

BRUNA MENDES DE OLIVEIRA

**POTENCIAL DE LINHAGENS DE FEIJÃO PRETO ORIUNDAS DA
POPULAÇÃO ‘OURO NEGRO’ x ‘MEIA NOITE’**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, 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

O48p
2012

Oliveira, Bruna Mendes de, 1987-

Potencial de linhagens de feijão preto oriundas da
população 'Ouro Negro' x 'Meia Noite' / Bruna Mendes de
Oliveira. – Viçosa, MG, 2012.
xi, 50f. : il. ; 29cm.

Inclui anexos.

Orientador: José Eustáquio de Souza Carneiro.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 39-48.

1. *Phaseolus vulgaris*. 2. Feijão - Melhoramento genético.
3. Feijão - Seleção. I. Universidade Federal de Viçosa. II.
Título.

CDD 22. ed. 635.65233

BRUNA MENDES DE OLIVEIRA

**POTENCIAL DE LINHAGENS DE FEIJÃO PRETO ORIUNDAS DA
POPULAÇÃO 'OURO NEGRO' x 'MEIA NOITE'**

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

APROVADA: 16 de fevereiro de 2012.


Pedro Crescêncio Souza Carneiro
(Coorientador)


Rogério Faria Vieira


José Eustáquio de Souza Carneiro
(Orientador)

Aos meus pais, Márcia e João Bosco
Às minhas irmãs Marina e Anna Laura

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, luz da minha vida, por atender aos meus pedidos e me abençoar todos os dias.

Aos meus queridos pais, João Bosco e Márcia, a quem devo tudo que sou, pelo grande amor, pelo apoio e carinho em todos os momentos da minha vida. Por me fazerem acreditar que a educação engrandece o ser humano e nunca medirem esforços na minha educação e de minhas irmãs.

Às minhas irmãs, Marina e Anna Laura, a quem tanto amo, pelo carinho, pelo cuidado e por estarem sempre presentes em todos os momentos da minha vida.

Ao meu namorado Fernando, por todo amor, companheirismo, incentivos constantes, conselhos, paciência e por fazer cada dia da minha vida mais feliz.

Às minhas amigas Ana, Cicília, Lorena e Natália, pela amizade sincera desde a infância e por sempre se orgulharem de mim.

Às minhas tias Ana e Nenem, e à madrinha Nêga, pelo carinho, apoio e presença constante na minha vida.

À Trícia, pela amizade e por despertar em mim o amor à ciência.

A toda minha família pelas orações e torcida constante.

Às amigas de república, pela agradável convivência, pelo incentivo quando me faltavam forças e pelos inesquecíveis momentos compartilhados.

Aos amigos que passaram e aos que deixarei em Viçosa.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, 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.

Ao professor Pedro Crescêncio, pela co-orientação, pelos ensinamentos, pelas críticas e sugestões que muito contribuíram para melhoria deste trabalho.

Ao Dr. Rogério Faria Vieira pela disponibilidade em participar da banca e pelas sugestões para o enriquecimento deste trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento, 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

BRUNA MENDES DE OLIVEIRA, filha de João Bosco de Oliveira e Márcia Maria Mendes Oliveira, nasceu na cidade de Bom Despacho, Minas Gerais, Brasil, em 05 de março de 1987.

Em março de 2005, ingressou no curso de graduação em Agronomia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), obtendo o título de Engenheira Agrônomo em janeiro de 2010, em Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Em março de 2010, iniciou o curso de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), submetendo-se à defesa em fevereiro de 2012.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	4
2.1. Principais objetivos no melhoramento do feijoeiro	4
2.2. Melhoramento de feijão preto	7
2.3. Estratégias utilizadas no melhoramento do feijoeiro	8
2.3.1. Método genealógico	10
2.3.2. Método da população ou <i>bulk</i>	11
2.3.3. Método descendente de uma única semente (<i>SSD</i>).....	12
2.4. Interação genótipos x ambientes	13
2.5. Aplicação de índices de seleção no melhoramento vegetal	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
4. RESULTADOS	23
4.1. Análises de variância individuais e conjunta	23
4.2. Adaptabilidade e estabilidade das linhagens.....	26
4.3. Identificação de linhagens promissoras	26
4.4. Comportamento das linhagens derivadas de diferentes métodos de condução da população segregante	30
5. DISCUSSÃO	33
6. CONCLUSÕES	38

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
ANEXOS	49

RESUMO

OLIVEIRA, Bruna Mendes de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2012. **Potencial de linhagens de feijão preto oriundas da população ‘Ouro Negro’ x ‘Meia Noite’**. Orientador: José Eustáquio de Souza Carneiro. Coorientadores: Pedro Crescêncio Souza Carneiro e Trazilbo José de Paula Júnior.

O principal objetivo deste trabalho foi identificar linhagens de feijão preto com potencial para compor os futuros ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) em Minas Gerais. Para isso, foram avaliadas 93 linhagens da população ‘Ouro Negro’ x ‘Meia Noite’, conduzidas pelos métodos *bulk*, *bulk* com seleção para aspecto de grãos e SSD, com 31 linhagens em cada método. Os experimentos foram conduzidos na Estação Experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, em Coimbra, Minas Gerais, nas safras da “seca” e do inverno de 2009 e de 2010. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com três repetições e parcelas de duas linhas de dois metros. Em todos os experimentos avaliaram-se a produtividade de grãos, a arquitetura de planta, o aspecto de grãos e a massa de 100 grãos. O tempo de cocção foi avaliado com os grãos colhidos no experimento do inverno de 2010. A avaliação da reação às raças 65, 73, 81, 87 e 89 de *Colletotrichum lindemuthianum* foi feita em condições controladas, com inoculação. Foram realizadas as análises de variância individuais e conjunta da produtividade de grãos, arquitetura de plantas, aspecto de grãos e massa de 100 grãos. A seleção das linhagens mais promissoras baseou-se na resistência à antracnose, no tempo de cocção e no índice de seleção da distância genótipo-ideótipo, modificado de modo a levar em consideração todos os ambientes de avaliação. Além disso, foi realizada análise de adaptabilidade e estabilidade pelo

método do centróide com pontos adicionais. Duas linhagens mostraram-se promissoras, inclusive superando a cultivar Ouro Negro em alguns atributos importantes. Essas linhagens são candidatas a futuros ensaios de VCU em Minas Gerais. O índice de seleção da distância genótipo-ideótipo mostrou-se promissor para fins de seleção de linhagens e, com pequenas modificações, pode ser utilizado de modo a abranger os vários ambientes de avaliação. Considerando a origem das linhagens em termos de condução da população segregante, pode-se inferir que o método *bulk* com seleção para aspecto de grãos foi superior aos métodos *bulk* e *SSD* quando se trata do potencial da população para extração de linhagens superiores de feijão.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Bruna Mendes de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2012. **Potencial lines of black bean coming from ‘Ouro Negro’ x ‘Meia Noite’**. Adviser: José Eustáquio de Souza Carneiro. Co-advisers: Pedro Crescêncio Souza Carneiro and Trazilbo José de Paula Júnior.

The main objective of this work was to identify lines of black beans with the potential to make future tests of Value for Cultivation and Use (VCU) in Minas Gerais. Thus, 93 lines of the population 'Ouro Negro' x 'Meia Noite', conducted by bulk method, bulk method with selection for grain aspect and SSD, with 31 lines in each method, were evaluated. The experiments were conducted at the experimental area, of the Universidade Federal de Viçosa, Department of Plant Science, in Coimbra, Minas Gerais, during the winter season (sowing in Jun/Jul) and dry season (sowing in Feb/Mar) of 2009 and 2010. We used a randomized block design with three repetitions and plots of two 2-meters long lines. In all the experiments were evaluated yield, plant architecture, grain aspect and hundred grain weight. The cooking time was measured with the seeds harvested in the winter season of 2010. The assessment of reaction to races 65, 73, 81, 87 and 89 of *Colletotrichum lindemuthianum* was done under controlled conditions, with inoculation. Individual and compound analyses of variance were carried out for yield, plant architecture, grain aspect and hundred grain weight. The selection of the most promising lines was based on resistance to anthracnose, in cooking time and in the selection index of the genotype-ideotype, modified to take into consideration all evaluation environments. In addition, analysis of adaptability and stability of the centroid method with additional points, were performed. Two lines were promising, even outperform the ‘Ouro Negro’ in some important attributes. These lines

are candidates for future tests of VCU in Minas Gerais. The selection index of the genotype-ideotype showed efficient for the selection of lines and, with minor modifications, can be used to cover the several evaluation environments. Considering the origin of the lines in methods of conductions the segregating population, we can imply that the bulk with selection for grain aspect was better than the bulk and SSD methods when it comes to the potential of the population for the extraction of superior lines of beans.

1. INTRODUÇÃO

Apesar do Brasil ser o maior produtor mundial de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), com uma área cultivada de aproximadamente quatro milhões de hectares (CONAB, 2012), o rendimento obtido na maioria das lavouras é relativamente baixo, de 900 kg/ha em média (CONAB, 2012). Contudo, produtividades da ordem de 3000 kg/ha são frequentemente relatadas, especialmente nas lavouras irrigadas, o que não é a realidade da maioria dos produtores, que cultivam o feijão em sistema de sequeiro com baixo nível tecnológico.

Diversas tecnologias podem ser utilizadas para aumentar a produtividade do feijoeiro. Dentre elas, cultivares melhoradas é uma das principais, pois é de fácil acesso de baixo custo, considerando os benefícios que proporciona. Assim, iniciativas no sentido de obter linhagens que reúnam o maior número possível de fenótipos favoráveis são extremamente importantes. O incremento da produtividade, a resistência a doenças, a arquitetura ereta das plantas, a qualidade comercial e culinária dos grãos são objetivos comuns da maioria dos programas de melhoramento.

No Brasil, apesar de serem produzidos e consumidos diferentes tipos de feijão, os de maior importância são os dos grupos carioca e preto (Borém & Carneiro, 2006). Atualmente, o feijão do tipo carioca 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”. Em segundo lugar, na preferência do consumidor, está o feijão preto. Esse é cultivado e consumido

principalmente nos estados do Sul, no Rio de Janeiro, no sudeste de Minas Gerais e no sul do Espírito Santo (Vieira et al., 2005).

Diversas cultivares, tanto de feijão carioca quanto preto, foram desenvolvidas e recomendadas no Brasil. Tratando-se mais especificamente do feijão preto, vale ressaltar o caso da 'Rico 23', uma das primeiras cultivares com esse tipo de grão recomendada inicialmente para Minas Gerais em 1959 e, anos depois, para quase todo o país (Vieira, 2005). Posteriormente, outras cultivares de feijão preto foram recomendadas. Vale ressaltar a recomendação da cultivar Ouro Negro em 1991 que, até hoje, continua na preferência do produtor e consumidor mineiro quando se trata de feijão preto.

A cultivar Ouro Negro, além de excelentes produtividade e qualidades culinárias, tem alta capacidade de fixação simbiótica de nitrogênio, resistência à ferrugem e a várias raças de *Colletotrichum lindemuthianum* e maior tolerância ao frio (Ramalho & Abreu, 2006; Paula Júnior et al., 2010). Entretanto, apresenta como desvantagens o porte prostrado e a suscetibilidade a raça 65 de *C. lindemuthianum* (Alzate-Marin et al., 2003; Melo et al., 2008). Em razão da cultivar Ouro Negro possuir uma série de fenótipos favoráveis, conforme já mencionado, ela participa com frequência nos cruzamentos visando o desenvolvimento de novas cultivares.

Na obtenção de novas cultivares, a hibridação, seguida de sucessivas gerações de autofecundação, constitui a principal estratégia para reunir fenótipos favoráveis que estão distribuídos em diferentes genitores. Uma vez escolhidos os genitores e o modo como serão cruzados, a etapa seguinte é condução das populações à homozigose. Os métodos tradicionalmente utilizados na condução de populações segregantes, em plantas autógamas, são o *SSD (Single Seed Descent)*, o genealógico e o da população ou *bulk* (Ramalho et al., 1993; Ramalho et al., 2001; Borém & Miranda; 2009).

De acordo com a conveniência dos melhoristas algumas modificações são realizadas no método *bulk* visando a uma maior adequação aos objetivos do programa e a maior eficiência no processo seletivo. Geralmente as modificações se dão por meio da seleção artificial no sentido de deixar na população apenas indivíduos com caracteres agronomicamente desejáveis. Podem-se eliminar os tipos inferiores, especialmente quando eles são altamente competitivos, ou selecionar características tidas como neutras na competição ou características relacionadas com o tipo de grão, conforme utilizado no feijoeiro (Santos et al., 2001; Silva, 2009). Nesse caso, o método passa a ser denominado *bulk* com seleção. Uma vez obtidas as linhagens, o passo seguinte é

identificar aquelas com potencial para comporem os ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU). Na seleção dessas linhagens, são considerados os vários caracteres de interesse, conjuntamente. Dessa forma, o emprego de índices de seleção, estabelecido pela combinação linear ótima de vários caracteres (Cruz & Carneiro, 2006), constituem uma ferramenta adicional no processo seletivo.

Além da seleção simultânea para os vários caracteres, a interação genótipos x ambientes é outro ponto importante a ser considerado, já que as cultivares são recomendadas para uma determinada região que, de modo geral, apresenta grande diversidade. Contudo, não há relatos na literatura de um índice de seleção que, além dos vários caracteres avaliados, leve em conta o desempenho dos genótipos nos vários ambientes.

