

MONIQUE MACULAN MOURA

**POTENCIAL DE CARACTERES PARA AVALIAÇÃO DA ARQUITETURA DE
PLANTAS DE FEIJÃO**

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
2011

MONIQUE MACULAN MOURA

**POTENCIAL DE CARACTERES PARA AVALIAÇÃO DA ARQUITETURA DE
PLANTAS DE FEIJÃO**

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 18 de fevereiro de 2011.

Dr. Felipe Lopes da Silva

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

Prof. Dr. Leonardo Lopes Bhering

Prof. Pedro Crescêncio Souza Carneiro
(Orientador)

*Aos meus pais, Valdomiro Rodrigues de Moura e Raides Maculan Moura;
A minha irmã e meu cunhado, Crislaine Maculan Moura Anghinoni e João
Carlos Anghinoni,
que estiveram sempre presentes e me apoiaram em todos os momentos.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus por tudo.

Aos meus pais, Valdomiro e Raides, pelo amor, carinho, confiança e por compreenderem a minha vontade de estudar, mesmo apesar da distância.

À minha irmã, Crislaine, e meu cunhado, João Carlos, pelo amor, amizade 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, por toda disponibilidade e dedicação para a realização deste trabalho, e por todo o apoio e ensinamento que me passou durante estes anos.

Ao Professor José Eustáquio de Souza Carneiro, por sua co-orientação, pela paciência e pelo conhecimento transmitido.

Ao Professor Cosme Damião Cruz, pela co-orientação e exemplo.

A todos os professores 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 colegas do Programa de Melhoramento do Feijoeiro Alisson, Anatércia, Bruna, Cássio, Diogo, Gilmar, Gilberto, Gislâyne, José Ângelo, Juninho, Marilene, Nerison, Renato, Renan, Rodrigo e Vanessa pelos momentos de alegria e descontração e pela valiosa contribuição na realização deste trabalho.

À secretária Edna, pela eficiência e por estar sempre disposta a ajudar.

Aos amigos Aninha, Débora, Elaine, Flávia, Flávio, João, Luciana, Naíza e Sandra pelo grande auxílio, pelas horas de convívio e pela amizade.

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

BIOGRAFIA

MONIQUE MACULAN MOURA, filha de Valdomiro Rodrigues de Moura e Raides Maculan Moura, nasceu em Cascavel, Paraná, em 08 de julho de 1987.

No município de Cascavel cursou o ensino Primário e Fundamental na Escola Eleodoro Ébano Pereira, de 1994 a 2001. De 2002 a 2004, completou o ensino Médio na Escola Alfa Plazza.

Em março de 2005, iniciou o curso superior na Universidade Paranaense – UNIPAR, em Cascavel, Paraná, colando grau em fevereiro de 2009 como Bióloga.

Em fevereiro de 2009, 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	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1. Morfologia e arquitetura da planta de feijão	03
2.2. Caracterização da variabilidade disponível em bancos de germoplasma para arquitetura de plantas	06
2.3. Melhoramento do feijoeiro visando obtenção de plantas eretas	07
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1. Análises individuais de variância	19
4.2. Análise de variância conjunta	22
4.3. Correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente	24
4.4. Análise de trilha	34
4.5. Análise de repetibilidade	52
5. CONCLUSÕES	54

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
---	-----------

RESUMO

MOURA, Monique Maculan, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2011. **Potencial de caracteres para avaliação da arquitetura de plantas de feijão.** Orientador: Pedro Crescêncio Souza Carneiro. Co-orientadores: José Eustáquio de Souza Carneiro e Cosme Damião Cruz.

O melhoramento do feijoeiro visando à obtenção de plantas de arquitetura mais ereta vem crescendo em importância com base em quatro objetivos principais: atender à demanda do produtor de áreas irrigadas com relação à possibilidade de colheita mecânica; atenuar os problemas de doenças causadas por fungos de solo, especialmente o mofo-branco; facilitar os tratamentos culturais e reduzir os riscos do cultivo na safra das águas. Atualmente vem-se utilizando o emprego de uma escala de notas para avaliar a arquitetura de plantas de feijão, porém, essa escala é subjetiva, trabalhosa e depende de grande experiência do avaliador. Assim, é de importância para os programas de melhoramento do feijoeiro a identificação de caracteres com potencial para subsidiar, ou até mesmo substituir, a avaliação da arquitetura de plantas por notas, visando maior eficiência na seleção de plantas de porte ereto. Com o objetivo de identificar indicadores efetivos da arquitetura de plantas, trinta e seis linhagens de feijoeiro foram avaliadas quanto aos principais caracteres relacionados à arquitetura de plantas e caracteres agrônômicos em duas safras, inverno de 2007 e inverno de 2009. Os experimentos foram conduzidos em blocos casualizados, com três repetições, na Estação Experimental de Coimbra, pertencente ao departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. Observou-se que plantas mais eretas apresentaram maior ciclo, maior altura na colheita, menor ângulo de inserção dos ramos, epicótilo e hipocótilo com maior diâmetro, maior altura de inserção da primeira vagem, vagens concentradas na haste principal e maior número de entrenós na haste principal. Pela análise de trilha,

observou-se que o ângulo de inserção dos ramos, a altura das plantas na colheita e o diâmetro do hipocótilo foram os principais caracteres determinantes da arquitetura de plantas do feijoeiro. O diâmetro do hipocótilo apresentou elevada associação de causa e efeito com nota de arquitetura de planta, elevada acurácia e precisão em sua avaliação e maior facilidade de avaliação. Ademais, sua avaliação não é subjetiva e podem ser tomadas medidas de plantas individuais dentro da parcela, bem como a avaliação pode ser realizada após a colheita e são necessárias apenas seis medidas para acessar o valor genotípico de linhagens. Assim, o diâmetro do hipocótilo se destacou como indicador efetivo da arquitetura de plantas do feijoeiro.

ABSTRACT

MOURA, Monique Maculan, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2011.
Potential characters for evaluating the architecture of bean plants. Adviser:
Pedro Crescêncio Souza Carneiro. Co-advisers: José Eustáquio de Souza Carneiro
and Cosme Damião Cruz.

The bean breeding aiming to produce more upright architecture plants comes growing in importance based on four main objectives: to attend the demand of the producer of irrigated areas in relation to the possibility of mechanical harvesting; to attenuate the problems of diseases caused by soil fungi, especially the white mold; to facilitate the cultural practices and reduce the risks of cultivation in the rainy season. Currently, a grading scale is being used to evaluate the architecture of plant bean, however, this scale is subjective, demands hard work and relies an extensive experience of the evaluator. Therefore, it is important for bean breeding programs to identify characters with the potential to support or even replace, the assessment of plant architecture by notes, seeking greater efficiency in the selection of upright plants. Aiming to identify effective indicators of plant architecture, thirty-six bean lines were evaluated for key traits related to plant architecture and agronomic traits in two seasons, winter of 2007 and winter of 2009. The experiments were conducted in a randomized block design with three repetition at Coimbra's Experimental Station, belonging to the Department of Plant Science, Universidade Federal de Viçosa. It was observed that more erect plants had a higher cycle, higher at harvest time, smaller insertion angle of branches, epicotyl and hypocotyls with larger diameter, higher height of first pod, pods concentrated on the main stem and a greater number of internodes on the main stem. By path analysis, it was observed that the insertion angle of branches, plant height at harvest and the diameter of the hypocotyl were the main determinants of

character architecture of bean plants. Hypocotyl diameter showed a strong association of cause and effect with plant architecture, high accuracy and precision in its evaluation and ease of evaluation. Moreover, its evaluation is not subjective, can be taken for individual plants within plots, the evaluation can be done after harvest and requires only six measures to access the genotypic value of lineages. Thus, the diameter of the hypocotyl stood out as an effective indicator of the bean plant architecture.

1. INTRODUÇÃO

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos mais importantes constituintes da dieta da população brasileira, por ser reconhecidamente uma excelente fonte protéica, além de possuir bom conteúdo de carboidratos e de ser rico em ferro. Além da sua relevância na dieta do brasileiro, o feijão é um dos produtos agrícolas da maior importância econômico-social, em razão de ser cultivado em grandes áreas e da mão-de-obra empregada durante o ciclo da cultura (Vieira et al., 2006).

Com a expansão das áreas irrigadas, o cultivo do feijoeiro na entre safra (outono-inverno), tornou-se, em regiões onde as condições climáticas são favoráveis, uma das melhores opções para o produtor brasileiro. São lavouras altamente tecnificadas, porém com um custo de produção relativamente alto. No ano agrícola 2008/2009 foram produzidos 3,5 milhões de toneladas de grãos, numa área plantada de 4,3 milhões de hectares (IBGE, 2010).

Apesar das tecnologias disponíveis, um dos problemas é o alto custo da mão-de-obra na colheita, para o arranquio e enleiramento das plantas, o que, além de aumentar o custo de produção, limita o cultivo em maiores extensões. As cultivares atualmente utilizadas nas condições irrigadas são, basicamente, do tipo de grão carioca e a maioria delas são prostradas.

A tendência é que as novas cultivares apresentem o porte mais ereto possível e com maior tolerância ao acamamento. Espera-se com isso, obter uma planta fisiologicamente mais eficiente, mas, sobretudo, que facilite os tratos culturais e possibilite a colheita mecanizada. E, ainda, que reduza a ocorrência de doenças, especialmente o mofo-branco, e diminua as perdas na colheita, principalmente se esta

coincidir com período de chuvas prolongado, uma vez que o contato das vagens com o solo seria menor, o que beneficiaria a qualidade dos grãos (Collicchio et al., 1997).

No Brasil, o melhoramento para arquitetura ereta de plantas cada vez mais vem ganhando a atenção dos melhoristas. Teixeira et al. (1999) obtiveram informações acerca do controle genético para caracteres relacionados ao porte das plantas de feijão e constataram que o comprimento dos entrenós é o caráter que apresentou maior variação havendo predominância de efeito aditivo. Este trabalho mostrou ainda que a avaliação por notas para plantas individuais é de baixa eficiência. Pesquisas mais recentes realizadas por Menezes Júnior (2008) evidenciaram possibilidade de se obter simultaneamente ganho para a arquitetura ereta, tipo e produtividade de grãos.

Uma estratégia que tem sido amplamente utilizada pelos programas de melhoramento, como no trabalho de Menezes Júnior et al. (2008), para avaliar a arquitetura da planta, é o emprego de uma escala de notas. Este critério é visual, trabalhoso, subjetivo e demanda experiência para uma avaliação com precisão. Assim, é de grande importância para os programas de melhoramento a identificação de caracteres com potencial para subsidiar, ou até mesmo substituir, a avaliação da arquitetura de plantas por notas, visando maior eficiência na seleção de plantas de porte mais ereto.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Morfologia e arquitetura da planta de feijão

Uma planta de feijão é composta de partes aparentemente distintas, os órgãos. Há um sistema radicular no solo e, acima deste, um caule com as folhas e os ramos (Vieira et al, 2006). O sistema radicular do feijão é composto por uma raiz principal, um número variável (geralmente 8 a 16) de raízes basais, de raízes adventícias e de raízes laterais desenvolvidas a partir de cada uma das outras classes de raízes (Basu et al., 2007; Rubio e Lynch, 2007). A grande maioria das raízes situa-se nos primeiros 20 cm do solo, com 62 a 87% nos 10 cm superficiais (Vieira et al, 2006). Como consequência a planta apresenta menor sustentação, tornando difícil que ela permaneça ereta.

O caule é uma haste constituída por um eixo principal formado por uma sucessão de nós e entrenós. O primeiro nó constitui o ponto de inserção dos cotilédones, que são as estruturas de reserva da planta. O segundo nó corresponde à inserção das primeiras folhas da planta (folhas primárias) e do terceiro nó em diante estão inseridas as folhas chamadas trifolioladas. A porção alongada entre os cotilédones e as primeiras folhas é chamada de epicótilo e abaixo do ponto de ligação dos cotilédones de hipocótilo (Silva, 2010).

Na classificação dos hábitos de crescimento do feijão, que pode ser determinado ou indeterminado, uma fase importante é a do florescimento das plantas. As plantas de hábito determinado são as que desenvolvem uma inflorescência no ápice da haste principal e das hastes laterais. Geralmente, a primeira flor se abre na inflorescência apical da haste principal e, posteriormente, abrem-se as outras flores das inflorescências das hastes laterais. Por isso diz-se que, nas plantas de hábito de crescimento

determinado, o florescimento ocorre do ápice da planta para a base. Nas plantas de hábito indeterminado, os meristemas apicais da haste principal e das hastes laterais continuam vegetativos durante o florescimento. Nessas plantas, normalmente a primeira flor abre-se em inflorescência posicionada na base e, em seguida, abrem-se as flores nas posições superiores. Em razão disso, considera-se que, nas plantas de hábito indeterminado, o florescimento ocorre da base para o ápice (Vieira et al., 2006).

Ao classificar os hábitos de crescimento do feijão, são considerados, além dos hábitos determinado e indeterminado, também o número de nós e o comprimento dos internódios ao longo da haste principal, a intensidade e ângulo das ramificações laterais e a habilidade trepadora da planta (Vieira et al., 2006). 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 todas 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 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 contínua, o que às vezes torna difícil a correta classificação do hábito de crescimento. 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.

O número de ramos laterais e suas características influenciam diretamente a arquitetura da planta e o potencial de rendimento de grãos (Bezerra et al., 2008). Plantas do tipo III, por exemplo, apresentam muitas ramificações e ângulo aberto, o que favorece o acamamento. Já plantas do tipo II possuem o porte mais ereto, pois apresentam ramificações laterais mais fechadas e em menor número (Vilhordo et al., 1996).

O feijão apresenta o fenômeno de heterofilia, pois forma dois tipos de folha durante a sua ontogênese: simples (primárias) e compostas (trifolioladas). As folhas simples são duas e são as primeiras a serem constituídas; aparecem no segundo nó do caule e são formadas dentro da semente durante a embriogênese. Elas caem antes do completo desenvolvimento da planta. As folhas compostas possuem as seguintes partes: estípulas, pecíolo, raque, peciólulo, pulvínulos e lâmina foliar composta (Vieira et al., 2006). Normalmente, plantas com folhas menores têm maior probabilidade de serem eretas. Sabe-se também que as cultivares de folhas grandes possuem grãos grandes e as de folhas pequenas grãos menores (Kelly & Adams, 1987).

As flores do feijoeiro não são isoladas, isto é, estão sempre agrupadas em duas, três ou mais, e são compostas por um pedúnculo (pequena haste) que sustenta os botões florais, formando a inflorescência floral. Cada flor é constituída por um cálice formado de sépalas unidas e uma corola de cinco pétalas coloridas, com formatos diferentes: uma

pétala mais externa e maior (denominada estandarte); duas laterais menores, estreitas (denominadas asas), e duas inferiores, unidas e enroladas em forma de espiral (denominadas quilha). Podem ter a cor branca, rósea ou violeta, de distribuição uniforme para toda a corola, ou, ser bicolor, isto é, as pétalas podem ter mais de uma cor ou tonalidades diferentes (Silva, 2010).

O fruto é uma vagem formada por duas partes (denominadas valvas), uma superfície superior e outra inferior. Pode ter uma forma reta, arqueada ou recurvada, e a ponta ou extremidade (denominada ápice) ser arqueada ou reta. A cor pode ser uniforme ou não, isto é, pode apresentar estrias de outra cor, por exemplo, e variar de acordo com o grau de maturação (vagem imatura, madura e completamente seca) podendo ser verde, verde com estrias vermelhas ou roxas, vermelha, roxa, amarela, amarela com estrias vermelhas ou roxas (Silva, 2010).

O tamanho e a altura de inserção das vagens possuem grande implicação na arquitetura do feijoeiro. Plantas com vagens grandes e que toquem o solo são indesejáveis, pois aumentam as perdas na colheita e depreciam a qualidade dos grãos (Menezes Júnior, 2007).

2.2. Caracterização da variabilidade disponível em bancos de germoplasma para arquitetura de plantas

De acordo com os descritores mínimos de feijão propostos pelo Ministério da Agricultura, caracteres relacionados com a arquitetura de plantas praticamente não são alistados, exceto o tipo de planta, no qual se classifica o feijoeiro em: Arbustivo, determinado – I; Arbustivo, indeterminado – II; Prostrado, indeterminado – III; e, Trepador, indeterminado – IV. Contudo, somente esta classificação não é suficiente para caracterizar um genótipo quanto à arquitetura.

Dentre os caracteres que estão relacionados com a arquitetura de planta, os que mais têm sido utilizados para caracterização da arquitetura do feijoeiro em programas de melhoramento são: altura da planta, número e comprimento de entrenós na haste principal, número de ramificações que se iniciam na haste principal, altura de inserção da primeira vagem, hábito de crescimento (determinado ou indeterminado), tendência da planta de se enrolar em um suporte, diâmetro e comprimento do hipocótilo e epicótilo, ângulo de ramificações, tamanho das folhas, tamanho dos grãos e distribuição de vagens na planta (Teixeira et al., 1999; Kelly, 2001).

Acquaah et al. (1991), avaliando 480 famílias F_3 de seis ciclos de seleção recorrente com base em 17 caracteres relacionados à arquitetura do feijoeiro em Michigan e Guatemala, concluíram que os caracteres diâmetro do hipocótilo, altura da planta, ângulos dos ramos e número de entrenós na haste principal foram os principais determinantes da arquitetura do feijoeiro.

2.3. Melhoramento do feijoeiro visando obtenção de plantas eretas

Devido ao fato de o feijoeiro ser uma planta autógama, o que se busca normalmente em um programa de melhoramento é a obtenção de linhas homozigóticas (puras) superiores às já existentes em cultivo. Uma nova cultivar pode ser formada por uma única linha pura ou por um conjunto de linhas puras com características fenotípicas semelhantes. O melhoramento genético do feijoeiro no Brasil é realizado por várias instituições (IPA, UFLA, UFV, EMCAPA, EMBRAPA/CNPAF, IAC, IAPAR e EMBRAPA/CPACT) cada uma delas seguindo os métodos de sua preferência.

Os programas de melhoramento do feijoeiro, no Brasil, têm dado ênfase à obtenção de linhagens do grupo comercial carioca. Isto se deve, principalmente, ao mercado criado, em todo país, para feijões desse tipo. Entretanto, as cultivares recomendadas aos agricultores não têm associado, concomitantemente, boa arquitetura de planta, alta produtividade e grãos com aceitação comercial.

Adams (1973) estabeleceu um modelo de planta ideal que, posteriormente, foi “aperfeiçoado” (Kelly, 2001). A planta ideal deveria ter:

- i) eixo central: haste principal com um mínimo de ramos eretos, robusto, de diâmetro grande, numerosos nós e internódios superiores de comprimento médio;
- ii) ráculos: axilares, a cada nó, muitas flores, pedúnculo curto, comprimento total não muito grande;
- iii) folhas: numerosas, pequenas, de orientação vertical, numerosas e pequenas células do mesófilo e alto índice estomatal;
- iv) vagens: longas e com muitas sementes, maturação uniforme;
- v) sementes: tão grandes quanto possível, dentro do padrão comercial;
- vi) hábito de crescimento: determinado, ereto e estreito;
- vii) taxa de crescimento: rápida acumulação da área foliar ótima;
- viii) duração do crescimento: rápido estabelecimento das estruturas nutricionais e longo período do florescimento à maturação.

