, R.; FOSECA JÚNIOR, N. S.; PINHEIRO, J. B. Genetic gain in the breeding program of common beans at IAC from 1989 to 2007. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 10, p. 329-336, 2010.

COELHO, R. C. **Condições climáticas que favorecem o desenvolvimento da ferrugem (*Uromyces appendiculatus*) e da mancha-angular (*Phaeoisariopsis griseola*) do feijoeiro**. 2000. 45 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

COLLICCHIO, 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.

CONAB (2012) Companhia Nacional de Abastecimento. **3º Levantamento de Grãos Safra 2011/2012**. <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=2>. Acessado em 03 de janeiro de 2012.

COYNE, D. P. Modification of plant architecture and crop yield by breeding. **HortScience**, v. 15, n. 3, p. 244-247, 1980.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Editora UFV, Viçosa, 2ª Ed, 2006. v. 2, 585 p.

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

CRUZ, C. D. **Programa Genes - Estatística Experimental e Matrizes**. Viçosa: Editora UFV, 2006. v. 1. 285 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Editora UFV, Viçosa, 3ª Ed, 2004. v. 1, 480 p.

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

DEL PELOSO, M. J.; MELO, L. C. **Potencial de rendimento da cultura do feijoeiro-comum**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 131p.

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

FALCONER, D. S., MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4 ed. England: Longman, 1996. 463 p.

FALEIRO, F. G.; NIETSCHE, S.; RAGAGNIN, V. A.; BORÉM, A.; MOREIRA, M. A.; BARROS, E. G. Resistência de cultivares de feijoeiro comum à ferrugem e à mancha-angular em condições de casa de vegetação. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, n.1, p. 86-89, 2001.

FALEIRO, F. G.; RAGAGNIN, V. A.; MOREIRA, M. A.; BARROS, E. G. Use of molecular markers to accelerate the breeding of common bean lines resistant to rust and anthracnose. **Euphytica**, v. 138, p. 213-218, 2004.

FALEIRO, F. G.; VINHADELLI, W. S.; RAGAGNIN, V. A.; ZAMBOLIM, L.; PAULA JR., T. J.; MOREIRA, M. A.; BARROS, E. G. Identificação de raças fisiológicas de *Uromyces appendiculatus* no estado de Minas Gerais, Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 24, p. 166-169, 1999.

FINLAY, K. W.; WILKINSON, G. N. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 14, p. 742-754, 1963.

HAARMAN, R. J.; WHITE, D. G.; DUDLEY, J. W. Index vs. tandem selection for improvement of grain yield, leaf blight and stalk rot resistance in maize. **Maydica**, Bergamo, v. 38, n. 3, p. 183-188, 1993.

JESUS JÚNIOR, W. C. de; VALE, F. X. R. do; COELHO, R. R.; HAU, B.; ZAMBOLIM, L.; COSTA, L. C.; BERGAMIN FILHO, A. Effects of angular leaf spot and rust on yield loss of *Phaseolus vulgaris*. **Phytopathology**, v. 11, p. 1045-1053, 2001.

JESUS JÚNIOR, W. C.; VALE, F. X. R.; HAU, B.; BERGAMIN FILHO, A.; ZAMBOLIM, L.; BERGER, R. D. Relationships between angular leaf spot, healthy leaf area, effective leaf area and yield of *Phaseolus vulgaris*. **European Journal of Plant Pathology**, New York, v. 109, n. 3, p. 625-632, 2003.

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. de la. Growth habit and gene pool effects on inheritance of yield in common bean. **Euphytica**, Wageningen, v. 62, p. 171-180, 1992.

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, p. 1031-1037, 2003.

LANZA, M. A.; PAULA JR., T. J. de; VINHADELI, W. S.; MORANDI, M. A. B.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. Resistência à antracnose em cultivares de feijoeiro comum recomendadas para Minas Gerais. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 4, p. 560-562, 1997.

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

LOPES, D. B.; BERGER, R. D. The effects of rust and anthracnose on the photosynthetic competence of diseased bean leaves. **Phytopathology**, v. 91, n.2, p. 212-220, 2001.

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

MARQUES JÚNIOR, O. G.; RAMALHO, M. A. P. Eficiência de experimentos com a cultura do feijão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 21, suplemento, 1997

MATOS, J. W.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Trinta e dois anos do programa de melhoramento do feijoeiro comum em Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, p. 1749-1754, 2007.

MATTSON, S. The cookability of yellow peas: a colloid-chemical and biochemical study. **Acta Agriculturae Scandinavica**, Stockholm, v. 2, n. 1, p. 185-231, 1946.