Assim, o principal objetivo com esse trabalho foi identificar linhagens de feijão preto com potencial para compor os futuros ensaios de VCU em Minas Gerais. Como objetivos específicos tem-se: a) obter linhagens de feijão preto com vantagens comparativas em relação a cultivar Ouro Negro, mais especificamente em relação à resistência à raça 65 de *Colletotrichum lindemuthianum*; b) avaliar a possibilidade de uso do índice de seleção da distância genótipo-ideótipo de forma modificada, levando-se em consideração o comportamento dos genótipos em mais de um ambiente; e c) avaliar a eficiência do método *bulk* com seleção para aspecto de grãos como estratégia para obtenção de linhagens de feijão.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Principais objetivos no melhoramento do feijoeiro

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), sendo esta uma cultura de importância econômica e social para o país. A produtividade de grãos de feijão, embora crescente, ainda é pequena, cerca de 900 kg/ha (CONAB, 2012). Há vários fatores que contribuem para essa baixa produtividade, como a ocorrência de pragas e doenças, não utilização de adubos e corretivos de maneira correta e déficit hídrico.

Apesar da produtividade média brasileira ser baixa, produtores que utilizam as tecnologias disponíveis, tais como, irrigação e controle de pragas e doenças, conseguem ultrapassar 3000 kg/ha (Borém & Carneiro, 2006). Este é um indicativo de que, apenas utilizando as tecnologias de manejo disponíveis é possível aumentar a produtividade média nacional. Entretanto, a realidade do país não permite que todos os produtores de feijão tenham acesso e usem essas tecnologias. Por outro lado, o incremento da produtividade por meio da utilização de sementes de cultivares melhoradas não implica em aumento significativo no custo de produção e é acessível tanto pelos pequenos quanto pelos grandes produtores.

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 tem despertado o interesse dos melhoristas, tais como tolerância à seca e arquitetura de planta mais apropriada à colheita mecanizada (Vieira et al., 2005).

Segundo Vieira et al. (2005), o aumento no rendimento dos grãos é o principal propósito dos programas de melhoramento do feijoeiro. De modo geral, os programas de melhoramento desenvolvidos no Brasil têm obtido ganhos genéticos satisfatórios (Antunes & Silveira, 1996; Elias, 1999; Matos, 2007; Chiorato, 2010). Alguns fracassos, nesse sentido, são atribuídos, entre outras razões, à baixa herdabilidade do caráter, às fortes interações genótipos x ambientes e à baixa capacidade geral de combinação dos genitores (Singh, 1991).

O feijoeiro comum é afetado por um grande número de doenças cujos agentes causadores são vírus, bactérias, fungos e nematóides (Rava, 2002). As doenças que ocorrem na cultura do feijoeiro constituem uma das principais causas da sua baixa produtividade no Brasil. Muitas doenças podem causar, dependendo das condições ambientais, perdas totais na produção ou, então, dependendo do nível de contaminação, inviabilizar determinadas áreas para o cultivo (Paula Júnior & Zambolim, 2006). Em geral, as enfermidades mais comuns no Brasil são o mosaico-dourado, o crestamento-bacteriano-comum, a antracnose, a ferrugem, a mancha-angular, a murcha-de-fusário e o mofo-branco (Vieira et al., 2005).

Há variabilidade genética no germoplasma do feijoeiro, em maior ou menor intensidade, quanto à resistência a praticamente todos os patógenos, o que permite inferir que é possível obter cultivares resistentes através do melhoramento genético (Ramalho & Abreu, 2006). Nesse sentido, vários trabalhos têm sido realizados visando à identificação de fontes de resistência e de marcadores moleculares associados aos respectivos genes de resistência, de caracterização fenotípica e molecular de potenciais genitores e o controle genético da resistência, entre outros objetivos (Ferreira et al., 2004; Sartorato, 2006; Bonfim et al., 2007; Melo et al., 2008; Balbi et al., 2009; Costa et al., 2010; Botelho et al., 2011).

O aspecto do grão, também de grande importância para a aceitação de uma nova cultivar, é uma característica que envolve a cor do tegumento, o brilho, o tamanho e a forma dos grãos (Vieira et al., 2005). Assim, a preferência do consumidor e a tendência do mercado devem ser levadas em consideração durante as etapas do melhoramento

(Abreu et al., 2003; Cunha et al., 2005; Silva et al., 2006; Menezes Júnior et al., 2008; Parrella et al., 2008). Em muitos casos recomenda-se que a seleção para esse caráter seja iniciada nas gerações iniciais (Santos et al., 2001; Silva, 2009).

A arquitetura de planta é outro caráter que também tem merecido grande atenção dos melhoristas. O objetivo é obter plantas eretas, por apresentarem inúmeras vantagens, como a maior facilidade nos tratos culturais; redução da severidade de algumas doenças, principalmente do mofo-branco, em razão do maior arejamento entre as plantas que cria condições menos favoráveis aos patógenos; redução de perdas na colheita se esta coincidir com período prolongado de chuvas, uma vez que as vagens não ficam em contato com o solo e possibilidade de realizar a colheita mecanizada (Ramalho et al., 2004). No entanto, as plantas eretas são menos produtivas quando comparadas com as plantas de porte mais prostrado. Para contornar esse problema é recomendado o plantio mais adensado das cultivares eretas (Shimada et al., 2000; Bezerra et al., 2009), mas com essa prática é perdida uma das principais vantagens do porte ereto: a redução da severidade de doenças.

A seleção desse caráter não tem sido fácil, devido ao número de genes envolvidos e, sobretudo, ao efeito do ambiente (Ramalho & Abreu, 2006). Apesar desta dificuldade, linhagens com porte bem ereto 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 ou de desenvolvimento entre o tamanho dos grãos e o porte da planta. Contudo, Collicchio et al. (1997) apresentaram evidências de que é possível obter linhagens com boa arquitetura e grãos de tamanho médio. Com o passar do tempo, a arquitetura da planta do feijoeiro tem despertado a atenção dos melhoristas na busca por plantas eretas e com grãos que atendam aos padrões comerciais (Mendes, 2009; Silva et al., 2009; Silva, 2011).

No processo de lançamento, registro e/ou proteção de nova cultivar, certas exigências de mercado devem ser atendidas, e dentre elas, tão importantes quanto à produtividade e resistência a doenças, está a qualidade tecnológica do grão comercializado, que chegará ao consumidor final. Desse modo, dentro de um programa de melhoramento, visando ao processo de aceitação da nova cultivar, deve-se observar a importância da seleção de genótipos que apresentem tempo de cocção inferior a 30 minutos, com tegumentos que não se rompam durante o cozimento, bem como alta expansão dos grãos após o cozimento (Carbonell et al., 2003). Na literatura são

encontrados alguns trabalhos de melhoramento para qualidade de grãos em feijoeiro (Carbonell et al., 2003; Rodrigues et al., 2005; Coelho et al., 2008; Lima, 2010).

2.2. Melhoramento de feijão preto

A preferência da população por um dos vários tipos comerciais de feijão é uma característica regional (Borém & Carneiro, 2006). Atualmente, o feijão do tipo carioca 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. Contudo, em praticamente todos os estados da federação há algum consumo de feijão “carioca”. Em segundo lugar, na preferência do consumidor, está o feijão preto. Este é cultivado e consumido principalmente nos estados da região sul, Rio de Janeiro, sudeste de Minas Gerais e sul do Espírito Santo (Vieira et al., 2005). Outros tipos comerciais de feijão, como vermelho, manteigão, rosinha, mulatinho, etc., embora de menor expressão, possuem nichos de mercado no país.

Em 1955, ano em que se iniciou a pesquisa com a cultura do feijoeiro na Universidade Federal de Viçosa (UFV), o estado de Minas Gerais podia ser dividido em duas áreas quanto à preferência pelo tipo de feijão: 1) área do feijão preto, incluindo as zonas da Mata, Mucuri e Rio Doce; e 2) área de feijões de “cor”, cobrindo as outras áreas. Em levantamentos realizados nos anos de 1959, 1975 e 1982 na Zona da Mata mineira verificou-se que a grande maioria do feijão cultivado era de grãos pretos, evidenciando que durante 23 anos não houve mudanças quanto à preferência pelo tipo de feijão. Devido a sua importância para a região e para o estado, vários trabalhos foram feitos visando à recomendação de cultivares com esse tipo de grão. Em 1959 a UFV lançou sua primeira cultivar de feijão, ‘Rico 23’, de grãos pretos. Essa cultivar, originária da Costa Rica, sobressaiu nos ensaios com elevada produtividade e resistência a doenças, sendo recomendada para Minas Gerais (Vieira, 2005).

Na reunião da Comissão Brasileira de Feijão de 1969, a cultivar Rico 23 foi recomendada para o Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Goiás (Vieira, 2005). Essa cultivar foi plantada por mais de 20 anos no Brasil antes de ser superada por outras (Voysesst, 2000).

De uma parceria entre UFV e Epamig, diversas cultivares de feijão de grãos pretos foram recomendadas para Minas, entre elas: Negrito, Milionário 1732, Rico 1735, Ouro Negro, entre outras (Vieira, 2005; Ramalho & Abreu, 2006).

A cultivar Ouro Negro, proveniente de Honduras, foi recomendada para o estado de Minas Gerais em 1991 (Araújo et al., 1991) e continua na preferência dos produtores e consumidores de feijão preto até os dias atuais. Essa cultivar, além de excelentes qualidades culinárias, tem bom aspecto de grãos, alta capacidade de fixação simbiótica de nitrogênio, resistência à ferrugem e a várias raças de *Colletotrichum lindemuthianum* e maior tolerância ao frio (Ramalho & Abreu, 2006; Paula Júnior et al., 2010). Porém, a cultivar Ouro Negro tem o porte prostrado; é suscetível à raça 65 de *C. lindemuthianum* (Alzate-Marin et al., 2003; Melo et al., 2008), muito destrutiva e de grande ocorrência em Minas Gerais (Silva et al., 2007); e suscetibilidade ao vírus do mosaico-comum (Paula Júnior et al., 2010).

Do esforço conjunto entre Embrapa, UFV, UFLA e Epamig, diversas cultivares de feijão preto foram também recomendadas para Minas Gerais, entre elas: BRS Valente, em 2001; BRS Grafite, em 2003 e BRS Supremo, em 2005 (Paula Júnior et al., 2010). Apesar da recomendação dessas novas cultivares, a ‘Ouro Negro’, continua sendo a cultivar de feijão preto mais cultivada no estado. Em razão de essa cultivar possuir uma série de fenótipos favoráveis, conforme mencionado, ela participa com frequência nos cruzamentos visando o desenvolvimento de novas cultivares.

Embora as instituições de pesquisa que desenvolvem trabalhos com a cultura do feijoeiro já tenham obtido várias cultivares de feijão de grãos pretos, existe uma demanda por novas cultivares, superiores aquelas em uso pelos agricultores. As novas cultivares, além de mais produtivas, devem possuir maior nível de resistência às doenças, e outros fenótipos favoráveis, como plantas de porte ereto. Assim, por meio de diferentes estratégias e métodos de melhoramento é possível obter linhagens de feijão preto que reúnam vários fenótipos de interesse.

2.3. Estratégias utilizadas no melhoramento do feijoeiro

A base de um programa de melhoramento é a existência de variabilidade genética. 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, principalmente, nas décadas de 1980 e 1990 (Voyssest, 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). Atualmente, as cultivares de grãos do tipo carioca são as mais plantadas no país.

Entretanto, o mais comum no melhoramento de plantas autógamas é a exploração da variabilidade por meio de cruzamentos artificiais. Atualmente, nos programas de melhoramento do feijoeiro, o emprego da hibridação tem sido a principal estratégia para a obtenção de novas linhagens. O melhoramento por hibridação inicia-se com a escolha dos genitores e realização dos cruzamentos, em seguida as populações são avançadas até a homozigose e, por fim, são feitas a seleção e avaliação das linhagens.

Na condução de um programa de melhoramento por hibridação, a escolha dos genitores é a decisão mais importante a ser tomada pelo melhorista, pois dela dependerá o sucesso futuro do programa (Ramalho et al., 1993). Durante essa fase o melhorista deve considerar tanto a atual demanda dos consumidores quanto a tendência do mercado para o futuro próximo. Isso representa grande desafio, uma vez que o lançamento de uma cultivar pode ocorrer entre 5 a 10 anos após a escolha e o cruzamento dos genitores (Borém & Miranda, 2009). A escolha dos genitores pode ser realizada utilizando alguma metodologia como o desempenho *per se* dos genitores, cruzamentos dialélicos e análise multivariada, dentre outras (Silva, 2009). Para a escolha de populações segregantes pode-se utilizar metodologias tais como os cruzamentos dialélicos, estimativa de $m + a + d$ (Vencovsky, 1987) e a metodologia proposta por Jinks e Pooni (1976).

Considerando o método da hibridação, no caso de plantas autógamas, uma decisão também importante é a escolha do método de condução das populações segregantes até a homozigose. Existem vários métodos descritos na literatura (Allard, 1971; Ramalho et al., 2001; Vieira et al., 2005a; Borém & Miranda, 2009;), cada um

com vantagens e desvantagens. Os métodos mais comumente utilizados são: o método genealógico, o método da população ou *bulk* e o *SSD* (*Single Seed Descent*).

2.3.1. Método genealógico

O método genealógico, também denominado método pedigree, foi inicialmente proposto por Hjalman Nilsson, mas foi Love, em 1927, que fez a primeira descrição completa e detalhada desse método. O princípio do método genealógico é que a seleção com teste de progênie e o conhecimento da genealogia dos tipos selecionados permitem a maximização da eficiência da seleção (Allard, 1971; Borém & Miranda, 2009).

O método inicia-se a partir da geração F_2 , que deve ser conduzida em condições representativas de cultivo. As plantas fenotipicamente superiores em F_2 são selecionadas visualmente e trilhadas individualmente, obtendo-se as famílias $F_{2:3}$. As melhores famílias são selecionadas e os indivíduos superiores dentro delas formam as famílias $F_{3:4}$. O processo é repetido nas sucessivas gerações até que a maioria dos locos esteja em homozigose, quando, então, as linhagens passam a ser avaliadas em experimentos com repetições.