Teixeira et al. (1999) visando obter maiores informações sobre o controle genético de caracteres relacionados ao porte das plantas, avaliou além da nota de porte, os caracteres grau de ramificação, comprimento de entrenós, diâmetro de entrenós e altura de inserção da primeira vagem. Constatou que entre os caracteres morfológicos associados ao porte do feijoeiro o comprimento dos entrenós foi o que mostrou maior variação, havendo predominância do efeito aditivo no controle do caráter. Verificou também que a avaliação do porte por meio de notas utilizando plantas individuais revelou ser de baixa eficiência.

Menezes Júnior (2008) avaliando o progresso genético após três ciclos de seleção recorrente para as características arquitetura da planta, tipo e produtividade de grãos, verificou que o progresso genético obtido foi de 3,1% e que a variabilidade genética presente na população evidencia a possibilidade de se continuar a seleção com ênfase na identificação de linhagens com porte ereto, alta produtividade e grãos dentro do padrão comercial.

Collicchio et al. (1997), avaliando gerações F_2 , F_3 , F_4 e F_5 para verificar se existe associação entre o porte do feijoeiro e o tamanho de suas sementes, constataram que não houve associação entre estas características, evidenciando ser possível selecionar plantas eretas com qualquer tamanho de grãos. Verificaram também que a correlação entre a nota do porte da planta e a produção de grãos foi inexpressiva e que a correlação entre o peso de 100 sementes e a produção de grãos foi elevada e positiva.

Ramalho et al. (1998), visando estabelecer a melhor estratégia para associar o porte ereto da planta e o grão tipo carioca, obtiveram populações segregantes com diferentes frequências alélicas derivadas do cruzamento de linhagens com bom tipo de grão e porte ereto. Com a obtenção de três populações segregantes para cada cruzamento, contendo 50% dos alelos (geração F_2), 25% dos alelos (retrocruzamento com a linhagem que apresenta bom tipo de grão) e 75% dos alelos (retrocruzamento com a linhagem de porte ereto), concluíram que a melhor estratégia é retrocruzar a geração F_1 com a cultivar que apresenta melhor tipo de grão. Contudo, mesmo nessa condição constatou que a frequência de plantas com os fenótipos desejáveis foi muito baixa.

Para avaliar se progênies de feijoeiro de porte ereto e prostrado de um mesmo grupo gênico apresentam o mesmo potencial produtivo, Silva et al. (2009) inter cruzaram progênies de porte ereto e prostrado e verificaram que a correlação entre melhor porte e produtividade de grãos foi pequena e negativa, sendo possível selecionar

progênies de feijoeiro, simultaneamente, para obtenção de maior produtividade e de melhor arquitetura.

Para melhor compreensão das relações entre os caracteres de interesse em um programa de melhoramento utiliza-se a análise de trilha, que permite fazer o estudo dos efeitos diretos e indiretos de um conjunto de variáveis sobre uma variável principal, cujas estimativas, segundo Cruz et al. (2004), são obtidas por meio de equações de regressão, em que as variáveis são previamente padronizadas. Esta análise também possibilita verificar se as variáveis incluídas no modelo são as principais responsáveis em explicar as variações no caráter principal e, ainda, permite a avaliação do potencial das variáveis explicativas como indicadoras efetivas da variável principal.

Para alguns caracteres relacionados à arquitetura das plantas, como número de entrenós, ângulo de inserção dos ramos e vários outros, são tomadas medidas em alguns indivíduos. Nesse sentido, o número mínimo de medidas se torna de fundamental importância, visando à prática seletiva nos programas de melhoramento, uma vez que potencializa os recursos humanos e financeiros. De acordo com Cruz et al. (2004) é o coeficiente de repetibilidade que permite determinar este número mínimo de medidas para acessar o valor genotípico de um indivíduo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Trinta e seis (36) linhagens de feijão (Tabela 1) foram avaliadas quanto a caracteres relacionados à arquitetura de plantas e caracteres agronômicos em duas safras, inverno de 2007 e de 2009.

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 casualizados, sendo o experimento conduzido na safra de inverno/2007 com três repetições, parcelas de três linhas de 3 metros e espaçamento de 0,5 m entre linhas. Da mesma forma se procedeu com o experimento da safra de inverno/2009 exceto o uso de parcelas com quatro linhas. Utilizou-se 16 covas por linha e 3 sementes por cova, havendo posterior desbaste deixando duas plantas por cova. Os tratos culturais adotados foram os recomendados para a cultura do feijoeiro na região.

As características avaliadas foram: dias até o florescimento (DF), dias até a colheita (DC), nota de arquitetura de plantas no florescimento (NAF) e na colheita (NAC), altura média de plantas da parcela no florescimento (AF) e na colheita (AC), produtividade de grãos (PROD), altura de inserção da primeira vagem medida no campo (A1V) e após a colheita (AIPV), ângulo de inserção dos ramos (AR), número de vagens na haste principal (NVHP), número de vagens nos ramos (VR), diâmetro do epicótilo (DE), diâmetro do hipocótilo (DH), número de ramos totais (NRT), número de ramos abortados (NRA), número de entrenós na haste principal (NEHP), número de entrenós

Tabela 1 – Nome de registro, descrição quanto ao tipo de grãos e procedência de 36 genótipos do Banco Ativo de Germoplasma de Feijão da Universidade Federal de Viçosa (BAGF –UFV)

Genótipos	Grupo comercial	Procedência
IPA 6	Mulatinho	IPA
BRS Horizonte	Carioca	Embrapa
BRSMG MadrePérola	Carioca	Convênio (UFV/UFLA/Embrapa/Epamig)
VC 6	Carioca	Convênio (UFV/UFLA/Embrapa/Epamig)
Carioca 1030	Carioca	IAC
BRS Perola	Carioca	Embrapa
BRSMG Talismã	Carioca	Convênio (UFV/UFLA/Embrapa/Epamig)
BRSMG Majestoso	Carioca	Convênio (UFV/UFLA/Embrapa/Epamig)
Ouro Negro	Preto	UFV/EPAMIG
Meia Noite	Preto	Epamig
BRS Supremo	Preto	Embrapa
BRS Valente	Preto	Embrapa
Ouro Vermelho	Vermelho	Convênio (UFV/UFLA/Embrapa/Epamig)
Vermelhinho	Vermelho	Produtor, Viçosa-MG
PF 902975	Carioca	ESAL/Embrapa
CNFC8006	Carioca	Embrapa
CNFC9466	Carioca	Embrapa
CNFC9455	Carioca	Embrapa
CNFC9454	Carioca	Embrapa
CNFC9458	Carioca	Embrapa
A 805	Carioca	CIAT
UTF0019	Carioca	CEFET, Pato Branco
LP 98-76	Carioca	IAPAR
LM 93204351	Carioca	Embrapa
1840 4 HA	Preto	Estação Experimental Patos
Cornell 49-242	Preto	Austrália
LM 21135	Preto	Embrapa
Fe 732015	Preto	Embrapa
HA 911104	Preto	Embrapa
ICA Pijão	Preto	CIAT, Colômbia
IAPAR 44	Preto	IAPAR
Porrillo 70	Preto	CIAT, Colômbia
TB 94-01	Preto	Embrapa
Rico 1735	Preto	UFV/Epamig
A 170	Mulatinho	CIAT, Colômbia
A 525	Mulatinho	CIAT, Colômbia

nos ramos com vagem (NERV), comprimento dos quatro primeiros entrenós da haste principal (CE1, CE2, CE3, CE4), comprimento total de entrenós (CET), número de grãos por vagem (NGV) e peso de 100 grãos (P100).

O número de dias até o florescimento compreenderam o período da emergência até o florescimento de 50% das plantas da parcela. Os dias até a colheita referiram-se aos dias a partir da emergência até a colheita.

Em relação à arquitetura, as plantas foram avaliadas na maturação fisiológica e próximo à colheita, considerando-se as linhas centrais da parcela, utilizando-se uma escala de notas de 1 a 5 (Collicchio, 1997), 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.

A altura média de plantas da parcela foi medida, em centímetros, do nível do solo até a inserção da última folha, considerando-se três pontos representativos na parcela, tanto no florescimento quanto na época da colheita.

Foram colhidas as duas fileiras laterais para se obter a produtividade de grãos na safra de 2007. Na safra de 2009, uma das fileiras centrais foi utilizada para se avaliar a produtividade de grãos, enquanto a outra foi utilizada para se medir outras características após a colheita. Para avaliação da altura de inserção da primeira vagem no campo tomou-se como referência o nível do solo até o ponto de inserção da primeira vagem no rácimo, sem que fosse erguida a planta. Já a medida da altura de inserção da primeira vagem após a colheita diferiu em relação à medida realizada no campo por ter sido mantida a planta de forma ereta. O ângulo de inserção dos ramos foi medido com o auxílio de uma régua semicircular entre 0° e 180° (transferidor), sendo considerados os três ramos seguintes aos ramos com folhas primárias.

O número médio de vagens na haste principal, o número médio de vagens nos ramos e o número médio de ramos abortados foi obtido de nove plantas representativas da parcela. O diâmetro do epicótilo e do hipocótilo, em milímetros, foram medidos por meio de um paquímetro digital. O diâmetro do epicótilo foi tomado a 1 cm acima do nó cotiledonar e o diâmetro do hipocótilo a 1 cm abaixo deste mesmo nó. Para contagem do número de entrenós na haste principal e número de entrenós nos ramos, foram considerados apenas os entrenós pertencentes a ramos/rácimos com vagens. O comprimento dos quatro primeiros entrenós na haste principal foi medido em centímetros, iniciando-se a contagem no nó cotiledonar. O número de grãos por vagem foi obtido de 9 plantas representativas de cada parcela.

Os dados de cada uma das variáveis avaliadas e em cada safra foram submetidos à análise de variância, conforme modelo de blocos casualizados. Posteriormente, foi realizada a análise de variância conjunta para safras (anos). Para todas as análises os efeitos foram considerados como fixos, exceto o erro. Em seguida as médias foram comparadas pelo teste de agrupamento de Scott e Knott ao nível de 5% de significância.

Foram obtidas as estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica, genotípica e ambiental, entre os pares de caracteres, conforme descrito em Cruz et al. (2004). Para testar a significância destes coeficientes de correlação foi utilizado o teste t para as correlações fenotípicas e o procedimento de bootstrap para as genotípicas e ambientais. Neste último procedimento utilizou-se 500 simulações. As estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica, genotípica e ambiental foram consideradas baixas, quando apresentaram valores inferiores a 0,4; médias entre 0,4 e 0,7; e altas com valores superiores a 0,7 (Matos Filho, 2006).

Os coeficientes de correlação genotípica foram desdobrados em componentes de efeito direto e indireto, utilizando-se a análise de trilha, também descrita em Cruz et al. (2004). Para a análise de trilha, os dados relativos a cada caráter em estudo foram padronizados. Para a safra de 2007, a nota de arquitetura de plantas foi considerada como variável principal ou básica e as variáveis produtividade de grãos, ângulo de inserção dos ramos, número de vagens na haste principal, número de grãos/vagem, número de vagens nos ramos, diâmetro do hipocótilo, número de ramos totais e comprimento do primeiro entrenó, foram consideradas variáveis explicativas primárias. Como variáveis explicativas secundárias foram consideradas os dias até o florescimento, altura de inserção da primeira vagem, altura média de plantas na colheita e número de entrenós nos ramos com vagem. A definição deste diagrama de trilha (Diagrama 1), representado na Figura 1, se procedeu de forma que o conjunto de variáveis explicativas primárias e secundárias não apresentasse colinearidade em níveis prejudiciais às estimativas dos coeficientes de regressão na análise de trilha. O diagnóstico de multicolinearidade foi realizado conforme descrito em Cruz e Carneiro (2006). O diagrama de trilha acima definido não incluía as informações a respeito do desdobramento dos coeficientes de correlação genotípica das variáveis dias até a colheita e número de entrenós na haste principal com a variável básica nota de arquitetura de plantas. Assim, um segundo diagrama de trilha (Diagrama 2), representado na Figura 2, foi estabelecido, considerando o mesmo conjunto de variáveis explicativas primárias e as variáveis dias até a colheita e número de entrenós na haste principal como variáveis explicativas secundárias.

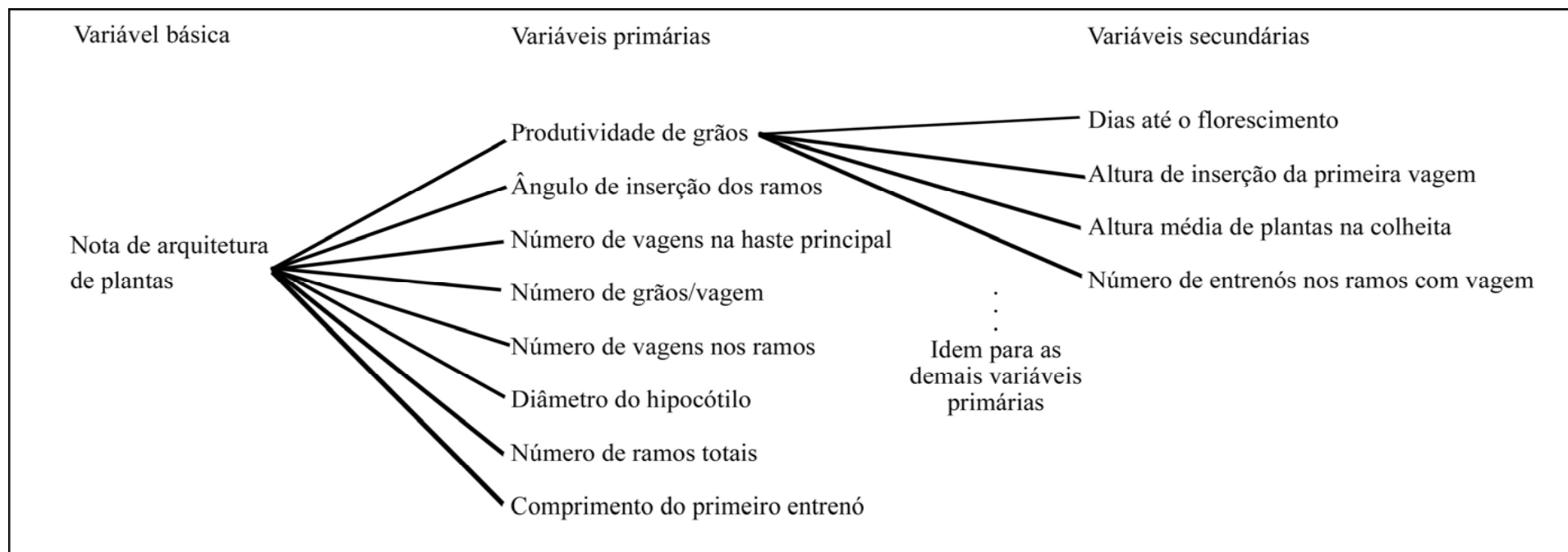


Figura 1 - Diagrama causal ilustrativo dos efeitos diretos e indiretos das variáveis primárias (produtividade de grãos, ângulo de inserção dos ramos, número de vagens na haste principal, número de grãos/vagem, número de vagens nos ramos, diâmetro do hipocótilo, número de ramos totais e comprimento do primeiro entrenó) e das variáveis secundárias (dias até o florescimento, altura de inserção da primeira vagem medida no campo, altura média de plantas na colheita e número de entrenós nos ramos com vagem) sobre a variável básica (nota de arquitetura de plantas). Inverno/2007, Coimbra – MG

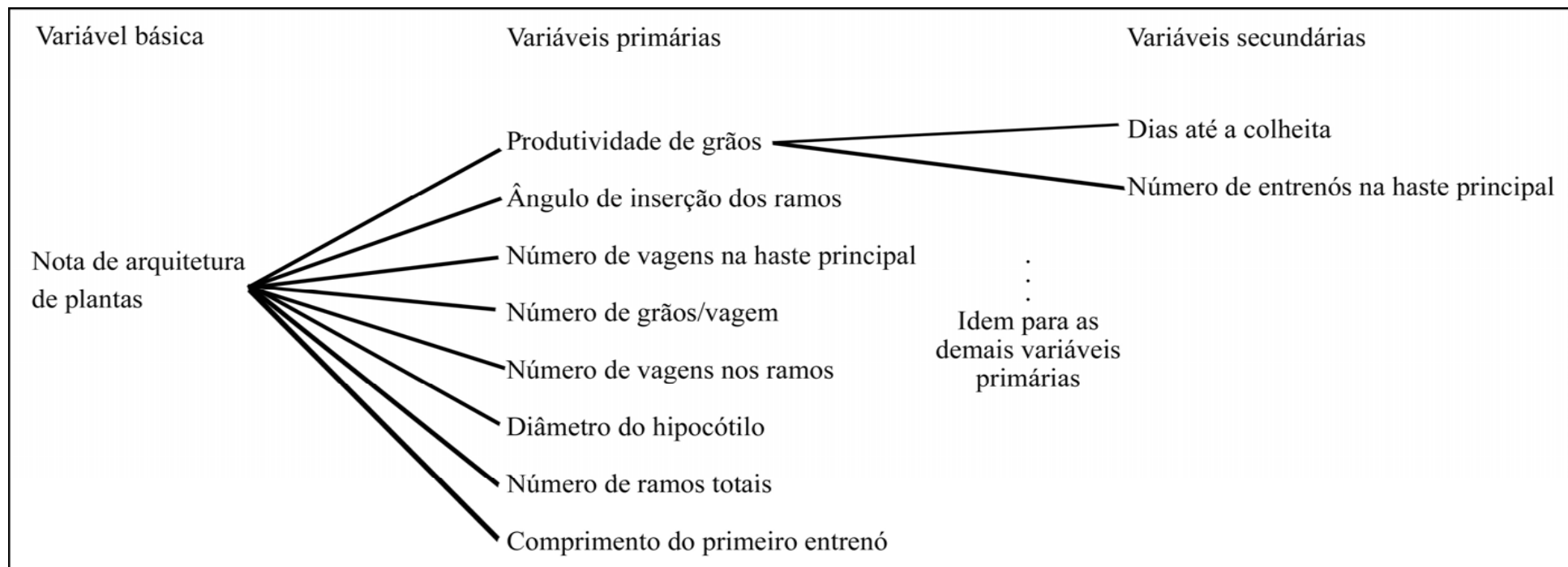


Figura 2 - Diagrama causal ilustrativo dos efeitos diretos e indiretos das variáveis primárias (produtividade de grãos, ângulo de inserção dos ramos, número de vagens na haste principal, número de grãos/vagem, número de vagens nos ramos, diâmetro do hipocótilo, número de ramos totais e comprimento do primeiro entrenó) e das variáveis secundárias (dias até a colheita, número de entrenós na haste principal) sobre a variável básica (nota de arquitetura de plantas). Inverno/2007, Coimbra – MG

Para a safra de 2009, seguindo o critério de definição dos diagramas de trilha adotados na safra de inverno de 2007, obteve-se o mesmo conjunto de variáveis explicativas primárias, com exceção da variável número de grãos/vagem que foi substituída pelo peso de 100 grãos. Para o conjunto de variáveis explicativas secundárias foram consideradas a altura na colheita, o número de grãos/vagem, o número de entrenós na haste principal e o número de entrenós nos ramos com vagem. Com este diagrama de trilha (Diagrama 3), representado na Figura 3, faltavam apenas as informações a respeito do desdobramento dos coeficientes de correlação genotípica das variáveis dias até o florescimento e altura de inserção da primeira vagem com a variável básica nota de arquitetura de plantas. Assim, para a safra de 2009, foi também estabelecido um segundo diagrama de trilha (Diagrama 4), representado na Figura 4, considerando o mesmo conjunto de variáveis explicativas primárias e as variáveis dias até o florescimento e altura de inserção da primeira vagem como variáveis explicativas secundárias.