MELO, L. C.; MELO, P. G. S.; FARIA, L. C.; DIAZ, J. L. C.; DEL PELOSO, M. J.; RAVA, C. A.; COSTA, J. G. C. Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum na Região Centro-Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 5, p. 715-723, 2007.

MENDES, F. F.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Índice de seleção para escolha de populações segregantes de feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 10, p. 1312-1318, 2009.

MORA-NUÑES, O. A.; VIEIRA, C.; ZAMBOLIM, L. Variedades diferenciadoras de feijão para identificação de raças fisiológicas de *Uromyces phaseoli* var. *typica* Arth. **Revista Ceres**, v. 39, p. 391-404, 1992.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco Maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egypt J. Gen. Cytol.**, Alexandria, v.7, p. 40-51, 1978.

NIETSCHKE, S.; BORÉM, A.; CAIXETA, E. T.; BARROS, E. V.; MOREIRA, M. A. Marcadores RAPD e SCAR ligados ao gene de resistência à mancha-angular do feijoeiro. **Genetics and Molecular Biology**, v. 22, p. 660-660. 1999.

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

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

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

PASTOR-CORRALES, M. A.; PAULA JR., T. J. Estudo da diversidade da diversidade genética de *Phaeoisariopsis griseola* no Brasil. In: Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa – CNPAF – APA, v. 1, p. 239-241, 1996.

PASTOR-CORRALES, M. A. Recomendaciones y acuerdos del primer taller de antracnosis en América Latina. In: PASTOR-CORRALES, M.A. (Ed.). **La antracnosis del frijol común, *Phaseolus vulgaris*, en América Latina**, Cali: CIAT, 1992. p. 240-250 (Doc. de Trabajo, 113).

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

PEREIRA, H. S.; MELO, L. C.; DEL PELOSO, M. J. FARIA, L. C.; WENDLAND, A. Complex interaction between genotypes and growing seasons of carioca common bean in Goiás/Distrito Federal. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 11, p. 207-215, 2011.

PEREIRA, H. S.; SANTOS, J. B.; ABREU, A. F. B. Seleção de linhagens arbustivas de feijoeiro com grãos tipo carioca, resistência à antracnose e mancha angular e alta produtividade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 3, p. 209-215, 2004.

PESEK, J.; BAKER, R. J. Desired improvement in relation to selected indices. **Can. J. Plant. Sci.**, Ottawa, v. 49, p. 803-804, 1969.

PLAISTED, R. L.; PETERSON, L. C. A technique for evaluating the ability of selection to yield consistently in different locations or seasons. **American Potato Journal**, v. 36, p. 381-385, 1959.

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

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B.; CARNEIRO, J. E. S. Cultivares. **Informe Agropecuário**, EPAMIG, v. 25, n. 223, p. 21-32, 2004.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Cultivares. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, p. 415-436, 2006.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B. Melhoramento de espécies autógamas. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, J. S.; VALADARIS-INGLIS, M. C. V. (Ed.). **Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas**. Fundação MT: Rondonópolis, p. 201-230. 2001.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, P. S. J. Interações genótipos x épocas de semeadura, anos e locais na avaliação de cultivares de feijão nas Regiões sul e Alto Paranaíba em Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 22, p. 176-181, 1998b.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: Ed. da 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 grão tipo carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 12, p. 1989-1994, 1998a.

RAVA, C. A.; PURCHIO, A. F. & SARTORATO, A. Caracterização de patótipos de *Colletotrichum lindemuthianum* que ocorreram em algumas regiões produtoras de feijoeiro comum. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 19, p. 167-173, 1994.

REIS-PRADO, F. G.; SARTORATO, A.; COSTA, J. G. C.; RAVA, C. A.; SIBOV, S. T.; PINHEIRO, J. B.; CARNEIRO, M. S. Reação de cultivares de feijoeiro comum à mancha angular em casa de vegetação. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 2, p. 306-309, 2006.

RIOS, G. P.; ANDRADE, E. M.; COSTA, J. L. S. Avaliação de resistência de cultivares e linhagens de feijoeiro comum a diferentes populações de *Uromyces appendiculatus*. **Fitopatologia Brasileira**, v.26, p. 128-133, 2001.

ROBERTSON, A. **Experimental design on the measurement of heritabilities and genetic correlations: biometrical genetics**. New York: Pergamon, 1959, 186p.

ROCHA, R. B.; MURO-ABAD, J. I.; ARAUJO, E. F.; CRUZ, C. D. Avaliação do método centroide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v. 15, p. 255-266, 2005.

