

ANA MARIA CRUZ E OLIVEIRA

**ESTRATÉGIAS DE SELEÇÃO VISANDO MELHORAMENTO DA
ARQUITETURA DO FEIJOEIRO**

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

O48e
2012

Oliveira, Ana Maria Cruz e, 1982-
Estratégias de seleção visando melhoramento da arquitetura
do feijoeiro / Ana Maria Cruz e Oliveira. – Viçosa, MG,
2012.
xi, 56f. : il. ; 29cm.

Orientador: Pedro Crescêncio Souza Carneiro.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Feijão - Melhoramento genético. 2. Feijão - Seleção.
3. *Phaseolus vulgaris*. 4. Genética quantitativa.
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 635.6522

ANA MARIA CRUZ E OLIVEIRA


**ESTRATÉGIAS DE SELEÇÃO VISANDO MELHORAMENTO DA
ARQUITETURA DO FEIJOEIRO**

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*.

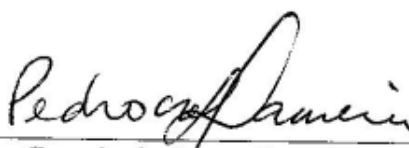
Aprovada em 16 de Fevereiro de 2012



José Eustáquio de Souza Carneiro
(Coorientador)



Paulo Roberto Cecon



Pedro Crescêncio Souza Carneiro
(Orientador)

À Deus,

*Por sempre tomar conta da minha vida
e iluminar os meus caminhos!*

OFEREÇO

Aos meus pais, Sizernando e Imaculada,

Aos meus irmãos, André e Augusto

e ao meu querido filho, Mateus,

por todo amor, apoio e confiança.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, por tudo! Por sempre escutar as minhas súplicas e iluminar os meus caminhos.

Aos meus pais, Sizernando e Imaculada, e irmãos, André e Augusto, pelo amor e confiança, por estarem sempre ao meu lado, me apoiando e dando força nos momentos mais difíceis, torcendo e rezando para que eu consiga realizar todos os meus sonhos.

Ao meu querido filho Mateus, pelo amor incondicional, que me fortalece sempre!

À Gal, que sempre esteve por perto, ouvindo as minhas alegrias e tristezas, rezando para que eu sempre tenha força para seguir em frente.

À toda minha família pelo apoio e incentivo.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), pela oportunidade oferecida para a realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/ Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (CAPES/REUNI), pela concessão da bolsa de estudos.

À FAPEMIG e ao CNPQ pelo apoio financeiro na execução do trabalho.

Ao Professor Pedro Crescêncio Souza Carneiro, pela sua orientação, amizade, disponibilidade, dedicação e ensinamento.

Ao Professor Cosme Damião Cruz pela amizade, confiança, co-orientação neste trabalho e, principalmente, por despertar em mim o amor pela ciência.

Ao Professor José Eustáquio de Souza Carneiro pela co-orientação, pela disponibilidade em participar da banca e por todo conhecimento dividido.

Ao Professor e amigo Leonardo Lopes Bhering, pela confiança e amizade, pelo exemplo transmitido e co-orientação neste trabalho.

Ao Professor Paulo Roberto Cecon, pela disponibilidade em participar da banca, com valiosas sugestões para o enriquecimento deste trabalho.

A todos os professores e colegas do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, em especial àqueles que contribuíram de alguma forma para minha formação acadêmica e que contribuem para a qualidade do programa.

Aos funcionários da Estação Experimental de Coimbra e da Agronomia, pelo auxílio na condução dos experimentos e pela agradável convivência.

Aos amigos do Programa de Melhoramento do Feijoeiro pelos momentos compartilhados e valiosa contribuição na realização deste trabalho.

Ao Gilberto pela amizade, disposição e disponibilidade em ajudar na execução dos experimentos.

Às secretárias do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, Edna e Rita, pela amizade, eficiência e disponibilidade em ajudar.

Aos amigos, Alessandro, Ana Lúcia, Bruna, Bruno Brasileiro, Caio, Cíntia, Carina, Denise, Fernanda, Galvão, Gis, Luiz, Monique, Rodrigo, Rogério e Ronaldo, pela companhia, carinho e força nessa tão importante etapa da minha vida.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para meu crescimento pessoal e profissional e para a realização deste trabalho, deixo aqui o meu sincero agradecimento!

BIOGRAFIA

ANA MARIA CRUZ E OLIVEIRA, filha de Sizernando Luiz de Oliveira e Maria Imaculada da Conceição Cruz Barbosa, nasceu em Santo Antônio de Jesus, Bahia, em 28 de Agosto de 1982.

No município de Viçosa, Minas Gerais, cursou o ensino Primário e Fundamental na Escola Nossa Senhora do Carmo, de 1989 a 1996. De 1997 a 1999, completou o ensino Médio no Colégio Equipe de Viçosa.

Em 20 de Agosto de 2002 deu a luz ao seu filho, Mateus, em Nova Lima, Minas Gerais.

Em 2005, iniciou o curso superior na Universidade Federal de Viçosa – UFV, em Viçosa, Minas Gerais, colando grau em Julho de 2009 como Engenheira Agrônoma.

Em 2010, iniciou o curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento da UFV, na área de Melhoramento de Plantas.

SUMÁRIO

| | Página |
|---|---------------|
| RESUMO | viii |
| ABSTRACT | X |
| 1. INTRODUÇÃO GERAL | 1 |
| 2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 8 |
| 3. OBJETIVO GERAL | 14 |
| CAPÍTULO 1: Associação entre o diâmetro do hipocótilo de plantas F ₂ de feijoeiro e o porte de suas progênes | 15 |
| 1. Resumo | 16 |
| 2. Abstract | 16 |
| 3. Introdução | 17 |
| 4. Objetivos | 19 |
| 5. Material e Métodos | 19 |
| 6. Resultados e Discussão | 21 |
| 7. Conclusões | 31 |
| 8. Referências Bibliográficas | 31 |
| CAPÍTULO 2: Eficácia do índice da distância genótipo-ideótipo na seleção de famílias de feijoeiro avaliadas em diferentes ambientes | 36 |
| 1. Resumo | 37 |
| 2. Abstract | 37 |
| 3. Introdução | 38 |
| 4. Objetivos | 40 |
| 5. Material e Métodos | 40 |
| 6. Resultados e discussão | 42 |
| 7. Conclusões | 52 |

| | |
|-------------------------------------|----|
| 8. Referências Bibliográficas | 52 |
| 4. CONCLUSÕES GERAIS | 56 |

RESUMO

OLIVEIRA, Ana Maria Cruz e, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2012. **Estratégias de seleção visando melhoramento da arquitetura do feijoeiro.** Orientador: Pedro Crescêncio Souza Carneiro. Coorientadores: Cosme Damião Cruz, José Eustáquio de Souza Carneiro e Leonardo Lopes Bhering.

A obtenção de plantas de arquitetura mais ereta vem crescendo em importância devido à demanda do produtor de áreas irrigadas com relação à possibilidade de colheita mecanizada, redução dos problemas de doenças e facilidade dos tratamentos culturais. Em geral vem se utilizando uma escala de notas para avaliar a arquitetura de plantas de feijão, porém, essa escala é visual, trabalhosa e depende de grande experiência do avaliador. Trabalhos recentes (Moura, 2011 e Silva, 2011) relatam que o diâmetro do hipocótilo é um indicador efetivo da arquitetura de plantas do feijoeiro e uma associação significativa entre o diâmetro do hipocótilo de plantas F_2 e suas progênes derivadas potencializaria os ganhos com a seleção visando melhoria da arquitetura do feijoeiro em programas de seleção recorrente, bem como a eficiência da seleção recorrente fenotípica. Ademais, no melhoramento do feijoeiro, selecionar plantas que associem boa produtividade e arquitetura ereta tem sido a preferência dos melhoristas. Os objetivos deste trabalho foram verificar a associação entre diâmetro do hipocótilo de plantas F_2 e de suas progênes $F_{2:3}$, e obter estimativas de parâmetros genéticos, visando a escolha da melhor estratégia de seleção para melhoria do porte do feijoeiro e analisar a eficácia do índice genótipo-ideótipo na seleção de famílias de feijoeiro quanto ao porte e produtividade de grãos, avaliadas em diferentes ambientes. Foram avaliadas 96 famílias F_2 , suas progênes $F_{2:3}$ e quatro testemunhas (BRSMG Majestoso, L1, BRSMG Madrepérola e A525) em blocos ao acaso, com três repetições, quanto à arquitetura de plantas, diâmetro do hipocótilo e produtividade de grãos nas safras do inverno de 2010 e da seca de 2011. Observou-se que a associação entre o DH de plantas F_2 e caracteres

relacionados ao porte nas progênies $F_{2:3}$ foram de magnitude relativamente baixa, comparada às estimativas de correlações considerando os genitores, indicando grande influência do ambiente na determinação do diâmetro do hipocótilo em plantas individuais de feijoeiro. Houve predominância de efeito aditivo na determinação deste caráter, que apresentou maior precisão e acurácia comparada à avaliação do porte pela nota de arquitetura das plantas, evidenciando que o diâmetro do hipocótilo pode ser utilizado como medida auxiliar na seleção de progênies no melhoramento do feijoeiro visando melhoria do porte das plantas, desde que a seleção se baseie, de acordo com a análise de repetibilidade, na média de pelo menos 40 plantas na parcela. Além disso, foram observadas famílias com produtividade de grãos acima dos maiores valores apresentados pelos pais nas duas safras, com notas de arquitetura e diâmetro do hipocótilo comparáveis aos genitores mais eretos. A utilização do índice da distância genótipo-ideótipo foi eficaz na seleção de famílias visando melhoria do porte e produtividade de grãos, avaliadas em diferentes ambientes, com destaque para as famílias da população oriunda do cruzamento entre as linhagens A525 e BRSMG Majestoso.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Ana Maria Cruz e, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2012. **Selection strategy to improve the beans's architecture.** Adviser: Pedro Crescêncio Souza Carneiro. Co-advisers: Cosme Damião Cruz, José Eustáquio de Souza Carneiro e Leonardo Lopes Bhering.

The obtaining of plants of more erect architecture is growing in importance due to the demand of the producing of irrigated areas regarding the possibility of automated crop, reduction of the problems of diseases and easiness of the cultural treatments. In general it comes if using a scale of notes to evaluate the bean plants architecture, however, that scale is visual, difficult and it depends on the appraiser's great experience. Recent works (Moura, 2011 and Silva, 2011) tell that the hypocotyl diameter is an effective indicator of the bean plant architecture and a significant association among hypocotyl diameter of F_2 plants and their derived progenies would potentiate the earnings with the selection seeking improvement of the bean plant architecture in programs of appealing selection, as well as the efficiency of the phenotypic recurrent selection. Besides, in the improvement of the bean plant, to select plants to associate good productivity and erect architecture has been the preference of the breeders. The objectives of this work were to verify the association among hypocotyl diameter of F_2 plants and their $F_{2:3}$ progenies, and to obtain estimates of genetic parameters, seeking the choice of the best selection strategy for improvement of the load of the bean plant and to analyze the effectiveness of the genotype-ideotype distance index in the selection of bean plant families as for the load and grains productivity, appraised in different atmospheres. They were appraised 96 F_2 families, their $F_{2:3}$ progenies and four controls (BRSMG Majestoso, L1, BRSMG Madrepérola and A525) in random blocks, with three repetitions, as for the plants architecture, hypocotyl diameter and grains productivity in the harvests of the winter of 2010 and of the drought of 2011. It was observed that the association among F_2 plants

HD and characters related to the load in the $F_{2:3}$ progenies were of magnitude relatively low, compared to the estimates of correlations considering the genitors, indicating great influence of the atmosphere in the determination of the hypocotyl diameter in individual plants of bean plant. There was predominance of additive effect in the determination of this character, that presented larger precision and accuracy compared to the evaluation of the load by the note of architecture of the plants, evidencing that the hypocotyl diameter can be used as auxiliary measure in the selection of progenies in the improvement of the bean plant seeking improvement of the load of the plants, since the selection is based, in agreement with the repeatability analysis, in the average of at least 40 plants within plots. Besides, families were observed with grains productivity above the largest values presented by the parents in the two harvests, with architecture notes and hypocotyl diameter comparable to the most erect genitors. The use of the genotype-ideotype distance index was effective in the selection of families seeking improvement of the load and grains productivity, appraised in different atmospheres, with prominence for the families of the population originating from of the crossing among the bean plant lines A525 and BRSMG Majestoso.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão, com produção média anual de 3,5 milhões de toneladas. Típico produto da alimentação brasileira é cultivado por pequenos e grandes produtores em todas as regiões. Os maiores estados produtores são Paraná, que colheu 298 mil toneladas na safra 2009/2010, e Minas Gerais, com a produção de 214 mil toneladas no mesmo período (MAPA, 2012).

O cultivo do feijoeiro na safra de inverno tornou-se, com a expansão das áreas irrigadas, uma boa opção para o produtor brasileiro. As cultivares mais adaptadas a essas condições são as cultivares cariocas, que apresentam, em sua maioria, uma arquitetura prostrada. Portanto, apesar de serem lavouras de alta tecnologia, ainda sofrem com o elevado custo de produção na época da colheita, tornando-se necessário o desenvolvimento de plantas com uma arquitetura mais ereta (Collicchio et al., 1997).

A seleção de plantas de porte mais ereto não tem sido fácil, por se tratar de uma característica complexa, que, além de ser determinada por várias outras, sofre uma expressiva influência do ambiente (Teixeira et al., 1999; Bassett, 2004; Moreto et al., 2007). Um dos principais componentes relacionados ao porte da planta do feijoeiro é o hábito de crescimento (Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1979; Krecthmer et al., 1979), que pode ser agrupado, de maneira geral, em determinado e indeterminado (Collicchio et al., 1997).

Quanto ao tipo de planta, a classificação mais aceita é apresentada por Vieira et al. (2005), sendo o feijoeiro classificado em quatro tipos, I, II, III e IV.

As cultivares do tipo I possuem hábito de crescimento determinado e arbustivo. O crescimento vegetativo é interrompido com o início da fase reprodutiva. O florescimento se dá de maneira uniforme e em um período relativamente curto, sendo mais precoces que as cultivares de hábito indeterminado. São caracterizadas por

apresentarem menor número de nós e internódios mais curtos (Santos e Gavilanes, 2006).