Após a identificação do caráter diâmetro do hipocótilo como principal indicador de plantas eretas do feijoeiro foi realizada análise de repetibilidade, considerando dados de 3 plantas de cada parcela na safra de 2007 e de 7 plantas na safra de 2009. As estimativas do número mínimo de medidas para acessar o valor genotípico das linhagens quanto ao diâmetro do hipocótilo foram realizadas pelos métodos, análise de variância (Modelo: $Y_{ij} = \mu + G_i + E_{ij}$), método dos componentes principais (com base na matriz de correlação) e pelo método da análise estrutural. Como os experimentos de campo foram conduzidos em blocos casualizados com três repetições, as análises de repetibilidade foram realizadas para cada repetição e para os dados do total das repetições, no caso 9 plantas para a safra de 2007 e 21 para a de 2009.

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

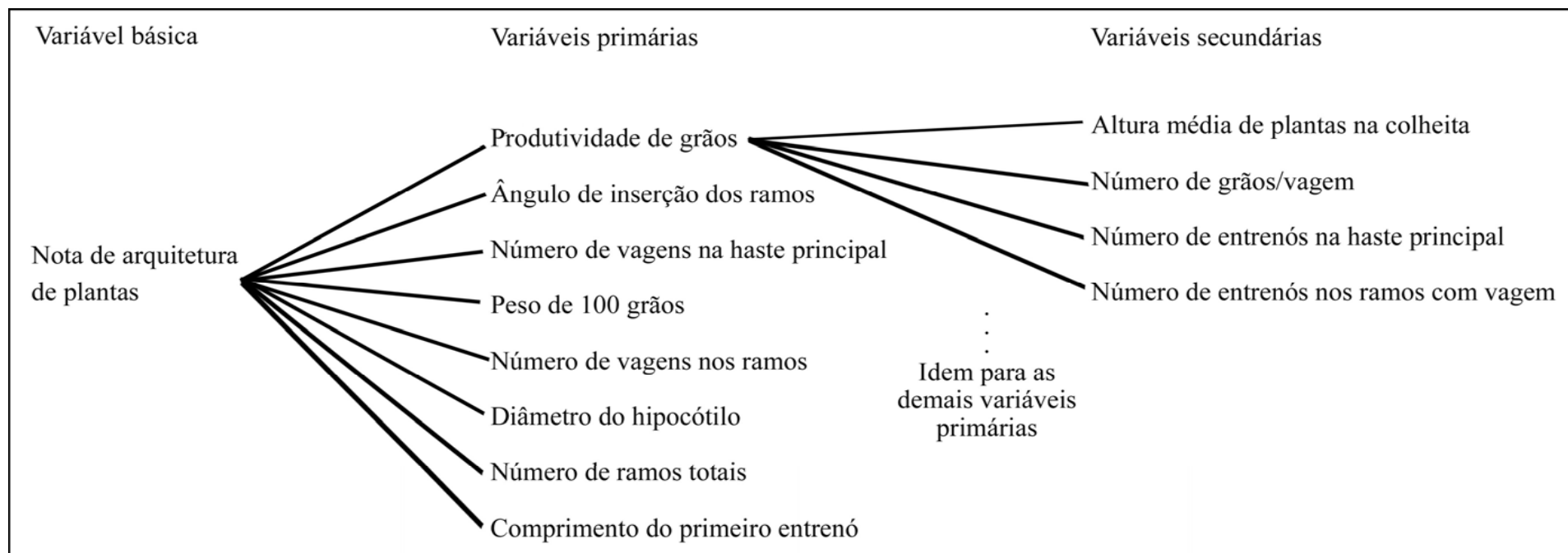


Figura 3 - Diagrama causal ilustrativo dos efeitos diretos e indiretos das variáveis primárias (produtividade de grãos, ângulo de inserção dos ramos, número de vagens na haste principal, peso de 100 grãos, número de vagens nos ramos, diâmetro do hipocótilo, número de ramos totais e comprimento do primeiro entrenó) e das variáveis secundárias (altura média de plantas na colheita, número de grãos/vagem, número de entrenós na haste principal e número de entrenós nos ramos com vagem) sobre a variável básica (nota de arquitetura de plantas). Inverno/2009, Coimbra – MG

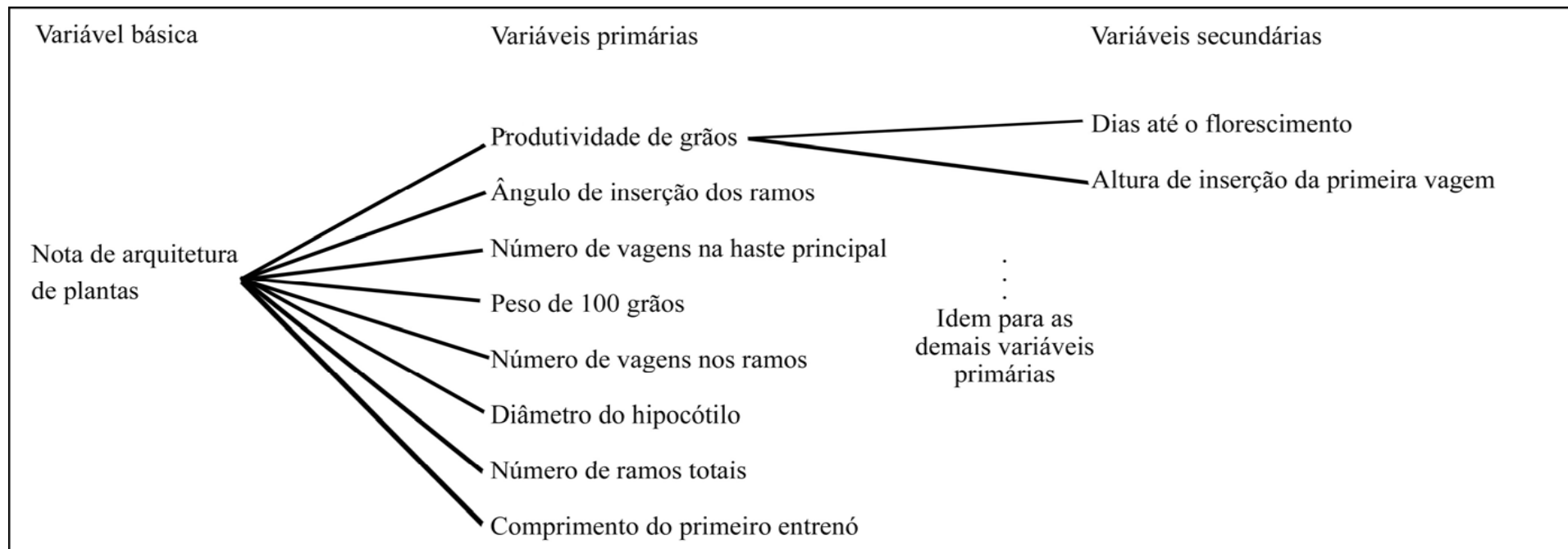


Figura 4 - Diagrama causal ilustrativo dos efeitos diretos e indiretos das variáveis primárias (produtividade de grãos, ângulo de inserção dos ramos, número de vagens na haste principal, peso de 100 grãos, número de vagens nos ramos, diâmetro do hipocótilo, número de ramos totais e comprimento do primeiro entrenó) e das variáveis secundárias (dias até o florescimento e altura de inserção da primeira vagem medida no campo) sobre a variável básica (nota de arquitetura de plantas). Inverno/2009, Coimbra – MG

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análises individuais de variância

Os resumos das análises de variância individuais referentes aos caracteres avaliados em 36 linhagens de feijão nas safras de inverno de 2007 e de 2009 são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 2 e 3. Os coeficientes de variação experimental (CV's) situaram-se abaixo de 20% para a maioria dos caracteres avaliados nos dois experimentos, indicando boa precisão experimental (Pimentel-Gomes, 1985). Os CV's obtidos também estão de acordo com valores relatados para experimentos desta natureza no feijoeiro (Marques Júnior et al., 1997).

Os caracteres com menores coeficientes de variação, na safra de 2007, foram dias até o florescimento (1,95%), dias até a colheita (2,06%), altura média de plantas no florescimento (8,66%), diâmetro do hipocótilo (7,25%), número de entrenós na haste principal (5,91%) e comprimento do primeiro (8,57%) e do segundo entrenó (8,5%). Para a safra de 2009, observou-se os menores coeficientes de variação para dias até o florescimento (1,42%), altura média de plantas no florescimento (6,44%), peso de 100 grãos (5,91%), diâmetro do hipocótilo (6,19%), diâmetro do epicótilo (6,9%), número de entrenós na haste principal (6,39%) e comprimento do primeiro entrenó (6,91%). Estes foram os caracteres segundo classificação de Pimentel-Gomes (1985) com CV's considerados de baixa magnitude, ou seja, caracteres avaliados com alta precisão experimental.

Foram observados efeitos significativos ($P < 0,05$) para tratamentos nos dois experimentos (Tabelas 2 e 3), indicando a existência de variabilidade genética entre os genótipos para todos os 24 caracteres avaliados. Os coeficientes de determinação genotípicos foram, de modo geral, para ambos os experimentos, de média a alta

Tabela 2 - Resumo das análises de variância das 24 características avaliadas em 36 linhagens de feijão. Inverno/2007, Coimbra – MG

FV	GL	QUADRADO MÉDIO											
		DF	NAF	NAC	DC	PROD	AF	AC	A1V	AR	NVHP	NGV	VR
GENÓTIPOS	35	7,11**	5,45**	8,76**	26,43**	495818,70**	21,08*	164,89**	8,03**	69,74**	6,27**	0,61**	7,22**
CV		1,95	13,11	16,66	2,06	15,86	8,66	10,55	11,57	11,28	20,3	10,85	24,08
h ² (%)		89,49	92,55	93,15	87,91	67,47	40,31	88,71	58,31	86,23	72,53	54,82	62,85
MÉDIA		44,38	4,86	4,65	86,66	2532,37	40,94	40,88	15,81	27,47	6,46	4,85	6,8
FV	GL	DH	DE	NRT	NRA	AIPV	NEHP	NERV	CE1	CE2	CE3	CE4	CET
GENÓTIPOS	35	0,01**	0,01**	0,81**	0,47*	7,91**	1,10**	2,73**	0,52**	0,31**	0,21**	0,32**	59,87**
CV (%)		7,25	10,64	12,56	31,89	13,2	5,91	21,9	8,57	8,5	11,99	13,97	15,66
h ² (%)		85,01	61,41	68,18	45,53	58,34	79,32	59,26	86,76	92,36	80,88	68,49	62,73
MÉDIA		0,49	0,46	4,03	1,59	13,75	8,08	4,82	3,06	1,8	1,67	2,27	30,16

**,* significativo a 1 e 5 %, pelo teste F, respectivamente.

h²- Coeficiente de determinação genotípico.

Variáveis: Dias até o florescimento (DF), nota de arquitetura no florescimento (NAF), nota de arquitetura na colheita (NAC), dias até a colheita (DC), produtividade de grãos (PROD), altura média de plantas no florescimento (AF), altura média de plantas na colheita (AC), altura de inserção da primeira vagem no campo (A1V), ângulo dos ramos (AR), número de vagens na haste principal (NVHP), número de grãos/vagem (NGV), número de vagens nos ramos (VR), diâmetro do hipocótilo (DH), diâmetro do epicótilo (DE), número de ramos totais (NRT), número de ramos abortados (NRA), altura de inserção da primeira vagem no laboratório (AIPV), número de entrenós na haste principal (NEHP), número de entrenós nos ramos com vagem (NERV), comprimento do primeiro entrenó (CE1), comprimento do segundo entrenó (CE2), comprimento do terceiro entrenó (CE3), comprimento do quarto entrenó (CE4) e comprimento total de entrenós (CET).

Tabela 3 - Resumo das análises de variância das 24 características avaliadas em 36 linhagens de feijão. Inverno/2009, Coimbra – MG

FV	GL	QUADRADO MÉDIO											
		DF	NAF	NAC	PROD	AF	AC	A1V	AR	NVHP	NGV	P100	VR
GENÓTIPOS	35	7,54**	10,50**	9,27**	424181,15**	178,54**	249,32**	19,36**	94,73**	12,10**	0,68*	13,90**	18,39**
CV (%)		1,42	15,95	14,35	11,97	6,44	23,06	16,26	10,36	14,10	11,01	5,91	21,4
h ² (%)		94,98	96,44	94,76	71,19	95,64	80,6	78,1	85,76	92,08	46,58	85,56	82,01
MÉDIA		43,33	3,83	4,85	2919,81	43,26	30,15	12,67	35,46	6,95	5,46	23,98	8,5
FV	GL	DH	DE	NRT	NRA	AIPV	NEHP	NERV	CE1	CE2	CE3	CE4	CET
GENÓTIPOS	35	0,01**	0,02**	1,71**	0,87**	19,38**	2,65**	10,39**	0,45**	0,36**	0,59**	0,72**	66,78**
CV (%)		6,19	6,9	12,71	23,6	13,7	6,39	20,58	6,91	10,42	21,77	20,13	12,22
h ² (%)		91,03	89,82	79,08	70,18	77,77	88,18	81,29	91,83	90,65	76,89	70,26	68,38
MÉDIA		0,58	0,6	4,71	2,15	15,15	8,76	6,78	2,76	1,76	1,7	2,3	37,61

** - significativo a 1 e 5 %, pelo teste F, respectivamente.

h² - Coeficiente de determinação genotípico.

Variáveis: Dias até o florescimento (DF), nota de arquitetura no florescimento (NAF), nota de arquitetura na colheita (NAC), peso de 100grãos (P100), produtividade de grãos (PROD), altura média de plantas no florescimento (AF), altura média de plantas na colheita (AC), altura de inserção da primeira vagem no campo (A1V), ângulo de inserção dos ramos (AR), número de vagens na haste principal (NVHP), número de grãos/vagem (NGV), número de vagens nos ramos (VR), diâmetro do hipocótilo (DH), diâmetro do epicótilo (DE), número de ramos totais (NRT), número de ramos abortados (NRA), altura de inserção da primeira vagem no laboratório (AIPV), número de entrenós na haste principal (NEHP), número de entrenós nos ramos com vagem (NERV), comprimento do primeiro entrenó (CE1), comprimento do segundo entrenó (CE2), comprimento do terceiro entrenó (CE3), comprimento do quarto entrenó (CE4) e comprimento total de entrenós (CET).

magnitude, variando de 45,53 a 96,44%. A maior importância deste coeficiente no estudo genético de caracteres quantitativos é o seu papel preditivo, expressando a confiabilidade do "valor fenotípico" como preditor do "valor genético". De modo geral, os caracteres relacionados ao rendimento de grãos apresentaram estimativas do coeficiente de determinação genotípico menores que os relacionados à arquitetura de planta.

Estes resultados sinalizam o potencial de algumas destas linhagens como genitores em programas de melhoramento visando melhoria da arquitetura de plantas. Ressalta-se, ainda, que a característica nota de arquitetura de plantas apresentou elevada estimativa do coeficiente de determinação genotípica nos dois experimentos.

4.2. Análise de variância conjunta

Os resumos das análises conjuntas para os 23 caracteres referentes aos 36 genótipos, avaliados tanto em 2007 quanto em 2009, são apresentados na Tabela 4.

Observou-se para todos os caracteres significância ($P < 0,01$) para a fonte de variação tratamentos. Já para a fonte de variação ambientes, anos no caso, foi significativa ($P < 0,05$) para os caracteres porte no florescimento, produtividade de grãos, altura média de plantas na colheita, altura de inserção da primeira vagem (no campo), ângulo de inserção dos ramos, número de grãos/vagem, diâmetro do hipocótilo, diâmetro do epicótilo, número de ramos totais, número de entrenós nos ramos com vagem e comprimento total de entrenós.

Para todas as características avaliadas, à exceção do número de grãos/vagem, observou-se para a interação genótipos x ambientes efeito significativo. As causas desta interação têm sido atribuídas a fatores fisiológicos e bioquímicos próprios de cada genótipo. Como os genótipos se desenvolvem em sistemas dinâmicos, em que ocorrem constantes mudanças, há geralmente comportamento diferenciado destes em termos de resposta às variações ambientais. Embora para a maioria dos caracteres tenha sido observado efeito significativo da interação genótipos x ambientes as estimativas do coeficiente de determinação genotípico, com base nas médias das safras, foram de alta magnitude para todas as características, variando de 66,84, para número de ramos abortados, a 97,36%, para nota de arquitetura no florescimento. Embora a presença de interação genótipos x ambientes tenda a diminuir, ou consumir a variabilidade genética estimada com base na análise conjunta (Cruz et al., 2004), estes resultados ratificam

Tabela 4 - Resumo das análises de variância conjuntas de 23 características avaliadas em 36 linhagens de feijão nos invernos de 2007 e de 2009. Coimbra – MG

FV	GL	DF	QUADRADO MÉDIO										
			NAF	NAC	PROD	AF	AC	A1V	AR	NVHP	NGV	VR	DH
GENÓTIPOS (G)	35	11,85**	14,79**	17,32**	600428,94**	92,09**	333,08**	16,13**	145,49**	14,47**	1,02**	16,89**	0,02**
AMBIENTES (A)	1	59,12*	57,04*	2,24 ^{NS}	8105694,23*	290,28 ^{NS}	6222,65**	534,96**	3448,46**	12,58**	19,75*	155,86*	0,41**
G X A	35	2,80**	1,17**	0,71 ^{NS}	319570,91**	107,53**	81,13**	11,26**	18,98*	3,91**	0,28 ^{NS}	8,72**	0,00**
CV		1,71	14,37	15,5	13,81	7,58	16,29	13,68	10,8	17,27	10,96	22,63	6,68
h ² (%)		95,24	97,36	96,86	76,39	88,95	89,94	76,49	92,06	90,73	68,54	82,27	93,47
MÉDIA		43,86	4,35	4,75	2726,09	42,1	35,52	14,24	31,46	6,71	5,16	7,65	0,54
FV	GL	DE	NRT	NRA	AIPV	NEHP	NERV	CE1	CE2	CE3	CE4	CET	
GENÓTIPOS (G)	35	0,02**	1,67**	0,78**	19,89**	2,81**	7,88**	0,85**	0,61**	0,59**	0,76**	74,07**	
AMBIENTES (A)	1	1,01**	24,74**	17,02**	106,09 ^{NS}	25,06**	206,72**	4,87**	0,06 ^{NS}	0,04 ^{NS}	0,03 ^{NS}	2995,90**	
G X A	35	0,01**	0,85**	0,56**	7,41**	0,95**	5,24**	0,12**	0,05**	0,21**	0,28**	52,58**	
CV		8,56	12,68	27,13	13,49	6,18	21,33	7,88	9,49	17,65	17,36	13,75	
h ² (%)		88,47	81,62	66,84	80,88	90,35	80,6	93,8	95,33	84,97	79,18	70,68	
MÉDIA		0,53	4,37	1,87	14,45	8,42	5,8	2,91	1,78	1,69	2,28	33,88	

*** significativo a 1 e 5 %, pelo teste F, respectivamente.

^{NS} não significativo pelo teste F.

h² - Coeficiente de determinação genotípico.