A variabilidade entre progênies aumenta e dentro de progênies diminui. Por isso, no método genealógico só se justifica a seleção dentro de progênies até a geração F_5 (Ramalho & Vencovsky, 1978; Borém & Miranda, 2009). A partir de F_6 , quase todos os locos estarão em homozigose, o que leva à diminuição da variabilidade. Nessa fase é quando normalmente começam as avaliações de progênies em experimentos com repetições (Ramalho et al., 1993).

Esse método é o mais utilizado pelos melhoristas de plantas autógamas e apresenta vantagens, como: controle do grau de parentesco durante as seleções, descarte de progênies indesejadas em gerações iniciais e utilização de dados para estudos genéticos. O método genealógico também possui desvantagens, como a exigência de uma elevada demanda de mão de obra e campo experimental, e o grande trabalho envolvido com o processo de individualização das famílias seguida de seleção entre e dentro a cada geração, o que requer grande número de anotações para identificação das progênies. Contudo, a principal desvantagem é que a seleção é apenas visual, com eficiência questionada (Cutrim et al., 1997; Moreto et al., 2007; Borém & Miranda, 2009).

2.3.2. Método da população ou *bulk*

O método da população, também conhecido como *bulk*, foi proposto por Nilsson-Ehele, em 1908, na Suécia (Elliott, 1958). Primeiramente, percebeu-se que o método permitia o cultivo de grandes populações sem muito esforço, aumentando assim a oportunidade de selecionar plantas com alta produtividade.

O desenvolvimento do método da população inicia-se com o cruzamento de dois genitores selecionados conforme o objetivo do programa. As plantas F_1 são conduzidas de forma a obter grande número de sementes. Todas as sementes F_2 colhidas nas plantas F_1 são agrupadas e utilizadas para a obtenção da geração F_2 . Essa deve ser conduzida na região à qual a futura cultivar se destina ou em condições edafoclimáticas representativas daquelas onde a nova cultivar será plantada. As plantas F_2 são colhidas em conjunto (*bulk*) e uma amostra das sementes F_3 é utilizada para obtenção da geração F_3 , que é conduzida à semelhança da F_2 . Este procedimento é repetido até que o nível de homozigose desejado seja obtido (Borém & Miranda, 2009).

As principais vantagens desse método são a economia de mão de obra, baixo custo, possibilidade de condução de um grande número de populações e o aumento da proporção de indivíduos mais adaptados e competitivos (Allard, 1971; Borém & Miranda, 2009). A seleção natural pode ser uma vantagem do método quando sua ação se dá na direção desejada pelo melhorista. No entanto, tem-se questionado se a ação da seleção natural se dá realmente no sentido desejado (Ramalho et al., 2001). Como desvantagens, tem-se a inadequação do método para as espécies cujo produto comercial não seja a semente, a impossibilidade de utilizar casa de vegetação para acelerar o processo, o não controle da genealogia, os riscos de perda de genótipos desejáveis com baixa capacidade de competição e a perda de combinações genotípicas devido à deficiência na amostra utilizada nos subsequentes avanços de gerações (Borém & Miranda, 2009).

De acordo com a conveniência dos melhoristas algumas modificações são realizadas no método *bulk* visando maior adequação aos objetivos e maior eficiência no processo seletivo. Geralmente as modificações se dão por meio da seleção artificial em populações segregantes no sentido de deixar na população apenas indivíduos com caracteres agronomicamente desejáveis. Podem-se eliminar os tipos inferiores, especialmente quando estes são altamente competitivos, ou selecionar características tidas como neutras na competição ou relacionadas com o tipo de grão (Allard, 1971).

Nesse caso, o método passa a ser denominado *bulk* com seleção. Para a cultura do feijoeiro, a cada geração são efetuadas seleções de vários caracteres de interesse no melhoramento. É comum a seleção de aspectos relacionados aos grãos, como forma, tamanho e brilho (Santos et al., 2001; Silva, 2009).

2.3.3. Método descendente de uma única semente (SSD)

O método *SSD* (*Single Seed Descent* ou Descendente de uma Única Semente), consiste em uma técnica de avanço de gerações, após os cruzamentos, coletando-se uma semente por planta, sem efetuar seleção nas gerações iniciais de autofecundações, para aumento da homoziguidade nos descendentes e obtenção de linhagens.

A principal característica desse método é a redução do tempo requerido para a obtenção de linhagens homozigóticas, por meio do avanço das gerações fora da época normal de semeadura da cultura. Nesse método, o processo de avaliação de seleção de genótipos só se inicia após a obtenção das linhagens em homozigose. Como apenas uma única semente por planta é utilizada para constituir a geração seguinte, eliminando-se a seleção natural, os indivíduos podem ser conduzidos em casa de vegetação ou em ambientes marginais para o cultivo da espécie. Portanto, uma das principais características desse método é a separação da fase de aumento da homoziguidade da fase de seleção. Assim, as populações segregantes não precisam ser conduzidas no ambiente similar ao qual a futura cultivar será utilizada (Borém & Miranda, 2009). Esse método consiste basicamente em tomar de cada planta da geração F_2 , uma única semente para formar a geração seguinte, geralmente até F_6 ou F_7 , quando a população alcança suficiente homoziguidade.

Como principais vantagens desse método destacam-se a possibilidade de atingir o nível desejado de homoziguidade mais rapidamente, fácil condução com a não exigência de anotação da genealogia, pode ser conduzido fora da área de adaptação, requer pouca mão de obra, atenua os problemas com amostragem que ocorrem com o método da população (Ramalho et al., 2001). As principais desvantagens são menos opções de seleção nas gerações precoces e não atuação da seleção natural quando esta é desejável (Borém & Miranda, 2009). Entretanto, no Brasil, é possível o cultivo em campo do feijoeiro em até três gerações por ano. Logo, a principal vantagem desse método, que é o rápido avanço das gerações, deixa de existir (Vieira et al., 2005; Borém & Miranda, 2009).

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 que influencia o seu valor fenotípico, que é denominado interação entre os efeitos genotípicos e os ambientais (Cruz & Carneiro, 2006). A avaliação da interação genótipos x ambientes é de grande importância no melhoramento, pois, no caso de sua existência, há possibilidades de o melhor genótipo em um ambiente não o ser em outro. Essa situação influencia o ganho de seleção e dificulta a recomendação de cultivares com ampla adaptabilidade. Pela importância dessa interação, cabe ao melhorista avaliar sua magnitude e significância, quantificar seus efeitos sobre as técnicas de melhoramento e estratégias de difusão de tecnologia e fornecer subsídios que possibilitem adotar procedimentos para sua minimização e, ou, aproveitamento (Cruz et al., 2004).

A interação genótipos x ambientes é um importante e desafiante fenômeno para melhoristas e agrônomos que atuam nos testes comparativos e na recomendação de cultivares. Quanto maior a diversidade genética nos diferentes ambientes, maior a importância da interação (Borém & Miranda, 2009).

A existência da interação está associada a dois fatores. O primeiro, denominado simples, é proporcionado pela variabilidade entre genótipos nos ambientes, e o segundo, denominado complexo, é dado, principalmente, pela baixa correlação entre os genótipos. Apenas quando atribuída a esta última causa é que a interação proporcionará dificuldades no melhoramento (Ramalho et al. 1993; Cruz et al., 2004). Quando a parte predominante da interação é complexa, deve-se realizar a estratificação ambiental.

O feijoeiro-comum é cultivado em três safras, praticamente em todo o território nacional. Portanto, ele está sujeito às mais diferentes condições ambientais. Além disso, é utilizado por diversas categorias de agricultores, desde agricultores de subsistência, com escasso ou sem nenhum uso de tecnologia, até o grande empresário agrícola, com utilização da mais moderna tecnologia de produção. A diversidade de condições ambientais em que o feijoeiro é cultivado requer que os ensaios sejam conduzidos em parcerias entre instituições, em vários ambientes, para se ter uma boa estimativa da interação genótipos por ambientes, o que permite que se estime a estabilidade e

adaptabilidade de genótipos elites, o que propicia maior segurança na indicação da cultivar (Melo et al., 2007).

Como ambientes, pode-se considerar locais, anos, épocas de semeadura, sistema de plantio, níveis de adubação e outros fatores (Ramalho et al., 1993). Na cultura do feijoeiro, geralmente considera-se ambiente como anos, safras e locais. Na maior parte do Brasil, as épocas de semeadura 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. Ramalho et al. (1998a) avaliando as interações genótipos x safras (G x S), genótipos x anos (G x A) e genótipos x locais (G x L), em Minas Gerais, verificaram que as interações mais expressivas foram G x S e G x A. Esses resultados mostram que a avaliação dos genótipos em vários anos e/ou em diferentes safras é mais importante do que a avaliação em vários locais. No entanto, Matos et al. (2007) afirmaram que a interação G x L é muito importante em Minas Gerais. Pereira et al. (2010) estudaram esses mesmos fatores no Paraná e em Santa Catarina. Concluíram que a interação G x L foi a mais importante, seguida pelas interações G x A e G x S.

A influência do ambiente está presente em diversas características do feijoeiro. Por exemplo, na produtividade de grãos (Pereira et al., 2009), uma forma de tirar proveito dessa interação na indicação de novas cultivares é identificar genótipos com alta adaptabilidade e estabilidade fenotípica. Também foi observado efeito do ambiente nas características culinárias do feijão (Carbonell et al., 2003).

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, realizam-se 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 exemplo podem ser citados os métodos de Plaisted & Peterson (1959) e Annicchiarico (1992), que se baseiam na análise de variância, e os de Finlay & Wilkinson (1963) e Eberhart & Russell (1966), que têm como princípio estatístico a

análise de regressão linear simples. Métodos não paramétricos, como os 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). O método centróide consiste na comparação de valores de distância cartesiana entre os genótipos e quatro genótipos de referência, designados como ideótipos, estabelecidos com base nos dados experimentais para representarem os genótipos de máxima adaptabilidade geral e específica a ambientes favoráveis ou desfavoráveis, e também os de mínima adaptabilidade.

O método do centróide com pontos adicionais (Nascimento et al., 2009) inclui mais três ideótipos ao método do centróide, os quais são definidos por meio da média dos genótipos nos ambientes avaliados. Os sete ideótipos podem fornecer ao método maior abrangência na caracterização genética, uma vez que, na natureza, o comportamento de qualquer variável quantitativa tende a seguir um valor médio de equilíbrio. A inclusão de ideótipos que apresentem desempenho médio em relação ao conjunto de genótipos avaliados confere maior sentido biológico ao método.

2.5. Aplicação de índices de seleção no melhoramento vegetal

Para obter materiais genéticos superiores é necessário que o material selecionado reúna, simultaneamente, uma série de atributos favoráveis que lhe confira rendimento comparativamente mais elevado e que satisfaça tanto as exigências do consumidor quanto as do produtor. A seleção com base em uma, ou em poucas características, tem se mostrado inadequada, por conduzir a um produto final superior em relação apenas aos caracteres selecionados, mas com desempenho não tão favorável em relação aos vários outros caracteres não considerados durante a prática seletiva. Assim, uma maneira de aumentar a chance de êxito de um programa de melhoramento é por meio da seleção simultânea de um conjunto de caracteres de importância econômica. Para tal, a utilização da teoria de índice de seleção parece ser uma opção eficiente, pois permite combinar as múltiplas informações obtidas da unidade experimental, de modo que seja possível a seleção com base em um complexo de variáveis que reúna vários atributos de interesse econômico. Desse modo, o índice de seleção constitui-se num caráter

adicional, estabelecido pela combinação linear ótima de vários caracteres, que permite efetuar, com eficiência, a seleção simultânea (Cruz & Carneiro, 2006).

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

O parâmetro que evidencia o avanço da geração seguinte em relação à população original é o ganho genético decorrente da seleção efetuada para uma determinada característica. O progresso genético pode ser expresso em porcentagem do ganho e, para efeito de comparação, utiliza-se a relação ganho por ano (Vilela, 2008).

Smith (1936) foi o primeiro a propor o uso do índice de seleção nos programas de melhoramento de plantas como critério de seleção simultânea de duas ou mais características correlacionadas. Esse procedimento foi adaptado ao melhoramento genético animal por Hazel (1943). O índice de seleção clássico proposto por esses autores consiste numa combinação linear dos valores fenotípicos dos vários caracteres de importância econômica, cujos coeficientes de ponderação são estimados de modo a maximizar a correlação entre o índice de seleção e o agregado genotípico. Esse agregado é estabelecido por outra combinação linear, envolvendo valores genéticos, os quais são ponderados pelos respectivos valores econômicos.

Na literatura, encontram-se descritas dezenas de metodologias de índice de seleção (Cruz et al., 2004; Cruz & Carneiro, 2006). Como exemplo podem ser citados os índices de Pesek & Baker (1969), com base nos ganhos desejados; índice proposto por Tai (1977) que divide os caracteres em primários e secundários; índice base (Willians, 1962) que estabelece pesos e pondera diretamente os valores fenotípicos médios dos caracteres; índice com base na soma de postos ou *ranks* (Mulamba & Mock, 1978); índice multiplicativo (Subandi et al., 1973); índice da distância genótipo-ideótipo (Carvalho et al., 2002); índice Z (Mendes et al., 2009) baseado em somatório de variáveis padronizadas, entre outros.

No feijoeiro-comum alguns autores testaram a utilização de índices de seleção. Mendes et al. (2009) verificaram a viabilidade do uso do índice Z no melhoramento genético do feijoeiro e constataram que esse índice possibilita selecionar populações segregantes superiores, considerando simultaneamente a produtividade de grãos e as notas de porte e de acamamento. O índice base, o índice com base na soma de postos e o

índice Z foram utilizados por Lima et al. (2010) na identificação de linhagens superiores de feijão. Esses autores verificaram que o índice Z é mais eficiente na seleção simultânea de caracteres, pela facilidade de obtenção, pela possibilidade de se proceder a seleção graficamente e pela viabilidade de realizar a análise de variância do índice.