Cultivares dos tipos II, III e IV são de hábito de crescimento indeterminado, mas diferem no comprimento da guia, diâmetro do caule e número e ângulo de inserção das ramificações (Kelly, 2001).

Plantas do tipo II apresentam um padrão de ramificação limitado e os ramos apresentam ângulo agudo com a haste principal. As vagens, geralmente, não são fixadas nos nós mais baixos, concentrando na porção média da planta, formando um perfil estreito, com plantas mais eretas e arbustivas.

Plantas do tipo III são semitrepadoras e possuem maior número de ramificações em relação às do tipo II. Devido à falta de resistência do caule durante o enchimento de grãos e ao maior número de vagens fixadas nos nós mais baixos, as plantas se tornam prostradas. Estas plantas são mais desenvolvidas que as do tipo II, por possuírem maior número de nós e internódios mais longos (Vilhordo et al., 1996; Kelly, 2001; Santos e Gavilanes, 2006).

Quanto ao tipo IV, as plantas apresentam forte dominância apical e alta capacidade de se enrolar quando tutoradas e de emitir ramificações com guias longas, sendo, portanto, mais volúveis. Possuem entre 20 e 30 nós, podendo ultrapassar os dois metros de comprimento. O período de florescimento é prolongado, apresentando vagens maduras e flores ao mesmo tempo.

Os quatro tipos podem ser subdivididos em a e b, e a variação morfológica entre subtipos extremos, isto é, Ia e IVb, é algo contínuo, o que às vezes torna difícil sua correta classificação. As características que permitem distinguir os subtipos (Vieira et al, 2005) são:

Ia = ramos e caule principal geralmente fortes e eretos.

Ib = ramos e caule principal fracos, prostrados e com alguma capacidade de trepar.

IIa = não possui capacidade trepadora.

IIb = ramos terminais “guias” longos, com alguma capacidade trepadora.

IIIa = ramos relativamente curtos, com fraca capacidade trepadora.

IIIb = ramos longos, prostrados ou entrelaçados, com moderada capacidade de trepar.

IVa = carga de vagens distribuída ao longo de todo o comprimento da planta.

IVb = maioria das vagens concentrada na parte superior da planta.

A demanda por cultivares mais produtivas, com arquitetura de planta que facilite os tratos culturais e a colheita mecanizada, é bastante elevada. Plantas com o porte mais ereto têm sido uma das principais exigências tanto dos empresários rurais quanto dos agricultores familiares (Silva et al., 2009).

Para se desenvolver um programa de melhoramento que tenha como objetivo obter cultivares de porte ereto é muito importante o entendimento do controle genético dos caracteres associados com a arquitetura da planta do feijoeiro. Desta forma, diversos autores realizaram pesquisas a fim de esclarecer a base genética dos caracteres envolvidos com a arquitetura da planta de feijão. Nos resultados, embora muitas vezes discordantes, observou-se predominância de ação gênica aditiva em relação à de dominância para a maioria dos caracteres (Nienhuis e Singh, 1986; Santos e Vencovsky, 1986; Kornegay et al., 1992; Teixeira et al., 1999; Silva, 2011).

Quanto ao hábito de crescimento, MacClean et al. (2002) e Tar'an et al. (2002) sugerem que o controle desta característica seja realizado por múltiplos genes, com base em mapeamento do referido gene em diferentes grupos de ligação.

Leakey (1998) e Basset (2004) relatam que a presença de guia, comum em cultivares de hábito indeterminado, é uma característica monogênica dominante, controlada pelo gene *Tor*.

Visando estudar um importante caráter relacionado ao porte do feijoeiro, a senescência tardia do caule e das folhas em relação às vagens (*stay green*), Aguiar et al. (2000) avaliaram plantas individuais e famílias resultantes do cruzamento de duas cultivares contrastantes para *stay green*. Verificaram predominância dos efeitos dominantes e que o controle genético deve ser monogênico ou oligogênico, com influência do ambiente na manifestação do caráter. A estimativa do número de genes envolvidos no controle do caráter foi de 1,4 a 5,1. As correlações entre *stay green* e produtividade de grãos foram de pequena magnitude, ou seja, os dois caracteres são independentes.

O tamanho do grão também tem sido uma característica muito relacionada à arquitetura da planta, pois é difícil associar, em uma linhagem, porte ereto e grão com tamanho comercial. A maioria das cultivares de porte ereto possui grãos pequenos, o que tem dificultado a aceitação no mercado. No entanto, os genes que controlam estes caracteres não estão ligados, apesar de grande associação entre arquitetura da planta e o tamanho da semente, sendo possível obter linhagens com arquitetura desejável e grãos com tamanho comercial (Kornegay et al., 1992; Brothers & Kelly, 1993; Collicchio et al., 1997).

O conhecimento da associação entre caracteres também é fundamental nos trabalhos de melhoramento, principalmente se a seleção em um deles apresenta dificuldades, em razão da baixa herdabilidade e, ou, tenha problemas de medição e identificação. A correlação fenotípica provém de causas genéticas e ambientais e pode ser diretamente mensurada a partir de medidas de caracteres, em certo número de indivíduos da população. O ambiente torna-se causa de correlações quando os caracteres são influenciados pelas mesmas diferenças de condições ambientais. Valores negativos desta correlação indicam que o ambiente favorece um caráter em detrimento do outro, e valores positivos indicam que os caracteres são beneficiados ou prejudicados pelas mesmas causas de variações ambientais (Cruz et al., 2004). A correlação genotípica, por sua vez, é devida, principalmente, ao pleiotropismo e ao desequilíbrio de ligação gênica (Falconer, 1981). O pleiotropismo é a propriedade pela qual um gene afeta mais de um caráter e o desequilíbrio de ligação gênica ocorre quando os genes estão localizados em um mesmo cromossomo, com a tendência de serem transmitidos em conjunto, de acordo com a distância entre eles, podendo apresentar caráter transitório, visto que podem ser suprimidos pela recombinação gênica (Churata et al., 1996).

Para avaliar a arquitetura de plantas de feijão vem se utilizando uma escala de notas de Collicchio (1995), que apresenta notas de 1 a 5, em que: nota 1 refere-se à planta do tipo II, ereta, com uma haste e com inserção alta das primeiras vagens; nota 2, à planta do tipo II, ereta e com algumas ramificações; nota 3, à planta do tipo II ou III, com muitas ramificações e tendência a prostrar-se; nota 4, à planta do tipo III, semi-ereta ou medianamente prostrada, e nota 5, à planta do tipo III, com entrenós longos e muito prostrada. Porém, essa escala é visual, trabalhosa e depende de grande experiência do avaliador (Menezes Jr., 2008). Portanto, estudos como os de Moura (2011) e Silva (2011) mostram a necessidade da identificação de caracteres com potencial para subsidiar a avaliação da arquitetura de plantas por notas, visando maior eficiência na seleção de plantas de porte mais ereto. Ambas relataram em seus trabalhos que o diâmetro do hipocótilo é um indicador efetivo da arquitetura de plantas do feijoeiro. Assim, uma associação significativa entre o diâmetro do hipocótilo de plantas F_2 com os caracteres relacionados ao porte de suas progênies derivadas permitiria a seleção de plantas já nas gerações de abertura dos bulk's, bem como a utilização de seleção recorrente fenotípica, potencializando os ganhos no melhoramento do feijoeiro visando melhoria do porte das plantas.

Seleção recorrente pode ser definida como um processo de ciclos sucessivos de seleção de indivíduos superiores de uma população, seguida pela recombinação dos

selecionados para formar uma nova população. O processo pode ser visualizado como um sistema cíclico e dinâmico que visa aumentar gradativamente a frequência de alelos favoráveis para uma característica quantitativa, sem reduzir a variabilidade genética, por meio de repetidos ciclos de seleção, avaliação e recombinação (Geraldi, 2005).

A obtenção de maior variabilidade genética oriunda dos intercruzamentos; a oportunidade para a ocorrência de recombinações, devido aos intercruzamentos sucessivos; o aumento das frequências dos alelos favoráveis, devido a um processo repetitivo de seleção e a facilidade para incorporação de germoplasma exótico na população são algumas vantagens descritas para se realizar a seleção recorrente (Fouilloux & Bannerot, 1988; Ramalho et al., 2001 e Geraldi, 2005).

Seu sucesso em plantas alógamas é freqüentemente relatado (Helms et al., 1989; Weyhrich et al., 1998; Faria et al., 2008; Reis et al., 2009). No caso do feijoeiro, a estratégia de seleção recorrente vem se destacando no melhoramento para caracteres como produtividade de grãos (Menezes Jr. et al., 2008), ciclo (Silva et al. 2007) e resistência a doenças, como mancha angular (Lima et al., 2011) e trabalhos como os de Kelly & Adams (1987), visando obter plantas do tipo II, de porte ereto e sementes de tamanho, formato e cor do tipo comercial; Cunha et al. (2005), visando à obtenção de linhagens de feijoeiro com alta produtividade, tipo de grão carioca e porte ereto e Menezes Jr. (2008), visando à obtenção de linhagens de feijão que associem alta produtividade, boa arquitetura e grãos comercialmente aceitos, evidenciam que esta estratégia tem sido empregada com sucesso no melhoramento do porte do feijoeiro.

Em determinado ambiente, a manifestação fenotípica é o resultado da ação do genótipo sob influência do meio. Porém, quando se considera uma série de ambientes, detecta-se, além dos efeitos genéticos e ambientais, um efeito adicional, proporcionado pela interação dos mesmos (Cruz et al., 2004). O feijoeiro-comum é uma cultura de grande importância no Brasil, com cultivo em grande parte do território nacional, nas mais variadas condições ambientais, sejam elas climáticas ou tecnológicas. Dessa forma, a interação genótipos x ambientes assume grande importância (Carbonell et al., 2004; Oliveira et al., 2005; Melo et al., 2007; Pereira et al., 2009), pois sua existência causa respostas diferenciadas dos genótipos em relação à variação do ambiente, dificultando a recomendação de cultivares com ampla adaptabilidade (Cruz et al., 2004).

A existência da interação está associada a dois fatores. O primeiro, denominado simples, é proporcionado pela diferença entre genótipos e não gera alteração na classificação dos mesmos; e o segundo, denominado complexo, é dado pela ausência de correlação entre os genótipos, gerando alteração (Cruz et al., 2004). No presente

trabalho, a quantificação do componente de variação da interação genótipos x ambientes (safra), estimando a decomposição do quadrado médio da interação em partes simples e complexa, foi obtida a partir das expressões proposta por Cruz & Castoldi (1991).

Entre os fatores que afetam a interação genótipos x ambientes nas condições de cultivo do feijoeiro-comum, merecem destaque a variação entre anos, entre locais e entre épocas de semeadura. Na maior parte do Brasil, as épocas de semeadura podem ser divididas em três: a das águas, com semeadura de setembro a novembro; a da seca, com semeadura de janeiro a março; e a de inverno, com semeadura de abril a julho, com presença de irrigação e, geralmente, com temperaturas mais baixas (Pereira et al., 2010).

O emprego da análise de repetibilidade é uma ferramenta útil para determinar o número de medições para uma correta identificação de cultivares produtivas em um programa de melhoramento (Cargnelutti Filho et al., 2006), ressaltando que valores altos de estimativas de repetibilidade para determinado caráter indicam que é viável prever o valor real do indivíduo, utilizando-se um número relativamente pequeno de medições (Cruz et al., 2004).

Métodos para a obtenção de estimativas de coeficiente de repetibilidade têm sido usados em várias culturas como, por exemplo, a da mangueira (Costa, 2003), a do feijoeiro (Moura, 2011), a da cana-de-açúcar (Santos et al., 2004) e a do tomateiro (Cargnelutti Filho et al., 2004). O método da análise de variância é utilizado quando se avalia p genótipos em n medições repetidas segundo modelos estatísticos adequados; o dos componentes principais (Abeywardena, 1972; Rutledge, 1974) é considerado o mais adequado nas situações em que genótipos avaliados apresentam comportamento cíclico em relação ao caráter estudado, pois o método da análise de variância pode não eliminar o erro experimental, subestimando o coeficiente de repetibilidade; e o método da análise estrutural (Mansour et al., 1981) difere do método dos componentes principais apenas em questões conceituais (Cruz et al., 2004). O método utilizado no presente trabalho foi o dos componentes principais, com base na matriz de correlações.

Em um programa de melhoramento genético é importante a consideração de vários caracteres para se praticar seleção e, geralmente, os diversos caracteres de importância econômica estão correlacionados entre si, em magnitude e sentido variados. Portanto, a seleção (direta ou indireta) em apenas um caráter pode proporcionar alterações, cujo sentido pode não ser o desejável. Tal fato implica que a quantificação dos efeitos indiretos da seleção de um caráter sobre outros secundários será fundamental para orientar programas de melhoramento em que se tenha um material genético que reúna, simultaneamente, uma série de atributos favoráveis. Para possibilitar a seleção

simultânea de caracteres, desenvolveram-se os índices de seleção, os quais se constituem em um caráter adicional, estabelecido por meio da combinação linear ótima de vários caracteres, que permite efetuar de maneira eficiente a seleção simultânea de caracteres (Cruz e Regazzi, 1997). Atualmente, existem diferentes tipos de índices de seleção, como, por exemplo, índice livre de pesos e parâmetros (Elston, 1963), índice clássico (Smith, 1936; Hazel, 1943), índice da distância genótipo-ideótipo (Cruz, 2006) e índice dos ganhos desejados (Pesek & Baker, 1969), disponíveis para uso em programas que envolvem as etapas de seleção.

O índice baseado na distância entre cada genótipo e um ideótipo, (Schwarzbach, 1972, citado por Wricke e Weber, 1986), consiste em fixar um valor ideal para cada caráter, criando desse modo, um genótipo ideal, ou ideótipo, que pode nem existir na população. Feito isso, obtém-se a diferença entre a média de cada caráter e o valor atribuído ao ideótipo, e calcula-se, para cada genótipo, uma distância em relação a esse ideótipo, sendo essa distância o próprio índice (Cruz, 2006).

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEYWARDENA, V. An application of principal component analysis in genetics. **Journal of Genetics**, v.61, p.27-51, 1972.

AGUIAR, A. M.; RAMALHO, M. A. P.; JUNIOR, O. G. M. Controle genético do stay green no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 47, n. 270, p. 155-167, mar./abr. 2000.