Variáveis: Dias até o florescimento (DF), nota de arquitetura no florescimento (NAF), nota de arquitetura na colheita (NAC), produtividade de grãos (PROD), altura média de plantas no florescimento (AF), altura média de plantas na colheita (AC), altura de inserção da primeira vagem no campo (A1V), ângulo de inserção dos ramos (AR), número de vagens na haste principal (NVHP), número de grãos/vagem (NGV), número de vagens nos ramos (VR), diâmetro do hipocótilo (DH), diâmetro do epicótilo (DE), número de ramos totais (NRT), número de ramos abortados (NRA), altura de inserção da primeira vagem no laboratório (AIPV), número de entrenós na haste principal (NEHP), número de entrenós nos ramos com vagem (NERV), comprimento do primeiro entrenó (CE1), comprimento do segundo entrenó (CE2), comprimento do terceiro entrenó (CE3), comprimento do quarto entrenó (CE4) e comprimento total de entrenós (CET).

aqueles observados nas análises individuais para o potencial de algumas destas linhagens como genitores em programas de melhoramento para arquitetura de plantas.

As linhagens A525, Meia Noite, VC6 e LP98-76 se destacaram considerando os caracteres relacionados à arquitetura ereta de plantas, tais como nota de arquitetura de plantas, altura de inserção da primeira vagem, diâmetro do hipocótilo e altura média de plantas dentre outros. Cabe ressaltar que pelo teste de Scott e Knott ao nível de 5% de significância (Tabela 5), A525 e Meia Noite pertencem ao grupo de genótipos com menores médias para nota de arquitetura na colheita. As linhagens VC6 e LP98-76 ao grupo com as segundas menores médias para nota de arquitetura de plantas. Exceto VC6, as linhagens A525, Meia Noite e LP98-76 apresentaram as maiores médias para diâmetro do hipocótilo. Em relação aos caracteres altura média de plantas na colheita, ângulo de inserção dos ramos e número de grãos/vagem as quatro linhagens foram classificadas no mesmo grupo. Para os caracteres altura de inserção da primeira vagem e número de vagens nos ramos as linhagens Meia Noite e LP98-76 estão no grupo com maiores médias e A525 e VC6 no segundo grupo. Já para produtividade de grãos, as linhagens IPA 6, BRSMG Madre Pérola e Porrilo 70 foram as que apresentaram maior destaque. Observa-se ainda que as linhagens Meia Noite, VC6 e LP98-76 também foram classificadas no grupo das linhagens com maiores médias de produtividade.

4.3. Correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente

As estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica, genotípica e ambiental entre 24 características avaliadas em 36 linhagens de feijão, na safra de inverno/2007 e de 2009, são apresentadas nas Tabelas 6 e 7, respectivamente. As estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica e genotípica (entre parênteses) são, nesta ordem, apresentadas acima da diagonal das referidas tabelas, enquanto as estimativas dos coeficientes de correlação ambiental abaixo da diagonal.

Em sua grande maioria, as estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica e genotípica apresentaram o mesmo sinal. O mesmo não ocorreu para alguns pares de caracteres considerando as estimativas do coeficiente de correlação ambiental e genotípico, o que, segundo CRUZ et al. (2004), indica a existência de mecanismos fisiológicos distintos atuando na determinação dos caracteres envolvidos. Como exemplo destaca-se o par de caracteres nota de arquitetura e dias até o florescimento. Este resultado indica dificuldade em melhorar simultaneamente para precocidade e arquitetura ereta de plantas.

Tabela 5 - Testes de média pelo agrupamento de Scott e Knott para 23 características avaliadas em 36 linhagens de feijão com relação às médias obtidas da análise conjunta. Inverno 2007/2009, Coimbra – MG

Genótipo	Variáveis																							
	DF	NAF		NAC		PROD		AF		AC		AIV		AR		NVHP		NGV		VR		DH		
	Média*	Média		Média		Média		Média		Média		Média		Média		Média		Média		Média		Média		
IPA 6	44,00	b	6,50	b	6,83	b	3302,70	a	41,06	c	27,68	b	11,68	b	33,89	b	5,07	b	5,98	a	9,47	a	0,46	d
BRS Horizonte	44,50	b	4,00	c	4,50	c	2296,63	b	41,53	b	42,32	a	17,60	a	29,52	c	5,17	b	5,26	a	5,44	b	0,53	b
BRSMG MadrePérola	42,67	c	7,00	a	7,50	a	3213,32	a	38,97	c	20,23	b	10,39	b	36,03	b	5,90	b	5,59	a	8,04	a	0,44	d
VC 6	45,00	b	4,50	c	5,17	c	3044,92	a	40,47	c	34,94	a	11,94	b	29,20	c	8,67	a	5,06	b	7,11	b	0,56	b
Carioca 1030	44,00	b	7,50	a	8,00	a	2702,11	a	34,80	d	23,67	b	13,17	b	47,11	a	5,26	b	5,04	b	10,20	a	0,42	d
BRS Perola	44,33	b	6,17	b	6,33	b	2520,08	b	42,89	b	27,92	b	14,15	a	38,36	b	4,78	b	4,82	b	9,33	a	0,50	c
BRSMG Talismã	41,67	c	5,83	b	6,67	b	2863,43	a	36,84	d	25,10	b	12,08	b	34,73	b	7,28	a	4,79	b	6,57	b	0,43	d
BRSMG Majestoso	42,33	c	5,67	b	5,67	b	2882,51	a	38,59	c	30,06	b	13,42	b	35,42	b	5,43	b	4,72	b	9,46	a	0,51	c
Ouro Negro	41,67	c	7,50	a	7,67	a	3052,55	a	36,49	d	25,96	b	12,24	b	36,15	b	4,80	b	5,04	b	10,28	a	0,44	d
Meia Noite	44,67	b	2,50	d	2,33	d	2819,29	a	42,99	b	46,54	a	16,54	a	27,99	c	5,46	b	4,72	b	8,43	a	0,60	a
BRS Supremo	43,83	b	2,67	d	2,67	d	2473,21	b	45,24	b	43,84	a	14,40	a	26,89	c	6,07	b	5,13	b	7,55	b	0,59	a
BRS Valente	43,17	b	2,83	d	3,67	d	3058,54	a	43,47	b	41,74	a	15,28	a	27,06	c	7,57	a	4,51	b	8,61	a	0,53	b
Ouro Vermelho	42,00	c	7,33	a	7,67	a	2671,05	a	34,61	d	23,40	b	14,65	a	35,68	b	3,33	c	4,73	b	9,05	a	0,44	d
Vermelhinho	38,83	d	7,67	a	8,33	a	2130,41	b	34,26	d	23,82	b	12,69	b	42,24	a	3,04	c	5,69	a	7,08	b	0,45	d
PF 902975	44,50	b	3,00	d	4,17	c	2747,35	a	38,77	c	36,42	a	14,51	a	31,47	c	8,02	a	5,49	a	4,27	b	0,54	b
CNFC8006	44,33	b	3,50	d	3,33	d	2941,37	a	45,48	b	42,50	a	15,52	a	28,42	c	6,52	b	5,03	b	7,07	b	0,55	b
CNFC9466	43,33	b	3,83	c	4,00	c	2823,65	a	42,61	b	38,08	a	14,21	a	33,18	b	8,43	a	4,68	b	8,85	a	0,59	a
CNFC9455	47,17	a	3,83	c	3,50	d	2678,68	a	44,78	b	30,37	b	13,69	b	31,04	c	7,17	a	4,77	b	10,11	a	0,62	a
CNFC9454	44,33	b	3,17	d	3,00	d	2634,53	a	48,41	a	38,78	a	14,04	b	28,66	c	7,19	a	5,13	b	7,25	b	0,58	a
CNFC9458	44,67	b	3,17	d	4,17	c	2644,34	a	43,38	b	36,59	a	15,42	a	32,15	c	6,80	a	4,53	b	7,75	a	0,55	b
A 805	45,00	b	3,00	d	3,50	d	2256,85	b	46,66	a	37,13	a	15,17	a	30,83	c	5,55	b	4,95	b	5,22	b	0,57	a
UTF0019	44,00	b	4,17	c	5,17	c	3066,72	a	42,91	b	38,59	a	12,01	b	29,99	c	7,66	a	5,46	a	8,79	a	0,59	a
LP 98-76	44,67	b	4,33	c	4,00	c	2810,02	a	44,39	b	41,61	a	14,51	a	31,39	c	7,07	a	5,03	b	6,67	b	0,60	a
LM 93204351	43,83	b	3,17	d	4,00	c	2956,63	a	45,69	b	37,39	a	13,64	b	27,35	c	9,65	a	4,42	b	9,42	a	0,57	a
1840 4 HA	46,00	a	4,83	c	6,83	b	2317,34	b	41,84	b	27,29	b	14,44	a	38,62	b	5,47	b	4,98	b	9,49	a	0,55	b
Cornell 49-242	44,33	b	3,33	d	4,17	c	2746,80	a	47,50	a	43,36	a	17,03	a	25,83	c	9,80	a	5,62	a	7,25	b	0,57	a
LM 21135	43,50	b	3,67	c	4,83	c	2766,42	a	39,66	c	37,37	a	14,96	a	34,92	b	7,85	a	5,46	a	7,59	b	0,50	c
Fe 732015	42,67	c	4,00	c	4,67	c	2904,85	a	39,67	c	33,39	b	14,60	a	29,66	c	7,15	a	5,37	a	7,89	a	0,50	c
HA 911104	44,33	b	4,00	c	4,67	c	2824,74	a	39,00	c	33,26	b	13,64	b	27,81	c	7,99	a	5,61	a	9,08	a	0,52	c
ICA Pijão	43,50	b	3,33	d	3,33	d	2777,32	a	41,10	c	44,91	a	15,07	a	24,64	c	7,74	a	5,66	a	6,32	b	0,59	a
IAPAR 44	44,67	b	3,17	d	3,33	d	2942,46	a	43,89	b	47,71	a	16,46	a	28,05	c	7,78	a	5,72	a	7,33	b	0,58	a
Porrillo 70	44,50	b	4,17	c	4,50	c	2423,07	b	42,60	b	39,97	a	13,18	b	26,81	c	7,52	a	5,82	a	5,06	b	0,54	b
TB 94-01	43,67	b	3,17	d	3,33	d	2942,46	a	48,90	a	40,55	a	16,61	a	28,70	c	6,42	b	5,43	a	5,50	b	0,53	b
Rico 1735	44,17	b	4,00	c	3,67	d	2877,60	a	43,71	b	40,98	a	16,43	a	28,72	c	6,37	b	5,48	a	8,07	a	0,54	b
A 170	44,00	b	3,33	d	3,50	d	2050,29	b	43,18	b	32,48	b	13,32	b	26,41	c	7,39	a	5,14	b	4,94	b	0,59	a
A 525	45,00	b	2,67	d	2,33	d	1975,08	b	49,29	a	42,58	a	14,01	b	27,72	c	8,06	a	4,79	b	4,78	b	0,63	a

Genótipo	Variáveis																					
	DE		NRT		NRA		AIPV		NEHP		NERV		CE1		CE2		CE3		CE4		CET	
	Média		Média		Média		Média		Média		Média		Média		Média		Média		Média		Média	
IPA 6	0,46	c	4,78	a	1,68	a	11,95	b	7,81	d	7,97	a	2,53	d	1,36	e	1,46	b	2,21	b	34,42	a
BRS Horizonte	0,53	b	3,61	b	1,33	a	16,13	a	7,61	d	4,39	b	2,94	c	1,64	d	1,67	b	2,13	b	28,22	a
BRSMG MadrePérola	0,43	c	4,51	a	1,90	a	13,57	b	8,40	c	6,44	a	2,93	c	1,59	d	1,62	b	1,91	b	34,15	a
VC 6	0,56	b	4,50	a	1,94	a	12,72	b	9,24	a	5,17	b	2,68	c	1,34	e	1,24	b	1,73	b	37,82	a
Carioca 1030	0,44	c	4,85	a	1,74	a	14,54	b	8,03	c	6,21	a	2,52	d	1,88	c	1,83	b	2,47	a	33,29	a
BRS Perola	0,51	b	4,28	a	1,41	a	14,79	b	8,01	c	6,76	a	2,89	c	1,91	c	1,67	b	2,55	a	37,81	a
BRSMG Talismã	0,49	c	3,85	b	1,63	a	11,92	b	8,07	c	4,85	b	3,06	c	1,68	d	1,64	b	2,21	b	32,12	a
BRSMG Majestoso	0,53	b	4,33	a	1,52	a	14,43	b	7,72	d	6,81	a	3,07	c	1,76	c	1,58	b	2,19	b	33,36	a
Ouro Negro	0,43	c	4,74	a	1,65	a	13,96	b	7,50	d	7,89	a	3,96	a	2,24	b	1,85	b	2,53	a	31,93	a
Meia Noite	0,56	b	4,70	a	2,07	a	17,63	a	8,59	c	6,54	a	2,99	c	1,97	c	2,01	b	2,73	a	41,08	a
BRS Supremo	0,56	b	4,53	a	2,36	a	14,25	b	7,92	d	6,07	a	2,83	c	1,91	c	1,90	b	2,47	a	33,88	a
BRS Valente	0,52	b	5,06	a	2,11	a	12,14	b	8,89	b	6,78	a	3,18	b	1,70	d	1,37	b	1,89	b	35,88	a
Ouro Vermelho	0,44	c	4,76	a	1,99	a	17,75	a	7,41	d	6,95	a	3,60	a	2,64	a	2,90	a	3,48	a	32,18	a
Vermelhinho	0,42	c	3,92	b	1,42	a	16,76	a	7,02	d	5,50	b	3,81	a	2,84	a	2,49	a	2,95	a	25,63	a
PF 902975	0,53	b	2,78	b	1,21	a	15,83	a	8,14	c	3,69	b	2,73	c	1,54	d	1,96	b	2,43	a	33,83	a
CNFC8006	0,56	b	4,74	a	2,41	a	13,82	b	8,48	c	5,24	b	2,71	c	1,84	c	1,69	b	2,23	b	33,17	a
CNFC9466	0,57	b	4,19	b	1,72	a	14,40	b	8,70	b	6,06	a	2,78	c	1,63	d	1,51	b	2,22	b	35,46	a
CNFC9455	0,63	a	4,93	a	1,94	a	12,74	b	8,74	b	8,63	a	2,70	c	1,39	e	1,60	b	1,90	b	26,26	a
CNFC9454	0,58	a	4,41	a	2,02	a	14,06	b	8,22	c	5,86	a	2,88	c	1,96	c	1,79	b	2,35	b	34,05	a
CNFC9458	0,51	b	5,15	a	2,25	a	14,01	b	8,81	b	6,64	a	3,25	b	1,96	c	1,78	b	2,17	b	31,38	a
A 805	0,55	b	3,80	b	1,85	a	14,03	b	8,29	c	4,56	b	2,81	c	1,59	d	1,53	b	2,21	b	30,22	a
UTF0019	0,59	a	3,92	b	1,34	a	11,67	b	8,36	c	6,65	a	2,69	c	1,49	d	1,45	b	2,51	a	34,76	a
LP 98-76	0,63	a	4,78	a	2,63	a	15,20	a	9,35	a	5,09	b	2,52	d	1,53	d	1,34	b	1,86	b	35,72	a
LM 93204351	0,54	b	4,17	b	1,33	a	12,46	b	8,91	b	6,16	a	2,54	d	1,55	d	1,46	b	1,79	b	33,46	a
1840 4 HA	0,54	b	4,94	a	1,82	a	17,39	a	9,35	a	6,70	a	2,67	c	1,78	c	1,80	b	2,42	a	40,47	a
Cornell 49-242	0,56	b	3,79	b	1,71	a	17,61	a	9,11	b	5,33	b	3,33	b	1,92	c	1,68	b	2,21	b	38,50	a
LM 21135	0,52	b	4,59	a	1,94	a	14,43	b	9,39	a	5,50	b	2,46	d	1,64	d	1,50	b	2,05	b	35,08	a
Fe 732015	0,49	c	4,76	a	2,22	a	15,25	a	8,52	c	5,35	b	2,71	c	1,65	d	1,48	b	2,04	b	29,12	a
HA 911104	0,51	b	4,60	a	1,54	a	13,08	b	8,14	c	6,10	a	2,90	c	1,84	c	1,69	b	2,26	b	31,13	a
ICA Pijão	0,55	b	4,28	a	2,07	a	14,39	b	8,43	c	4,57	b	2,82	c	1,85	c	1,87	b	2,50	a	39,31	a
IAPAR 44	0,54	b	4,69	a	2,33	a	15,99	a	9,78	a	5,44	b	3,04	c	1,78	c	1,42	b	1,96	b	37,43	a
Porrillo 70	0,53	b	4,22	b	2,31	a	15,01	a	8,06	c	4,32	b	2,83	c	1,82	c	1,58	b	2,34	b	35,34	a
TB 94-01	0,51	b	4,05	b	1,87	a	15,81	a	7,70	d	4,44	b	3,30	b	2,03	c	1,82	b	2,84	a	32,32	a
Rico 1735	0,50	b	5,11	a	2,46	a	17,03	a	7,89	d	5,44	b	3,31	b	1,91	c	1,71	b	2,47	a	34,75	a
A 170	0,57	b	3,67	b	2,02	a	12,11	b	8,35	c	4,33	b	2,79	c	1,59	d	1,53	b	2,14	b	31,68	a
A 525	0,62	a	3,46	b	1,67	a	11,48	b	10,06	a	4,27	b	2,09	e	1,29	e	1,31	b	1,88	b	34,65	a

*Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Scott e Knott ao nível de 5% de significância.

Variáveis: Dias até o florescimento (DF), nota de arquitetura no florescimento (NAF), nota de arquitetura na colheita (NAC), produtividade de grãos (PROD), altura média de plantas no florescimento (AF), altura média de plantas na colheita (AC), altura de inserção da primeira vagem no campo (AIV), ângulo de inserção dos ramos (AR), número de vagens na haste principal (NVHP), número de grãos/vagem (NGV), número de vagens nos ramos (VR), diâmetro do hipocótilo (DH), diâmetro do epicótilo (DE), número de ramos totais (NRT), número de ramos abortados (NRA), altura de inserção da primeira vagem no laboratório (AIPV), número de entrenós na haste principal (NEHP), número de entrenós nos ramos com vagem (NERV), comprimento do primeiro entrenó (CE1), comprimento do segundo entrenó (CE2), comprimento do terceiro entrenó (CE3), comprimento do quarto entrenó (CE4) e comprimento total de entrenós (CET).