Diante da grande disponibilidade de índices de seleção, cabe ao melhorista escolher qual índice utilizar, observando as características da população em estudo e do índice. É provável que, conforme previsto pela teoria, essa técnica permita a obtenção de resultados satisfatórios na seleção simultânea de caracteres.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Vale ressaltar que este estudo é uma continuidade do trabalho realizado por Silva (2009). A autora teve como objetivo avaliar a eficiência da seleção precoce para aspecto de grãos utilizando como material genético a população ‘Ouro Negro’ x ‘Meia Noite’. Para isso foram avaliadas 393 linhagens conduzidas pelos métodos *SSD*, *bulk* e *bulk* com seleção para aspecto de grãos. Com base no índice de seleção proposto por Mendes et al. (2009), utilizando dados de produtividade, arquitetura de planta, severidade de ferrugem e aspecto de grãos foram selecionadas as 93 linhagens utilizadas neste estudo. Assim, foram avaliados um total de 100 tratamentos: 31 linhagens de cada método e sete testemunhas (Ouro Negro, Meia Noite, BRS Valente, BRS Supremo, Diamante Negro, BRS Campeiro e BRS Grafite), todas de grãos pretos.

Os experimentos de campo foram realizados nas safras da “seca” e de inverno de 2009 e de 2010, no delineamento em blocos casualizados, com três repetições. As parcelas constituíram-se de duas linhas de 2m, com 12 sementes por metro e espaçamento entre linhas de 0,5m. Os experimentos foram conduzidos na Estação Experimental do Departamento de Fitotecnia da UFV, em Coimbra, Minas Gerais, situada a 690 metros de altitude, 20°45’S de latitude e 42°51’W de longitude. Os tratamentos culturais adotados foram de acordo com o recomendado para a cultura do feijoeiro na região. Na adubação de plantio foram utilizados 350 kg/ha do fertilizante formulado 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 e de 2010, os experimentos foram mantidos sob irrigação convencional por aspersão. Avaliaram-se a arquitetura de planta, a produtividade de grãos, a massa de 100 grãos e o aspecto de grãos. O tempo de cocção

foi avaliado com os grãos oriundos do experimento do inverno de 2010. A avaliação da reação a *C. lindemuthianum* foi feita em condições controladas sob inoculação.

A arquitetura de planta foi avaliada por meio desta escala arbitrária: 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, semi-ereta e medianamente prostrada, e nota 5 - planta do tipo III, com entrenós longos e muito prostrada (Collicchio et al., 1997).

Para avaliação do aspecto de grãos adotou-se uma escala de notas de 1 a 5, semelhante à usada por Ramalho et al. (1998b) na avaliação de grãos tipo “carioca”, em que: 1 - grãos com padrão semelhante à cultivar Ouro Negro (grãos graúdos, foscos e elípticos; massa de grãos aproximadamente 26 gramas) e 5 - grãos totalmente fora do padrão da cultivar Ouro Negro (grãos pequenos, e/ou brilhantes, e/ou achatados, e/ou com formato reniforme).

Foram inoculadas cinco raças de *C. lindemuthianum* (65, 73, 81, 87 e 89) para avaliação da severidade de antracnose nas linhagens e nas testemunhas. As inoculações foram realizadas em casa de vegetação climatizada pertencente ao Departamento de Fitotecnia da UFV. A casa de vegetação possui sistema automático de controle de temperatura e irrigação. Após as inoculações, o painel de controle da mesma 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 24°C.

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 à 24°C, para a produção dos conídios. Estes foram inoculados em oito plântulas de cada tratamento, sendo que as sementes foram pré-germinadas em germinadores, utilizando papel germitest, durante 24 horas à 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.

A avaliação 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.

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 estiletos 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 estiletos.

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).

Geralmente, as diversas características de importância econômica estão correlacionadas entre si, em magnitude e sentidos variados. Tal fato implica que a seleção em uma característica pode proporcionar alterações em outras, cujo sentido pode ser ou não de interesse do melhoramento (Cruz et al., 2004). Sendo assim, foi realizada a quantificação dos efeitos diretos e indiretos da seleção de uma característica sobre as demais (Cruz, 2006a). Neste procedimento, a seleção para produtividade de grãos e massa de 100 grãos foi no sentido de aumentar a média da característica, para

aspecto de grãos e arquitetura de planta a seleção foi no sentido de diminuir a média da característica.

Na avaliação da adaptabilidade e estabilidade das linhagens foi utilizado o método do centróide com pontos adicionais (Nascimento et al., 2009). Esse método consiste da comparação de valores de distância cartesiana entre os genótipos e sete referências pré-estabelecidas (ideótipos), criadas com base nos dados experimentais. Após a classificação dos ambientes e a criação dos sete pontos referenciais representativos dos ideótipos (centróides), procedeu-se à análise de componentes principais para obtenção dos escores utilizados na representação gráfica.

Para auxiliar na seleção das linhagens com potencial para comporem os futuros ensaios de VCU de feijão preto, 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 como 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 dos caracteres produtividade e massa de 100 grãos. 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 a um para arquitetura de planta e massa de 100 grãos, e iguais a dois para produtividade e aspecto de grãos. Considerou-se 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, massa de 100 grãos e tempo de cocção, das linhagens com a média dos genitores, pelo teste de Dunnett (Cruz, 2006b).

As análises estatísticas foram realizadas utilizando os recursos computacionais do programa GENES (Cruz, 2006a/b).

4. RESULTADOS

4.1. Análises de variância individuais e conjunta

Os resumos das análises de variância individuais referentes aos caracteres avaliados nas safras da “seca” e de inverno de 2009 e de 2010 são apresentados na Tabela 1. Os coeficientes de variação experimental variaram de 3,8% a 19,7%, indicando boa precisão na avaliação dos caracteres. Foi altamente significativo o efeito de linhagens sobre produtividade, arquitetura de planta, aspecto de grãos e massa de 100 grãos em todos os ambientes, indicando que a população apresenta variabilidade genética para esses caracteres. O mesmo foi observado para a fonte de variação testemunhas, exceto para produtividade de grãos, nas duas safras de inverno e na “seca” de 2010. As médias de produtividade de grãos dos experimentos foram altas (de 2315 a 3929 kg/ha), especialmente nas safras do inverno.

Houve efeito significativo da interação linhagens x ambientes sobre todos os caracteres, indicando comportamento diferencial das linhagens frente às variações ambientais (Tabela 2). O desempenho das testemunhas em relação à produtividade, arquitetura e aspecto de grãos, foi o mesmo em todos os ambientes. Também foram realizadas análises de variância conjuntas para os pares de ambientes (Anexo I) com o intuito de avaliar a interação das linhagens com safras e anos. Observou-se efeito significativo da interação linhagens com safras e com anos sobre todos os caracteres, em todos os pares de ambientes, exceto em relação à arquitetura de planta quando considerou-se como ambientes as duas safras de 2009.

Tabela 1. Resumo das análises de variância individuais de produtividade de grãos (PROD), arquitetura de planta (ARQ), aspecto de grãos (AG) e massa de 100 grãos (M100), de 93 linhagens da população 'Ouro Negro' x 'Meia Noite' e sete testemunhas. Coimbra, MG, safras da “seca” e inverno de 2009 e 2010.

Safrada “seca” de 2009					
Fonte de variação	GL	Quadrado Médio			
		PROD	ARQ	AG	M100
Tratamentos	99	428178,9871**	0,6330**	0,6151**	7,2895**
Linhagens (L)	92	436077,8460**	0,5554**	0,5429**	7,4984**
Linhagens <i>Bulk</i>	30	301248,4932**	0,5455**	0,4654**	4,1611**
Linhagens <i>Bulk</i> sel	30	641257,4100**	0,4364**	0,4586**	6,8967**
Linhagens <i>SSD</i>	30	289669,5488**	0,6437**	0,6715**	11,8593**
Entre métodos	2	1576949,1360**	1,1644**	0,0335 ^{ns}	1,1699 ^{ns}
Testemunhas (Te)	6	370676,1950*	1,7063**	1,8016**	5,0992**
L vs. Te	1	46500,7209 ^{ns}	1,3324**	0,1384 ^{ns}	1,2125 ^{ns}
Resíduo	198	156542,6768	0,1337	0,0811	0,5754
Média		2315	2,4	2,7	19,4
CV (%)		17,1	15,0	10,7	3,9
Safrado inverno de 2009					
Fonte de variação	GL	Quadrado Médio			
		PROD	ARQ	AG	M100
Tratamentos	99	530305,8786**	0,5762**	0,6672**	11,3318**
Linhagens (L)	92	549919,1090**	0,4793**	0,6374**	11,4293**
Linhagens <i>Bulk</i>	30	672268,2764**	0,5582**	0,7344**	7,2894**
Linhagens <i>Bulk</i> sel	30	396268,4482**	0,3638**	0,4455**	9,5865**
Linhagens <i>SSD</i>	30	568125,4479**	0,4941**	0,6330**	16,6756**
Entre métodos	2	746346,4265*	0,8062**	2,1269**	22,4753**
Testemunhas (Te)	6	311215,1035 ^{ns}	1,6230**	1,2341**	9,5645**
L vs. Te	1	40433,3324 ^{ns}	3,2102**	0,0074 ^{ns}	12,9655**
Resíduo	198	168941,7079	0,1388	0,0817	0,8129
Média		3438	2,5	2,6	23,7
CV (%)		12,0	14,8	10,9	3,8
Safrada “seca” de 2010					
Fonte de variação	GL	Quadrado Médio			
		PROD	ARQ	AG	M100
Tratamentos	99	1518050,8531**	0,6515**	0,6561**	9,2919**
Linhagens (L)	92	1561056,1577**	0,5786**	0,6116**	9,6993**
Linhagens <i>Bulk</i>	30	1503821,3082**	0,5466**	0,6672**	9,9271**
Linhagens <i>Bulk</i> sel	30	1663081,5114**	0,6554**	0,5686**	9,138**
Linhagens <i>SSD</i>	30	1571993,5122**	0,5364**	0,4943**	10,4967**
Entre métodos	2	725138,2772 ^{ns}	0,5396*	2,1821**	2,7407 ^{ns}
Testemunhas (Te)	6	238493,3083 ^{ns}	1,0119**	1,4405**	4,5069**
L vs. Te	1	5238908,0986**	5,1958**	0,0437 ^{ns}	0,5211 ^{ns}
Resíduo	198	254473,6276	0,1253	0,1309	1,3936
Média		2558	3,0	2,6	20,2
CV (%)		19,7	11,8	13,8	5,9
Safrado inverno de 2010					
Fonte de variação	GL	Quadrado Médio			
		PROD	ARQ	AG	M100
Tratamentos	99	322702,4854**	0,2994**	0,5596**	8,0027**
Linhagens (L)	92	333472,7487**	0,1868**	0,5308**	7,9873**
Linhagens <i>Bulk</i>	30	386516,4754**	0,2265**	0,5082**	6,6063**
Linhagens <i>Bulk</i> sel	30	196981,4559 ^{ns}	0,2039**	0,5283**	6,0964**
Linhagens <i>SSD</i>	30	436917,3430**	0,1159 ^{ns}	0,4165**	10,9403**
Entre métodos	2	33517,3256**	0,3983*	2,6218**	12,7708**
Testemunhas (Te)	6	209475,7867 ^{ns}	0,5675**	0,7421**	7,1815**
L vs. Te	1	11198,4540 ^{ns}	9,0500**	2,1141**	14,3467**
Resíduo	198	165295,8361	0,0894	0,0998	0,7445
Média		3929	2,9	2,6	22,9
CV (%)		10,4	10,0	12,3	3,8

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

Tabela 2. Resumo das análises de variância conjunta da produtividade de grãos (PROD), arquitetura de planta (ARQ), aspecto de grãos (AG) e massa de 100 grãos (M100), de 93 linhagens da população 'Ouro Negro' x 'Meia Noite' e sete testemunhas. Coimbra, MG, safras da “seca” e do inverno de 2009 e de 2010.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio			
		PROD	ARQ	AG	M100
Ambientes (A)	3	170502769,3310**	27,4244**	0,5067**	1295,5194**
Tratamentos (T)	99	1166610,4079**	1,4995**	1,8459**	24,5323**
Linhagens (L)	92	1201048,0378**	1,14699**	1,6674**	24,8223**
Testemunhas (Te)	6	596959,5618**	16,9422**	4,8522**	21,6606**
L vs. Te	1	1416253,5495**	0,2202**	0,2303 ^{ns}	15,0757**
T x A	297	544209,2654**	0,2177**	0,2173**	3,7945**
L x A	276	559825,9412**	0,1992**	0,2184**	3,9307**
Te x A	18	177633,6106 ^{ns}	0,1925 ^{ns}	0,1220 ^{ns}	1,5639*
L vs. Te x A	3	1306929,0184**	0,6128**	0,6897**	4,6555**
Resíduo	792	186313,4621	0,1218	0,0984	0,8816
Média		3060	2,7	2,6	21,5
CV%		14,1	12,8	11,9	4,4

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

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 3). Observou-se, de modo geral, predominância da fração complexa, o que indica inconsistência na produtividade de grãos, arquitetura de planta, aspecto de grãos e massa de 100 grãos das linhagens nos ambientes.

Tabela 3. Estimativas da parte complexa, em percentagem, resultante da decomposição da interação linhagens x ambientes, de produtividade (PROD), arquitetura de planta (ARQ), aspecto de grãos (AG) e massa de 100 grãos (M100). Coimbra, MG, safras da “seca” e do inverno de 2009 e de 2010.