BASSET, M. J. List of genes - *Phaseolus vulgaris* L. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Forte Collins, v. 47 p. 1-24, 2004.

CARBONELL, S. A. M.; AZEVEDO FILHO, J. A.; DIAS, L. A. S.; GARCIA, A. A. F.; MORAIS, L. K. Common bean cultivars and line interactions with environments. **Scientia Agricola**, v.61, p.169-177, 2004.

CARGNELUTTI FILHO, A.; RANDIN, B.; MATZENAUER R.; STORCK L. Número de colheitas e comparação de genótipos de tomateiro cultivados em estufa de plástico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.953-959, 2004.

CARGNELUTTI FILHO, A.; RIBEIRO N. D.; JOST E. Número necessário de experimentos para a comparação de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.6, p. 1701-1709, 2006.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Bean program 1978 anual report**. Cali, 1979.

CHURATA B. G. M.; ALAYA-OSUNA J. T. Correlações genotípica, fenotípica e de ambiente e análise de trilha em caracteres avaliados no composto de milho (*Zea mays*) arquitetura. **Revista Ceres**, v.43, n.249, p.628 – 636, 1996.

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

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.

COSTA, J.G. Estimativas de repetibilidade de alguns caracteres de produção em mangueira. **Ciência Rural**, v.33, p.263-266, 2003.

CRUZ, C.D.; **Programa Genes – Biometria**. Viçosa: UFV. 2006. p.382

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1997. 390p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético** (volume 1). 3ª Ed. Viçosa: UFV. 2004. p.171-193.

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

FARIA V. R.; VIANA J. M. S.; SOBREIRA S. M.; SILVA A. C. Seleção recorrente recíproca na obtenção de híbridos interpopulacionais de milho-pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.12, Dez. 2008.

FERREIRA, C.M.; DEL PELOSO, M.J.; FARIA, L.C. **Feijão na economia nacional**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa-CNPAF, 2002. 47p. (Documentos, 135).

GERALDI, I. O. Por que realizar seleção recorrente? In: SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 9., 2005, Lavras. **Anais**. Lavras: UFLA, 2005. 97 p.

HAZEL, L.N.; LUSH, J.L. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, v.39, p.476-490, 1943.

HELMS, T. C.; HALLAUER, A. R.; SMITH, O. S. Genetic drift and selection evaluated from recurrent selection programs in maize. **Crop Science**, Madison, v. 29, n. 3, p. 602-607, May/June 1989.

KELLY, J. D. Remaking bean plant architecture for efficient production. **Advances in Agronomy**. 7(1):109-143, 2001.

KRETCHMER, P. J.; LAING, D. R.; WALLACE, D. H. Inheritance and morphological traits of a phytochrome-controlled single gene in bean. **Crop Science**, Madison, v. 19, n. 5, p. 605-607, Sep./Oct. 1979.

LEAKEY, C. L. A. Genotypic and phenotypic markers in common bean. In: GEPTS, P. (Ed.). **Genetic Resources of *Phaseolus* beans: Their maintenance, domestication, evolution, and utilization**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988. p 245-327.

LIMA D. C.; REZENDE B. A.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. Variabilidade genética após nove ciclos de seleção recorrente para resistência a mancha angular. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 6., 2011. Búzios. **Anais**. Búzios: SBMP, 2011.

MANSOUR, H. et al. Estimators of repeatability. **Theoretical and Applied Genetics**, v.60, p.151-156, 1981.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), 2012 - <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/feijao> - acesso em 29 de Março de 2012 às 11:27h).

MACCLEAN, P. E.; LEE, R. K.; OTTO, C.; GEPTS, P.; BASSETT, M. J. Molecular and phenotypic mapping of genes controlling seed coat pattern and color in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **The Journal of Heredity**, Oxford, v. 93, n. 2, p. 148-152, Mar./Apr. 2002.

MELO, L. C.; MELO, P. G. S.; FARIA, L. C.; CABRERA DIAZ, J. L.; 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**, v.42, p.715-723, 2007.

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

MORETO, A.; 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, 2007.

MOURA, M. M. **Potencial de Caracteres para Avaliação da Arquitetura de Plantas de Feijão**. 2011. 57p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

OLIVEIRA, G. V. de; CARNEIRO, P. C. de S.; DIAS, L. A. dos S.; CARNEIRO, J. E. S.; CRUZ, C. D. Factor analysis in the environment stratification for the evaluation of common bean cultivars. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.5, p.166-173, 2005.

PEREIRA, H. S.; MELO, L.C.; FARIA, L.C. de; DEL PELOSO, M.J.; COSTA, J.G.C. da; RAVA, C.A.; WENDLAND, A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum com grãos tipo carioca na Região Central do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.29-37, 2009.

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

REIS, M. C.; SOUZA J. C.; RAMALHO M. A. P.; GUEDES F. L.; SANTOS P. H. A. D. Progresso genético com a seleção recorrente recíproca para híbridos interpopulacionais de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.12, Dez. 2009.

RUTLEDGE, J.J. A scaling which removes bias of Abeywardena's estimator of repeatability. **Journal of Genetics**, v.61, p.247-250, 1974.

SANTOS, M.S.M.; MADALENA J.A.; SOARES L.; FERREIRA P.V.; BARBOSA G.V.S. Repetibilidade de características agroindustriais em cana-de-acúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.301-306, 2004.

SANTOS, J. B.; GAVILANES M. L. Botânica. In: VIEIRA, C.; PAULA JR., T. J.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão**. 2ª Ed. Viçosa: UFV, 2006. p. 41-65.

SILVA, F. B.; RAMALHO M. A. P.; ABREU A. F. B. Seleção recorrente fenotípica para florescimento precoce de feijoeiro 'carioca'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.10, p.1437-1442, Out. 2007.

SILVA, V. M. P. **Melhoramento Genético do Porte do Feijoeiro**. 2011. 60f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

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

TAR'AN, B.; MICHAELS, T. E.; PAULS, K. P. Genetic mapping of agronomic traits in common bean. **Crop Science**, Madison, v. 42, n. 2, p. 544-556, Mar./Apr. 2002.

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

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

VILHORDO, B. W.; MIZUSINSKI, O. M. F.; BURIN, M. E.; GANDOLFI, V.H. **Morfologia**. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p.79-99.

WEYHRICH, R. A.; LAMKEY, K. R.; HALLAUER, A. R. Responses to seven methods of recurrent selection in the BS11 maize population. **Crop Science**, Madison, v. 38, n. 2, p. 308-321, Mar/Apr. 1998.

WRICKE, G.; WEBER, W.E. **Quantitative genetics and selection in plant breeding**. New York: Walter de Gruyter, 1986. 406p.

ZIMMERMANN, M.J.O.; CARNEIRO, J.E.S.; DEL PELOSO, M.J.; COSTA, J.G.C.; RAVA, C.A.; SARTORATO, A.; PEREIRA, P.A.A. Melhoramento genético e cultivares. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p.223-273.

3. OBJETIVO GERAL

Selecionar famílias oriundas de três populações segregantes de feijoeiro quanto ao porte e produtividade de grãos, avaliadas em mais de um ambiente.

CAPÍTULO 1

ASSOCIAÇÃO ENTRE O DIÂMETRO DO HIPOCÓTILO DE PLANTAS F₂ DE FEJÓEIRO E O PORTE DE SUAS PROGÊNIES

ASSOCIAÇÃO ENTRE O DIÂMETRO DO HIPOCÓTILO DE PLANTAS F₂ DE FEIJOEIRO E O PORTE DE SUAS PROGÊNIES

1. Resumo

Os objetivos deste trabalho foram estimar a associação entre o diâmetro do hipocótilo de plantas F₂ e o de suas progênies F_{2:3}, e obter estimativas de parâmetros genéticos, visando a escolha da melhor estratégia de seleção para melhoria do porte do feijoeiro. Para tal, foram avaliadas 96 famílias F_{2:3} e quatro testemunhas (BRSMG Majestoso, L1, BRSMG Madrepérola e A525) em delineamento em blocos ao acaso, com três repetições, quanto à nota de arquitetura de plantas, diâmetro do hipocótilo e produtividade de grãos nas safras do inverno de 2010 e da seca de 2011. As famílias (32 de cada cruzamento) foram obtidas a partir de três populações oriundas do cruzamento das linhagens BRSMG Majestoso, L1 e BRSMG Madrepérola com a linhagem A525. Observou-se que a associação entre o DH de plantas F₂ e caracteres relacionados ao porte nas progênies F_{2:3} foram de magnitude relativamente baixa comparada às estimativas de correlações considerando os genitores, indicando grande influência do ambiente na determinação do diâmetro do hipocótilo em plantas individuais de feijoeiro. Houve predominância de efeito aditivo na determinação deste caráter, que apresentou maior precisão e acurácia comparada à avaliação do porte pela nota de arquitetura das plantas. Assim, o diâmetro do hipocótilo pode ser utilizado como medida auxiliar na seleção de progênies no melhoramento do feijoeiro visando melhoria do porte das plantas, desde que a seleção se baseie, de acordo com a análise de repetibilidade, na média de pelo menos 40 plantas na parcela.

2. Abstract

The objectives of this work were to estimate the association among hypocotyl diameter of F₂ plants and the one of their F_{2:3} progenies, and to obtain estimates of genetic parameters, seeking the choice of the best selection strategy for improvement of the load of the bean plant. For such, they were appraised 96 F_{2:3} families and four controls (BRSMG Majestoso, L1, BRSMG Madrepérola and A525) in random blocks, with three repetitions, as for the note of plants architecture, hypocotyl diameter and grains productivity in the harvests of the winter of 2010 and of the drought of 2011. The families (32 of each crossing) they were obtained starting from three populations originating from of the crossing of the bean plant lines BRSMG Majestoso, L1 and BRSMG Madrepérola with the bean plant line A525. It was observed that the

association among DH of F₂ plants and characters related to the load in the F_{2:3} progenies were of magnitude relatively low compared to the estimates of correlations considering the genitors, indicating great influence of the atmosphere in the determination of the hypocotyl diameter in individual plants of bean plant. There was predominance of additive effect in the determination of this character, that presented larger precision and accuracy compared to the evaluation of the load by the note of plants architecture. Like this, the hypocotyl diameter can be used as auxiliary measure in the selection of progenies in the improvement of the bean plant seeking improvement of the load of the plants, since the selection is based, in agreement with the repeatability analysis, in the average of at least 40 plants within plots.

3. Introdução

A cultura do feijoeiro tem passado por grandes mudanças, em razão do maior emprego de tecnologia, e tem se tornado de interesse para grandes produtores rurais (Silva et al., 2009). Com a expansão das áreas irrigadas, o cultivo do feijoeiro na safra de inverno tornou-se uma opção para o produtor brasileiro (Collicchio et al., 1997). A demanda por cultivares mais produtivas, com arquitetura de planta que facilite os tratos culturais e a colheita mecanizada, é bastante elevada. Plantas com o porte mais ereto têm sido uma das principais exigências tanto dos empresários rurais quanto dos agricultores familiares (Silva et al., 2009)

A seleção de plantas de porte mais ereto não tem sido fácil, por se tratar de uma característica complexa, que sofre expressiva influência do ambiente (Teixeira et al., 1999; Bassett, 2004; Moreto et al., 2007). Um dos principais componentes relacionados ao porte da planta do feijoeiro é o hábito de crescimento (Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1979; Krethmer et al., 1979), que pode ser classificado em determinado e indeterminado. Segundo Vieira et. al. (2005), o feijoeiro apresenta quatro tipos de planta: tipo I, plantas de crescimento determinado e cuja gema apical termina em uma inflorescência; tipo II, plantas com crescimento indeterminado e guia curta; tipo III, de crescimento indeterminado e guia longa, e tipo IV, semelhante ao tipo III, com internódios mais longos. A tendência é que as novas cultivares sejam do tipo II, com o porte mais ereto possível e maior tolerância ao acamamento, por facilitarem os tratos culturais, possibilitarem a colheita mecanizada, reduzirem a ocorrência de doenças e as perdas na produção, aumentando a qualidade dos grãos (Collicchio et al., 1997).

A estratégia de seleção recorrente visa aumentar gradativamente a frequência de alelos favoráveis em uma população e se destaca como alternativa para realizar melhoramento para um ou mais caracteres quantitativos (Geraldi, 2005). Trabalhos como os de Faria et al. (2008) e Reis et al. (2009) relatam seu sucesso em plantas alógamas. No caso do feijoeiro, a estratégia de seleção recorrente vem se destacando no melhoramento para caracteres como produtividade de grãos (Menezes Jr. et al., 2008), ciclo (Silva et al. 2007) e resistência a doenças, como mancha angular (Lima et al., 2011). De modo geral, recombina-se indivíduos superiores com base no seu desempenho *per se* (seleção fenotípica) ou com base no desempenho médio de famílias derivadas (bulk dentro de famílias), sendo que a seleção recorrente fenotípica possui maior potencial para características de alta herdabilidade.

De acordo com Cruz et al. (2004), o conhecimento da associação entre caracteres é de grande importância nos trabalhos de melhoramento, principalmente se a seleção em um deles apresenta dificuldades, em razão da baixa herdabilidade e, ou, tenha problemas de medição e identificação. Para avaliar a arquitetura de plantas de feijão vem se utilizando uma escala de notas. Porém, essa escala é visual, trabalhosa e depende de grande experiência do avaliador (Menezes Jr., 2008). Estudos recentes (Moura, 2011 e Silva, 2011) relataram que o diâmetro do hipocótilo é um indicador efetivo da arquitetura de plantas do feijoeiro. Assim, uma associação significativa entre o diâmetro do hipocótilo de plantas F₂ com os caracteres relacionados ao porte de suas progênes derivadas permitiria a seleção de plantas já nas gerações de abertura dos bulk's, bem como a utilização de seleção recorrente fenotípica, potencializando os ganhos no melhoramento do feijoeiro visando melhoria do porte das plantas.