Tabela 6 - Coeficientes de correlação fenotípica, genotípica e ambiental entre 24 caracteres avaliados em 36 genótipos de feijão. Inverno/2007, Coimbra – MG

Var ¹	DF	NAF	NAC	DC	PROD	AF	AC	AIV	AR	NVHP	NGV	VR	DH	DE	NRT	NRA	AIPV	NEHP	NERV	CE1	CE2	CE3	CE4	CET
DF	1	-0,46** (-0,50 ⁺)	-0,47** (-0,53 ⁺)	0,28 (0,31 ⁺)	-0,11 (-0,14)	0,06 (0,14)	0,46** (0,50 ⁺)	0,16 (0,22)	-0,29 (-0,31 ⁺)	0,45** (0,55 ⁺)	-0,05 (-0,06)	0,04 (0,07)	0,47** (0,55 ⁺)	0,46** (0,63 ⁺)	0,08 (0,10)	0,25 (0,35)	0,05 (0,05)	0,47** (0,53 ⁺)	0,02 (0,08)	-0,62** (-0,69 ⁺)	-0,64 (-0,68 ⁺)	-0,45** (-0,53 ⁺)	-0,23 (-0,29)	0,23 (0,27)
NAF	0	1	0,95** (1,00 ⁺)	-0,70** (-0,76 ⁺)	0,12 (0,14)	-0,04 (-0,11)	-0,76** (-0,83 ⁺)	0,01 (-0,05)	0,81** (0,90 ⁺)	-0,37* (-0,47 ⁺)	0,10 (0,11)	0,17 (0,23)	-0,70** (-0,80 ⁺)	-0,50** (-0,67 ⁺)	0,13 (0,17)	-0,16 (-0,32)	0,16 (0,17)	-0,16 (-0,18)	0,10 (0,18)	0,32 (0,35 ⁺)	0,31 (0,32)	0,23 (0,25)	0,13 (0,16)	0,13 (0,17)
NAC	0,11	0,34 ⁺	1	-0,64** (-0,69 ⁺)	0,12 (0,14)	-0,03 (-0,10)	-0,74** (-0,83 ⁺)	-0,01 (-0,06)	0,79** (0,87 ⁺)	-0,29 (-0,38)	0,14 (0,21)	0,15 (0,19)	-0,72** (-0,81 ⁺)	-0,51** (-0,67 ⁺)	0,00 (-0,02)	-0,31 (-0,50 ⁺)	0,11 (0,14)	-0,13 (-0,16)	0,08 (0,10)	0,35* (0,37 ⁺)	0,28 (0,27)	0,20 (0,20)	0,12 (0,13)	0,13 (0,12)
DC	0,05	-0,12	-0,15	1	-0,07 (-0,17)	-0,16 (-0,25)	0,64** (0,71 ⁺)	-0,31 (-0,40 ⁺)	-0,70** (-0,74 ⁺)	0,50** (-0,63 ⁺)	-0,10 (-0,12)	-0,20 (-0,33)	0,70** (0,79 ⁺)	0,59** (0,78 ⁺)	-0,26 (-0,37 ⁺)	0,00 (-0,02)	-0,38* (-0,51 ⁺)	0,34* (0,39)	-0,16 (-0,27)	-0,29 (-0,34)	-0,37* (-0,40 ⁺)	-0,40* (-0,46 ⁺)	-0,21 (-0,25)	0,06 (0,07)
PROD	0,00	0,06	0,11	0,27 ⁺	1	0,37* (0,24)	0,04 (-0,02)	-0,20 (-0,51 ⁺)	-0,14 (-0,20)	0,08 (-0,02)	0,25 (0,35)	0,24 (0,10)	-0,36* (-0,58 ⁺)	-0,44** (-0,85 ⁺)	0,33* (0,35)	0,15 (0,31)	-0,01 (-0,22)	0,07 (-0,05)	0,34* (0,30)	0,29 (0,38 ⁺)	0,07 (0,05)	-0,09 (-0,19)	-0,01 (-0,09)	0,34* (0,30)
AF	-0,08	0,13	0,17 ⁺	-0,02	0,56 ⁺	1	0,30 (0,35)	0,22 (-0,15)	-0,18 (-0,42)	-0,01 (-0,29)	0,25 (0,21)	0,21 (-0,02)	0,05 (-0,18)	-0,03 (-0,41)	0,27 (0,27)	0,12 (0,26)	0,18 (-0,16)	-0,04 (-0,32)	0,23 (0,19)	0,26 (0,37)	0,25 (0,28)	0,25 (0,21)	0,33* (0,46)	0,46** (0,37)
AC	0,14	-0,13	0,11	0,17	0,31 ⁺	0,37 ⁺	1	0,01 (-0,06)	-0,68** (-0,77 ⁺)	0,57** (0,65 ⁺)	0,07 (0,11)	-0,02 (-0,10)	0,74** (0,80 ⁺)	0,56** (0,67 ⁺)	-0,03 (-0,05)	0,10 (0,21)	-0,04 (-0,12)	0,32 (0,29 ⁺)	-0,02 (-0,10)	-0,28 (-0,35 ⁺)	-0,27 (-0,30)	-0,32 (-0,40 ⁺)	-0,14 (-0,18)	0,26 (0,22)
AIV	-0,02	0,27 ⁺	0,21 ⁺	-0,09	0,31 ⁺	0,58 ⁺	0,22 ⁺	1	0,15 (0,18)	-0,30 (-0,53 ⁺)	0,04 (-0,14)	0,19 (0,20)	-0,12 (-0,27)	-0,11 (-0,28)	0,14 (0,12)	-0,05 (-0,22)	0,88** (1,00 ⁺)	-0,26 (-0,43 ⁺)	0,23 (0,36)	0,19 (0,22)	0,26 (0,30)	0,29 (0,25)	0,30 (0,35)	-0,12 (-0,43)
AR	-0,15	0,02	0,09	-0,45 ⁺	0,07	0,25 ⁺	-0,06	0,10	1	-0,36* (-0,54 ⁺)	-0,03 (-0,06)	0,09 (0,03)	-0,59** (-0,71 ⁺)	-0,41* (-0,56 ⁺)	-0,02 (0,03)	-0,21 (-0,19)	0,25 (0,35)	-0,10 (-0,17)	-0,02 (-0,12)	0,08 (0,05)	0,18 (0,17)	0,24 (0,27)	0,15 (0,17)	-0,03 (-0,12)
NVHP	0,07	0,08	0,12	0,004	0,30 ⁺	0,38 ⁺	0,31 ⁺	0,11	0,34 ⁺	1	0,04 (0,25)	0,10 (-0,04)	0,46** (0,48 ⁺)	0,45** (0,56 ⁺)	-0,04 (-0,08)	0,11 (0,37)	-0,33* (-0,55 ⁺)	0,74** (0,81 ⁺)	-0,03 (-0,27)	-0,42* (-0,56 ⁺)	-0,54** (-0,69 ⁺)	-0,69** (-0,93 ⁺)	-0,57** (-0,87 ⁺)	0,41* (0,37)
NGV	-0,05	0,09	-0,04	-0,05	0,10	0,28 ⁺	-0,03	0,26 ⁺	0,04	-0,32 ⁺	1	-0,05 (-0,06)	-0,03 (-0,10)	-0,12 (-0,19)	0,27 (0,30)	0,33* (0,34)	0,15 (-0,02)	-0,02 (-0,05)	-0,08 (0,01)	0,12 (0,17)	0,14 (0,22)	0,05 (0,07)	-0,04 (-0,01)	0,06 (0,09)
VR	-0,08	-0,07	0,00	0,19 ⁺	0,50 ⁺	0,46 ⁺	0,26 ⁺	0,18 ⁺	0,29 ⁺	0,40 ⁺	-0,04	1	-0,05 (-0,25)	-0,27 (-0,70 ⁺)	0,65** (0,81 ⁺)	0,02 (0,26)	0,18 (0,13)	0,23 (0,14)	0,90** (0,93 ⁺)	0,07 (0,07)	0,19 (0,21)	0,13 (0,07)	0,01 (-0,07)	0,10 (-0,07)
DH	-0,05	0,09	0,03	0,08	0,36 ⁺	0,51 ⁺	0,39 ⁺	0,30 ⁺	0,12	0,42 ⁺	0,13	0,57 ⁺	1	0,79** (0,91 ⁺)	-0,05 (-0,12)	0,14 (0,30)	-0,20 (-0,42 ⁺)	0,42* (0,38 ⁺)	-0,05 (-0,21)	-0,34* (-0,38 ⁺)	-0,29 (-0,35 ⁺)	-0,22 (-0,32 ⁺)	-0,19 (-0,26 ⁺)	0,07 (-0,06)
DE	-0,01	0,04	-0,03	0,07	0,31 ⁺	0,36 ⁺	0,29 ⁺	0,13	0,01	0,24 ⁺	-0,02	0,44 ⁺	0,55 ⁺	1	-0,23 (-0,45)	0,12 (0,40)	-0,25 (-0,46)	0,38* (0,38 ⁺)	-0,32 (-0,81 ⁺)	-0,41* (-0,54 ⁺)	-0,45** (-0,63 ⁺)	-0,39* (-0,61 ⁺)	-0,32 (-0,47 ⁺)	0,05 (-0,10)
NRT	0,02	0,00	0,06	0,10	0,29 ⁺	0,30 ⁺	0,02	0,17	-0,16	0,05	0,24 ⁺	0,34 ⁺	0,17	0,18	1	0,7** (0,7 ⁺)	0,2 (0,1)	0,1 (0,1)	0,7** (0,9 ⁺)	0,1 (0,1)	0,2 (0,2)	0,1 (0,1)	-0,1 (-0,2)	0,09 (0,06)

NRA	0,10	0,22 ⁺	0,06	0,04	-0,07	0,02	-0,13 ⁺	0,13	-0,35 ⁺⁺	-0,26	0,33 ⁺⁺	-0,28 ⁺⁺	-0,17	-0,19 ⁺	0,66 ⁺⁺	1	0,01 (-0,21)	0,12 (0,31)	0,03 (0,46 ⁺)	-0,20 (-0,34)	-0,18 (-0,28)	-0,16 (-0,26)	-0,34* (-0,53 ⁺)	0,09 (0,33)
AIPV	0,07	0,22 ⁺	0,06	-0,06	0,34 ⁺⁺	0,50 ⁺⁺	0,22	0,70 ⁺⁺	0,02	0,08	0,38 ⁺⁺	0,26 ⁺	0,41 ⁺⁺	0,08	0,27 ⁺⁺	0,24 ⁺	1	-0,27 (-0,50 ⁺)	0,20 (0,32)	0,26 (0,33)	0,32 (0,42 ⁺⁺)	0,30 (0,33)	0,26 (0,37)	-0,03 (-0,25)
NEHP	0,13	-0,03	0,07	0,07	0,41 ⁺⁺	0,40 ⁺⁺	0,46 ⁺⁺	0,12	0,24	0,53 ⁺⁺	0,05	0,47 ⁺⁺	0,59 ⁺⁺	0,40 ⁺⁺	0,19 ⁺	-0,20 ⁺	0,26 ⁺⁺	1	0,23 (0,14)	-0,40* (-0,49 ⁺⁺)	-0,47** (-0,58 ⁺⁺)	-0,54** (-0,69 ⁺⁺)	-0,50** (-0,65 ⁺⁺)	0,46** (0,37)
NERV	-0,19	-0,18	0,03	0,16	0,42 ⁺⁺	0,28 ⁺	0,24 ⁺	0,05	0,29 ⁺⁺	0,43 ⁺⁺	-0,20	0,86 ⁺⁺	0,40 ⁺⁺	0,44 ⁺⁺	0,22 ⁺	-0,45 ⁺⁺	0,03	0,45 ⁺⁺	1	0,23 (0,26)	0,28 (0,31 ⁺)	0,23 (0,23)	0,11 (0,07)	0,08 (-0,11)
CE1	-0,06	0,03	0,14 ⁺	0,04	0,03	0,17	0,16	0,14	0,28 ⁺	0,12	0,02	0,08	-0,14	-0,06	0,09	0,06	0,08	-0,01	0,19 ⁺	1	0,79** (0,83 ⁺⁺)	0,57** (0,65 ⁺⁺)	0,38* (0,50 ⁺)	-0,02 (-0,05)
CE2	-0,24 ⁺	0,18	0,38 ⁺⁺	-0,09	0,21 ⁺	0,38 ⁺⁺	0,04	0,24 ⁺⁺	0,31 ⁺	0,12	-0,09	0,20 ⁺	0,15	0,13	0,25 ⁺	0,03	0,05	0,17	0,27 ⁺⁺	0,48 ⁺⁺	1	0,86** (0,92 ⁺⁺)	0,59** (0,68 ⁺⁺)	-0,13 (-0,24)
CE3	0,00	0,16	0,24 ⁺	-0,07	0,19	0,40 ⁺⁺	0,11	0,39 ⁺⁺	0,08	0,11	-0,01	0,28 ⁺⁺	0,28 ⁺⁺	0,16	0,24 ⁺	-0,01	0,25 ⁺⁺	0,07	0,25 ⁺⁺	0,15	0,54 ⁺⁺	1	0,80** (0,81 ⁺⁺)	-0,17 (-0,39)
CE4	-0,03	0,02	0,14	-0,06	0,14	0,21	-0,01	0,22 ⁺	0,11	0,14	-0,09	0,17	0,07	-0,04	0,12	-0,10	0,09	-0,07	0,17	0,00	0,34 ⁺⁺	0,80 ⁺⁺	1	0,10 (-0,04)
CET	0,14	0,01	0,25 ⁺	0,01	0,43 ⁺⁺	0,57 ⁺⁺	0,46 ⁺⁺	0,35 ⁺⁺	0,27 ⁺⁺	0,52 ⁺⁺	0,02	0,38 ⁺⁺	0,47 ⁺⁺	0,31 ⁺⁺	0,15	-0,20 ⁺	0,31 ⁺⁺	0,73	0,38 ⁺⁺	0,06	0,29 ⁺⁺	0,40 ⁺⁺	0,36 ⁺⁺	1

***, significativo a 1 e 5 %, pelo teste t, respectivamente.

+++, significativo a 1 e 5 %, respectivamente, pelo método de “bootstrap” com 500 simulações.

¹Variáveis: Dias até o florescimento (DF), nota de arquitetura de plantas no florescimento (NAF), nota de arquitetura de plantas na colheita (NAC), dias até a colheita (DC), produtividade de grãos (PROD), altura média de plantas no florescimento (AF), altura média de plantas na colheita (AC), altura de inserção da primeira vagem no campo (A1V), ângulo dos ramos (AR), número de vagens na haste principal (NVHP), número de grãos/vagem (NGV), número de vagens nos ramos (VR), diâmetro do hipocótilo (DH), diâmetro do epicótilo (DE), número de ramos totais (NRT), número de ramos abortados (NRA), altura de inserção da primeira vagem no laboratório (AIPV), número de entrenós na haste principal (NEHP), número de entrenós nos ramos com vagem (NERV), comprimento do primeiro entrenó (CE1), comprimento do segundo entrenó (CE2), comprimento do terceiro entrenó (CE3), comprimento do quarto entrenó (CE4) e comprimento total de entrenós (CET).

Tabela 7 - Coeficientes de correlação fenotípica, genotípica e ambiental entre 24 caracteres avaliados em 36 genótipos de feijão. Inverno/2009, Coimbra – MG