PROD				AG			
Ambientes	Inv/09	Sec/10	Inv/10	Ambientes	Inv/09	Sec/10	Inv/10
Sec/09	81,7 ¹	77,9	99,1	Sec/09	45,0	64,7	67,9
Inv/09		70,6	80,2	Inv/09		61,5	60,8
Sec/10			45,5	Sec/10			63,7
ARQ				M100			
Ambientes	Inv/09	Sec/10	Inv/10	Ambientes	Inv/09	Sec/10	Inv/10
Sec/09	55,1	67,5	57,4	Sec/09	34,3	70,7	61,2
Inv/09		62,6	63,0	Inv/09		75,2	56,8
Sec/10			59,7	Sec/10			74,4

¹Valores inferiores e superiores a 50% indicam interação de natureza simples e complexa, respectivamente.

Realizou-se a estimativa dos ganhos por seleção direta e indireta para os caracteres produtividade de grãos, arquitetura de planta, aspecto de grãos e massa de 100 grãos em cada ambiente separadamente (Tabela 4). Verifica-se que a seleção direta proporciona, para os caracteres em estudo, os ganhos mais elevados. A seleção para uma determinada característica pode proporcionar ganhos consideráveis para uma segunda característica, porém proporciona ganhos indesejáveis a uma terceira ou quarta. A seleção indireta não proporciona ganhos em magnitude e sentido desejados para todas as características em todos os ambientes.

4.2. Adaptabilidade e estabilidade das linhagens

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

A análise dos dados pelo método do centróide com pontos adicionais (Tabela 5) indicou que, das 93 linhagens, 71 foram classificadas como de média adaptabilidade geral (Classe V). Entre essas, as cinco linhagens com maior probabilidade de terem maior adaptabilidade geral foram: 20 (0,5997), 63 (0,5433), 80 (0,5176), 64 (0,4775) e 50 (0,4492). As linhagens 71 (0,3211), 4 (0,2982), 44 (0,2720) e 54 (0,2274) se enquadraram na classe de adaptabilidade geral alta (Classe I). Três linhagens foram classificadas como de adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (Classe VI) e outras sete foram classificadas como de adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (Classe VII). Os genótipos 24 (0,3422), 25 (0,3166), 78 (0,3117), 85 (0,2931), 88 (0,2505), 30 (0,2471), 7 (0,2297) e 46 (0,2137) foram classificados como de mínima adaptabilidade (Classe IV).

4.3. Identificação das linhagens promissoras

Com base no índice da distância genótipo-ideótipo, 20 linhagens foram classificadas como as que mais se aproximaram do ideótipo em relação a produtividade de grãos, arquitetura de planta, aspecto de grãos e massa de 100 grãos (Tabela 6). Dessas, a maioria não diferiu significativamente da cultivar Ouro Negro em relação à produtividade e massa de 100 grãos. Em relação à arquitetura de planta, a maioria das

Tabela 4. Estimativas dos ganhos por seleção direta e indireta para os caracteres produtividade de grãos (PROD), arquitetura de planta (ARQ), aspecto de grãos (AG) e massa de 100 grãos (M100). Coimbra, MG, safras da “seca” e do inverno de 2009 e de 2010.

SELEÇÃO	RESPOSTA															
	Sec/09				Inv/09				Sec/10				Inv/10			
	PROD	ARQ	AG	M100	PROD	ARQ	AG	M100	PROD	ARQ	AG	M100	PROD	ARQ	AG	M100
PROD Sec/09	322,446 (13,9) ¹	0,047 (1,9)	-0,140 (-5,3)	0,808 (4,2)	158,991 (4,6)	0,040 (1,6)	-0,059 (-2,3)	1,096 (4,6)	159,227 (6,2)	-0,035 (-1,2)	-0,076 (-2,9)	0,486 (2,4)	21,156 (0,5)	0,016 (0,6)	-0,078 (-3,0)	0,561 (2,5)
ARQ Sec/09	-114,469 (-4,9)	-0,405 (-16,6)	0,103 (3,8)	-0,495 (-2,6)	-44,667 (-1,3)	-0,304 (-12,1)	0,058 (2,2)	-0,918 (-3,9)	-54,450 (-2,1)	-0,250 (-8,3)	0,031 (1,2)	-0,139 (-0,7)	-21,495 (-0,6)	-0,185 (-6,2)	0,042 (1,7)	-0,244 (-1,1)
AG Sec/09	67,122 (2,9)	0,137 (5,6)	-0,499 (-18,7)	0,789 (4,1)	91,865 (2,7)	0,071 (2,8)	-0,393 (-14,9)	0,933 (3,9)	-203,771 (-8,0)	0,127 (4,2)	-0,268 (-10,2)	-0,222 (-1,1)	-33,377 (-0,9)	0,021 (0,7)	-0,226 (-8,8)	0,585 (2,6)
M100 Sec/09	122,294 (5,3)	0,174 (7,1)	-0,192 (-7,2)	1,990 (10,3)	199,230 (5,8)	0,116 (4,6)	-0,135 (-5,1)	2,084 (8,8)	160,068 (6,3)	0,062 (2,1)	-0,129 (-4,9)	1,065 (5,3)	29,705 (0,8)	0,012 (0,4)	-0,105 (-4,1)	1,273 (5,6)
PROD Inv/09	81,731 (3,5)	0,079 (3,2)	-0,088 (-3,3)	1,360 (7,0)	347,110 (10,1)	0,132 (5,2)	-0,065 (-2,5)	1,529 (6,4)	204,234 (8,0)	0,040 (1,3)	-0,087 (-3,3)	0,766 (3,8)	69,860 (1,8)	0,021 (0,7)	-0,073 (-2,8)	0,750 (3,3)
ARQ Inv/09	-81,091 (-4,0)	-0,300 (-12,0)	0,091 (3,0)	-0,217 (-1,0)	-133,587 (-4,0)	-0,425 (-17,0)	0,093 (4,0)	-0,524 (-2,0)	93,105 (4,0)	-0,331 (-11,0)	-0,012 (-0,5)	0,581 (3,0)	-22,378 (-1,0)	-0,157 (-5,0)	-0,029 (-1,0)	0,053 (0,23)
AG Inv/09	50,544 (2,2)	0,100 (4,1)	-0,424 (-15,9)	0,940 (4,9)	137,426 (4,0)	0,046 (1,8)	-0,515 (-19,6)	1,465 (6,2)	-142,949 (-5,6)	0,121 (4,0)	-0,204 (-7,8)	-0,217 (-1,1)	-8,939 (-0,2)	0,063 (2,1)	-0,199 (-7,7)	0,569 (2,5)
M100 Inv/09	123,896 (5,4)	0,200 (8,2)	-0,245 (-9,1)	1,633 (8,4)	181,520 (5,3)	0,142 (5,6)	-0,246 (-9,4)	2,373 (10,0)	-20,211 (-0,8)	0,148 (4,9)	-0,108 (-4,1)	0,617 (3,1)	-18,128 (-0,5)	0,110 (3,7)	-0,111 (-4,3)	1,179 (5,2)
PROD Sec/10	79,420 (3,4)	-0,058 (-2,4)	0,097 (3,6)	0,632 (3,3)	162,065 (4,7)	-0,076 (-3,0)	0,128 (4,9)	0,625 (2,6)	670,621 (26,2)	-0,245 (-8,2)	-0,039 (-1,5)	1,519 (7,5)	112,491 (2,9)	-0,049 (-1,6)	0,086 (3,4)	0,248 (1,1)
ARQ Sec/10	-14,223 (-0,6)	-0,263 (-10,8)	0,109 (4,1)	0,199 (1,0)	32,967 (1,0)	-0,319 (-12,7)	0,146 (5,5)	0,048 (0,2)	448,111 (17,5)	-0,509 (-16,9)	-0,060 (-2,3)	1,340 (6,6)	57,110 (1,5)	-0,147 (-4,9)	0,053 (2,1)	0,084 (0,4)
AG Sec/10	37,635 (1,6)	0,016 (0,7)	-0,204 (-7,6)	0,461 (2,4)	113,154 (3,3)	-0,051 (-2,0)	-0,205 (-7,8)	0,612 (2,6)	303,164 (11,9)	-0,121 (-4,0)	-0,455 (-17,3)	0,872 (4,3)	11,083 (0,3)	-0,054 (-1,8)	-0,210 (-8,1)	0,450 (2,0)
M100 Sec/10	73,623 (3,2)	-0,037 (-1,5)	0,027 (1,0)	1,038 (5,4)	104,758 (3,1)	-0,127 (-5,0)	0,070 (2,7)	1,199 (5,1)	526,936 (20,6)	-0,304 (-10,1)	-0,119 (-4,5)	1,980 (9,8)	51,435 (1,3)	-0,040 (-1,3)	-0,001 (-0,1)	0,775 (3,4)
PROD Inv/10	5,603 (0,2)	0,075 (3,1)	0,096 (3,6)	0,040 (0,2)	162,002 (4,7)	0,050 (2,0)	0,066 (2,5)	0,081 (0,3)	388,836 (15,2)	-0,082 (-2,7)	0,007 (0,3)	0,591 (2,9)	203,349 (5,2)	0,035 (1,2)	0,088 (3,4)	-0,025 (-0,1)
ARQ Inv/10	-21,207 (-0,9)	-0,294 (-12,1)	0,068 (2,5)	-0,248 (-1,3)	31,162 (0,9)	-0,253 (-10,0)	0,075 (2,9)	-0,574 (-2,4)	110,771 (4,3)	-0,277 (-9,2)	-0,065 (-2,5)	0,219 (1,1)	-11,418 (-0,3)	-0,297 (-9,9)	-0,051 (-2,0)	0,185 (0,8)
AG Inv/10	62,321 (2,7)	-0,053 (-2,2)	-0,198 (-7,4)	0,594 (3,1)	70,070 (2,0)	-0,076 (-3,0)	-0,246 (-9,4)	0,934 (3,9)	-139,920 (-5,5)	-0,030 (-1,0)	-0,220 (-8,4)	0,278 (1,4)	-21,045 (-0,5)	-0,068 (-2,3)	-0,412 (-16,0)	1,055 (4,6)
M100 Inv/10	97,503 (4,2)	0,087 (3,6)	-0,187 (-7,0)	1,271 (6,6)	148,970 (4,3)	-0,054 (-2,2)	-0,186 (-7,1)	1,657 (7,0)	-91,039 (-3,6)	-0,007 (-0,2)	-0,141 (-5,4)	0,955 (4,7)	-4,940 (-0,1)	-0,029 (-1,0)	-0,273 (-10,6)	1,883 (8,2)

¹Valores entre parênteses referem-se aos ganhos percentuais. Valores positivos e negativos referem-se ao acréscimo e decréscimo, respectivamente, na média da característica.

Tabela 5. Classificação dos genótipos, pelo método do centróide com pontos adicionais, em um dos sete grupos caracterizados pelos centróides e a probabilidade associada a sua classificação, considerando a produtividade média de grãos (Prod).

Linhagens	Média	Class.	Prob.	Linhagens	Média	Class.	Prob.	Linhagens	Média	Class.	Prob.
1	3178	V	0,2406	32	3013	V	0,2877	63	2969	V	0,5433
2	3067	V	0,2407	33	3167	V	0,2880	64	3033	V	0,4775
3	2928	V	0,4430	34	3545	VII	0,1915	65	3386	V	0,2532
4	3749	I	0,2982	35	3587	VII	0,2522	66	2887	V	0,2721
5	3391	V	0,2454	36	2921	V	0,2519	67	2826	V	0,3564
6	3131	V	0,3204	37	3051	V	0,3002	68	2798	V	0,2123
7	2548	IV	0,2297	38	3202	V	0,2835	69	2754	V	0,2697
8	2882	V	0,2880	39	2872	V	0,2119	70	3337	VI	0,2227
9	3160	V	0,4261	40	3006	V	0,4077	71	3776	I	0,3211
10	2911	V	0,2881	41	3059	V	0,4382	72	2727	V	0,2896
11	2507	V	0,2304	42	2919	V	0,3591	73	2888	V	0,2834
12	3153	V	0,4244	43	3425	V	0,2355	74	3123	V	0,2529
13	3294	VI	0,2427	44	3711	I	0,2720	75	2857	V	0,3779
14	2648	V	0,2759	45	3068	V	0,4102	76	3277	V	0,2113
15	3439	V	0,2139	46	2533	IV	0,2137	77	3127	V	0,2644
16	2663	V	0,2331	47	2999	V	0,3892	78	2390	IV	0,3117
17	3468	VI	0,2162	48	3209	VII	0,2388	79	3546	VII	0,2384
18	3227	V	0,2724	49	2863	V	0,2773	80	3039	V	0,5176
19	2896	V	0,2721	50	3061	V	0,4492	81	3073	V	0,2931
20	3001	V	0,5997	51	2967	V	0,2159	82	2873	V	0,2789
21	3273	V	0,3190	52	3504	VII	0,3266	83	3159	V	0,3196
22	3317	V	0,2453	53	3294	VII	0,2643	84	2792	V	0,2398
23	2887	V	0,2969	54	3699	I	0,2274	85	2404	IV	0,2931
24	2356	IV	0,3422	55	2834	V	0,2830	86	2980	V	0,3818
25	2405	IV	0,3166	56	3004	V	0,2736	87	2714	V	0,2333
26	3333	VII	0,2573	57	2886	V	0,3384	88	2511	IV	0,2505
27	3288	V	0,2197	58	2938	V	0,2146	89	3306	V	0,2689
28	3254	V	0,3366	59	3149	V	0,2466	90	2924	V	0,245
29	3187	V	0,2865	60	3454	V	0,2145	91	3208	V	0,3083
30	2498	IV	0,2471	61	2852	V	0,2550	92	2945	V	0,2124
31	3419	V	0,2072	62	2837	V	0,3255	93	3011	V	0,2817

Class., classificação; Prob., probabilidade; I: Máxima adaptabilidade geral; II: Máxima adaptabilidade específica a ambientes favoráveis; III: Máxima adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis; IV: Mínima adaptabilidade; V: Média adaptabilidade geral; VI: Média adaptabilidade específica a ambientes favoráveis; VII: Média adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis.

linhagens não diferiu significativamente da cultivar Meia Noite, considerada padrão para arquitetura ereta de planta. O aspecto de grãos da maioria das linhagens não diferiu significativamente da cultivar Ouro Negro. Considerando o tempo de cocção, avaliado no inverno de 2010, a maioria das linhagens possui tempo de cocção inferior a trinta minutos.