O feijoeiro-comum é uma cultura de grande importância no Brasil, com cultivo em grande parte do território nacional, nas mais variadas condições ambientais, sejam elas climáticas ou tecnológicas. Dessa forma, a interação genótipos x ambientes assume grande importância (Carbonell et al., 2004; Oliveira et al., 2005; Melo et al., 2007; Pereira et al., 2009). Entre os fatores que afetam a interação genótipos x ambientes nas condições de cultivo do feijoeiro-comum, merecem destaque a variação entre anos, entre locais e entre épocas de semeadura. Na maior parte do Brasil, as épocas de semeadura podem ser divididas em três: a das águas, com semeadura de setembro a novembro; a da “seca”, com semeadura de janeiro a março; e a de inverno, com semeadura de abril a julho, com presença de irrigação e, geralmente, com temperaturas mais baixas.

Entretanto, quando a opção de um teste de progênies for mais adequado, o tamanho e a forma das parcelas influenciam diretamente os ganhos com a seleção e o emprego da análise de repetibilidade é uma ferramenta útil para determinar o número de medições para uma correta identificação de unidades seletivas em um programa de melhoramento (Cargnelutti Filho et al., 2006). Ressaltando-se que valores altos de estimativas de repetibilidade para determinado caráter indicam que é viável prever o valor real do indivíduo, utilizando-se um número relativamente pequeno de medições (Cruz et al., 2004).

Métodos para a obtenção de estimativas de coeficiente de repetibilidade, como o da análise de variância, o dos componentes principais (Abeywardena, 1972; Rutledge, 1974) e o da análise estrutural (Mansour et al., 1981) têm sido usados em várias culturas como, por exemplo, a da mangueira (Costa, 2003), a do feijoeiro (Moura, 2011), a da cana-de-açúcar (Santos et al., 2004) e a do tomateiro (Cargnelutti Filho et al., 2004).

4. Objetivos

Avaliar a associação entre diâmetro do hipocótilo de plantas F_2 e caracteres relacionados ao porte nas suas progênies $F_{2:3}$ e obter estimativas de parâmetros genéticos, visando a seleção para melhoria do porte do feijoeiro.

5. Material e Métodos

Visando estimar a associação entre o diâmetro do hipocótilo (DH) de plantas F_2 e caracteres relacionados ao porte do feijoeiro, foi medido o DH de 32 plantas F_2 em três populações distintas e avaliadas as características relacionadas ao porte em suas progênies nas safras do inverno de 2010 e da seca de 2011. Foram avaliadas no total 96 famílias $F_{2:3}$ e quatro testemunhas (BRSMG Majestoso, L1, BRSMG Madrepérola e A525).

A testemunha chamada de L1 foi originada a partir do cruzamento “UTF0013 x Rudá-R” (Silva, 2011).

Nas progênies e testemunhas, além do DH, foram avaliadas a nota de arquitetura de plantas (ARQ) e a produtividade de grãos (PROD). As 96 famílias (32 de cada cruzamento) foram obtidas de três populações oriundas do cruzamento das linhagens BRSMG Majestoso, L1 e BRSMG Madrepérola com a linhagem A525. A linhagem A525 foi identificada por Silva (2009) como potencial genitora em programas de melhoramento visando melhoria do porte das plantas.

Os experimentos foram conduzidos no campo experimental de Coimbra, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no município de Coimbra, estado de Minas Gerais, localizado a uma latitude 20°51'24" sul, longitude 42°48'10" oeste e altitude de 720 metros.

Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso, com três repetições, parcela de três linhas de 1 metro e espaçamento de 0,5 m entre linhas. Utilizou-se 5 covas por linha e 3 sementes por cova. Os tratos culturais foram os recomendados para a cultura do feijoeiro na região.

Em relação à arquitetura, as plantas da parcela foram avaliadas próximo à colheita, utilizando-se uma escala de notas de 1 a 5 (Collicchio, 1995), em que: nota 1 refere-se à planta do tipo II, ereta, com uma haste e com inserção alta das primeiras vagens; nota 2, à planta do tipo II, ereta e com algumas ramificações; nota 3, à planta do tipo II ou III, com muitas ramificações e tendência a prostrar-se; nota 4, à planta do tipo III, semi-ereta ou medianamente prostrada, e nota 5, à planta do tipo III, com entrenós longos e muito prostrada.

O diâmetro do hipocótilo foi medido 1 cm abaixo do nó cotiledonar, em milímetros, por meio de um paquímetro digital, após a colheita das plantas. Foram obtidas as medidas de DH de 15 plantas da linha central de cada parcela e a partir das fileiras laterais de cada parcela foram obtidos os dados de produtividade de grãos.

Inicialmente, os dados de cada safra foram submetidos à análise de variância utilizando-se o modelo de blocos casualizados, considerando todos os efeitos do modelo como aleatório, exceto a média. Posteriormente, foi realizada a análise conjunta de variância para os experimentos conduzidos nas duas safras, considerando o efeito de genótipos aleatório e o de safras como fixo. Para o caráter DH também foram estimados os componentes aditivos e dominantes envolvidos em sua determinação conforme descrito em Cruz e Carneiro (2006).

Foram obtidas as estimativas do coeficiente de correlação entre as medidas de DH das plantas F₂ com o DH, nota de arquitetura e produtividade de grãos de suas progênes derivadas. Também foram obtidas as estimativas de correlação entre estes caracteres nas diferentes safras.

Por último, foi realizada a análise de repetibilidade, considerando dados de cada parcela nas safras de 2010 e 2011. As estimativas do número mínimo de medidas para acessar o valor genotípico das famílias e das testemunhas quanto ao diâmetro do hipocótilo foram realizadas pelo método dos componentes principais (com base na matriz de correlação), considerado o mais adequado quando se tem diferentes genótipos

na parcela. Como os experimentos de campo foram conduzidos em blocos ao acaso, com três repetições, as análises de repetibilidade foram realizadas para cada repetição e para os dados do total das repetições.

As estimativas dos coeficientes de correlação, do coeficiente de repetibilidade e do número mínimo de medidas foram realizadas conforme descrito em Cruz e Carneiro (2006). Para todas as análises estatísticas foram utilizados os recursos computacionais do programa GENES (Cruz, 2006).

6. Resultados e Discussão

Observou-se significância para o efeito de famílias, a 1% de probabilidade pelo teste F, para os caracteres ARQ, PROD e DH (Tabela 1), indicando variabilidade entre as famílias avaliadas no inverno de 2010 e na seca de 2011. O caráter DH apresentou, como esperado, maior precisão comparado à avaliação do porte das plantas pela nota de arquitetura (ARQ), com valores de CV abaixo de 7% nas duas safras (Tabela 1). Quanto à acurácia, medida pelo coeficiente de herdabilidade (Tabela 1), na safra do inverno de 2010 o DH foi mais acurado ($h^2 = 74,75\%$) que ARQ ($h^2 = 60,39\%$) e na safra da seca de 2011 os dois caracteres apresentaram acurácias próximas de 78%. Estes resultados evidenciam o potencial do caráter DH na seleção de plantas eretas com vistas ao melhoramento do porte do feijoeiro. Resultados similares foram obtidos por Silva (2010); Menezes Jr. (2008); Moura (2011) e Silva (2011).

Na análise conjunta (Tabela 2), a fonte de variação famílias foi significativa, a 1% de probabilidade pelo teste F, para as três características avaliadas (ARQ, PROD e DH), evidenciando que há diferença entre os desempenhos das famílias, com base na média dos ambientes.

Neste mesmo nível, também foi observado efeito significativo da interação genótipos por ambientes (G x A) para os caracteres PROD e DH. Para o caráter nota de arquitetura (ARQ) a interação T x A foi não significativa. Estes resultados corroboram a grande variabilidade entre as famílias avaliadas, uma vez que, segundo Cruz et al. (2004), a interação G x A tende a consumir a variância genotípica com base na média dos ambientes. A ocorrência de interação G x A para produtividade de grãos na cultura do feijoeiro tem sido comumente relatada na literatura, como em Santos (2001), Carneiro (2002) e Silva (2003), que observaram comportamento inconsistente no desempenho médio de genótipos avaliados em diferentes safras.

Já o efeito de ambientes foi significativo, a 5% de probabilidade pelo teste F, apenas para os caracteres nota de arquitetura (ARQ) e produtividade de grãos (PROD)

(Tabela 2), indicando menor influência do ambiente na determinação do diâmetro do hipocótilo quando comparado à nota de arquitetura. Estes resultados também evidenciam o potencial do caráter DH na seleção de plantas eretas com vistas ao melhoramento do porte do feijoeiro, com a seleção baseada na média da parcela.

Para o caráter DH foi realizada análise de variância com informação entre e dentro de parcelas (Tabela 3), em razão de terem sido obtidos dados de plantas individuais para este caráter. O efeito de famílias foi significativo, a 1% de probabilidade, em cada uma das três populações tanto na safra do inverno de 2010 quanto na seca de 2011. Houve predominância de efeito aditivo no controle do caráter DH, em razão das estimativas de variância aditiva superarem a de dominância (Tabela 3). Para as estimativas das variâncias ambientais dentro de famílias foram utilizadas as médias das variâncias entre parcelas (Tabela 4) do par de genitores envolvido no cruzamento. Silva (2011), baseando-se nas estimativas de capacidade geral e específica de combinação de 14 genitores cruzados em um esquema de dialelo parcial, também concluiu que para o caráter DH os efeitos aditivos foram os predominantes. As famílias avaliadas neste trabalho são oriundas de alguns dos cruzamentos realizados por Silva (2011). As estimativas de herdabilidade entre foram em torno de 70% para as três populações nas duas safras, enquanto as estimativas de herdabilidade dentro não ultrapassaram 6,5% (Tabela 3). Estes resultados indicam que a seleção visando a obtenção de plantas com maiores DH será mais efetiva se baseada na média das parcelas do que em plantas individuais dentro da parcela. Além disso, estes resultados indicam grande influência do ambiente na determinação do caráter DH em plantas individuais.

As estimativas de correlação entre o DH de plantas F_2 das três populações segregantes com o DH de suas progênies ($F_{2:3}$), avaliadas tanto no inverno de 2010 quanto seca de 2011, e com nota de arquitetura (ARQ) de suas progênies ($F_{2:3}$), também avaliadas nas duas safras, foram de baixa magnitude (Tabela 5), variando de -0,19 a 0,47. Cabe ressaltar que estas estimativas foram obtidas para cada população (dados de 32 famílias), para cada repetição, para a média das repetições e para o total das famílias (96 famílias). Entretanto, considerando os genitores destas populações, foram obtidas estimativas de correlação de elevada magnitude (Tabela 5), todas superando o valor 0,82. Estes resultados confirmam a grande influência do ambiente na determinação dos caracteres DH e ARQ, pois os dados de DH obtidos nas progênies foram oriundos de pelo menos 15 plantas em cada parcela. Assim, na estimativa do DH médio das linhagens, os efeitos ambientais tendem a se cancelar. Silva (2011) e Moura (2011)

também obtiveram elevadas estimativas de correlação fenotípica entre DH e ARQ, utilizando linhagens.

Observou-se que as estimativas de correlação entre DH de progênies $F_{2:3}$ da safra de inverno de 2010 com as da seca de 2011 cresceram em magnitude quando se considerou a média das repetições (Tabela 5). O mesmo se observou para a nota de arquitetura (ARQ) das progênies. Considerando que cada planta dentro da parcela deve ser um genótipo diferente, tem-se que estes resultados corroboram a grande influência do ambiente na determinação dos caracteres DH e ARQ. Para as linhagens estes acréscimos nas estimativas das correlações com base nas médias das repetições foram, como esperado, de menor magnitude, uma vez que cada planta dentro da parcela deve ter o mesmo genótipo.

As estimativas de coeficiente correlação entre DH e ARQ das progênies $F_{2:3}$ tanto no inverno de 2010 quanto seca de 2011 foram também de baixa magnitude, com o maior valor em módulo de 0,47 (Tabela 4). Já considerando as linhagens estas correlações foram de elevadas magnitudes, com o menor valor em módulo de 0,84. Estes resultados indicam que 15 plantas na parcela podem ser insuficientes para a avaliação do porte das plantas quando se considera progênies segregantes.

Na Tabela 6 está apresentado o número de observações utilizadas para as estimativas do número necessário de medidas (Tabela 7) para acessar o valor genotípico, com R^2 igual 80%, pelo método de componentes principais, referentes ao diâmetro do hipocótilo. Observou-se que, entre as populações segregantes, nas duas safras, o número de observações utilizado foi inferior ao necessário, 40 plantas no caso, para se ter predição com acurácia do valor genotípico das famílias $F_{2:3}$. Isto pode ter sido a causa das estimativas de baixas magnitudes das associações entre o DH de plantas F_2 e o DH de suas progênies (Tabela 5). Este fato não ocorreu para genitores (Tabela 5), uma vez que o número de observações foi superior ao necessário, quatro no caso, para se avaliar as linhagens quanto ao diâmetro do hipocótilo com elevada acurácia no processo de seleção (Tabelas 6 e 7). A causa das estimativas de baixas magnitudes de associação entre o DH de plantas F_2 e o DH de suas progênies também pode ser devido à maior discrepância dos valores de DH em testemunhas (linhagens) do que nas famílias. Resultados semelhantes foram obtidos por Moura (2011), avaliando 36 linhagens de feijão quanto ao diâmetro do hipocótilo. O autor concluiu que amostras de apenas seis plantas foram suficientes para discriminar tais linhagens.