Var ¹	DF	NAF	NAC	PROD	AF	AC	AIV	AR	NVHP	NGV	P100	VR	DH	DE	NRT	NRA	AIPV	NEHP	NERV	CE1	CE2	CE3	CE4	CET
DF	1	-0,51** (-0,53 ⁺⁺)	-0,49** (-0,52 ⁺⁺)	-0,07 (-0,10)	0,55** (0,58 ⁺⁺)	0,20 (0,22)	0,18 (0,20)	-0,28 (-0,30 ⁺)	0,27 (0,29 ⁺⁺)	-0,14 (-0,26)	-0,17 (-0,20)	0,08 (0,10)	0,73** (0,79 ⁺⁺)	0,75** (0,81 ⁺⁺)	0,24 (0,30)	0,25 (0,32 ⁺)	-0,13 (-0,17)	0,47** (0,53 ⁺⁺)	0,20 (0,24)	-0,50** (-0,54 ⁺⁺)	-0,55** (-0,59 ⁺⁺)	-0,32 (-0,37 ⁺⁺)	-0,43** (-0,53 ⁺⁺)	0,15 (0,21)
NAF	-0,03	1	0,93** (0,97 ⁺⁺)	0,02 (0,05)	-0,79** (-0,81 ⁺⁺)	-0,79** (-0,89 ⁺⁺)	-0,66** (-0,75 ⁺⁺)	0,78** (0,87 ⁺⁺)	-0,75** (-0,80 ⁺⁺)	0,15 (0,22)	0,37* (0,41 ⁺)	0,50** (0,56 ⁺⁺)	-0,83** (-0,88 ⁺⁺)	-0,77** (-0,84 ⁺⁺)	0,13 (0,16)	-0,25 (-0,30 ⁺)	0,05 (0,07)	-0,68** (-0,74 ⁺⁺)	0,46** (0,51 ⁺⁺)	0,34* (0,37 ⁺)	0,41* (0,46 ⁺⁺)	0,39* (0,46 ⁺⁺)	0,45** (0,54 ⁺⁺)	-0,54** (-0,68 ⁺⁺)
NAC	-0,04	0,05	1	0,03 (0,04)	-0,86** (-0,89 ⁺⁺)	-0,85** (-0,95 ⁺⁺)	-0,72** (-0,82 ⁺⁺)	0,79** (0,88 ⁺⁺)	-0,67** (-0,72 ⁺⁺)	0,09 (0,15)	0,29 (0,32 ⁺)	0,51** (0,56 ⁺⁺)	-0,86** (-0,92 ⁺⁺)	-0,80** (-0,87 ⁺⁺)	0,16 (0,17)	-0,32 (-0,37 ⁺)	0,04 (0,08)	-0,62** (-0,67 ⁺⁺)	0,41* (0,45 ⁺⁺)	0,30 (0,32 ⁺)	0,41* (0,45 ⁺)	0,42* (0,50 ⁺⁺)	0,45** (0,58 ⁺⁺)	-0,48** (-0,57 ⁺)
PROD	0,04	-0,18	-0,05	1	-0,06 (-0,08)	0,05 (0,04)	-0,03 (-0,05)	-0,01 (0,01)	0,27 (0,37 ⁺)	0,00 (0,01)	0,01 (0,06)	0,30 (0,46 ⁺)	-0,08 (-0,09)	0,03 (0,08)	0,25 (0,38)	-0,04 (-0,05)	-0,19 (-0,31)	0,06 (0,05)	0,15 (0,24)	-0,10 (-0,17)	-0,23 (-0,32)	-0,20 (-0,23)	-0,22 (-0,27)	0,14 (0,15)
AF	-0,05	-0,16	-0,28 ⁺⁺	0,05	1	0,69** (0,79 ⁺⁺)	0,59** (0,68 ⁺⁺)	-0,59** (-0,67 ⁺⁺)	0,61** (0,66 ⁺⁺)	-0,08 (-0,11)	-0,12 (-0,13)	-0,45** (-0,49 ⁺⁺)	0,79** (0,85 ⁺⁺)	0,77** (0,83 ⁺⁺)	-0,16 (-0,19)	0,24 (0,28 ⁺)	-0,11 (-0,14)	0,62** (0,67 ⁺⁺)	-0,30 (-0,33 ⁺)	-0,36* (-0,37 ⁺)	-0,49** (-0,53 ⁺⁺)	-0,55** (-0,65 ⁺⁺)	-0,55** (-0,69 ⁺⁺)	0,36* (0,43 ⁺)
AC	0,03	-0,03	-0,27 ⁺⁺	0,10	-0,04	1	0,89** (0,96 ⁺⁺)	-0,67** (-0,78 ⁺⁺)	0,51** (0,57 ⁺⁺)	-0,04 (-0,06)	-0,32 (-0,40 ⁺⁺)	-0,57** (-0,65 ⁺⁺)	0,59** (0,71 ⁺⁺)	0,52** (0,63 ⁺⁺)	-0,10 (-0,12)	0,42* (0,54 ⁺⁺)	0,19 (0,22 ⁺)	0,53** (0,58 ⁺⁺)	-0,55** (-0,62 ⁺⁺)	-0,01 (-0,04)	-0,11 (-0,15)	-0,27 (-0,37 ⁺)	-0,27 (-0,35 ⁺)	0,53** (0,61 ⁺⁺)
AIV	0,03	-0,13	-0,16	0,04	0,02	0,66 ⁺⁺	1	-0,57** (-0,65 ⁺⁺)	0,32 (0,37 ⁺)	0,01 (0,08)	-0,31 (-0,39 ⁺)	-0,54** (-0,65 ⁺⁺)	0,48** (0,57 ⁺⁺)	0,37* (0,44 ⁺⁺)	-0,10 (-0,20)	0,46** (0,51 ⁺⁺)	0,42* (0,49 ⁺⁺)	0,37* (0,40 ⁺)	-0,54** (-0,66 ⁺⁺)	0,16 (0,15)	0,00 (-0,02)	-0,08 (-0,09)	-0,08 (-0,11)	0,40* (0,46 ⁺)
AR	-0,06	-0,08	-0,02	-0,09	0,25 ⁺	-0,18	-0,20	1	-0,69** (-0,75 ⁺⁺)	-0,06 (-0,12)	0,37* (0,43 ⁺)	0,58** (0,67 ⁺⁺)	-0,59** (-0,69 ⁺⁺)	-0,53** (-0,62 ⁺⁺)	0,25 (0,28)	-0,27 (-0,36)	0,05 (0,03)	-0,41* (-0,46 ⁺⁺)	0,50** (0,56 ⁺⁺)	0,19 (0,21)	0,36* (0,40 ⁺)	0,32 (0,42)	0,34* (0,44)	-0,30 (-0,39 ⁺)
NVHP	-0,02	0,20 ⁺⁺	-0,01	-0,17	-0,19	0,13 ⁺	-0,01	-0,18	1	-0,09 (-0,08)	-0,30 (-0,34)	-0,37* (-0,44 ⁺)	0,58** (0,61 ⁺⁺)	0,59** (0,62 ⁺⁺)	-0,26 (-0,31 ⁺)	-0,05 (-0,04)	-0,34* (-0,40 ⁺)	0,60** (0,61 ⁺⁺)	-0,39* (-0,46 ⁺⁺)	-0,33* (-0,35 ⁺)	-0,49** (-0,52 ⁺⁺)	-0,47** (-0,56 ⁺⁺)	-0,54** (-0,65 ⁺⁺)	0,36* (0,36)
NGV	0,18	-0,01	-0,04	-0,02	-0,04	-0,01	-0,13	0,05	-0,21 ⁺	1	-0,33* (-0,41)	-0,31 (-0,47 ⁺)	-0,16 (-0,24)	-0,15 (-0,24)	-0,32 (-0,44)	-0,08 (-0,14)	0,17 (0,28)	-0,28 (-0,33)	-0,25 (-0,39)	0,05 (0,04)	-0,03 (-0,04)	0,00 (-0,1)	0,19 (0,23)	-0,19 (-0,21)
P100	0,12	0,04	0,07	-0,18 ⁺	-0,07	0,05	0,06	-0,01	0,04	-0,25 ⁺⁺	1	0,23 (0,26)	-0,19 (-0,19)	-0,16 (-0,14)	0,12 (0,16)	-0,13 (-0,15)	-0,31 (-0,38 ⁺)	-0,19 (-0,22)	0,29 (0,35)	0,09 (0,08)	0,06 (0,05)	-0,03 (-0,08)	-0,08 (-0,09)	-0,31 (-0,42)
VR	-0,11	0,03	0,16	-0,21	-0,14	-0,20 ⁺	-0,10	0,12	0,10	-0,06	0,02	1	-0,23 (-0,35 ⁺)	-0,17 (-0,29)	0,62** (0,67 ⁺⁺)	-0,17 (-0,21)	-0,23 (-0,26)	-0,22 (-0,25)	0,92** (0,93 ⁺⁺)	0,04 (0,04)	0,04 (0,04)	0,05 (0,04)	0,00 (0,00)	-0,22 (-0,29)
DH	-0,02	-0,03	-0,08	-0,07	-0,04	-0,14	-0,06	0,13	0,27 ⁺⁺	-0,02	-0,23	0,63 ⁺⁺	1	0,97** (0,98 ⁺⁺)	-0,03 (-0,08)	0,23 (0,27)	-0,13 (-0,19)	0,62** (0,67 ⁺⁺)	-0,10 (-0,21)	-0,43** (-0,46 ⁺⁺)	-0,49** (-0,54 ⁺⁺)	-0,41* (-0,48 ⁺)	-0,45** (-0,55 ⁺⁺)	0,38* (0,47 ⁺⁺)
DE	0,01	0,07	-0,08	-0,20	0,02	-0,14	-0,05	0,12	0,25 ⁺⁺	0,04	-0,28 ⁺⁺	0,58 ⁺⁺	0,88 ⁺⁺	1	0,00 (-0,04)	0,21 (0,24)	-0,21 (-0,27 ⁺)	0,62** (0,70 ⁺⁺)	-0,06 (-0,16)	-0,54** (-0,58 ⁺⁺)	-0,56** (-0,60 ⁺⁺)	-0,47** (-0,55 ⁺⁺)	-0,48** (-0,59 ⁺⁺)	0,35* (0,46 ⁺)
NRT	-0,23 ⁺	-0,05	0,08	-0,12	0,00	-0,02	0,27 ⁺⁺	0,12	0,01	-0,16	-0,09	0,41 ⁺⁺	0,29 ⁺⁺	0,29 ⁺	1	0,6**	-0,1	0,2	0,6**	0,1	0,1	-0,1	-0,1	0,10

																	(0,5 ⁺⁺)	(-0,1)	(0,2)	(0,6 ⁺⁺)	(0,1)	(0,1)	(-0,2)	(-0,1)	(0,10)
NRA	-0,08	-0,05	-0,10	-0,01	0,09	0,05	0,29 ⁺⁺	0,06	-0,10	-0,01	-0,09	-0,07	0,07	0,08	0,69 ⁺⁺	1	0,36*	0,34*	-0,13	0,16	0,13	-0,09	-0,02	0,27	
																	(0,40 ⁺)	(0,38 ⁺)	(-0,16)	(0,15)	(0,14)	(-0,05)	(0,08)	(0,31)	
AIPV	0,15	-0,13	-0,27 ⁺	0,17	0,16	0,08	0,19	0,13	0,02	0,001	0,04	-0,10	0,22 ⁺	0,10	-0,05	0,24 ⁺	1	-0,16	-0,32	0,47**	0,60**	0,55**	0,56**	0,25	
																		(-0,23)	(-0,40 ⁺)	(0,52 ⁺⁺)	(0,68 ⁺⁺)	(0,69 ⁺⁺)	(0,77 ⁺⁺)	(0,18)	
NEHP	-0,20 ⁺	0,11	-0,09	0,09	0,06	0,29 ⁺⁺	0,24 ⁺	-0,06	0,54 ⁺⁺	-0,30 ⁺	-0,05	0,00	0,15	0,04	0,23 ⁺	0,20	0,18	1	-0,17	-0,49**	-0,50**	-0,62**	-0,72**	0,65**	
																			(-0,21)	(-0,54 ⁺⁺)	(-0,56 ⁺⁺)	(-0,73 ⁺⁺)	(-0,84 ⁺⁺)	(0,64 ⁺⁺)	
NERV	-0,06	0,01	0,12	-0,15	-0,08	-0,23 ⁺	-0,09	0,21 ⁺⁺	0,10	-0,04	-0,06	0,86 ⁺⁺	0,61 ⁺⁺	0,59 ⁺⁺	0,44 ⁺⁺	-0,01	0,01	0,04	1	-0,01	-0,09	-0,04	-0,10	-0,30	
																			(-0,03)	(-0,11)	(-0,05)	(-0,15)	(-0,39)		
CE1	0,05	-0,16	0,01	0,21	-0,09	0,16 ⁺	0,27 ⁺⁺	0,06	-0,14	0,10	0,18	0,05	-0,08	-0,17	0,25 ⁺	0,26 ⁺⁺	0,20 ⁺	-0,03	0,07	1	0,74**	0,50**	0,53**	-0,17	
																				(0,79 ⁺⁺)	(0,62 ⁺⁺)	(0,70 ⁺⁺)	(-0,23)		
CE2	-0,02	-0,31 ⁺⁺	-0,12	0,12	0,01	0,12	0,15	0,10	-0,12	-0,03	0,11	0,07	-0,04	-0,18	0,20 ⁺	0,11	0,22 ⁺⁺	-0,02	0,05	0,18	1	0,78**	0,80**	-0,04	
																					(0,86 ⁺⁺)	(0,95 ⁺⁺)	(-0,09)		
CE3	-0,07	-0,02	-0,07	-0,14 ⁺	0,06	0,09	-0,07	-0,11	0,03	0,16	0,21 ⁺	0,09	-0,01	-0,07	-0,06	-0,21 ⁺	0,07	-0,12	0,02	-0,16	0,39 ⁺⁺	1	0,87**	-0,22	
																						(0,97 ⁺⁺)	(-0,35 ⁺)		
CE4	0,01	0,05	-0,16	-0,08	0,12	-0,03	0,003	-0,02	-0,14	0,14	-0,06	0,00	-0,04	-0,04	-0,09	-0,25 ⁺	-0,01	-0,31 ⁺⁺	0,06	-0,24 ⁺	0,26 ⁺⁺	0,58 ⁺⁺	1	-0,22	
																							(-0,29)		
CET	-0,13	0,09	-0,17	0,12	0,09	0,33 ⁺⁺	0,25 ⁺⁺	-0,02	0,46 ⁺⁺	-0,18	0,04	-0,04	0,07	-0,08	0,12	0,17	0,44 ⁺⁺	0,82 ⁺⁺	-0,04	0,07	0,15	0,14	-0,05	1	

*** significativo a 1 e 5 %, pelo teste t, respectivamente.

++,+ significativo a 1 e 5 %, respectivamente, pelo método de “bootstrap” com 500 simulações.

¹Variáveis: Dias até o florescimento (DF), nota de arquitetura de plantas no florescimento (NAF), nota de arquitetura de plantas na colheita (NAC), peso de 100grãos (P100), produtividade de grãos (PROD), altura média de plantas no florescimento (AF), altura média de plantas na colheita (AC), altura de inserção da primeira vagem no campo (A1V), ângulo de inserção dos ramos (AR), número de vagens na haste principal (NVHP), número de grãos/vagem (NGV), número de vagens nos ramos (VR), diâmetro do hipocótilo (DH), diâmetro do epicótilo (DE), número de ramos totais (NRT), número de ramos abortados (NRA), altura de inserção da primeira vagem no laboratório (AIPV), número de entrenós na haste principal (NEHP), número de entrenós nos ramos com vagem (NERV), comprimento do primeiro entrenó (CE1), comprimento do segundo entrenó (CE2), comprimento do terceiro entrenó (CE3), comprimento do quarto entrenó (CE4) e comprimento total de entrenós (CET).

As correlações genóticas foram, em geral, superiores às ambientais e fenotípicas, demonstrando uma maior contribuição dos fatores genéticos em relação aos ambientais na expressão desses caracteres.

Vale ressaltar que em ambos os anos (2007 e 2009), as estimativas de correlação genotípica entre a avaliação da arquitetura de plantas na colheita (NAC) e no florescimento (NAF) foram próximas de 1,0, indicando que esta avaliação pode ser realizada tanto na maturação fisiológica quanto na de colheita. Entretanto, a visualização da arquitetura na colheita é facilitada em razão da senescência das folhas.

Considerando a característica alvo deste trabalho, nota de arquitetura de plantas na colheita, verificou-se para a safra de 2007, que os caracteres a ela associados, com elevada e significativa estimativa de correlação genotípica foram: dias até a colheita ($r_g=-0,69$), altura média de plantas na colheita ($r_g=-0,83$), ângulo de inserção dos ramos ($r_g=0,87$), diâmetro do hipocótilo ($r_g=-0,81$) e diâmetro do epicótilo ($r_g=-0,67$). Isto indica que plantas mais eretas têm um ciclo maior, são mais altas, apresentam menores ângulos de inserção dos ramos em relação ao eixo principal e maior diâmetro do hipocótilo e do epicótilo. Estimativa elevada de correlação genotípica com nota de arquitetura é o primeiro atributo de caracteres para serem utilizados na seleção indireta de plantas mais eretas. Assim, os caracteres acima mencionados apresentam potencial como indicadores para a avaliação da arquitetura de plantas do feijoeiro. Destaque para os caracteres ângulo de inserção dos ramos e diâmetro do hipocótilo, que além das maiores estimativas de correlação genotípica, apresentaram baixos coeficientes de variação experimental e elevadas estimativas dos coeficientes de determinação genotípico, o que traduzem elevada precisão e acurácia nas suas avaliações, respectivamente.

Para a safra de 2009, os caracteres que apresentaram maiores estimativas de correlação genotípica com nota de arquitetura foram: altura média de plantas no florescimento ($r_g=-0,89$), altura média de plantas na colheita ($r_g=-0,95$), altura de inserção da primeira vagem no campo ($r_g=-0,82$), ângulo de inserção dos ramos ($r_g=0,88$), diâmetro do hipocótilo ($r_g=-0,92$), diâmetro do epicótilo ($r_g=-0,87$), número de vagens na haste principal ($r_g=-0,72$) e número de entrenós na haste principal ($r_g=-0,67$). Estes resultados corroboram as informações obtidas em 2007 e complementam que plantas mais eretas também são mais altas no florescimento, apresentam a primeira vagem mais alta em relação ao solo, possuem vagens concentradas na haste principal e possuem um maior número de entrenós na haste principal.

Na safra de 2007, os coeficientes de correlação genotípica com valores elevados e significativos de dias até a colheita com altura média de plantas na colheita ($r_g=0,71$), com ângulo de inserção dos ramos ($r_g=-0,74$), com diâmetro do hipocótilo ($r_g=0,79$) e com diâmetro do epicótilo ($r_g=0,78$), corroboram a associação entre arquitetura e ciclo de que plantas mais eretas têm ciclo maior. Estes resultados sinalizam maior dificuldade de obtenção de linhagens de feijoeiro de melhor arquitetura e mais precoces.

Considerando os principais caracteres relacionados à arquitetura de plantas, observou-se associações significativas e elevadas da altura média de plantas na colheita com ângulo de inserção dos ramos ($r_g=-0,77$), com diâmetro do hipocótilo ($r_g=0,80$) e do epicótilo ($r_g=0,67$). Ângulo de inserção dos ramos e diâmetro do hipocótilo também apresentaram elevada correlação ($r_g=-0,71$), enquanto diâmetro do hipocótilo e diâmetro do epicótilo estão altamente correlacionados ($r_g=0,91$). Novamente destaca-se o potencial do diâmetro do hipocótilo como indicador de plantas mais eretas pelas maiores estimativas dos coeficientes de correlação genotípica e de determinação, superando inclusive as estimativas para diâmetro do epicótilo (Tabela 2 e 4). Entretanto, para que um caráter seja indicado como efetivo na seleção indireta de outro, não basta elevada associação linear entre eles. Há a necessidade que esta associação seja de causa e efeito e isto é inferido pelas estimativas dos efeitos diretos e indiretos obtidos a partir de uma análise de trilha.

Embora não tenha havido associação linear da produtividade e dos componentes de rendimento com as notas de arquitetura de plantas, observou-se que produtividade está associada (com estimativas negativas e significativas) com a altura de inserção da primeira vagem no campo ($r_g=-0,51$) e com o diâmetro do hipocótilo ($r_g=-0,58$) e do epicótilo ($r_g=-0,85$). Assim, plantas mais produtivas têm a primeira vagem mais próxima ao solo e o diâmetro do hipocótilo e do epicótilo menores, tendo, portanto, maior tendência a prostrar-se.

O número de vagens na haste principal apresentou associação linear significativa e de elevada magnitude com número de entrenós na haste principal ($r_g=0,81$), comprimento do segundo ($r_g=-0,69$), do terceiro ($r_g=-0,93$) e do quarto entrenó ($r_g=-0,87$). Isto indica que as plantas com mais vagens na haste principal apresentam maior número de entrenós na haste principal e entrenós (segundo, terceiro e quarto) de menor comprimento. Como houve associação significativa do comprimento do segundo, do terceiro e do quarto entrenó com o comprimento do primeiro, bastaria medir apenas o comprimento do primeiro entrenó, por ser mais rápido e prático de se medir.

Ainda cabe ressaltar que o número de vagens nos ramos apresentou alta associação linear com diâmetro do epicótilo ($r_g=-0,70$), com número de ramos totais ($r_g=0,81$) e com número de entrenós nos ramos com vagem ($r_g=0,93$), evidenciando que plantas mais produtivas, além de serem mais prostradas, possuem maior número de ramos e estes com muitos entrenós.

Na safra de 2009 foram observadas, de modo geral, associações lineares de magnitude muito próximas às de 2007. Dias até o florescimento está associado com diâmetro do hipocótilo ($r_g=0,79$) e do epicótilo ($r_g=0,81$), com nota de arquitetura na colheita ($r_g=-0,52$) e no florescimento ($r_g=-0,53$), com a altura média de plantas no florescimento ($r_g=0,58$), com o número de entrenós na haste principal ($r_g=0,53$) e o comprimento do primeiro ($r_g=-0,54$), segundo ($r_g=-0,59$) e quarto ($r_g=-0,53$) entrenó.

Para altura média de plantas na colheita observou-se associação com altura de inserção da primeira vagem no campo ($r_g=0,96$), ângulo de inserção dos ramos ($r_g=-0,78$), número de vagens nos ramos ($r_g=-0,65$), diâmetro do hipocótilo ($r_g=0,71$) e epicótilo ($r_g=0,63$), número de entrenós na haste principal ($r_g=0,58$) e número de entrenós nos ramos com vagem ($r_g=-0,62$).

Com relação à altura de inserção da primeira vagem no campo observaram-se correlações de média magnitude com ângulo de inserção dos ramos ($r_g=-0,65$), número de vagens nos ramos ($r_g=-0,65$), diâmetro do hipocótilo ($r_g=0,57$) e epicótilo ($r_g=0,44$) e número de entrenós nos ramos com vagem.

Ângulo de inserção dos ramos possui alta associação com número de vagens na haste principal ($r_g=-0,75$), número de vagens nos ramos ($r_g=0,67$), diâmetro do hipocótilo ($r_g=-0,69$) e epicótilo ($r_g=-0,62$). Diâmetro do hipocótilo está altamente associado com diâmetro do epicótilo ($r_g=0,98$). Número de entrenós na haste principal ($r_g=0,67$) e comprimento do segundo entrenó ($r_g=-0,54$) também apresentam associação com diâmetro do hipocótilo. A alta associação linear de sinal negativo com número de vagens na haste principal indica que plantas com maior ângulo tendem a ter menos vagens na haste principal. A característica número de vagens na haste principal também está associada com diâmetro do hipocótilo ($r_g=0,61$) e epicótilo ($r_g=0,62$).

À semelhança da safra de 2007, não foi observada associação linear entre os componentes de rendimento e produtividade de grãos. Já nesta safra, a produtividade não apresentou associação com o diâmetro do hipocótilo ($r_g=-0,09$) ou qualquer outra característica relacionada à arquitetura de plantas.