Tabela 6. Médias de produtividade (PROD); arquitetura de planta (ARQ); aspecto de grãos (AG); massa de 100 grãos (M100) e tempo de cocção; e reação às raças 65, 73, 81, 87 e 89 de *Colletotrichum lindemuthianum*, das vinte linhagens selecionadas pelo índice de seleção da distância genótipo-ideótipo e das cultivares Ouro Negro e Meia Noite. Coimbra, MG, safras da “seca” e do inverno de 2009 e de 2010.

Linhagens Selecionadas	SECA 2009				INVERNO 2009				SECA 2010				INVERNO 2010				COCCÃO	Raças de antracnose									
	PROD	ARQ	AG	M100	PROD	ARQ	AG	M100	PROD	ARQ	AG	M100	PROD	ARQ	AG	M100		65	73	81	87	89					
	44	2638	ab 2,2	b 2,2	a 21,1	a	3937	ab 2,3	b 2,5	a 25,0	a	3742	ab 2,7	b 2,2	a 23,1	a		4526	ab 2,7	ab 2,0	a 24,6	a	27,3	b	S	R	R
92	2153	ab 3,0	a 1,7	a 22,6		4077	ab 2,3	b 2,0	a 26,3	a	1524	ab 3,5	a 2,5	a 19,1	ab	4026	ab 3,0	ab 2,2	a 25,9	a	25,8	b	R	R	R	R	R
60	2413	ab 2,3	b 2,7	19,3	ab	3759	ab 2,3	b 2,0	a 25,5	a	3262	ab 2,8	ab 2,3	a 21,0	ab	4383	ab 3,0	ab 2,0	a 23,6	a	25,6	b	S	R	R	R	R
35	2855	ab 2,2	b 2,5	22,9		3964	ab 2,5	b 2,2	a 27,4	a	3386	ab 2,0	b 2,0	a 24,4		4144	ab 3,0	ab 2,0	a 26,1	a	27,8	b	S	R	R	R	R
45	2646	ab 2,0	b 2,2	a 20,0	a	3565	ab 2,2	b 2,0	a 24,0	a	2327	ab 2,8	ab 2,7	a 19,6	ab	3734	ab 2,5	ab 1,8	a 23,0	a	27,9	b	R	R	R	R	R
59	2952	a 2,0	b 2,2	a 22,0	a	3984	ab 2,7	b 2,0	a 26,1	a	1900	b 3,0	a 2,7	a 19,4	ab	3761	ab 3,3	a 2,2	a 23,6	a	24,8	b	S	R	R	R	R
58	2835	ab 2,2	b 1,7	a 20,5	a	3713	ab 2,5	b 2,0	a 26,3	a	1291	ab 3,2	a 2,7	a 18,1		3914	ab 3,0	ab 3,0	24,1	a	24,5	b	R	R	R	R	R
34	2256	ab 2,0	b 2,8	20,4	a	4222	a 2,2	b 2,7	24,4	a	3593	ab 2,5	b 2,2	a 23,1	ab	4111	ab 2,3	b 2,2	a 24,3	a	31,3	a	R	R	R	R	R
54	3187	a 3,0	a 1,8	a 21,6	a	4156	ab 3,2	a 2,0	a 26,4	a	3247	ab 3,0	a 1,8	a 22,6	a	4204	ab 3,3	a 2,3	a 24,7	a	27,9	b	S	R	R	R	R
20	2119	ab 2,0	b 2,2	a 19,3	ab	3444	ab 1,5	b 2,3	a 23,9	a	2542	ab 2,2	b 1,7	a 22,8	a	3899	ab 2,3	b 2,0	a 25,3	a	25,1	b	R	R	R	R	R
91	2388	ab 2,8	2,0	a 22,2	a	4020	ab 2,8	ab 2,0	a 27,1	a	2347	ab 3,8	a 2,5	a 17,8	b	4075	ab 3,3	a 2,3	a 24,2	a	33,8	a	S	R	R	R	R
19	2398	ab 2,2	b 1,8	a 19,6	a	3816	ab 2,5	b 2,2	a 24,5	a	1754	b 3,3	a 2,7	a 19,0	ab	3615	ab 3,0	ab 2,0	a 24,0	a	25,8	b	S	R	R	R	R
29	1949	ab 2,0	b 2,5	20,3	a	4008	ab 2,3	b 2,3	a 24,2	a	2709	a 2,8	ab 2,3	a 19,4	ab	4081	ab 3,0	ab 2,5	a 24,3	a	31,5	a	S	R	R	R	R
39	2465	ab 2,3	b 2,7	18,1	b	3759	ab 2,5	b 2,3	a 23,2		1268	ab 3,3	a 2,5	a 19,0	ab	3995	ab 2,8	ab 2,2	a 25,7	a	30,7	a	S	R	R	R	R
52	2780	ab 2,3	b 2,5	19,8	a	3591	a 2,5	b 2,8	25,0	a	3517	ab 2,2	b 2,3	a 22,2	a	4129	ab 2,7	ab 2,5	a 23,9	a	30,7	a	S	R	R	R	R
46	1611	b 2,5	2,0	a 21,9	a	3594	ab 2,7	b 1,8	a 28,5		1137	ab 3,2	a 2,5	a 19,7	ab	3788	ab 2,8	ab 1,7	a 26,0	a	28,6	a	S	R	R	R	R
65	2833	ab 2,2	b 3,0	21,0	a	3819	ab 2,7	b 2,7	26,3	a	2966	ab 2,7	b 2,2	a 22,4	a	3925	ab 3,0	ab 2,2	a 24,4	a	22,8	b	S	R	R	R	R
33	2616	ab 3,2	a 2,2	a 21,3	a	3947	ab 3,2	a 2,5	a 26,7	a	2074	ab 3,8	a 2,3	a 20,0	ab	4032	ab 3,0	ab 2,2	a 23,4	a	37,3		S	R	R	R	R
51	2938	a 2,5	2,5	19,6	a	3883	ab 2,7	b 2,2	a 25,3	a	1382	b 3,5	a 3,0	b 18,8	ab	3665	ab 3,3	a 2,5	a 23,7	a	29,9	a	R	R	R	R	R
43	2888	a 2,2	b 2,3	18,1	b	3592	ab 2,3	b 2,5	a 22,7		3007	ab 2,5	b 2,3	a 19,0	ab	4212	ab 3,2	a 2,7	a 20,5	b	29,7	a	R	R	R	R	R
Ouro Negro	2684	a 3,8	a 1,5	a 20,7	a	3927	a 3,7	a 1,8	a 25,9	a	3120	a 3,7	a 1,8	a 21,2	a	4362	a 3,2	a 2,2	a 24,2	a	32,0	a	S	R	R	R	R
Meia Noite	1925	b 1,5	b 4,0	b 17,6	b	3208	b 2,0	b 3,8	b 20,2	b	2567	b 2,0	b 4,0	b 19,0	b	3889	b 2,3	b 3,8	b 19,7	b	24,5	b	R	R	R	R	R

Médias seguidas pelas letras a e/ou b, na coluna, não diferem das testemunhas Ouro Negro e Meia Noite, respectivamente (Dunnnett a 5% de probabilidade). Notas de arquitetura de planta: 1 - planta do tipo II, ereta, com uma haste e com inserção alta das primeiras vagens; 2 - planta do tipo II, ereta e com algumas ramificações; 3 - planta do tipo II ou III, ereta, com muitas ramificações e tendência a prostrar-se; 4 - planta do tipo III, semi-ereta e medianamente prostrada; e 5 - planta do tipo III, com entrenós longos e muito prostrada. Notas de aspecto de grãos, de 1 a 5, em que: 1 - grãos com ótimo padrão comercial; 5 - grãos fora do padrão comercial. R: Reações de resistência. S: Reações de suscetibilidade.

Para todos os caracteres avaliados houveram ganhos com a seleção, em todos os ambientes (Tabela 7). Em relação à produtividade e massa de 100 grãos os ganhos foram no sentido de aumentar a média dos caracteres. Para arquitetura de planta e aspecto de grãos os ganhos foram no sentido de diminuir a média dos caracteres.

Tabela 7. Estimativas dos ganhos obtidos pela seleção (GS) em cada ambiente em relação à produtividade de grãos (PROD), arquitetura de planta (ARQ), aspecto de grãos (AG) e massa de 100 grãos (M100). Coimbra, MG, safras da “seca” e do inverno de 2009 e de 2010.

		X_0	X_s	h^2 %	GS	GS %
Sec/09	PROD	2315,0	2497,1	63,4	115,5	5,0
	ARQ	2,4	2,4	78,9	-0,1	-2,6
	AG	2,7	2,4	86,8	-0,2	-9,1
	M100	19,4	20,3	92,1	0,9	4,5
Inv/09	PROD	3438,1	3705,9	68,1	182,5	5,3
	ARQ	2,5	2,4	75,9	-0,1	-3,4
	AG	2,6	2,4	87,8	-0,2	-8,7
	M100	23,7	24,8	92,8	1,0	4,0
Sec/10	PROD	2558,6	2948,6	83,2	324,6	12,7
	ARQ	3,0	2,7	80,8	-0,2	-6,9
	AG	2,6	2,2	80,0	-0,3	-12,6
	M100	20,2	21,2	85,0	0,8	4,1
Inv/10	PROD	3929,3	4075,1	48,8	71,1	1,8
	ARQ	3,0	2,8	70,1	-0,1	-3,5
	AG	2,6	2,3	82,2	-0,2	-8,1
	PM100	22,9	23,5	90,7	0,6	2,6

X_0 , média das linhagens; X_s , média das linhagens selecionadas; h^2 %, herdabilidade em porcentagem.

4.4. Desempenho das linhagens derivadas de três métodos de condução da população

As 93 linhagens originaram-se de três métodos de condução da população segregante: *bulk*, *bulk* com seleção para aspecto de grãos (*bulksel*) e *SSD*, 31 de cada método. Considerando todos os caracteres avaliados em campo nos diferentes ambientes, das 20 linhagens selecionadas com base no índice da distância genótipo-ideótipo, 14 (70%) derivaram-se do método *bulk* com seleção para aspecto de grãos (Tabela 8).

Tabela 8. Distribuição das 20 linhagens selecionadas com base no índice da distância genótipo-ideótipo em função do método de condução da população segregante.

Método	Linhagens
<i>Bulk</i>	19, 20 e 29
<i>Bulksel</i>	33, 34, 35, 39, 43, 44, 45, 46, 51, 52, 54, 58, 59 e 60
<i>SSD</i>	65, 91 e 92

Levando-se em conta a origem das linhagens, todos os métodos geraram linhagens com produtividade, aspecto de grãos e massa de 100 grãos que não diferem significativamente do genitor Ouro Negro. Quanto à arquitetura de planta, todos os métodos geraram linhagens que não diferem significativamente do genitor Meia Noite (Tabela 9).

Tabela 9. Número de linhagens avaliadas (NLA), número de linhagens entre as 20 de melhor desempenho quanto à produtividade de grãos (PROD), arquitetura de planta (ARQ), aspecto de grãos (AG) e massa de 100 grãos (M100), oriundas da população ‘Ouro Negro’ x ‘Meia Noite’ conduzidas pelos métodos *bulk*, *bulksel* e *SSD*. Coimbra, MG, safras da “seca” e do inverno de 2009 e de 2010.

	Nº de linhagens entre as 20 melhores para PROD					
	NLA	Sec/09	Inv/09	Sec/10	Inv/10	Conjunta
<i>Bulk</i>	31	3 (30) ¹	6 (23)	8 (25)	5 (28)	8 (18)
<i>Bulksel</i>	31	14 (28)	7 (29)	7 (23)	10 (30)	7 (17)
<i>SSD</i>	31	3 (28)	7 (25)	5 (23)	5 (30)	5 (14)
	Nº de linhagens entre as 20 melhores para ARQ					
	NLA	Sec/09	Inv/09	Sec/10	Inv/10	Conjunta
<i>Bulk</i>	31	10 (17) ²	10 (24)	7 (10)	8 (17)	7 (2)
<i>Bulksel</i>	31	5 (20)	5 (28)	8 (12)	10 (21)	8 (3)
<i>SSD</i>	31	5 (12)	5 (24)	5 (10)	2 (16)	5 (3)
	Nº de linhagens entre as 20 melhores para AG					
	NLA	Sec/09	Inv/09	Sec/10	Inv/10	Conjunta
<i>Bulk</i>	31	6 (3) ³	4 (16)	6 (19)	6 (23)	6 (2)
<i>Bulksel</i>	31	9 (6)	11 (19)	11 (22)	14 (27)	9 (4)
<i>SSD</i>	31	5 (4)	5 (11)	3 (15)	0 (24)	5 (2)
	Nº de linhagens entre as 20 melhores para M100					
	NLA	Sec/09	Inv/09	Sec/10	Inv/10	Conjunta
<i>Bulk</i>	31	5 (15) ⁴	6 (12)	6 (19)	5 (19)	5 (11)
<i>Bulksel</i>	31	7 (18)	8 (17)	8 (29)	7 (25)	7 (13)
<i>SSD</i>	31	8 (17)	6 (15)	6 (22)	8 (23)	8 (11)

Valores entre parênteses referem-se, com base no teste de Dunnett (5%), ao número de linhagens com: ¹produtividade de grãos = ao Ouro Negro, ² nota de arquitetura = ao Meia Noite, ³ nota de aspecto de grãos = ao Ouro Negro, e ⁴ massa média de 100 grãos \geq ao Ouro Negro.

As linhagens diferiram entre si quanto ao método de condução da população segregante (Tabela 1). Não foram observadas significâncias para a fonte de variação entre métodos para os caracteres arquitetura de planta e massa de 100 grãos, na “seca” de 2009; e para produtividade massa de 100 grãos na “seca” de 2010.