Tabela 1 - Resumo das análises de variância referente à avaliação de 96 famílias F_{2:3} e 4 testemunhas quanto aos caracteres arquitetura de plantas (ARQ), produtividade de grãos (PROD) e diâmetro do hipocótilo (DH) nas safras de inverno de 2010 e seca de 2011. Coimbra, MG.

| FV | GL | Quadrados Médios | | | | | |
|--------------------|------|------------------|---------------|------------|------------|--------------|------------|
| | | Inverno 2010 | | | Seca 2011 | | |
| | | ARQ (nota) | PROD (kg/ha) | DH (cm) | ARQ (nota) | PROD (kg/ha) | DH (cm) |
| Blocos | 2 | 3,292500 | 5229274,33 | 0,049609 | 0,332500 | 10854174,33 | 0,002361 |
| Tratamentos | (99) | 0,722854** | 1496804,08** | 0,005653** | 0,691886** | 1155127,53** | 0,005738** |
| Famílias (F) | 95 | 0,661979** | 1401214,03** | 0,004973** | 0,629788** | 1120198,86** | 0,005215** |
| Testemunhas (Te) | 3 | 2,888889** | 1187288,89 | 0,028964** | 2,888889** | 2307411,11** | 0,023961** |
| F vs Te | 1 | 0,007812 | 11506404,01** | 0,000312 | 0,000139 | 1016500,35 | 0,000700 |
| Resíduo | 198 | 0,262197 | 489929,55 | 0,001256 | 0,137214 | 415135,95 | 0,001183 |
| CV(%) | | 17,21 | 17,78 | 6,85 | 11,12 | 19,57 | 6,92 |
| Média de F | | 2,98 | 3897,26 | 0,52 | 3,33 | 3281,29 | 0,50 |
| Média de Te | | 3,00 | 4896,67 | 0,52 | 3,33 | 3578,33 | 0,49 |
| σ_g^2 | | 0,133261 | 303761,49 | 0,001239 | 0,164191 | 235020,97 | 0,001344 |
| h ² (%) | | 60,39 | 65,04 | 74,75 | 78,21 | 62,94 | 77,32 |

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

Tabela 2 - Resumo das análises de variância conjuntas referente à avaliação de 96 famílias F_{2:3} e 4 testemunhas quanto aos caracteres arquitetura de plantas (ARQ), produtividade de grãos (PROD) e diâmetro do hipocótilo (DH) nas safras de inverno de 2010 e seca de 2011. Coimbra, MG.

| FV | GL | Quadrados Médios | | |
|-----------------------|------|------------------|--------------|------------|
| | | ARQ (nota) | PROD (kg/ha) | DH (cm) |
| Blocos/Ambientes | 4 | 1,812500 | 8037783,17 | 0,026010 |
| Tratamentos (T) | (99) | 1,166713** | 1969148,42** | 0,009688** |
| Famílias (F) | 95 | 1,036838** | 1880764,80** | 0,008459** |
| Testemunhas (Te) | 3 | 5,666667** | 2204837,71** | 0,051826** |
| F vs Te | 1 | 0,005017* | 9658524,43** | 0,000035 |
| Ambientes (A) | 1 | 18,903750* | 62137649,28* | 0,060803 |
| T x A | (99) | 0,248026 | 683066,54** | 0,001741** |
| F x A | 95 | 0,254930 | 641157,72* | 0,001775** |
| Te x A | 3 | 0,111111 | 1294845,49* | 0,000938 |
| (F vs Te) x A | 1 | 0,002934 | 2829067,93* | 0,000956 |
| Resíduo | 396 | 0,199706 | 452409,29 | 0,001216 |
| Média geral | | 3,15 | 3614,98 | 0,51 |
| Média das Famílias | | 3,15 | 3589,08 | 0,51 |
| Média das Testemunhas | | 3,17 | 4236,54 | 0,51 |
| CV (%) | | 14,18 | 18,61 | 6,87 |

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

Tabela 3 - Resumo das análises de variância, com informação entre e dentro da parcela, referentes às três populações avaliadas quanto ao diâmetro do hipocótilo (DH), nas safras de inverno de 2010 e seca de 2011. Coimbra, MG.

| FV | GL | Quadrados Médios | | | | | |
|-----------------------------|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------|------------|------------|
| | | Inverno 2010 | | | Seca 2011 | | |
| | | Pop. 1 ^A | Pop. 2 ^B | Pop. 3 ^C | Pop. 1 | Pop. 2 | Pop. 3 |
| Blocos | 2 | 0,101122 | 0,288425 | 0,282766 | 0,009678 | 0,00988 | 0,029915 |
| Famílias | 31 | 0,069023** | 0,058184** | 0,058572** | 0,048504** | 0,050466** | 0,062042** |
| Entre parcelas | 62 | 0,02064 | 0,015329 | 0,01291 | 0,013207 | 0,015465 | 0,019131 |
| Dentro parcelas | 1189 (1166) | 0,0095 | 0,009366 | 0,009251 | 0,011724 | 0,009276 | 0,010938 |
| | 1201 (1174) | | | | | | |
| | 1197 (1191) | | | | | | |
| CV (%) | | 7,55 | 6,77 | 5,96 | 6,36 | 7,35 | 7,35 |
| Média | | 0,52 | 0,50 | 0,52 | 0,50 | 0,47 | 0,52 |
| σ_g^2 entre | | 0,001225 | 0,001075 | 0,001149 | 0,000909 | 0,000894 | 0,001076 |
| S_g^2 dentro ^D | | 0,00062037 | 0,00063804 | 0,000608 | 0,0007898 | 0,0004919 | 0,00069975 |
| S_A^2 ^E | | 0,0012198 | 0,00100797 | 0,0011267 | 0,0006855 | 0,0008641 | 0,0009682 |
| S_D^2 ^F | | 0,0000210 | 0,00026812 | 0,0000893 | 0,0008941 | 0,0001197 | 0,0004313 |
| h_r^2 entre | | 0,70 | 0,69 | 0,76 | 0,55 | 0,67 | 0,62 |
| h_r^2 dentro | | 0,06 | 0,05 | 0,06 | 0,03 | 0,05 | 0,04 |

** : significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

^A População oriunda do cruzamento entre A525 e BRSMG Majestoso; ^B População oriunda do cruzamento entre A525 e VC3

^C População oriunda do cruzamento entre A525 e L1; ^D Estimativa da variância genética entre indivíduos dentro da parcela

^E Estimativa da variância aditiva; ^F Estimativa da variância devido aos desvios de dominância

Os valores entre parênteses referem-se ao grau de liberdade referente ao experimento da safra de seca de 2011

Tabela 4 - Resumo das análises de variância referentes à avaliação das quatro testemunhas, quanto ao diâmetro do hipocótilo (DH), nas safras de inverno de 2010 e seca de 2011. Coimbra, MG.

| FV | GL | Quadrados Médios | | | | | | | |
|-------------------|---------|------------------|--------------------|----------------------|----------|-----------|--------------------|----------------------|----------|
| | | Inverno 2010 | | | | Seca 2011 | | | |
| | | A525 | BRSMG MAJESTOSO | BRSMG MADREPÉROLA | L1 | A525 | BRSMG MAJESTOSO | BRSMG MADREPÉROLA | L1 |
| Entre Parcelas | 2 | 0,04546 | 0,020041 | 0,003066 | 0,018478 | 0,000646 | 0,023068 | 0,001799 | 0,014757 |
| Dentro de Parcela | 39 (36) | 0,021182 | 0,013241 | 0,003342 | 0,012313 | 0,032144 | 0,007235 | 0,00525 | 0,011208 |
| | 32 (37) | | | | | | | | |
| | 36 (38) | | | | | | | | |
| | 39 (39) | | | | | | | | |
| Média | | 0,66 | 0,50 | 0,43 | 0,50 | 0,61 | 0,45 | 0,41 | 0,49 |
| CV (%) | | 22,07 | 23,12 | 13,54 | 22,17 | 29,21 | 18,94 | 17,68 | 21,61 |
| $\sigma^2_{amb.}$ | | 0,001513 | 0,00115 | 0,000261 | 0,000881 | 0,002473 | 0,000551 | 0,000384 | 0,000802 |

Os valores entre parênteses referem-se ao grau de liberdade referente ao experimento da safra de seca de 2011

Tabela 5 - Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica entre diâmetro do hipocótilo (DH) de plantas F₂ e DH e nota de arquitetura de plantas (ARQ) nas suas respectivas progênies F_{2:3} avaliadas nas safras de inverno de 2010 e seca de 2011. Coimbra, MG.

| | | CORRELAÇÕES | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|-------|---------------------------------------|------|-------|-------|--|-------|-------|-------|--|-------|-------|--|
| | | DH de Progênies F _{2:3} 2010 | | | | DH de Progênies F _{2:3} 2011 | | | | ARQ de Progênies F _{2:3} 2010 | | | | ARQ de Progênies F _{2:3} 2011 | | | |
| DH de Plantas F ₂ | ^A 0,45 ¹ | 0,17 ² | 0,08 ³ | 0,28 ⁴ | 0,23 | 0,01 | 0,11 | 0,15 | -0,15 | 0,01 | -0,42 | -0,32 | -0,30 | -0,15 | -0,27 | -0,29 | |
| | ^B 0,42 | 0,26 | 0,06 | 0,31 | 0,19 | 0,25 | 0,47 | 0,39 | -0,22 | 0,25 | -0,29 | -0,16 | -0,29 | -0,24 | -0,21 | -0,30 | |
| | ^C -0,05 | -0,05 | 0,28 | 0,09 | -0,19 | 0,08 | 0,06 | -0,01 | -0,24 | -0,10 | 0,22 | -0,01 | 0,05 | -0,11 | -0,05 | -0,03 | |
| | ^D 0,33 | 0,17 | 0,19 | 0,28 | 0,19 | 0,21 | 0,27 | 0,27 | -0,33 | -0,10 | -0,26 | -0,31 | -0,21 | -0,23 | -0,22 | -0,26 | |
| | ^E 0,92 | 0,91 | 0,97 | 0,96 | 0,92 | 0,98 | 0,97 | 1,00 | -0,99 | -0,99 | -0,84 | -0,98 | -0,90 | -0,97 | -0,83 | -0,91 | |
| DH de Progênies F _{2:3} 2010 | | | | | 0,41 | 0,62 | 0,42 | 0,71 | 0,02 | -0,22 | 0,09 | -0,46 | -0,34 | 0,02 | 0,09 | 0,01 | |
| | | | | | 0,31 | 0,31 | 0,40 | 0,51 | -0,53 | 0,19 | -0,18 | -0,28 | -0,54 | -0,05 | -0,01 | -0,32 | |
| | | - | | | 0,43 | 0,36 | 0,46 | 0,65 | -0,20 | 0,02 | 0,07 | -0,16 | -0,12 | -0,35 | -0,33 | -0,38 | |
| | | | | | 0,42 | 0,45 | 0,44 | 0,65 | -0,29 | -0,10 | -0,09 | -0,38 | -0,36 | -0,16 | -0,12 | -0,28 | |
| | | | | | 0,94 | 0,83 | 0,91 | 0,97 | -0,89 | -0,96 | -0,84 | -0,99 | -0,95 | -0,97 | -0,89 | -0,99 | |
| DH de Progênies F _{2:3} 2011 | | | | | | | | | -0,06 | -0,16 | -0,07 | -0,20 | 0,10 | 0,24 | 0,18 | 0,19 | |
| | | | | | | | | | -0,05 | 0,01 | -0,27 | -0,13 | -0,29 | -0,13 | -0,17 | -0,26 | |
| | | - | | | | | - | | -0,38 | -0,05 | -0,31 | -0,45 | -0,39 | -0,10 | -0,42 | -0,47 | |
| | | | | | | | | | -0,38 | -0,22 | -0,36 | -0,50 | -0,28 | -0,11 | -0,23 | -0,31 | |
| | | | | | | | | | -0,93 | -0,96 | -0,91 | -0,99 | -1,00 | -0,90 | -0,86 | -0,93 | |
| ARQ de Progênies F _{2:3} 2010 | | | | | | | | | | | | | 0,06 | -0,04 | 0,13 | 0,34 | |
| | | | | | | | | | | | | | 0,46 | 0,28 | 0,72 | 0,75 | |
| | | - | | | | | - | | | | | | 0,68 | -0,02 | 0,45 | 0,62 | |
| | | | | | | | | | | | | | 0,43 | 0,15 | 0,50 | 0,61 | |
| | | | | | | | | | | | | | 0,90 | 0,98 | 0,97 | 0,96 | |

¹ Repetição 1; ² Repetição 2; ³ Repetição 3 e ⁴ Média das repetições.

^A População 1; ^B População 2; ^C População 3; ^D Total de Famílias e ^E Genitores.

Tabela 6 – Número de observações utilizadas para obtenção das estimativas do coeficiente de repetibilidade, nas safras de inverno de 2010 e seca de 2011. Coimbra, MG.

| | | Observações | |
|---------------------|-------------|--------------|-----------|
| | | Inverno 2010 | Seca 2011 |
| População 1 | Repetição 1 | 08 | 07 |
| | Repetição 2 | 10 | 10 |
| | Repetição 3 | 08 | 11 |
| | Total | 26 | 28 |
| População 2 | Repetição 1 | 08 | 10 |
| | Repetição 2 | 09 | 09 |
| | Repetição 3 | 10 | 09 |
| | Total | 27 | 28 |
| População 3 | Repetição 1 | 10 | 10 |
| | Repetição 2 | 12 | 10 |
| | Repetição 3 | 07 | 11 |
| | Total | 29 | 31 |
| Total de Populações | Repetição 1 | 08 | 07 |
| | Repetição 2 | 09 | 09 |
| | Repetição 3 | 07 | 09 |
| | Total | 24 | 25 |
| Genitores | Repetição 1 | 13 | 13 |
| | Repetição 2 | 09 | 10 |
| | Repetição 3 | 10 | 13 |
| | Total | 32 | 36 |

Tabela 7 - Número mínimo de medidas para R^2 de 80% em relação à característica diâmetro do hipocótilo, pelo método de componentes principais, avaliada nas safras de inverno de 2010 e seca de 2011. Coimbra – MG.

| Populações | Inverno de 2010 | | | | Seca de 2011 | | | |
|-------------------------------|-----------------|----|----|-------|--------------|----|----|-------|
| | 1 | 2 | 3 | Total | 1 | 2 | 3 | Total |
| A525 x BRSMG MAJESTOSO (32) | 14 | 18 | 11 | 19 | 19 | 26 | 19 | 27 |
| A525 x BRSMG MADREPÉROLA (32) | 12 | 12 | 25 | 22 | 19 | 20 | 13 | 28 |
| A525 x L1 (32) | 24 | 19 | 16 | 21 | 27 | 18 | 12 | 21 |
| Total (96) | 18 | 23 | 13 | 24 | 39 | 30 | 16 | 27 |
| Linhagens (4) | 2 | 4 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 |

Os valores entre parênteses referem-se ao número de genótipos avaliados

7. Conclusões

- A associação entre o DH de plantas F₂ e caracteres relacionados ao porte nas progênies F_{2:3} é de baixa magnitude;
- A avaliação do diâmetro do hipocótilo em plantas individuais de feijoeiro sofre grande influência do ambiente;
- O diâmetro do hipocótilo pode ser utilizado como medida auxiliar na seleção de progênies no melhoramento do feijoeiro visando melhoramento do porte das plantas, desde que a seleção se baseie na média de pelo menos 40 plantas na parcela.