O número de vagens na haste principal apresentou correlações de média magnitude com altura no florescimento ($r_g=0,66$), altura na colheita ($r_g=0,57$), número

de entrenós na haste principal ($r_g=0,61$) e comprimento do segundo ($r_g=-0,52$), terceiro ($r_g=-0,56$) e quarto ($r_g=-0,65$) entrenó, indicando que plantas com maior número de vagens na haste principal, possui maior altura tanto na colheita quanto no florescimento e mais entrenós na haste principal, sendo estes de menor comprimento.

As associações envolvendo o número de grãos/vagens e o peso de 100 grãos apresentaram magnitude considerada de média à baixa. Conforme Collicchio et al. (1997), não há associação entre o porte do feijoeiro e o peso de 100 sementes, sendo possível selecionar plantas eretas com qualquer tamanho de sementes.

Assim, os dados de 2009 corroboram que plantas mais eretas são mais altas tanto no florescimento quanto na colheita, são mais tardias, apresentam maior diâmetro do hipocótilo e do epicótilo, possuem maior número de entrenós na haste principal, entrenós mais curtos, a primeira vagem mais alta em relação ao solo, ramos com ângulos menores em relação ao eixo principal, menor número de entrenós nos ramos com vagens e menor número de vagens nos ramos. Cabe reforçar que as associações acima mencionadas podem ser mais bem detalhadas com as estimativas dos efeitos diretos e indiretos obtidos a partir da análise de trilha.

4.4. Análise de trilha

Pela Tabela 8 (Diagrama 1) observa-se que as variáveis primárias explicaram elevada proporção da variação da variável básica nota de arquitetura na colheita ($R^2 = 98,73$) e baixo efeito direto residual (0,1129). Estes resultados indicam que o conjunto de variáveis explicativas primárias, consideradas neste diagrama de trilha, possui as principais variáveis determinantes da nota de arquitetura de plantas do feijoeiro. O maior efeito direto sobre nota de arquitetura na colheita foi devido ao caráter diâmetro do hipocótilo (-0,8877). Este caráter, além de alto efeito direto, também apresentou alta correlação genética ($r_g=-0,81$) com nota de arquitetura na colheita. Este fato é de grande importância para fins de melhoramento, pois torna eficiente a resposta indireta de seleção para plantas mais eretas via diâmetro do hipocótilo.

Dentre os demais caracteres constituintes do conjunto de variáveis explicativas primárias, o caráter produtividade de grãos apresentou baixa correlação ($r_g=0,14$) com nota de arquitetura na colheita e efeito direto de sinal negativo e de magnitude considerável (-0,5158). Cabe ressaltar que o efeito indireto via diâmetro do hipocótilo é de elevada magnitude e de sinal positivo (0,51) e que a correlação genética entre

Tabela 8 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos das variáveis primárias sobre a variável principal nota de arquitetura (Diagrama 1). Inverno de 2007, Coimbra – MG

Caracteres	Efeitos	Estimativa	
PROD			
	Efeito direto sobre NAC	-0,5158	
	Efeito indireto via AR	-0,0743	
	Efeito indireto via NVHP	-0,0094	
	Efeito indireto via NGV	0,0439	
	Efeito indireto via VR	-0,0026	
	Efeito indireto via DH	0,5130	
	Efeito indireto via NRT	0,0138	
	Efeito indireto via CE1	0,1686	
	TOTAL		0,1372
AR			
	Efeito direto sobre NAC	0,3670	
	Efeito indireto via PROD	0,1045	
	Efeito indireto via NVHP	-0,2464	
	Efeito indireto via NGV	-0,0075	
	Efeito indireto via VR	-0,0008	
	Efeito indireto via DH	0,6342	
	Efeito indireto via NRT	0,0010	
	Efeito indireto via CE1	0,0223	
	TOTAL		0,8741
NVHP			
	Efeito direto sobre NAC	0,4583	
	Efeito indireto via PROD	0,0106	
	Efeito indireto via AR	-0,1973	
	Efeito indireto via NGV	0,0309	
	Efeito indireto via VR	0,0011	
	Efeito indireto via DH	-0,4275	
	Efeito indireto via NRT	-0,0031	
	Efeito indireto via CE1	-0,2508	
	TOTAL		-0,3777
NGV			
	Efeito direto sobre NAC	0,1250	
	Efeito indireto via PROD	-0,1811	
	Efeito indireto via AR	-0,0222	
	Efeito indireto via NVHP	0,1135	
	Efeito indireto via VR	0,0016	
	Efeito indireto via DH	0,0893	
	Efeito indireto via NRT	0,0117	
	Efeito indireto via CE1	0,0751	
	TOTAL		0,2129
VR			
	Efeito direto sobre NAC	-0,0250	
	Efeito indireto via PROD	-0,0534	
	Efeito indireto via AR	0,0120	
	Efeito indireto via NVHP	-0,0201	
	Efeito indireto via NGV	-0,0078	
	Efeito indireto via DH	0,2207	
	Efeito indireto via NRT	0,0316	
	Efeito indireto via CE1	0,0336	
	TOTAL		0,1917
DH			
	Efeito direto sobre NAC	-0,8879	
	Efeito indireto via PROD	0,2980	
	Efeito indireto via AR	-0,2621	
	Efeito indireto via NVHP	0,2206	

	Efeito indireto via NGV	-0,0126	
	Efeito indireto via VR	0,0062	
	Efeito indireto via NRT	-0,0047	
	Efeito indireto via CE1	-0,1693	
	TOTAL		-0,8117
<hr/>			
NRT	Efeito direto sobre NAC	0,0392	
	Efeito indireto via PROD	-0,1820	
	Efeito indireto via AR	0,0092	
	Efeito indireto via NVHP	-0,0357	
	Efeito indireto via NGV	0,0372	
	Efeito indireto via VR	-0,0202	
	Efeito indireto via DH	0,1066	
	Efeito indireto via CE1	0,0299	
	TOTAL		-0,0159
<hr/>			
CE1	Efeito direto sobre NAC	0,4496	
	Efeito indireto via PROD	-0,1934	
	Efeito indireto via AR	0,0182	
	Efeito indireto via NVHP	-0,2557	
	Efeito indireto via NGV	0,0209	
	Efeito indireto via VR	-0,0019	
	Efeito indireto via DH	0,3344	
	Efeito indireto via NRT	0,0026	
	TOTAL		0,3747
<hr/>			
R ²	0,9873		
Efeito residual	0,1129		

Variáveis: Produtividade de grãos (PROD); Nota de arquitetura na colheita (NAC); Ângulo de inserção dos ramos (AR); Número de vagens na haste principal (NVHP); Número de grãos/vagem (NGV); Número de vagens nos ramos (VR); Diâmetro do hipocótilo (DH); Número de ramos totais (NRT); Comprimento do primeiro entrenó (CE1).

produtividade de grãos e diâmetro do hipocótilo é negativa ($r_g = -0,57$). Assim, plantas mais produtivas tendem possuir menor diâmetro do hipocótilo. Entretanto, diâmetro do hipocótilo apresenta efeito direto sobre nota de arquitetura de elevada magnitude e de sinal negativo (-0,88). Estes resultados indicam que na obtenção de plantas de interesse agrônomo, que sejam produtivas e possuam boa arquitetura de planta, é necessário selecionar dentre as de maior produtividade aquelas de maior diâmetro do hipocótilo. Silva et al. (2009) relatam que a correlação entre melhor porte e produtividade de grãos foi pequena e negativa, quando avaliaram progênies de plantas de porte ereto e prostradas, e concluíram ser possível selecionar progênies de feijoeiro, para obtenção de maior produtividade e de melhor arquitetura, simultaneamente.

A variável ângulo de inserção dos ramos possui alta correlação genética ($r_g = 0,87$) e efeito direto de magnitude relativamente baixa (0,37), evidenciando que plantas com maiores ângulos de inserção dos ramos terão maior nota de arquitetura na colheita e, portanto, serão mais prostradas. Todavia, a maior influência desta característica é através do efeito indireto via diâmetro do hipocótilo (0,634), que possui correlação genética negativa com ângulo de inserção dos ramos ($r_g = -0,71$). Assim, a

estratégia de selecionar dentre as plantas de menor ângulo as com maior diâmetro do hipocótilo é indicada para se obter plantas mais eretas.

Para o número de vagens na haste principal, que possui correlação baixa e negativa com nota de arquitetura na colheita ($r_g=-0,37$), observou-se efeito direto de média magnitude e de sinal positivo (0,45). Conforme Cruz et al. (2004), sinais contrários entre correlação e efeito direto, indica ausência de causa e efeito, ou seja, o caráter auxiliar não é o principal determinante das alterações na variável básica, existindo outros que poderão proporcionar maior impacto em termos de ganho com a seleção.

As variáveis número de grãos/vagem, número de vagens nos ramos e número de ramos totais apresentaram estimativas de correlação, bem como de efeito direto, de baixas magnitudes com nota de arquitetura. Estes resultados indicam ausência de causa e efeito e, assim, demonstram que estas variáveis não apresentam importância na seleção de plantas mais eretas.

A variável primária comprimento do primeiro entrenó apresentou correlação positiva ($r_g=0,37$) e efeito direto também positivo (0,45) de média magnitude. A correlação genética entre diâmetro do hipocótilo e comprimento do primeiro entrenó é de -0,37. O maior efeito indireto de comprimento do entrenó na nota de arquitetura foi via diâmetro do hipocótilo (0,33). Assim, sugere-se selecionar plantas de maior diâmetro e em seguida as de menor comprimento do primeiro entrenó, o que resultará em plantas mais eretas. Teixeira et al. (1999) constataram que o comprimento de entrenós (do quarto ao sétimo) foi o caráter responsável pela maior parte da variação na arquitetura de planta do feijoeiro.

As variáveis secundárias (Diagrama 1) explicaram cerca de 70% da variação da variável básica (Tabela 9), sendo a variável secundária altura média de plantas na colheita a de maior efeito direto (-0,75) sobre a nota de arquitetura. A correlação genética entre altura na colheita e nota de arquitetura na colheita foi de elevada magnitude e negativa ($r_g=-0,82$). Estes resultados indicam que a seleção indireta pela medida da altura média de planta tomada na parcela próxima a colheita será efetiva na obtenção de plantas mais eretas.

A variável dias até o florescimento apresentou correlação com nota de arquitetura de média magnitude ($r_g=-0,52$) com baixo efeito direto (-0,13). No entanto, observa-se efeito indireto via altura na colheita de -0,37, indicando a necessidade de utilização destas duas variáveis, simultaneamente, para se obter ganhos em arquitetura

Tabela 9 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos das variáveis secundárias sobre a variável principal nota de arquitetura (Diagrama 1). Inverno de 2007, Coimbra – MG

Caracteres	Efeitos	Estimativa	
DF	Efeito direto sobre NAC	-0,1338	
	Efeito indireto via A1V	-0,0203	
	Efeito indireto via AC	-0,3785	
	Efeito indireto via NERV	0,0046	
	TOTAL		-0,5279
A1V	Efeito direto sobre NAC	-0,0905	
	Efeito indireto via DF	-0,0300	
	Efeito indireto via AC	0,0434	
	Efeito indireto via NERV	0,0217	
	TOTAL		-0,0553
AC	Efeito direto sobre NAC	-0,7572	
	Efeito indireto via DF	-0,0669	
	Efeito indireto via A1V	0,0052	
	Efeito indireto via NERV	-0,0062	
	TOTAL		-0,8251
NERV	Efeito direto sobre NAC	0,0608	
	Efeito indireto via DF	-0,0101	
	Efeito indireto via A1V	-0,0323	
	Efeito indireto via AC	0,0770	
	TOTAL		0,0954
R ²	0,7062		
Efeito residual	0,5420		

Variáveis: Dias até o florescimento (DF); Nota de arquitetura na colheita (NAC); Altura de inserção da primeira vagem após a colheita (A1V); Altura média de plantas na colheita (AC); Número de entrenós nos ramos com vagem (NERV).

de plantas. As demais variáveis, altura de inserção da primeira vagem (avaliada no campo) e número de entrenós nos ramos com vagens apresentaram estimativas de correlação, bem como de efeito direto, de baixas magnitudes com nota de arquitetura. Estes resultados indicam ausência de causa e efeito e, assim, demonstram que estas variáveis não apresentam importância na seleção de plantas mais eretas.

Observou-se que as variáveis secundárias (Tabela 10), consideradas neste diagrama (Diagrama 1), não incluem todas as principais variáveis determinantes da produtividade de grãos, uma vez que o coeficiente de determinação foi de baixa

Tabela 10 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos das variáveis secundárias sobre as primárias (Diagrama 1). Inverno de 2007, Coimbra – MG

Variáveis secundárias	Efeitos	Variáveis primárias / Estimativas							
		PROD	AR	NVHP	NGV	VR	DH	NRT	CE1
DF									
	Direto	-0,0355	0,0692	0,5084	-0,1156	0,0404	0,3032	0,0822	-0,8402
	Indireto A1V	-0,1562	0,0492	-0,1341	-0,0295	-0,0354	-0,0629	-0,0567	0,0753
	Indireto AC	0,0056	-0,4106	0,1760	0,0823	-0,0126	0,3107	-0,0006	0,0573
	Indireto NERV	0,0419	-0,0218	-0,0042	0,0061	0,0742	-0,0050	0,0753	0,0160
	TOTAL	-0,1442	-0,3139	0,5461	-0,0567	0,0666	0,5460	0,1002	-0,6916
A1V									
	Direto	-0,6977	0,2199	-0,5991	-0,1317	-0,1580	-0,2808	-0,2532	0,3363
	Indireto DF	-0,0080	0,0155	0,1138	-0,0259	0,0090	0,0679	0,0184	-0,1881
	Indireto AC	-0,0006	0,0471	-0,0202	-0,0094	0,0014	-0,0356	0,0001	-0,0066
	Indireto NERV	0,1982	-0,1029	-0,0198	0,0288	0,3509	-0,0237	0,3563	0,0756
	TOTAL	-0,5081	0,1796	-0,5252	-0,1382	0,2034	-0,2722	0,1215	0,2172
AC									
	Direto	0,0113	-0,8216	0,3522	0,1646	-0,0252	0,6217	-0,0012	0,1147
	Indireto DF	-0,0178	0,0346	0,2541	-0,0578	0,0202	0,1515	0,0411	-0,4199
	Indireto A1V	0,0400	-0,0126	0,0343	0,0075	0,0091	0,0161	0,0145	-0,0193
	Indireto NERV	-0,0564	0,0293	0,0056	-0,0082	-0,0998	0,0067	-0,1013	-0,0215
	TOTAL	-0,0229	-0,7703	0,6462	0,1062	-0,0958	0,7960	-0,0470	-0,3460
NERV									
	Direto	0,5545	-0,2878	-0,0553	0,0807	0,9815	-0,0662	0,9965	0,2113
	Indireto DF	-0,0027	0,0052	0,0384	-0,0087	0,0031	0,0229	0,0062	-0,0635
	Indireto A1V	-0,2494	0,0786	-0,2142	-0,0471	-0,0565	-0,1004	-0,0905	0,1202
	Indireto AC	-0,0011	0,0836	-0,0358	-0,0167	0,0026	-0,0632	0,0001	-0,0117
	TOTAL	0,3012	-0,1204	-0,2669	0,0081	0,9306	-0,2069	0,9123	0,2564
R ²		0,5264	0,6853	0,8346	0,0429	0,8863	0,7505	0,8866	0,6686
Efeito Residual		0,6882	0,5610	0,4067	0,9783	0,3372	0,4995	0,3367	0,5756

Variáveis: Dias até o florescimento (DF); Altura de inserção da primeira vagem após a colheita (A1V); Altura média de plantas na colheita (AC); Número de entrenós nos ramos com vagem (NERV); Produtividade de grãos (PROD); Ângulo de inserção dos ramos (AR); Número de vagens na haste principal (NVHP); Número de grãos/vagem (NGV); Número de vagens nos ramos (VR); Diâmetro do hipocótilo (DH); Número de ramos totais (NRT); Comprimento do primeiro entrenó (CE1).

magnitude ($R^2=0,52$) e efeito residual elevado (0,68), superior aos efeitos diretos destas variáveis.

Altura média de plantas na colheita foi, dentre as secundárias, a principal variável que mais explicou a variação para ângulo de inserção dos ramos, indicando que a seleção de plantas com maior altura na colheita resulta em plantas com ramos de ângulos menores.

Dias até o florescimento e altura de inserção da primeira vagem foram os principais determinantes de número de vagens na haste principal. A seleção de plantas mais tardias resulta em plantas com maior número de vagens na haste principal enquanto a seleção de plantas com vagens mais altas em relação ao solo resulta em plantas com menor número de vagens. Estes resultados corroboram que número de vagens na haste principal não determina alterações na variável básica nota de arquitetura na colheita, existindo outras que poderão proporcionar maior impacto em termos de ganho com a seleção.

O número de entrenós nos ramos com vagens apresentou alta correlação e alto efeito direto, positivos, com número de vagens nos ramos e com número de ramos totais. Esta associação é esperada uma vez que as vagens se originam a partir dos nós. Estes resultados mostram coerência da análise de trilha e confiabilidade nas inferências a partir da mesma.

A altura média de plantas na colheita foi a característica que se destacou na determinação do diâmetro do hipocótilo com alta correlação ($r_g=0,79$) e alto efeito direto (0,62). Já, dias até o florescimento, a principal variável determinante de comprimento do primeiro entrenó, com valores -0,84 para efeito direto e -0,69 para a correlação. Nestes dois casos, o coeficiente de determinação esteve abaixo de 76%, indicando que o conjunto de variáveis explicativas não inclui todas as variáveis determinantes destas características.

De modo geral, verificou-se que os efeitos diretos e indiretos secundários das variáveis secundárias sobre a principal, via as variáveis explicativas primárias (Tabela 11 – Diagrama 1) foram de pequena magnitude, exceto para altura média de plantas na colheita via diâmetro do hipocótilo com valores de -0,55 para efeito direto secundário e de -0,83 para a correlação entre essas variáveis.