Quando se considera o número de linhagens entre as de melhores desempenhos, observa-se destaque do método *bulksel*. Esse método originou, de maneira geral, maior número de linhagens entre as 20 de melhor desempenho em relação à produtividade, aspecto de grãos e massa de 100 grãos. O pior desempenho quanto à massa de 100 grãos foi o das linhagens derivadas do *bulk*. Nos quatro experimentos, 45% das linhagens classificadas entre as 20 com melhor aspecto de grãos originaram-se do *bulksel*. O método *SSD* foi o pior para o desempenho das linhagens quanto ao aspecto de grãos.

5. DISCUSSÃO

Face às interações genótipos x ambientes, de modo geral os ambientes utilizados para avaliação de genótipos são escolhidos de modo a ter uma diversidade de condições edafoclimáticas representativas das condições de cultivo de uma dada região. Segundo Ramalho et al. (1998a), 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, devido às dificuldades de condução de experimentos em outras localidades, optou-se por avaliar as linhagens em diferentes anos e safras.

Os coeficientes de variação (CV) dos caracteres, nos quatro experimentos, situaram-se abaixo de 20%. Tais estimativas corroboram com os valores relatados na literatura para experimentos dessa natureza com a cultura do feijoeiro (Marques Júnior et al., 1997). Os CVs de aspecto de grãos e arquitetura de planta ficaram abaixo de 15%, caracterizando uma boa precisão experimental, uma vez que eram esperados maiores valores para essas estimativas, pois esses caracteres são avaliados visualmente por meio de escala de notas.

Observou-se efeito significativo de linhagens ($P \leq 0,01$) sobre produtividade de grãos, arquitetura de planta, aspecto de grãos e massa de 100 grãos (Tabela 1). Isso indica variabilidade entre as linhagens avaliadas, confirmando a divergência entre as cultivares Ouro Negro e Meia Noite, utilizadas como genitores. Segundo Ramalho e Abreu (2006), a cultivar Ouro Negro apresenta hábito de crescimento indeterminado tipo III, porte prostrado, sementes elípticas e peso de 100 sementes entre 25 a 27

gramas; possui resistência à ferrugem e à algumas raças de *C. lindemuthianum* e é suscetível ao vírus do mosaico-comum. A cultivar Meia Noite tem hábito de crescimento indeterminado tipo II, porte ereto, sementes reniformes pesando entre 18 e 23 g por 100 sementes; é suscetível à ferrugem e tem resistência ao vírus do mosaico-comum.

As maiores produtividades de grãos foram observadas nas safras do inverno. Segundo Ramalho et al. (1998a), 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, e uma época com menor incidência de doenças. Esses resultados também corroboram com Pereira et al. (2011), que afirmam que na safra do inverno os rendimentos médios são superiores as demais safras.

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. No presente estudo, as interações linhagens x ambientes foram significativas ($P \leq 0,01$) para todos os caracteres avaliados (Tabela 2), indicando que as linhagens apresentaram comportamento inconsistente nas diferentes safras.

Analisando-se os pares de ambientes, observou-se efeito significativo para a interação linhagens com safras e com anos para todos os caracteres em todos os pares de ambientes, exceto para arquitetura de planta nos ambientes “seca” e inverno 2009 (Anexo I). Isso reflete a necessidade de avaliar as linhagens em diferentes ambientes (safras, anos e locais), quando o objetivo é identificar linhagens promissoras para cultivo em uma determinada região.

Para todas as características em estudo, as interações foram, predominantemente, do tipo complexa (Tabela 3). 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). Os maiores valores das estimativas da parte complexa da interação foram observados para produtividade de grãos, em razão de esse caráter ser controlado por grande número de genes e sofrer grande influência ambiental (Ramalho et al., 1993). Para aspecto de grãos foram

observados os menores valores dessa estimativa, refletindo a herdabilidade associada a esse caráter, conforme relatado por Pereira et al.(2004) e Baldoni et al. (2006).

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, recomendação desses (Cruz et al., 2004). Esse comportamento diferencial dos genótipos nos ambientes ocorre devido às condições edafoclimáticas específicas de cada ambiente (local, época e ano) e indica a 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). Segundo Nascimento et al. (2009), o método centróide com pontos adicionais dá maior sentido biológico na avaliação da adaptabilidade e estabilidade, uma vez que este método inclui mais ideótipos na análise, ao todo são sete, e estes são definidos por meio dos valores médios dos genótipos nos diversos ambientes avaliados. Isso fornece ao método maior abrangência na caracterização genética, uma vez que, na natureza, o comportamento de qualquer variável quantitativa tende a seguir um valor médio de equilíbrio.

As linhagens classificadas como de máxima adaptabilidade geral (71, 4, 44 e 54), Classe I, são as melhores linhagens quanto à adaptabilidade e estabilidade, considerando o caráter produtividade (Tabela 5). Estas linhagens têm as melhores produtividades, em cada ambiente avaliado. Das 93 linhagens avaliadas, 71 foram classificadas como de média adaptabilidade geral (Classe V), cujos valores, para produtividade, em cada ambiente, foram representados pelas médias obtidas pelo conjunto de linhagens avaliadas. As linhagens classificadas como de máxima e média adaptabilidade geral, classe I e V, respectivamente, são possíveis de serem recomendadas quando se observa o comportamento delas nos vários ambientes, pois os melhoristas buscam linhagens que sejam menos afetadas pelas variações ambientais (Ramalho et al., 1993). No caso do feijoeiro não se faz a recomendação de cultivares específicas para cada ambiente (Pereira et al., 2010).

Oito linhagens foram classificadas como de mínima adaptabilidade (Tabela 5), 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.

Nas estimativas dos ganhos por seleção direta e indireta para todos os caracteres em todos os ambientes (Tabela 4), verifica-se que o ganho percentual por meio da seleção indireta é sempre inferior ao obtido pela seleção direta e que não há uma característica em um ambiente que maximize os ganhos diretos e indiretos. Sendo assim, não é possível obter por técnica de seleção truncada em uma única característica e em um único ambiente, ganhos em magnitude e sentido desejados para as quatro características em estudo, sendo necessária a utilização de um índice de seleção.

Segundo Cruz et al. (2004), a seleção com base em uma única característica é inadequada, pois conduz a um produto final superior em relação a essa característica, mas que pode levar a desempenhos não tão satisfatórios para as demais. Assim, a adoção de métodos que possam auxiliar na identificação de combinações favoráveis, levando-se em conta os vários caracteres de interesse é de grande importância no melhoramento. Logo, visando identificar as linhagens mais promissoras, foi utilizado o índice da distância genótipo-ideótipo (Carvalho et al., 2002).

Com base nesse índice foram selecionadas vinte linhagens com produtividade de grãos, arquitetura de plantas, aspecto de grãos e massa de 100 grãos satisfatórias. Quando se consideram o tempo de cocção e a resistência à *C. lindemuthianum*, apenas duas linhagens foram selecionadas (linhagens 20 e 45). Estas duas linhagens reúnem o maior número de fenótipos favoráveis dos genitores (Tabela 6) e também foram classificadas como de média adaptabilidade geral pelo método do centróide (Tabela 5). Assim, estas linhagens são candidatas a futuros ensaios de VCU em Minas Gerais. Das 20 linhagens selecionadas, sete foram resistentes às cinco raças de *C. lindemuthianum*, inclusive à raça 65, que a cultivar Ouro Negro é suscetível. Vale salientar que a raça 65 tem ocorrido com frequência em áreas cultivadas com Ouro Negro em Minas Gerais.

As linhagens 20 e 45 que reúnem o maior número de fenótipos favoráveis dos genitores (tabela 6) também foram classificadas como de média adaptabilidade geral pelo método do centróide (Tabela 5). Assim essas linhagens são candidatas a futuros ensaios de VCU em Minas Gerais.

O índice de seleção da distância genótipo-ideótipo, com pequenas modificações, permitiu ganhos para todos os caracteres, em todos os ambientes (Tabela 7). Sendo esta uma ferramenta promissora para fins de seleção de linhagens e podendo ser usado de modo a considerar vários ambientes de avaliação.

Em relação ao comportamento das linhagens em função do método de obtenção, observou-se que 70% das linhagens selecionadas foram derivadas do método *bulk* com

seleção (Tabela 8), corroborando com o comportamento observado por Silva (2009), quando comparou um grupo maior de linhagens, derivadas da população ‘Ouro Negro’ x ‘Meia Noite’, por três estratégias: *bulk*, *bulk* com seleção e *SSD*. A autora conclui em seu trabalho que o *bulk* com seleção para aspecto de grãos é superior ao *bulk* e ao *SSD* quando se trata do potencial da população para extração de linhagens superiores.

O método *bulk* originou maior número de linhagens com menor tamanho de grãos (Tabela 9). Provavelmente, isso se deve ao fato de indivíduos com menor tamanho de grãos deixarem maior número de descendentes, como observado por Gonçalves et al. (2001). Este mesmo autor relatou a ação da seleção natural reduzindo o tamanho de grãos em populações de feijoeiro avançadas pelo método *bulk*.

6. CONCLUSÕES

As linhagens 20 e 45 mostraram-se promissoras, inclusive superando a cultivar Ouro Negro em relação à arquitetura de plantas, resistência à raça 65 de *C. lindemuthianum* e tempo de cocção; estas são candidatas a futuros ensaios de VCU em Minas Gerais.

O índice de seleção da distância genótipo-ideótipo é uma ferramenta promissora para fins de seleção de linhagens e, com pequenas modificações, pode ser usado de modo a considerar vários ambientes de avaliação.

O método *bulk* com seleção para aspecto de grãos é superior aos métodos *bulk* e *SSD* quando se trata do potencial da população para extração de linhagens superiores de feijão.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P.; GONÇALVES, F. M. A.; MENDONÇA, H. A. Utilização da produtividade de grãos na seleção para resistência ao *Colletotrichum lindemuthianum* no feijoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 2, p. 363-369, 2003.

ALLARD, R. W. **Princípios do Melhoramento Genético das Plantas**. Rio de Janeiro. USDA, 1971. 419p.

ALMEIDA, L. D.; LEITÃO FILHO, H. F.; MIYASAKA, S. Características do feijão carioca, um novo cultivar. **Bragantia**, Campinas, v.30, p. 33-38, 1971.

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

AMARO, G. B.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P.; SILVA, F. B. Phenotypic recurrent selection in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with carioca-type grains for resistance to the fungi *Phaeoisariopsis griseola*. **Genetics and Molecular Biology**, v. 30, p. 584-588, 2007.

AMARO, G. B. **Seleção recorrente fenotípica no feijoeiro visando resistência a *Phaeoisariopsis griseola***. 2006. 90p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

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

ANTUNES, I. F.; SILVEIRA, E. P. A Pesquisa em Melhoramento genético como fator de progresso na produtividade do feijão no Rio Grande do Sul. In: Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão 5., 1996, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa, 1996, p. 404-405.

ARAÚJO, G. A. A.; VIEIRA, C.; SOUZA FILHO, B. F. **‘Ouro Negro’ nova variedade de feijão-preto para os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro**. Belo Horizonte: Epamig, 1991. 2p. (Boletim técnico, 1).

BALBI, B. P.; SANGLARD, D. A.; ARRUDA, K. M. A.; COSTA, M. R.; PIOVESAN, N. D.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. Characterization of *Pseudocercospora griseola* isolates collected in the state of Minas Gerais, Brazil. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v. 52, p. 56-57, 2009.

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

BEZERRA, A. A. C.; TÁVORA, F. J. A. F.; FILHO, F. R. F.; RIBEIRO, V. Q. Características de dossel e de rendimento em feijão-caupi ereto em diferentes densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 10, p. 1239-1245, 2009.

BONFIM, K.; FARIA, J. C.; NOGUEIRA, E.; MENDES, E.; ARAGÃO, F. J. L. RNAi mediated resistance to Bean Golden mosaic virus in genetically engineered common bean (*Phaseolus vulgaris*). **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 20, p. 717-726, 2007.

BORÉM, A.; CARNEIRO, J. E. S. A cultura. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, p. 13-18, 2006.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 5. ed. Viçosa: Editora UFV, 2009. 529p.

BOTELHO, F. B. S.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; ROSA, H. J. A. Multiline as a strategy to reduce damage caused by *Colletotrichum lindemuthianum* in common bean. **Journal of Phytopathology**, v. 159, p. 175-180, 2011.

CARBONELL, S. A. M.; CARVALHO, C. R. L.; PEREIRA, V. R. Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 369-379, 2003.

CARGNIN, A. **Seleção recorrente no melhoramento genético de plantas autógamas**. Documentos/Embrapa Cerrados: Planaltina DF, 2007, 24p.

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

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

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, C. M. M.; SOUZA, C. A.; DANELLI, A. L. D.; PEREIRA, T.; SANTOS, J. C. P.; PIAZZOLI, D. Capacidade de cocção de grãos de feijão em função do genótipo e da temperatura da água de hidratação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v, 32, n. 4, p.1080-1086, 2008.

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.

COSTA, M. R.; TANURE, J. P. M.; ARRUDA, K. M. A.; CARNEIRO, J. E. S.; MOREIRA, M. A.; BARROS, E. G. Development and characterization of common black bean lines resistant to anthracnose, rust and angular leaf spot in Brazil. **Euphytica**, v. 176, p. 149-156, 2010.

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 – Biometria**. Viçosa: Editora UFV, 2006a. v. 1. 382p.

CRUZ, C. D. **Programa Genes - Estatística Experimental e Matrizes**. Viçosa: Editora UFV, 2006b. 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.

CUNHA, W. G.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F.B. Selection aiming at upright growth habit common bean with carioca type grains. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 5, p. 379-386, 2005.

CUTRIM, V. A.; RAMALHO, M. A. P.; CARVALHO, A. M. Eficiência da seleção visual na produtividade de grãos de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 6, p. 601-606, 1997.