8. Referências Bibliográficas

ABEYWARDENA, V. An application of principal component analysis in genetics. **Journal of Genetics**, v.61, p.27-51, 1972.

BASSET, M. J. List of genes - *Phaseolus vulgaris* L. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Forte Collins, v. 47 p. 1-24, 2004.

CARBONELL, S. A. M.; AZEVEDO FILHO, J. A.; DIAS, L. A. S.; GARCIA, A. A. F.; MORAIS, L. K. Common bean cultivars and line interactions with environments. **Scientia Agricola**, v.61, p.169-177, 2004.

CARGNELUTTI FILHO, A.; RANDIN, B.; MATZENAUER R.; STORCK L. Número de colheitas e comparação de genótipos de tomateiro cultivados em estufa de plástico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.953-959, 2004.

CARGNELUTTI FILHO, A.; RIBEIRO N. D.; JOST E. Número necessário de experimentos para a comparação de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.6, p. 1701-1709, 2006.

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

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Bean program 1978 anual report**. Cali, 1979.

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

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.

COSTA, J.G. Estimativas de repetibilidade de alguns caracteres de produção em mangueira. **Ciência Rural**, v.33, p.263-266, 2003.

CRUZ, C.D.; **Programa Genes – Biometria**. Viçosa: UFV. 2006. p.382

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético** (volume 1). 3ª Ed. Viçosa: UFV. 2004. p.171-193.

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**, Londrina, v. 5, n. 4, p. 379-386, Dec. 2005.

FARIA V. R.; VIANA J. M. S.; SOBREIRA S. M.; SILVA A. C. Seleção recorrente recíproca na obtenção de híbridos interpopulacionais de milho-pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.12, Dez. 2008.

FARIAS S. J. C.; RAMALHO M. A. P.; CARVALHO L. P.; MOREIRA J. A. N.; COSTA J. N. Repetibilidade dos Parâmetros de Estabilidade na Cultura do Algodoeiro Herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.4, Abr. 1998.

GERALDI, I. O. Por que realizar seleção recorrente? In: SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 9., 2005, Lavras. **Anais**. Lavras: UFLA, 2005. 97 p.

KRETCHMER, P. J.; LAING, D. R.; WALLACE, D. H. Inheritance and morphological traits of a phytochrome-controlled single gene in bean. **Crop Science**, Madison, v. 19, n. 5, p. 605-607, Sep./Oct. 1979.

LIMA D. C.; REZENDE B. A.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. Variabilidade genética após nove ciclos de seleção recorrente para resistência a mancha angular. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 6., 2011. Búzios. **Anais**. Búzios: SBMP, 2011.

MANSOUR, H. et al. Estimators of repeatability. **Theoretical and Applied Genetics**, v.60, p.151-156, 1981.

MELO, L. C.; MELO, P. G. S.; FARIA, L. C.; CABRERA DIAZ, J. L.; 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**, v.42, p.715-723, 2007.

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

MORETO, A. L. **Estimação dos componentes da variância fenotípica em feijoeiro utilizando método genealógico**. 2005. 76 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MORETO, A.; 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, 2007.

MOURA, M. M. **Potencial de Caracteres para Avaliação da Arquitetura de Plantas de Feijão**. 2011. 57p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

OLIVEIRA, G. V. de; CARNEIRO, P. C. de S.; DIAS, L. A. dos S.; CARNEIRO, J. E. S.; CRUZ, C. D. Factor analysis in the environment stratification for the evaluation of common bean cultivars. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.5, p.166-173, 2005.

PEREIRA, H. S.; MELO, L.C.; FARIA, L.C. de; DEL PELOSO, M.J.; COSTA, J.G.C. da; RAVA, C.A.; WENDLAND, A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum com grãos tipo carioca na Região Central do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.29-37, 2009.

REIS, M. C.; SOUZA J. C.; RAMALHO M. A. P.; GUEDES F. L.; SANTOS P. H. A. D. Progresso genético com a seleção recorrente recíproca para híbridos interpopulacionais de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.12, Dez. 2009.

RUTLEDGE, J.J. A scaling which removes bias of Abeywardena's estimator of repeatability. **Journal of Genetics**, v.61, p.247-250, 1974.

SANTOS, M.S.M. et al. Repetibilidade de características agroindustriais em cana-de-acúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.301-306, 2004.

SANTOS, V. S. **Implicações da seleção precoce para tipo de grão no melhoramento genético do feijoeiro comum**. 2001. 57 p. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SILVA, N. O. **Seleção natural e a decisão do melhorista sobre a melhor momento de abrir o “bulk” na cultura do feijoeiro**. 2003. 56 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SILVA, F. B.; RAMALHO M. A. P.; ABREU A. F. B. Seleção recorrente fenotípica para florescimento precoce de feijoeiro ‘carioca’. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.10, p.1437-1442, Out. 2007.

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

SILVA, V. M. P. **Melhoramento Genético do Porte do Feijoeiro**. 2011. 60f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

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

CAPÍTULO 2

EFICÁCIA DO ÍNDICE GENÓTIPO-IDEÓTIPO NA SELEÇÃO DE FAMÍLIAS DE FEJOEIRO AVALIADAS EM DIFERENTES AMBIENTES

UTILIZAÇÃO DO ÍNDICE DA DISTÂNCIA GENÓTIPO-IDEÓTIPO NA SELEÇÃO DE FAMÍLIAS DE FEIJOEIRO AVALIADAS EM DIFERENTES AMBIENTES

1. Resumo

O objetivo deste trabalho foi analisar a eficácia do índice da distância genótipo-ideótipo na seleção de famílias de feijoeiro quanto ao porte e produtividade de grãos, avaliadas em mais de um ambiente. Foram avaliadas 96 famílias $F_{2:3}$ e quatro testemunhas (BRSMG Majestoso, L1, BRSMG MADREPÉROLA e A525) em delineamento em blocos ao acaso, com três repetições, quanto à nota de arquitetura de plantas, diâmetro do hipocótilo e produtividade de grãos nas safras do inverno de 2010 e da seca de 2011. A linhagem A525 foi cruzada com as linhagens BRSMG Majestoso, L1 e BRSMG MADREPÉROLA, originando três populações, com 32 famílias cada. Foram observadas famílias com produtividade de grãos acima dos limites superiores dos pais nas duas safras, com notas de arquitetura inferiores a 2,5 e diâmetro do hipocótilo comparáveis aos genitores de porte mais eretos. A utilização do índice da distância genótipo-ideótipo foi eficaz na seleção de famílias visando melhoria do porte e produtividade de grãos, avaliadas em diferentes ambientes, com destaque para as famílias da população oriunda do cruzamento entre as linhagens A525 e BRSMG Majestoso. A linhagem A525 apresenta potencial para ser utilizada como genitor em programas de melhoramento visando melhoramento do porte do feijoeiro.

2. Abstract

The objective of this work was to analyze the effectiveness of the genotype-ideotype distance index in the selection of bean plant families as for the load and grains productivity, appraised in different atmospheres. They were appraised 96 $F_{2:3}$ families and four controls (BRSMG Majestoso, L1, BRSMG MADREPÉROLA and A525) in random blocks, with three repetitions, as for the note of plants architecture, hypocotyl diameter and grains productivity in the harvests of the winter of 2010 and of the drought of 2011. The bean plant line A525 was crossed with the bean plant lines BRSMG Majestoso, L1 and BRSMG MADREPÉROLA, originating three populations, with 32 families each. Families were observed with grains productivity above the parents' superior limits in the two harvests, with inferior architecture notes to 2,5 and hypocotyl diameter comparable to the most erect genitors. The use of the genotype-ideotype distance index was effective in the selection of families seeking improvement of the

load and grains productivity, appraised in different atmospheres, with prominence for the families of the population originating from of the crossing among the bean plant lines A525 and BRSMG Majestoso. The bean plant line A525 presents potential to be used as genitor in improvement programs seeking improvement of the load of the bean plant.

3. Introdução

No Brasil, o feijoeiro é cultivado em praticamente todos os Estados e Minas Gerais, com cerca de 19% da produção nacional (Conab, 2011), se destaca como o segundo maior produtor. Estima-se que o feijão seja cultivado em 295 mil propriedades desse Estado (Borém e Carneiro, 2006), nas mais variadas condições e em diferentes épocas e sistemas de cultivo.

Nas condições tropicais a instabilidade climática e a heterogeneidade dos solos exigem que as cultivares de feijão recomendadas aos agricultores contemplem, além da alta produtividade de grãos e outros caracteres de interesse, maior estabilidade (Carneiro, 2002). A estabilidade de uma cultivar está relacionada à interação com o ambiente no qual se desenvolve. Quando significativa a ocorrência de interação genótipo x ambiente faz com que o comportamento das linhagens não seja consistente ao longo dos ambientes de cultivo, o que é um empecilho ao trabalho dos melhoristas. De modo geral, os experimentos realizados com a cultura do feijoeiro para quantificar a interação genótipos x ambientes tem sido os ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) realizados na fase de recomendação das cultivares. Exemplos de interação cultivares x ambientes com efeito significativo no Estado de Minas Gerais (Oliveira et al., 2006; Matos et al., 2007; Gonçalves et al., 2009) e em outros estados, como no Paraná e São Paulo (Melo et al., 2007), Goiás (Pereira et al., 2009), Bahia (Carvalho et al., 2006) e Santa Catarina (Rocha et al., 2009), são comuns na literatura.

A interação genótipos x ambientes não interfere apenas na recomendação de cultivares, mas também dificulta o trabalho do melhorista na fase intermediária do programa de melhoramento, que precisa adotar critérios diferenciados para selecionar genótipos superiores e usar métodos alternativos de identificação de material de alto potencial genético (Cruz et al., 2004).

Em um programa de melhoramento genético é importante considerar vários caracteres para se praticar seleção e, geralmente, os diversos caracteres de importância econômica estão correlacionados entre si, em magnitude e sentido variados. Portanto, a seleção (direta ou indireta) em apenas um caráter pode proporcionar alterações, cujo

sentido pode não ser o desejável. Tal fato implica que a quantificação dos efeitos indiretos da seleção de um caráter sobre outros de interesse será fundamental para orientar programas de melhoramento em que se tenha um material genético que reúna, simultaneamente, uma série de atributos favoráveis (Cruz et al., 2004). Para efetuar de maneira eficiente a seleção simultânea de caracteres, desenvolveram-se os índices de seleção, os quais permitem a utilização de um único valor para efetuar a seleção dos genótipos, realizando-se análises por meio de combinações lineares dos dados fenotípicos dos caracteres em estudo, cujos coeficientes de ponderação são estimados de modo a maximizar a correlação entre o índice e os valores genotípicos dos candidatos à seleção (Garcia & Souza Júnior, 1999; Cruz et al., 2004), com o objetivo de garantir o sucesso no processo de seleção. Dentre eles, o índice proposto por Smith (1936) e Hazel (1943) e o índice com base em ganhos desejados de Pesek e Baker (1969) são os mais utilizados (Martins et al., 2003; Gonçalves et al., 2007) e são denominados índices genotípicos. O índice de seleção clássico proposto por Smith (1936) e Hazel (1943) 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. Este agregado genotípico é estabelecido por outra combinação linear, envolvendo os valores genéticos, os quais são ponderados por seus respectivos valores econômicos. O índice baseado em ganhos desejados, proposto por Pesek e Baker (1969), leva em consideração a importância estabelecida pelo melhorista em sua especificação dos ganhos desejados em cada característica (Cruz et al., 2004).

O intuito da utilização dos índices genotípicos está na identificação de um grupo de genótipos que apresente o máximo de alelos favoráveis (maiores valores genéticos) em relação a todas as características de interesse, os quais serão recombinados para formar a população melhorada. Deste modo, os índices genotípicos são mais apropriados em programas de seleção recorrente. Já em programas de melhoramento de plantas autógamas, como do feijoeiro, em que, de modo geral, as famílias endogâmicas selecionadas não serão recombinadas, os índices genotípicos não seriam os mais adequados. Também nesta etapa é comum a prática seletiva basear-se em vários caracteres de interesse. Além disso, em algumas situações as unidades de seleção podem ser avaliadas em diferentes condições ambientais, sejam safras, anos ou diferentes locais.

Alguns autores têm sugerido a utilização de índices de seleção não paramétricos, cujo objetivo principal está na simples classificação dos genótipos superiores de acordo

com algum critério de interesse (Costa et al., 2004; Lessa et al., 2010). Estes índices podem ser denominados de fenotípicos. Nesse sentido, alguns índices como o “Livre de Pesos” ou “Livre de Parâmetros” (Elston, 1963), o índice multiplicativo (Subandi et al., 1973) e o índice com base em soma de postos (ou *Ranks*) (Mulamba e Mock, 1978) são bem descritos na literatura (Cruz e Carneiro, 2006).

Outros índices fenotípicos são baseados na distância euclidiana em relação a um ideótipo. Entre estes índices destaca-se o índice distância genótipo-ideótipo proposto por Schwarzbach (1972), que consiste em fixar um valor ideal para cada caráter, criando desse modo, um genótipo ideal, ou ideótipo, que pode nem existir na população. Feito isso, obtém-se a diferença entre a média de cada caráter e o valor atribuído ao ideótipo e calcula-se, para cada genótipo, uma distância em relação a esse ideótipo, sendo essa distância o próprio índice (Cruz, 2006). Assim, quanto menor a distância de um genótipo a um ideótipo, melhor classificado será o genótipo. Este índice tem a vantagem de incluir pesos econômicos para cada caráter individualmente, permitindo a possibilidade de ganhos maiores naqueles caracteres de maior importância para o melhorista.

4. Objetivo

Analisar a eficácia do índice genótipo-ideótipo na seleção de famílias de feijoeiro quanto ao porte e produtividade de grãos avaliadas em diferentes ambientes.

5. Material e Métodos

Noventa e seis famílias $F_{2:3}$ e quatro testemunhas (BRSMG Majestoso, L1, BRSMG MADREPÉROLA e A525) foram avaliadas quanto ao diâmetro do hipocótilo (DH), nota de arquitetura de plantas (ARQ) e a produtividade de grãos (PROD) no inverno de 2010 e seca de 2011.

A testemunha chamada de L1 foi originada a partir do cruzamento “UTF0013 x Rudá-R” (Silva, 2011).