ROSSE, L. N.; VENCOSKY, R. Modelo de regressão não-linear aplicado ao estudo da estabilidade fenotípica de genótipos de feijão no Estado do Paraná. **Bragantia**, v. 59, n. 1, p. 99-107, 2000.

SANGLARD, D. A.; RIBEIRO, A. A. G.; BALBI, B. P.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. Reaction of common bean cultivars and elite lines to isolates of *Pseudocercospora griseola*. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v. 52, p. 64-65, 2009.

SANTOS, C. A. F.; ARAÚJO, F. P. Aplicação de índices para seleção de caracteres agrônômicos de feijão de corda. **Ciência Agronômica**, v. 32, n. 1, p. 78-84, 2001.

SANTOS, V. S.; RAMALHO, M. A. P.; CARNEIRO, J. E. S.; ABREU, A. F. B. Consequences of early selection for grain type in common bean breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 1, n. 4, p. 347-354, 2001.

SANTOS, V. S. **Seleção de pré-cultivares de soja baseado em índices**. 2005. 100 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, SP, 2005.

SARTORATO, A. Novas Fontes de resistência do feijoeiro comum à mancha-angular. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, p. 92-194, 2006.

SARTORATO, A.; RAVA, C. A. Influência da cultivar e do número de inoculações na severidade da mancha angular (*Isariopsis griseola*) e nas perdas na produção do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*). **Fitopatologia Brasileira**, Lavras, v. 17, n. 2, p. 247-251, 1992.

SARTORATO, A. Variabilidade de *Phaeoisariopsis griseola* no feijoeiro comum. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1.; 2001, Goiânia. **CD-Rom**... Goiânia: SBMP, 2001.

SHIMADA, M. M.; ARF, O.; SÁ, M. E. de. Componentes do Rendimento e Desenvolvimento do Feijoeiro de Porte Ereto sob Diferentes Densidades Populacionais. **Bragantia**, v. 59, n. 2, p. 181-187, 2000.

SILVA, K. J. D.; SOUZA, E. A. de; ISHIKAWA, F. H. Characterization of *Colletotrichum lindemuthianum* isolates from the state of Minas Gerais, Brazil. **Journal of Phytopatology**, v. 155, p. 241-247, 2007.

SILVA, L. C. **Estratégias de condução de populações segregantes no melhoramento genético do feijoeiro**. 2009. 67 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

SILVA, M. B. **Área foliar verde para estimar danos causados por doenças do feijão comum**. 1997. 100 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1997.

SILVA, M. B. **Progresso da ferrugem do feijoeiro em Viçosa, Minas Gerais**. 1992. 51 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1992.

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

SILVA, M. V. **Identificação de marcador RAPD ligado ao alelo Co-7 de resistência ao agente causal da antracnose**. 2000. 78 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2000.

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.; RAGAGNIN, V. A.; SANGLARD, D. A.; MOREIRA, M. A.; BARROS, E. G. Identification of races of selected isolates of *Uromyces appendiculatus* from Minas Gerais (Brazil) based on the new international classification system. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 2, p. 104-109, 2007.

SOUZA, T. L. P. O.; RAGAGNIN, V. A.; SANGLARD, D. A.; SILVA, C. S. W.; MOREIRA, M. A. & BARROS, E. G. Caracterização do cultivar de feijoeiro comum BRSMG Talismã quanto à resistência à ferrugem. In: XIII Simpósio de Iniciação Científica da UFV, **Resumos XIII SIC**:148, Viçosa, MG, Brasil, 2003.

STAVELY, J. R.; FREYTAG, G. F.; STEADMAN, J. R.; SCHWARTZ, H. F. The Bean Rust Workshop. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 26, p. 4-6, 1983.

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

TAI, G. C. C. Index selection with desired gains. **Crop Sci.**, Madison, v. 17, p. 182-183, 1977.

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 Phytopathológica**, Botucatu, v. 30, p. 371-375, 2004.

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

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

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

VIEIRA, C. **Doenças e pragas do feijoeiro**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 1988. 231 p.

VOYSEST, O. V. **Mejoramiento Genético del Frijol**. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2000. 195 p.

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

WORDELL FILHO, J. A.; STADNIK, M. J. Controle integrado da antracnose no feijoeiro. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 21, n. 1, 2008.

YOUNG, R.; KELLY, J. D. RAPD markers linked to three major anthracnose resistance genes in common bean. **Crop Science**, Madson, v. 37, p. 940-946, 1997.

YOUNG, R.; MELOTTO, M.; NODARI, R. O.; KELLY, J. D. Marker-assisted dissection of the oligogenic anthracnose resistance in the common bean cultivar "G 2333". **Theoretical and Applied Genetics**, v. 96, p. 87-94, 1998.