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

ELIAS, H. T.; HEMP, S.; FLESCHE, R. D. Ganho genético nas cultivares de feijão recomendadas para Santa Catarina – 1979/1999. In: Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão 6., 1999, Salvador. **Anais...** Salvador: Embrapa, 1999, p. 373-375.

ELLIOTT, F. C. **Plant breeding and cytogenetics**. New York: McGraw-Hill, 1958. 395p.

FERREIRA, C. F.; PEREIRA, M. G.; SANTOS, A. S.; RODRIGUES, R.; BRESSAN-SMITH, E.; VIANA, A. P.; DAHER, R. F. *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* resistance in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) recombinant inbred lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 4, p. 100-104, 2004.

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.

GARCIA, R. E.; ROBINSON, R. A.; AGUILAR, J. A. P.; SANDOVAL, S. S.; GUZMAN, R. P. Recurrent selection for quantitative resistance to soil borne diseases in the Mixteca region, Mexico. **Euphytica**, Wageningen, v. 130, n. 2, p. 241-247, 2003.

GERALDI, I. O. Selección recurrente en el mejoramiento de plantas. In: GUIMARÃES, E. P. (Ed). **Selección recurrente en arroz**. CIAT: Cali, 1997, p. 3-11.

GONÇALVES, F. M. A.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Natural selection in four common bean traits. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 1, n. 3, p. 217-222, 2001.

HALLAUER, A. R. Recurrent selection in maize. **Advanced in Agronomy**, New York, p. 115-179, 1992.

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

HOLLAND, J. B.; BJORNSTAD, A.; FREY, K. J.; GULLORD, M.; WESENBERG, D. M. Recurrent selection for broad adaptation affects stability of oat. **Euphytica**, Wageningen, v. 126, n. 2, p. 265-274, 2002.

HULL, F. H. Recurrent selection and specific combining ability in corn. **Journal of the American Society for Agronomy**, Madison, v. 37, n. 2, p. 134-145, 1945.

JINKS, J. L.; POONI, H. S. Predicting the properties of recombinant inbred lines derived by single seed descent. **Heredity**, v. 36, p. 253-266, 1976.

LIMA, L. K.; RAMALHO, M. A.; ABREU, A. F. B. Implicações da interação progênes x ambientes no índice de seleção envolvendo alguns caracteres na cultura do feijoeiro. In: XIX Congresso de pós-graduação da UFLA, 2010, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2010.

LIMA, M. S. **Caracterização morfoagronômica, culinária e de raízes de genótipos do banco de germoplasma de feijão da UFV**. 2010. 62p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

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.

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.

MELÉM JÚNIOR, N. J.; FONSECA, I. C. B.; BRITO, O. R.; DECAËNS, T.; CARNEIRO, M. M.; MATOS, M. F. A.; GUEDES, M. C.; QUEIROZ, J. A. L.; BARROSO, K. O. Análise de componentes principais para avaliação de resultados analíticos da fertilidade de solos do Amapá. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, p. 499-506, 2008.

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.

MELO, C. L. P.; RAGAGNIN, V. A.; ARRUDA, K. A.; BARROS, E. G.; CARNEIRO, P. C. S.; PAULA JÚNIOR, T. J.; MOREIRA, M. A.; CARNEIRO, J. E. S.

Caracterização fenotípica e molecular de genitores de feijão tipo carioca quanto à resistência a patógenos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 4, p. 495-504, 2008.

MENDES, F. F. **Estratégias de seleção de plantas eretas de feijão do tipo carioca**. 2009. 92p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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.

MENEZES JÚNIOR, J. A. N.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Seleção recorrente para três caracteres do feijoeiro. **Bragantia**, v. 67, p. 833-838, 2008.

MENEZES JÚNIOR, J. A. N. **Seleção Recorrente no Melhoramento de Feijão Vermelho**. 2011. 70p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MORETO, A. L.; RAMALHO, M. A. P.; NUNES, J. A. R.; ABREU, A. F. B. Estimação dos componentes da variância fenotípica em feijoeiro utilizando o método genealógico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1035-1042, 2007.

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.

NASCIMENTO, M.; CRUZ, C. D.; CAMPANA, A. C. M.; TOMAZ, R. S.; SALGADO, C. C.; FERREIRA, R. P. Alteração no método centroide de avaliação da adaptabilidade genotípica. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 44, n. 3, p. 263-269, 2009.

PARRELLA, N. N. L. D.; SANTOS, J. B.; PARRELLA, R. A. C. Seleção de famílias de feijão com resistência à antracnose, produtividade e tipo de grão carioca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1503-1509, set./out., 2008.

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.; CARNEIRO, J. E. S.; VIEIRA, R. F.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P.; DEL PELOSO, M. J.; TEIXEIRA, H. **Cultivares de feijão-comum para Minas Gerais**. Belo Horizonte: Epamig, 2010. 40 p.

PAULA JÚNIOR, T. J.; 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.; COSTA, J. G. C.; DÍAZ, J. L. C.; RAVA, C. A.; WENDLAND, A. Comparação de métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 4, p. 374-383, 2009.

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.; MELO, L. C.; FARIA, L. C.; DEL PELOSO, M. J.; DÍAZ, J. L. C.; WENDLAND, A. Indicação de cultivares de feijoeiro comum baseada na avaliação conjunta de diferentes épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 571-578, 2010.

PEREIRA, H. S.; SANTOS, J. B.; ABREU, A. F. B. Linhagens de feijoeiro com resistência a antracnose selecionadas quanto a características agronômicas desejáveis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, 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.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. 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 autógamias. 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, 2001. p. 201-230.

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, 1998a.

RAMALHO, M. A. P.; PIROLA, L. H.; ABREU, A. 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, 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.; VENCovsky, R. Estimação de componentes de variância genética em plantas autógamas. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 2, n. 2, p. 117-140, 1978.

RANGEL, P. H. N.; MORAIS, O. P.; PFEILSTICKER, F. J. Grain yield gains in three recurrent selection cycles in the CNA-IRAT 4 irrigated rice population. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 2, n. 3, 369-374, 2002.

RAVA, C. A. Influência de fungicidas no controle da antracnose e da mancha angular em feijoeiro comum. **Summa Phytopathologica**, v. 28, p. 65-69, 2002.

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.

RODRIGUES, J. A.; RIBEIRO, N. D.; LONDERO, P. M. G.; CARGNELUTTI FILHO, A.; GARCIA, D. C. Correlação entre absorção de água e o tempo de cozimento de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, 209-214, 2005.

SANTOS, C. A. F.; ARAÚJO, F. P. Aplicação de índices para seleção de caracteres agronômicos 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. 100p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas), Piracicaba, SP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP.

SARTORATO, A. Novas Fontes de Resistência do Feijoeiro Comum à Mancha Angular. **Fitopatologia Brasileira**, v. 3, p. 192-194, 2006

SHIMADA, M. M.; ARF, O.; SÁ, M. E. Componentes do rendimento e do desenvolvimento do feijoeiro de porte ereto sob diferentes densidades populacionais. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n.2, p. 181-187, 2000.

SILVA, C. A.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P. Associação entre arquitetura de planta e produtividade de grãos em progênies de feijoeiro de porte ereto e prostrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 12, p. 1647-1652, 2009.

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

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

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

SILVA, V. M. P. **Melhoramento genético do porte do feijoeiro**. 2011. 60p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SINGH, S. P. Breeding for seed yield. In: VAN SCHOONHOVEN, A.; VOYSEST, O. (eds.). **Common beans: research for crop improvement**. Wallingford: CAB International, 1991, p.383-443.

SMITH, H. F. A discriminant function for plant selection. **Annals of Eugenics**, London, v. 7, p.2 40-250, 1936.

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.

TEIXEIRA, F. F. **Mapeamento de QTLs para caracteres do feijoeiro por meio de microssatélites**. 2004. 189p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. (Eds). **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. 2 ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 137-209.

VIEIRA, C.; BORÉM, A.; RAMALHO, M. A. P.; CARNEIRO, J. E. S. Melhoramento do feijão. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2005. p. 301-391.

VIEIRA, C. Cultivares e melhoramento genético. **Memórias de meio século de estudo sobre a cultura do feijão**. Viçosa: UFV, p. 71-98, 2005.

VILELA, F. O. **Melhoramento genético de feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.): avanço de gerações via SSD, uso de índices de seleção e estatística P_i na identificação de genótipos superiores**. 2008. 145p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas), Campos dos Goytacazes, RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF.

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.

ANEXOS

Anexo I. Resumo das análises de variância conjunta de produtividade de grãos (PROD), arquitetura de planta (ARQ), aspecto de grãos (AG) e massa de 100 grãos (M100), de 93 linhagens da população 'Ouro Negro' x 'Meia Noite' e sete testemunhas. Coimbra, MG, safras da “seca” e do inverno de 2009 e de 2010.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio PROD			
		Sec/09 - Sec/10	Inv/09 - Inv/10	Sec/09 - Inv/09	Sec/10 - Inv 10
Ambientes (A)	1	8901962,5148*	36193649,5965**	189195763,8819**	281814960,5641**
Tratamentos (T)	99	1042137,7303**	557033,9606**	625596,4865**	1244027,0728**
Linhagens (L)	92	1066567,2768**	569480,4646**	649360,8330**	1289294,8084**
Testemunhas (Te)	6	483052,1848 ^{ns}	451177,4306*	365458,2575 ^{ns}	279381,7364 ^{ns}
L vs. Te	1	2149132,7312**	47094,7776 ^{ns}	105,9904 ^{ns}	2867267,4190**
T x A	99	904092,1098**	295974,4033**	332888,3790**	596726,2656**
L x A	92	930566,7269**	313911,3931**	336636,1220**	605234,0980**
Te x A	6	126117,3189 ^{ns}	69513,4596 ^{ns}	316433,0410 ^{ns}	168587,3586 ^{ns}
L vs. Te x A	1	3136276,0820**	4537,0088 ^{ns}	86828,0510 ^{ns}	2382839,1347**
Resíduo	396	205508,1522	167118,7720	162742,1923	209884,7319
Média		2436	3683	2876	3243
CV%		18,6	11,1	14,0	14,1

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio ARQ			
		Sec/09 - Sec/10	Inv/09 - Inv/10	Sec/09 - Inv/09	Sec/10 - Inv 10
Ambientes (A)	1	48,7350**	4,4742**	1,1267 ^{ns}	0,0267 ^{ns}
Tratamentos (T)	99	1,0310**	0,6665**	1,0472**	0,7104**
Linhagens (L)	92	0,8753**	0,4616**	0,8741**	0,5195**
Testemunhas (Te)	6	2,6071**	2,0000**	3,1528**	1,4266**
L vs. Te	1	5,8988*	11,5163**	4,3388*	13,9760**
T x A	99	0,2535**	0,2091**	0,1620 ^{ns}	0,2405**
L x A	92	0,2587**	0,2045**	0,1606 ^{ns}	0,2459**
Te x A	6	0,1111 ^{ns}	0,1905 ^{ns}	0,1766*	0,1528*
L vs. Te x A	1	0,6295 ^{ns}	0,7439 ^{ns}	0,2032 ^{ns}	0,2699 ^{ns}
Resíduo	396	0,1295	0,1141	0,1363	0,1074
Média		2,7	2,8	2,5	2,9
CV%		13,2	12,3	14,9	10,9

Continuação...

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio AG			
		Sec/09 - Sec/10	Inv/09 - Inv/10	Sec/09 - Inv/09	Sec/10 - Inv 10
Ambientes (A)	1	0,2400 ^{ns}	0,4108 ^{ns}	0,3408 ^{ns}	0,5400 ^{ns}
Tratamentos (T)	99	1,0404**	0,9999**	1,1623**	0,9744**
Linhagens (L)	92	0,9100**	0,9461**	1,0557**	0,9072**
Testemunhas (Te)	6	3,1865**	1,7976**	2,9841**	2,0337**
L vs. Te	1	0,1606 ^{ns}	1,1633 ^{ns}	0,0387 ^{ns}	0,8010 ^{ns}
T x A	99	0,2307**	0,2268**	0,1199**	0,2412**
L x A	92	0,2445**	0,2221**	0,1246**	0,2352**
Te x A	6	0,0556 ^{ns}	0,1786 ^{ns}	0,0516 ^{ns}	0,1488 ^{ns}
L vs. Te x A	1	0,0117 ^{ns}	0,9484 ^{ns}	0,0973 ^{ns}	1,3476 ^{ns}
Resíduo	396	0,1060	0,0907	0,0814	0,1154
Média		2,7	2,6	2,7	2,6
CV%		12,3	11,6	10,8	13,0

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio M100			
		Sec/09 - Sec/10	Inv/09 - Inv/10	Sec/09 - Inv/09	Sec/10 - Inv 10
Ambientes (A)	1	97,7519*	109,1499 ^{ns}	2815,4101**	1070,9910**
Tratamentos (T)	99	12,2962**	15,9868**	17,0005**	12,4715**
Linhagens (L)	92	12,7235**	15,8901**	17,2964**	12,6891**
Testemunhas (Te)	6	7,7810**	15,5845**	13,4547**	10,4301**
L vs. Te	1	0,0758 ^{ns}	17,2970 ^{ns}	11,0525 ^{ns}	4,7007 ^{ns}
T x A	99	4,2852**	3,3477**	1,6208**	4,8231**
L x A	92	4,4742**	3,5265**	1,6313**	4,9975**
Te x A	6	1,8251 ^{ns}	1,1615*	1,2091 ^{ns}	1,2584 ^{ns}
L vs. Te x A	1	10,9506 ^{ns}	6,9690 ^{ns}	7,2546 ^{ns}	7,5504**
Resíduo	396	0,9845	0,7788	0,6941	1,0691
Média		19,7	23,3	21,6	21,5
CV%		5,0	3,8	3,9	4,8

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