As 96 famílias foram obtidas de três populações oriundas do cruzamento das linhagens BRSMG Majestoso, L1 e BRSMG MADREPÉROLA com a linhagem A525, sendo que cada população contribuiu com 32 famílias. A linhagem A525 foi identificada por Silva (2009) como potencial genitora em programas de melhoramento visando melhoria do porte das plantas.

Os experimentos foram conduzidos no campo experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no município de Coimbra, Minas

Gerais, localizado a uma latitude 20°51'24" sul, longitude 42°48'10" oeste e altitude de 720 metros. Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso, com três repetições, parcela de três linhas de 1 metro e espaçamento de 0,5 m entre linhas. Utilizou-se 5 covas por linha e 3 sementes por cova. Os tratos culturais foram os recomendados para a cultura do feijoeiro na região.

Em relação à arquitetura, as plantas da parcela foram avaliadas próximo à colheita, utilizando-se uma escala de notas de 1 a 5 (Collicchio, 1995), em que: nota 1 refere-se à planta do tipo II, ereta, com uma haste e com inserção alta das primeiras vagens; nota 2, à planta do tipo II, ereta e com algumas ramificações; nota 3, à planta do tipo II ou III, com muitas ramificações e tendência a prostrar-se; nota 4, à planta do tipo III, semi-ereta ou medianamente prostrada, e nota 5, à planta do tipo III, com entrenós longos e muito prostrada.

O diâmetro do hipocótilo foi medido 1 cm abaixo do nó cotiledonar, em milímetros, por meio de um paquímetro digital, após a colheita das plantas. Foram obtidas as medidas de DH de 15 plantas da linha central de cada parcela e a partir das fileiras laterais de cada parcela foram obtidos os dados de produtividade de grãos.

Inicialmente, os dados de cada safra foram submetidos à análise de variância utilizando-se o modelo de blocos casualizados, considerando todos os efeitos do modelo como aleatório, exceto a média. Posteriormente, foi realizada a análise de variância conjunta das duas safras, considerando o efeito de genótipos aleatório e o de safras como fixo. O quadrado médio da interação famílias x ambientes foi decomposto nas frações simples e complexa utilizando-se as expressões propostas por Cruz & Castoldi (1991).

Os ganhos esperados pela seleção direta para os caracteres nota de arquitetura (ARQ), produtividade de grãos (PROD) e diâmetro do hipocótilo (DH) praticada em cada ambiente foram estimados pela expressão $GS_i = h_i^2 DS_i$, em que GS_i é o ganho com a seleção direta praticada na característica i ; h_i^2 é a herdabilidade da característica i e DS_i é o diferencial de seleção com base nos genótipos de melhor desempenho para a característica i . Os ganhos obtidos com a resposta indireta à seleção foram calculados por meio da fórmula $GS_{i(j)} = h_i^2 DS_{i(j)}$, em que $GS_{i(j)}$ é o ganho na característica i , com a seleção baseada na característica j ; $DS_{i(j)}$ é o diferencial de seleção da característica i , no qual os genótipos selecionados são os de melhor desempenho para a característica j . Em todos os casos, a intensidade de seleção utilizada foi de 20%.

Para estimar os ganhos preditos a partir do Índice da distância Genótipo-Ideótipo, foi estabelecido os valores econômicos para as três características, nas duas safras, definindo-se, posteriormente, os valores ótimos de cada variável, bem como o intervalo dos valores considerados favoráveis para o melhoramento (Quadro 1):

Quadro 1 - Valores ótimos, peso e limites favoráveis ao melhoramento para as características arquitetura de plantas (ARQ), produtividade de grãos (PROD) e diâmetro do hipocótilo (DH) nas safras de inverno de 2010 e seca de 2011, a fim de prever os ganhos a partir do Índice da distância Genótipo-Ideótipo.

| Variável | Peso | Ótimo | Limite Inferior | Limite Superior |
|----------|------|-------|-----------------|-----------------|
| ARQ2010 | 1 | 2,00 | 2,00 | 3,00 |
| PROD2010 | 4 | 0,55 | 0,38 | 0,55 |
| DH2010 | 1 | 0,63 | 0,41 | 0,63 |
| ARQ2011 | 2 | 2,33 | 2,33 | 3,00 |
| PROD2011 | 3 | 0,46 | 0,32 | 0,46 |
| DH2011 | 1 | 0,60 | 0,40 | 0,60 |

Com base neste índice, identificaram-se os melhores genótipos e calculados os ganhos de seleção conforme descrito por Cruz (2006).

Para todas as análises estatísticas foram utilizados os recursos computacionais do programa GENES (Cruz, 2006).

6. Resultados e Discussão

Pela análise individual de variância (Tabela 1) observou-se efeito significativo de famílias nas duas safras, para os caracteres ARQ, PROD e DH, indicando diversidade entre os genitores destas famílias $F_{2;3}$ para estes caracteres. Os experimentos apresentaram coeficiente de variação experimental abaixo de 20% para os três caracteres, sendo observada maior precisão para o caráter DH, cujos valores foram inferiores a 7%. Foram observadas famílias com produtividade de grãos acima dos limites superiores dos pais nas duas safras. Quanto ao porte das plantas, observaram-se famílias com notas de arquitetura inferiores a 2,5 e diâmetro do hipocótilo comparáveis aos genitores mais eretos. As herdabilidades para os três caracteres, considerando a média das famílias, foram superiores a 60% nas duas safras. Estes resultados em conjunto indicam a possibilidade de se obter ganhos com seleção na média de famílias para cada um dos três caracteres em cada um dos ambientes.

Pela análise conjunta de variância (Tabela 2) observou-se significância para o efeito de famílias, a 1% de probabilidade pelo teste F, para os caracteres ARQ, PROD e

DH. Cabe ressaltar que a interação famílias x ambientes (FxA) foi significativa para os caracteres PROD e DH, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. Já para ARQ essa interação foi não significativa. Estes resultados corroboram a grande variabilidade entre as famílias, uma vez que a interação com ambientes tende a consumir a variabilidade das famílias com base na média dos ambientes (Cruz e Carneiro, 2004). A ocorrência de interação genótipos x ambientes para produtividade de grãos na cultura do feijoeiro tem sido comumente relatada na literatura (Santos, 2001; Carneiro, 2002 e Silva, 2003).

O caráter DH apresentou, como esperado, maior precisão (CV = 6,87%) comparado à avaliação do porte das plantas pela nota de arquitetura (CV = 14,18%) (Tabela 2). Quanto à acurácia, medida pelo coeficiente de herdabilidade (Tabela 2), o DH foi mais acurado ($h^2 = 85,63\%$) que ARQ ($h^2 = 80,74\%$). Estes resultados evidenciam o potencial do caráter DH como variável auxiliar na seleção de plantas eretas com vistas ao melhoramento do porte do feijoeiro, uma vez que alguns trabalhos relatam elevada associação de causa e efeito entre DH e ARQ (Menezes Jr., 2008; Moura, 2011 e Silva, 2011).

Já o efeito de ambientes foi significativo, a 5% de probabilidade pelo teste F, apenas para os caracteres nota de arquitetura (ARQ) e produtividade de grãos (PROD) (Tabela 2), o que indica menor influência do ambiente na determinação do diâmetro do hipocótilo quando comparado à nota de arquitetura. Entretanto, para DH a interação famílias x ambientes foi significativa a 1% de probabilidade. Esta interação também tende a consumir a variabilidade do ambiente com base na média das famílias (Cruz e Carneiro, 2004). Assim, deve-se ter cautela quanto às inferências com base no efeito de ambiente em relação ao caráter DH, pois este pode ocorrer de forma diferenciada entre as famílias de modo que não se manifeste na média destas.

A interação famílias x ambientes (FxA) foi decomposta nas frações simples e complexa, conforme o método de Cruz e Castoldi (1991), e apresentou frações complexas em predominância para ARQ, PROD e DH (Tabela 3). Interação de natureza complexa é devida principalmente à falta de correlação entre o desempenho das famílias nos dois ambientes, resultando em posições relativas diferenciadas das famílias nos dois ambientes, o que dificulta o trabalho do melhorista. Isto indica que, nessa situação, selecionar as famílias com base em suas médias nos dois ambientes pode não ser a estratégia de seleção mais indicada. Assim, índices de seleção que levam em consideração o desempenho das famílias nos dois ambientes, ou seja, consideram o efeito da interação das famílias com o ambientes, seriam mais apropriados. Entretanto,

são escassos trabalhos em que a seleção das famílias leva em consideração os efeitos de suas interações com ambientes.

Na Tabela 4 estão apresentados os ganhos preditos diretos e indiretos para os caracteres ARQ, PROD e DH, bem como os ganhos preditos diretos e indiretos para os dois ambientes, que neste caso se refere ao efeito de safras e anos confundidos. Pode-se observar que nenhum ganho indireto superou os ganhos diretos, cujos valores são apresentados na diagonal da Tabela 4. Como exemplo, selecionando-se com base em ARQ no ano de 2010, a resposta neste mesmo ano seria de ganho direto de 12,30% em ARQ, perda de 6,56% em PROD e ganho de 2,18% em DH. Da mesma forma para 2011, com resposta não satisfatória comparada aos ganhos diretos, cujos valores foram de ganho de 8,08% em ARQ, perda de 1,07% em PROD e um ganho de 4,81% em DH.

A seleção com base em uma determinada característica em um ambiente (inverno 2010) e resposta em outro (seca de 2011), ou vice-versa, também não proporcionou resultados satisfatórios comparados à seleção direta (Tabela 4). Ainda cabe ressaltar que a seleção univariada baseada em qualquer uma das características não proporcionou ganhos em sentido e magnitude desejados para as demais em cada um dos anos. Assim, a utilização de um índice multivariado de seleção seria o mais indicado para se obter ganhos mais equilibrados nos três caracteres de interesse.

Como os índices multivariados não contemplam a seleção em mais de um ambiente, foi utilizado o índice genótipo-ideótipo considerando cada variável avaliada em diferentes ambientes como variáveis diferentes. Os ganhos preditos com a seleção baseada neste índice são apresentados na Tabela 5. Observaram-se ganhos equilibrados para os três caracteres de interesse nos dois ambientes, revelando que este índice além de considerar os efeitos da interação famílias x ambientes permitiu a seleção de famílias com porte e produtividade em níveis satisfatórios. Ainda cabe ressaltar que a atribuição de pesos a cada um dos caracteres permitiu priorizar aqueles de maior interesse.

As médias em relação aos caracteres ARQ, PROD e DH, no inverno de 2010 e seca de 2011, dos genitores e das 20 famílias selecionadas pelo índice da distância genótipo-ideótipo, bem como suas origens, estão apresentadas na Tabela 6. Das 20 famílias selecionadas, a população 1, oriunda do cruzamento entre as linhagens A525 e BRSMG Majestoso, contribuiu com mais da metade das famílias, 11 no caso. Ainda é evidente que as 20 famílias selecionadas apresentaram médias que não diferiram estatisticamente do desempenho das melhores testemunhas. Podemos observar que para a característica ARQ apenas as famílias 2 e 51 diferiram estatisticamente à média da melhor testemunha em 2010, apresentando, porém, média igual a três, considerada

satisfatória para a característica em questão. Em 2011, as famílias 17, 23, 53, 74 e 87, com médias de 2,83; 2,33; 2,67; 2,33 e 2,50; respectivamente, não diferiram estatisticamente da melhor testemunha para porte do feijoeiro. Para produtividade de grãos, somente quatro famílias, em 2010, diferiram estatisticamente da melhor testemunha; em 2011, nenhuma família diferiu estatisticamente da melhor testemunha. Em relação à avaliação do DH, quatro famílias em 2010 e oito em 2011 não diferiram estatisticamente da melhor testemunha.

Considerando que as médias apresentadas são oriundas de um grupo de indivíduos dentro de cada família, podendo haver valores mais ou menos satisfatórios para cada característica em estudo, conclui-se que as famílias possuem potencial para extração de linhagens para melhoramento do porte do feijoeiro, associando arquitetura ereta e boa produtividade de grãos.

Tabela 1 - Resumo das análises de variância referente à avaliação de 96 famílias F_{2,3} e 4 testemunhas quanto aos caracteres arquitetura de plantas (ARQ), produtividade de grãos (PROD) e diâmetro do hipocótilo (DH) nas safras de inverno de 2010 e seca de 2011. Coimbra, MG.

| FV | GL | Quadrados Médios | | | | | |
|----------------------|------|------------------|---------------|------------|------------|--------------|------------|
| | | Inverno 2010 | | | Seca 2011 | | |
| | | ARQ (nota) | PROD (kg/ha) | DH (cm) | ARQ (nota) | PROD (kg/ha) | DH (cm) |
| Blocos | 2 | 3,292500 | 5229274,33 | 0,049609 | 0,332500 | 10854174,33 | 0,002361 |
| Tratamentos | (99) | 0,722854** | 1496804,08** | 0,005653** | 0,691886** | 1155127,53** | 0,005738** |
| Famílias (F) | 95 | 0,661979** | 1401214,03** | 0,004973** | 0,629788** | 1120198,86** | 0,005215** |
| Testemunhas (Te) | 3 | 2,888889** | 1187288,89 | 0,028964** | 2,888889** | 2307411,11** | 0,023961** |
| F vs Te | 1 | 0,007812 | 11506404,01** | 0,000312 | 0,000139 | 1016500,35 | 0,000700 |
| Resíduo | 198 | 0,262197 | 489929,55 | 0,001256 | 0,137214 | 415135,95 | 0,001183 |
| CV(%) | | 17,21 | 17,78 | 6,85 | 11,12 | 19,57 | 6,92 |
| Média de Famílias | | 2,98 | 3897,26 | 0,52 | 3,33 | 3281,29 | 0,50 |
| Média de Testemunhas | | 3,00 | 4896,67 | 0,52 | 3,33 | 3578,33 | 0,49 |
| LS de Famílias | | 4,17 | 5576,67 | 0,63 | 4,33 | 4626,67 | 0,61 |
| LI de Famílias | | 2,00 | 2163,33 | 0,41 | 2,33 | 1486,67 | 0,41 |
| LS de Testemunhas | | 4,00 | 5536,67 | 0,66 | 4,33 | 4500,00 | 0,61 |
| LI de Testemunhas | | 1,67 | 4036,67 | 0,43 | 2,00 | 2420,00 | 0,41 |
| h ² (%) | | 60,39 | 65,04 | 74,75 | 78,21 | 62,94 | 77,32 |

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

LS: maior valor apresentado pela característica; LI: menor valor apresentado pela característica

Tabela 2 - Resumo das análises de variância conjuntas referente à avaliação de 96 famílias F_{2:3} e 4 testemunhas quanto aos caracteres arquitetura de plantas (ARQ), produtividade de grãos (PROD) e diâmetro do hipocótilo (DH) nas safras de inverno de 2010 e seca de 2011. Coimbra, MG.

| FV | GL | Quadrados Médios | | |
|-----------------------|------|------------------|--------------|------------|
| | | ARQ (nota) | PROD (kg/ha) | DH (cm) |
| Blocos/Ambientes | 4 | 1,812500 | 8037783,17 | 0,026010 |
| Tratamentos (T) | (99) | 1,166713** | 1969148,42** | 0,009688** |
| Famílias (F) | 95 | 1,036838** | 1880764,80** | 0,008459** |
| Testemunhas (Te) | 3 | 5,666667** | 2204837,71** | 0,051826** |
| F vs Te | 1 | 0,005017* | 9658524,43** | 0,000035 |
| Ambientes (A) | 1 | 18,903750* | 62137649,28* | 0,060803 |
| T x A | (99) | 0,248026 | 683066,54** | 0,001741** |
| F x A | 95 | 0,254930 | 641157,72* | 0,001775** |
| Te x A | 3 | 0,111111 | 1294845,49* | 0,000938 |
| (F vs Te) x A | 1 | 0,002934 | 2829067,93* | 0,000956 |
| Resíduo | 396 | 0,199706 | 452409,29 | 0,001216 |
| Média geral | | 3,15 | 3614,98 | 0,51 |
| Média das Famílias | | 3,15 | 3589,08 | 0,51 |
| Média das Testemunhas | | 3,17 | 4236,54 | 0,51 |
| CV (%) | | 14,18 | 18,61 | 6,87 |
| h ² (%) | | 80,74 | 75,95 | 85,63 |

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

Tabela 3 – Frações simples e complexa do quadrado da interação famílias x ambientes referentes à avaliação de 96 famílias F_{2:3} quanto aos caracteres arquitetura de plantas (ARQ), produtividade de grãos (PROD) e diâmetro do hipocótilo (DH) nas safras de inverno de 2010 e seca de 2011.

| | Interação G x A | |
|---------------------------|-----------------|------------------|
| | % Parte Simples | % Parte Complexa |
| ARQ (nota) | 37,24 | 62,76 |
| PROD (kg/m ²) | 29,79 | 70,21 |
| DH (cm) | 41,20 | 58,80 |

Tabela 4 – Estimativas de ganhos diretos e indiretos quanto aos caracteres arquitetura de plantas (ARQ), produtividade de grãos (PROD) e diâmetro do hipocótilo (DH) nos ambientes inverno de 2010 e seca de 2011. Coimbra – MG.

| Seleção | Resposta (GS%) | | | | | |
|-----------|----------------------------|------------------------------|------------|---------------|------------------------------|------------|
| | Inverno 2010 | | | Seca 2011 | | |
| | ARQ (nota) ¹ | PROD (kg/m ²) | DH (cm) | ARQ (nota) | PROD (kg/m ²) | DH (cm) |
| ARQ 2010 | 12,30 | - 6,56 | 2,18 | 8,08 | - 1,07 | 4,81 |
| PROD 2010 | - 3,23 | 14,72 | 0,63 | - 4,36 | 7,39 | - 1,97 |
| DH 2010 | 5,89 | 3,00 | 8,59 | 5,17 | - 0,63 | 6,42 |
| ARQ 2011 | 6,06 | - 5,04 | - 2,42 | 16,24 | - 6,90 | 1,78 |
| PROD 2011 | - 0,70 | 6,08 | - 1,51 | - 5,13 | 14,17 | - 1,37 |
| DH 2011 | 6,39 | - 1,50 | 4,83 | 4,00 | - 1,25 | 9,19 |

¹ Em relação à nota de arquitetura de plantas, notas menores equivalem a arquiteturas mais eretas

Tabela 5 - Estimativas de ganhos de seleção quanto aos caracteres nota de arquitetura de plantas (ARQ), produtividade de grãos (PROD) e diâmetro do hipocótilo (DH) com base no índice da distância genótipo-ideótipo. Coimbra – MG.

| | GS (%) | |
|---------------------------|--------------|-----------|
| | Inverno 2010 | Seca 2011 |
| ARQ (nota) | 7,25 | 4,81 |
| PROD (kg/m ²) | 5,84 | 4,78 |
| DH (cm) | 5,35 | 4,29 |

Tabela 6 – Médias de arquitetura de plantas (ARQ), produtividade de grãos (PROD) e diâmetro do hipocótilo (DH) de 20 famílias F_{2:3} selecionadas com base no índice da distância genótipo-ideótipo. Coimbra – MG.

| Famílias Selecionadas* | Origem | Médias | | | | | | |
|---------------------------|--------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| | | Inverno 2010 | | | Seca 2011 | | | |
| | | ARQ (nota) | PROD (kg/ha) | DH (cm) | ARQ (nota) | PROD (kg/ha) | DH (cm) | |
| 2 | Pop 1 | 3,00 ^{abcd} | 4537 ^{abcd} | 0,55 ^{b d} | 3,00 ^{b d} | 3247 ^{abcd} | 0,55 ^{a d} | |
| 8 | | 2,33 ^{ab d} | 4247 ^{abcd} | 0,55 ^{b d} | 3,50 ^{bcd} | 4027 ^{abc} | 0,52 ^{b d} | |
| 17 | | 2,83 ^{abcd} | 4167 ^{abcd} | 0,55 ^{b d} | 2,83 ^{ab d} | 3233 ^{abcd} | 0,51 ^{b d} | |
| 20 | | 2,83 ^{abcd} | 3847 ^{ab d} | 0,62 ^a | 3,67 ^{bcd} | 3447 ^{abcd} | 0,53 ^{b d} | |
| 23 | | 2,50 ^{ab d} | 3747 ^{ab d} | 0,53 ^{b d} | 2,33 ^a | 3587 ^{abcd} | 0,49 ^{bcd} | |
| 25 | | 2,67 ^{ab d} | 4113 ^{abcd} | 0,60 ^a | 3,17 ^{b d} | 3667 ^{abcd} | 0,55 ^{a d} | |
| 26 | | 2,33 ^{ab d} | 4500 ^{abcd} | 0,57 ^{b d} | 3,33 ^{b d} | 3260 ^{abcd} | 0,56 ^{a d} | |
| 27 | | 2,67 ^{ab d} | 4800 ^{abcd} | 0,57 ^{b d} | 3,33 ^{b d} | 3233 ^{abcd} | 0,52 ^{b d} | |
| 28 | | 2,50 ^{ab d} | 4577 ^{abcd} | 0,55 ^{b d} | 3,50 ^{bcd} | 4627 ^{abc} | 0,51 ^{b d} | |
| 29 | | 2,50 ^{ab d} | 3657 ^{ab d} | 0,57 ^{b d} | 3,00 ^{b d} | 4073 ^{abc} | 0,51 ^{b d} | |
| 31 | | 2,83 ^{abcd} | 4107 ^{abcd} | 0,58 ^{ab d} | 3,50 ^{bcd} | 3440 ^{abcd} | 0,53 ^{a d} | |
| 51 | | Pop 2 | 3,00 ^{abcd} | 4639 ^{abcd} | 0,54 ^{b d} | 3,33 ^{b d} | 3460 ^{abcd} | 0,47 ^{bcd} |
| 53 | | | 2,67 ^{ab d} | 3883 ^{abcd} | 0,56 ^{b d} | 2,67 ^{ab} | 3580 ^{abcd} | 0,50 ^{b d} |
| 68 | Pop 3 | 2,67 ^{ab d} | 4513 ^{abcd} | 0,57 ^{b d} | 3,17 ^{b d} | 3167 ^{abcd} | 0,55 ^{a d} | |
| 70 | | 2,33 ^{ab d} | 3890 ^{abcd} | 0,54 ^{b d} | 3,17 ^{b d} | 3167 ^{abcd} | 0,56 ^{a d} | |
| 74 | | 2,67 ^{ab d} | 4213 ^{abcd} | 0,63 ^a | 2,33 ^a | 3667 ^{abcd} | 0,61 ^a | |
| 80 | | 2,33 ^{ab d} | 3967 ^{abcd} | 0,51 ^{bcd} | 3,17 ^{b d} | 4013 ^{abc} | 0,52 ^{b d} | |
| 84 | | 2,83 ^{abcd} | 4610 ^{abcd} | 0,57 ^{b d} | 3,50 ^{bcd} | 3680 ^{abcd} | 0,52 ^{b d} | |
| 86 | | 2,50 ^{ab d} | 4500 ^{abcd} | 0,53 ^{b d} | 3,50 ^{bcd} | 3833 ^{abcd} | 0,54 ^{a d} | |
| 87 | | 2,33 ^{ab d} | 3640 ^{ab d} | 0,53 ^{b d} | 2,50 ^{ab} | 3273 ^{abcd} | 0,52 ^{b d} | |
| A525 | | 1,67 ^a | 4037 ^a | 0,66 ^a | 2,00 ^a | 3487 ^a | 0,61 ^a | |
| BRSMG MAJESTOSO | | 3,33 ^b | 4923 ^b | 0,50 ^b | 3,33 ^b | 3907 ^b | 0,45 ^b | |
| BRSMG MADREPÉROLA | | 4,00 ^c | 5537 ^c | 0,43 ^c | 4,33 ^c | 4500 ^c | 0,41 ^c | |
| L1 | | 3,00 ^d | 5090 ^d | 0,50 ^d | 3,67 ^d | 2420 ^d | 0,49 ^d | |

*Ordem das famílias selecionadas: 25 – 8 – 84 – 86 – 68 – 26 – 2 – 27 – 53 – 29 – 74 – 80 – 17 – 23 – 51 – 28 – 31 – 24 – 70 – 87; Famílias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente das testemunhas, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett

7. Conclusões

- A utilização do índice da distância genótipo-ideótipo é eficaz na seleção de famílias avaliadas em mais de um ambiente visando melhoria do porte e produtividade de grãos;

- A população oriunda do cruzamento entre as linhagens A525 e BRSMG Majestoso apresenta potencial para extração de linhagens superiores quanto ao porte e produtividade de grãos;

- A linhagem A525 apresenta potencial para ser utilizada como genitor em programas de melhoramento visando melhoria do porte do feijoeiro.

8. Referências Bibliográficas

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

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

CARVALHO , H.W.L. DE; FARIA , L.C. DE; WARWIC K, D.R.N.; ALBUQUERQUE , M.M. DE; DEL PELOSO , M.J.; MELO , L.C.; RODRIGUES , A.R. DOS S.; RIBEIRO , S.S.; OLIVEIRA , V.D.; SOUZA , E.M. DE. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum no Nordeste brasileiro, no ano agrícola de 2005. **Agrotrópica**, v.18, p.83-88, 2006.

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.

CRUZ, C.D.; **Programa Genes – Biometria**. Viçosa: UFV. 2006. p.382

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1997. 390p.

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.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed. rev. Viçosa: UFV, 2001. 390p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético** (volume 1). 3ª Ed. Viçosa: UFV. 2004. p.171-193.

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

GARCIA, A.A.F.; SOUZA JÚNIOR, C.L. de. Comparação de índices de seleção não paramétricos para a seleção de cultivares. **Bragantia**, v.58, p.253-267, 1999.

GONÇALVES, R.J. de S.; ABREU, Â. de F.B.; RAMALHO, M.A.P.; BRUZI, A.T. Strategies for recommendation of common bean lines tested for value of cultivation and use in different environments. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.9, p.132-139, 2009.

HAZEL, L.N.; LUSH, J.L. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, v.39, p.476-490, 1943.

MARTINS, I. S.; CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. e PIRES, I. E.. Eficiência da seleção univariada direta e indireta e de índices de seleção em *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**. 2003, vol.27, n.3, pp. 327-333.

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

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

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

MOURA, M. M. **Potencial de Caracteres para Avaliação da Arquitetura de Plantas de Feijão**. 2011. 57p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

OLIVEIRA, G.V.; CARNEIRO, P.C.S.; CARNEIRO, J.E. de S.; CRUZ, C.D. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de feijão comum em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.257-265, 2006.

PEREIRA, H.S.; MELO, L.C.; FARIA, L.C. de; DEL PELOSO, M.J.; COSTA, J.G.C. da; RAVA, C.A.; WENDLAND, A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum com grãos tipo carioca na Região Central do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.29-37, 2009.

PEREIRA, H.S.; MELO, L.C.; FARIA, L.C. de; 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.

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

ROCHA, F. da; TOALDO, D.; BARILI, L.D.; VALE, N.M. do; GARCIA, S.; COIMBRA, J.L.M.; VOGT, G.A.; GUIDOLIN, A.F. Efeito de ambiente sobre a produtividade de feijão carioca para o Estado de Santa Catarina. **Bragantia**, v.68, p.621-627, 2009.

SANTOS, V. S. **Implicações da seleção precoce para tipo de grão no melhoramento genético do feijoeiro comum**. 2001. 57 p. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SILVA, N. O. Seleção natural e a decisão do melhorista sobre a melhor momento de abrir o “bulk” na cultura do feijoeiro. 2003. 56 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SILVA, V. M. P. Melhoramento Genético do Porte do Feijoeiro. 2011. 60f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

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

WRICKE, G.; WEBER, W.E. Quantitative genetics and selection in plant breeding. New York: Walter de Gruyter, 1986. 406p.

4. CONCLUSÕES GERAIS

- O diâmetro do hipocótilo pode ser utilizado como medida auxiliar na seleção de progênies no melhoramento do feijoeiro, visando melhoramento do porte das plantas, desde que a seleção se baseie na média de pelo menos 40 plantas na parcela;

- A utilização do índice da distância genótipo-ideótipo é eficaz na seleção de famílias avaliadas em diferentes ambientes, destacando a população oriunda do cruzamento entre as linhagens A525 e BRSMG Majestoso para melhoria do porte e produtividade de grãos do feijão carioca.