Através das estimativas dos efeitos diretos e indiretos das variáveis dias até a colheita e número de entrenós na haste principal sobre nota de arquitetura na colheita (Tabela 12 – Diagrama 2) observou-se que apenas dias até a colheita apresentou associação com nota de arquitetura, com correlação e efeito direto elevados com os

Tabela 11 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos secundários das variáveis secundárias sobre a principal, nota de arquitetura, via as variáveis primárias (Diagrama 1). Inverno de 2007, Coimbra – MG

Var. sec.*	Efeitos	Variáveis primárias / Estimativas									
		PROD	AR	NVHP	NGV	VR	DH	NRT	CE1	Ef. Res.	Total
DF	Direto	0,0183	0,0254	0,2330	-0,0144	-0,0010	-0,2692	0,0032	-0,3777	0,2486	-0,1338
	Indireto A1V	0,0806	0,0181	-0,0615	-0,0037	0,0009	0,0558	-0,0022	0,0339	-0,1421	-0,0203
	Indireto AC	-0,0029	-0,1507	0,0807	0,0103	0,0003	-0,2759	0,0000	0,0258	-0,0660	-0,3785
	Indireto NERV	-0,0216	-0,0080	-0,0019	0,0008	-0,0019	0,0044	0,0029	0,0072	0,0226	0,0046
	TOTAL	0,0744	-0,1152	0,2503	-0,0071	-0,0017	-0,4848	0,0039	-0,3109	0,0632	-0,5279
A1V	Direto	0,3599	0,0807	-0,2746	-0,0165	0,0040	0,2493	-0,0099	0,1512	-0,6346	-0,0905
	Indireto DF	0,0041	0,0057	0,0522	-0,0032	-0,0002	-0,0603	0,0007	-0,0846	0,0557	-0,0300
	Indireto AC	0,0003	0,0173	-0,0092	-0,0012	0,0000	0,0316	0,0000	-0,0030	0,0076	0,0434
	Indireto NERV	-0,1023	-0,0378	-0,0091	0,0036	-0,0088	0,0210	0,0139	0,0340	0,1071	0,0217
	TOTAL	0,2621	0,0659	-0,2407	-0,0173	-0,0051	0,2417	0,0048	0,0976	-0,4643	-0,0553
AC	Direto	-0,0058	-0,3015	0,1614	0,0206	0,0006	-0,5520	0,0000	0,0516	-0,1320	-0,7572
	Indireto DF	0,0092	0,0127	0,1165	-0,0072	-0,0005	-0,1345	0,0016	-0,1888	0,1243	-0,0669
	Indireto A1V	-0,0206	-0,0046	0,0157	0,0009	-0,0002	-0,0143	0,0006	-0,0087	0,0364	0,0052
	Indireto NERV	0,0291	0,0107	0,0026	-0,0010	0,0025	-0,0060	-0,0040	-0,0097	-0,0305	-0,0062
	TOTAL	0,0118	-0,2827	0,2962	0,0133	0,0024	-0,7068	-0,0018	-0,1555	-0,0019	-0,8251
NERV	Direto	-0,2860	-0,1056	-0,0254	0,0101	-0,0246	0,0588	0,0390	0,0950	0,2995	0,0608
	Indireto DF	0,0014	0,0019	0,0176	-0,0011	-0,0001	-0,0204	0,0002	-0,0286	0,0188	-0,0101
	Indireto A1V	0,1287	0,0289	-0,0982	-0,0059	0,0014	0,0891	-0,0035	0,0541	-0,2269	-0,0323
	Indireto AC	0,0006	0,0307	-0,0164	-0,0021	-0,0001	0,0561	0,0000	-0,0052	0,0134	0,0770
	TOTAL	-0,1554	-0,0442	-0,1223	0,0010	-0,0233	0,1837	0,0357	0,1153	0,1049	0,0954

*Variáveis secundárias;

Variáveis: Dias até o florescimento (DF); Altura de inserção da primeira vagem após a colheita (A1V); Altura média de plantas na colheita (AC); Número de entrenós nos ramos com vagem (NERV); Produtividade de grãos (PROD); Ângulo de inserção dos ramos (AR); Número de vagens na haste principal (NVHP); Número de grãos/vagem (NGV); Número de vagens nos ramos (VR); Diâmetro do hipocótilo (DH); Número de ramos totais (NRT); Comprimento do primeiro entrenó (CE1).

Tabela 12 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos das variáveis secundárias sobre a variável principal nota de arquitetura (Diagrama 2). Inverno de 2007, Coimbra – MG

Caracteres	Efeitos	Estimativa	
DC	Efeito direto sobre NAC	-0,7467	
	Efeito indireto via NEHP	0,0541	
	TOTAL		-0,6926
NEHP	Efeito direto sobre NAC	0,1375	
	Efeito indireto via DC	-0,2941	
	TOTAL		-0,1566
R ²	0,4957		
Efeito residual	0,7102		

Variáveis: Dias até a colheita (DC); Nota de arquitetura na colheita (NAC); Número de entrenós na haste principal (NEHP).

respectivos valores de -0,69 e -0,74. Contudo, o coeficiente de determinação foi de apenas 0,49, evidenciando a existência de outras variáveis determinantes da nota de arquitetura na colheita e que as associações acima mencionadas não indicam causa e efeito entre as variáveis.

Ainda em relação aos efeitos das variáveis dias até a colheita e número de entrenós na haste principal (Tabela 13 – Diagrama 2) verifica-se que dias até a colheita apresentou alta correlação ($r_g=-0,74$) e alto efeito direto (-0,79) sobre ângulo de inserção dos ramos, bem como alta correlação ($r_g=0,79$) e alto efeito direto (0,76) sobre diâmetro do hipocótilo, indicando que a seleção de plantas mais tardias resulta em plantas com maior diâmetro do hipocótilo e ramos com ângulos menores. O número de entrenós na haste principal apresentou alta correlação ($r_g=0,80$) e alto efeito direto (0,65) sobre o número de vagens na haste principal.

O efeito de dias até a colheita em nota de arquitetura se verifica via diâmetro do hipocótilo (Tabela 14 – Diagrama 2), com valores de correlação igual a -0,69 e efeito direto secundário de -0,67.

Em relação aos efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas primárias (produtividade de grãos, ângulo de inserção dos ramos, número de vagens na haste principal, peso de 100 grãos, número de vagens nos ramos, diâmetro do hipocótilo, número de ramos totais e comprimento do primeiro entrenó) sobre a variável básica (nota de arquitetura na colheita), avaliadas na safra de inverno de 2009 (Tabela 15 – Diagrama 3) pode-se observar que, assim como na safra de 2007, as variáveis primárias

Tabela 13 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos das variáveis secundárias sobre as primárias (Diagrama 2). Inverno de 2007, Coimbra – MG

Var. sec.*	Efeitos	Variáveis primárias / Estimativas							
		PROD	AR	NVHP	NGV	VR	DH	NRT	CE1
DC	Direto	-0,1716	-0,7945	0,3722	-0,1211	-0,4548	0,7603	-0,4879	-0,1791
	Indireto NEHP	0,0063	0,0543	0,2599	-0,0020	0,1272	0,0330	0,1221	-0,1634
	TOTAL	-0,1653	-0,7402	0,6321	-0,1231	-0,3276	0,7933	-0,3658	-0,3425
NEHP	Direto	0,0160	0,1380	0,6599	-0,0051	0,3231	0,0838	0,3100	-0,4150
	Indireto DC	-0,0676	-0,3129	0,1466	-0,0477	-0,1791	0,2994	-0,1921	-0,0705
	TOTAL	-0,0516	-0,1749	0,8065	-0,0528	0,1440	0,3832	0,1179	-0,4855
R ²		0,0275	0,5640	0,7675	0,0152	0,1955	0,6353	0,2150	0,2628
Efeito Residual		0,9861	0,6603	0,4822	0,9924	0,8969	0,6039	0,8860	0,8586

*Variáveis secundárias;

Variáveis: Dias até a colheita (DC); Número de entrenós na haste principal (NEHP); Produtividade de grãos (PROD); Ângulo dos ramos (AR); Número de vagens na haste principal (NVHP); Número de grãos/vagem (NGV); Número de vagens nos ramos (VR); Diâmetro do hipocótilo (DH); Número de ramos totais (NRT); Comprimento do primeiro entrenó (CE1).

Tabela 14 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos secundários das variáveis secundárias sobre a principal, nota de arquitetura, via as variáveis primárias (Diagrama 2). Inverno de 2007, Coimbra – MG

Var. sec.*	Efeitos	Variáveis primárias / Estimativas									
		PROD	AR	NVHP	NGV	VR	DH	NRT	CE1	Ef. Res.	Total
DC	Direto	0,0885	-0,2916	0,1706	-0,0151	0,0114	-0,6751	-0,0191	-0,0805	0,0642	-0,7467
	Indireto NEHP	-0,0032	0,0199	0,1191	-0,0003	-0,0032	-0,0293	0,0048	-0,0735	0,0198	0,0541
	TOTAL	0,0853	-0,2716	0,2897	-0,0154	0,0082	-0,7044	-0,0143	-0,1540	0,0839	-0,6926
NEHP	Direto	-0,0082	0,0506	0,3025	-0,0006	-0,0081	-0,0744	0,0121	-0,1866	0,0502	0,1375
	Indireto DC	0,0349	-0,1148	0,0672	-0,006	0,0045	-0,2659	-0,0075	-0,0317	0,0253	-0,2941
	TOTAL	0,0266	-0,0642	0,3696	-0,0066	-0,0036	-0,3403	0,0046	-0,2183	0,0754	-0,1566

*Variáveis secundárias;

Variáveis: Dias até a colheita (DC); Número de entrenós na haste principal (NEHP); Produtividade de grãos (PROD); Ângulo dos ramos (AR); Número de vagens na haste principal (NVHP); Número de grãos/vagem (NGV); Número de vagens nos ramos (VR); Diâmetro do hipocótilo (DH); Número de ramos totais (NRT); Comprimento do primeiro entrenó (CE1).

Tabela 15 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos das variáveis primárias sobre a variável principal nota de arquitetura (Diagrama 3). Inverno de 2009, Coimbra – MG

Caracteres	Efeitos	Estimativa
PROD		
	Efeito direto sobre NAC	-0,1867
	Efeito indireto via AR	0,0042
	Efeito indireto via NVHP	0,0432
	Efeito indireto via P100	0,0023
	Efeito indireto via VR	0,1074
	Efeito indireto via DH	0,0652
	Efeito indireto via NRT	-0,0103
	Efeito indireto via CE1	0,0148
	TOTAL	0,04
AR		
	Efeito direto sobre NAC	0,3123
	Efeito indireto via PROD	-0,0025
	Efeito indireto via NVHP	-0,0881
	Efeito indireto via P100	0,0173
	Efeito indireto via VR	0,1577
	Efeito indireto via DH	0,5125
	Efeito indireto via NRT	-0,0076
	Efeito indireto via CE1	-0,0185
	TOTAL	0,8832
NVHP		
	Efeito direto sobre NAC	0,1167
	Efeito indireto via PROD	-0,0690
	Efeito indireto via AR	-0,2358
	Efeito indireto via P100	-0,0136
	Efeito indireto via VR	-0,1032
	Efeito indireto via DH	-0,4528
	Efeito indireto via NRT	0,0083
	Efeito indireto via CE1	0,0309
	TOTAL	-0,7183
P100		
	Efeito direto sobre NAC	0,0403
	Efeito indireto via PROD	-0,0106
	Efeito indireto via AR	0,1342
	Efeito indireto via NVHP	-0,0395
	Efeito indireto via VR	0,0621
	Efeito indireto via DH	0,1426
	Efeito indireto via NRT	-0,0044
	Efeito indireto via CE1	-0,0075
	TOTAL	0,3172
VR		
	Efeito direto sobre NAC	0,2343
	Efeito indireto via PROD	-0,0855
	Efeito indireto via AR	0,2103
	Efeito indireto via NVHP	-0,0514
	Efeito indireto via P100	0,0107
	Efeito indireto via DH	0,2638
	Efeito indireto via NRT	-0,0184
	Efeito indireto via CE1	-0,0039
	TOTAL	0,5598
DH		

	Efeito direto sobre NAC	-0,7475	
	Efeito indireto via PROD	0,0163	
	Efeito indireto via AR	-0,2141	
	Efeito indireto via NVHP	0,0707	
	Efeito indireto via P100	-0,0077	
	Efeito indireto via VR	-0,0827	
	Efeito indireto via NRT	0,0022	
	Efeito indireto via CE1	0,0413	
	TOTAL		-0,9216
<hr/>			
NRT	Efeito direto sobre NAC	-0,0272	
	Efeito indireto via PROD	-0,0705	
	Efeito indireto via AR	0,0867	
	Efeito indireto via NVHP	-0,0358	
	Efeito indireto via P100	0,0066	
	Efeito indireto via VR	0,1580	
	Efeito indireto via DH	0,0607	
	Efeito indireto via CE1	-0,0059	
	TOTAL		0,1726
<hr/>			
CE1	Efeito direto sobre NAC	-0,0891	
	Efeito indireto via PROD	0,0309	
	Efeito indireto via AR	0,0648	
	Efeito indireto via NVHP	-0,0405	
	Efeito indireto via P100	0,0034	
	Efeito indireto via VR	0,0102	
	Efeito indireto via DH	0,3463	
	Efeito indireto via NRT	-0,0018	
	TOTAL		0,3241
<hr/>			
R ²	0,9838		
Efeito residual	0,1271		

Variáveis: Produtividade de grãos (PROD); Nota de arquitetura na colheita (NAC); Ângulo de inserção dos ramos (AR); Número de vagens na haste principal (NVHP); Peso de 100grãos (P100); Número de vagens nos ramos (VR); Diâmetro do hipocótilo (DH); Número de ramos totais (NRT); Comprimento do primeiro entrenó (CE1).

explicaram elevada proporção da variação de nota de arquitetura na colheita, sendo o coeficiente de determinação igual a 98,38% e o efeito residual a 0,1271. A variável que mais explicou nota de arquitetura na colheita foi, como no inverno de 2007, o diâmetro do hipocótilo, cujas estimativas de correlação ($r_g = -0,92$) e efeito direto (-0,75) foram de alta magnitude e negativos, sendo novamente indicada para a seleção indireta.

Diferentemente da safra de 2007, produtividade não apresentou relação de causa e efeito com nota de arquitetura, pois a correlação apresentada foi de 0,04 e o efeito direto de -0,18. Assim como produtividade, número de ramos totais e peso de 100 grãos também não demonstraram influenciar a característica nota de arquitetura na colheita, devido às baixas estimativas de correlações e efeitos diretos.

Ângulo de inserção dos ramos apresentou correlação alta e positiva ($r_g = 0,88$) e efeito direto de 0,31 e indireto, via diâmetro do hipocótilo, de 0,51, evidenciando que

para se obter plantas mais eretas é necessário selecionar dentre as plantas de maior diâmetro aquelas de menor ângulo de ramos.

O número de vagens na haste principal apresentou alta correlação ($r_g=-0,71$) e baixo efeito direto (0,12), com efeito indireto alto e negativo via diâmetro do hipocótilo (-0,45). A correlação genética entre diâmetro do hipocótilo e número de vagens na haste principal é positiva ($r_g=0,60$). Estes resultados indicam a necessidade da seleção envolver estas duas variáveis para se obter plantas mais eretas. Em 2007 esta associação não foi observada (Tabela 8). Estes resultados discordantes podem ser devido à interação com ambientes, anos no caso. As demais variáveis, peso de 100 grãos, número de vagens nos ramos, número de ramos totais e comprimento do primeiro entrenó apresentaram estimativas de correlação e efeito direto de baixas magnitudes, indicando ausência de causa e efeito com a variável nota de arquitetura na colheita.

As variáveis secundárias, altura média de plantas na colheita, número de grãos por vagem, número de entrenós na haste principal e nos ramos explicaram elevada proporção da variação de nota de arquitetura, com R^2 de 94%, (Tabela 16 – Diagrama 3). Ressalta-se que a altura média de plantas na colheita, assim como em 2007, é uma característica indicada para a seleção indireta de plantas mais eretas, uma vez que apresentou elevada estimativa de correlação ($r_g=-0,95$) e de efeito direto (-0,99).

Número de grãos por vagem e número de entrenós nos ramos não apresentaram relação de causa e efeito com nota de arquitetura. Já número de entrenós na haste principal apresentou correlação negativa ($r_g=-0,67$) com nota de arquitetura, efeito direto de baixa magnitude (-0,16) e indireto, via altura média de plantas na colheita, também negativo e alto (-0,57). A correlação entre número de entrenós na haste principal e altura média de plantas na colheita é positiva ($r_g=0,57$). Assim, para se obter plantas mais eretas é necessário selecionar dentre as de maior altura na colheita as de maior número de entrenós na haste principal.

De maneira geral, considerando as estimativas dos efeitos das variáveis secundárias sobre as primárias (Tabela 17 – Diagrama 3), obtiveram-se os mesmos resultados da safra de inverno de 2007, em que a variável altura média de plantas na colheita é determinante de ângulo de inserção dos ramos e diâmetro do hipocótilo, enquanto número de entrenós nos ramos determina número de vagens nos ramos. Para as demais variáveis primárias o coeficiente de determinação do diagrama de trilha foi de baixa magnitude, não permitindo inferência sobre as estimativas dos efeitos diretos e indiretos.

Tabela 16 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos das variáveis secundárias sobre a variável principal nota de arquitetura (Diagrama 3). Inverno de 2009, Coimbra – MG

Caracteres	Efeitos	Estimativa	
AC	Efeito direto sobre NAC	-0,9921	
	Efeito indireto via NGV	0,0030	
	Efeito indireto via NEHP	-0,0933	
	Efeito indireto via NERV	0,1362	
	TOTAL		-0,9463
NGV	Efeito direto sobre NAC	-0,0505	
	Efeito indireto via AC	0,0582	
	Efeito indireto via NEHP	0,0529	
	Efeito indireto via NERV	0,0858	
	TOTAL		0,1464
NEHP	Efeito direto sobre NAC	-0,1621	
	Efeito indireto via AC	-0,5711	
	Efeito indireto via NGV	0,0165	
	Efeito indireto via NERV	0,0453	
	TOTAL		-0,6714
NERV	Efeito direto sobre NAC	-0,2194	
	Efeito indireto via AC	0,6157	
	Efeito indireto via NGV	0,0197	
	Efeito indireto via NEHP	0,0334	
	TOTAL		0,4495
R ²	0,9417		
Efeito residual	0,2415		

Variáveis: Altura média de plantas na colheita (AC); Nota de arquitetura na colheita (NAC); Número de grãos/vagem (NGV); Número de entrenós na haste principal (NEHP); Número de entrenós nos ramos com vagem (NERV).

Dos efeitos diretos secundários das variáveis secundárias sobre a principal, via as explicativas primárias (Tabela 18 – Diagrama 3), apenas altura média de plantas na colheita apresentou efeito direto secundário elevado (-0,53), via diâmetro do hipocótilo, sendo a correlação entre estas variáveis de -0,94. Esta associação também foi observada na safra de inverno de 2007.

As variáveis secundárias dias até o florescimento e altura de inserção da primeira vagem, safra de inverno 2009, explicaram cerca de 80% da variação de nota de arquitetura na colheita, com efeito residual de 0,45 (Tabela 19 – Diagrama 4). A

Tabela 17 - Estimativas dos efeitos das variáveis secundárias sobre as variáveis primárias (Diagrama 3). Inverno de 2009, Coimbra – MG

*Var. sec.	Efeitos	Variáveis primárias / Estimativas							
		PROD	AR	NVHP	P100	VR	DH	NRT	CE1
AC									
	Direto	0,4132	-0,7058	0,1128	-0,4348	-0,1831	0,7110	0,2536	0,4328
	Indireto NGV	-0,0172	0,0108	0,0023	0,0333	0,0135	-0,0021	0,0039	0,0130
	Indireto NEHP	0,0228	-0,0632	0,2667	-0,1081	-0,0437	0,1958	0,0978	-0,4972
	Indireto NERV	-0,3837	-0,0168	0,1918	0,1093	-0,4404	-0,1957	-0,479	0,0133
	TOTAL	0,0351	-0,7750	0,5737	-0,4003	-0,6536	0,7090	-0,1236	-0,0381
NGV									
	Direto	0,2923	-0,1839	-0,0397	-0,5673	-0,2304	0,0355	-0,0665	-0,2219
	Indireto AC	-0,0243	0,0414	-0,0066	0,0255	0,0107	-0,0417	-0,0149	-0,0254
	Indireto NEHP	-0,0130	0,0358	-0,1513	0,0613	0,0248	-0,1110	-0,0555	0,2820
	Indireto NERV	-0,2417	-0,0106	0,1208	0,0688	-0,2774	-0,1232	-0,3017	0,0084
	TOTAL	0,0134	-0,1172	-0,0768	-0,4116	-0,4722	-0,2405	-0,4385	0,0431
NEHP									
	Direto	0,0397	-0,1098	0,4634	-0,1878	-0,0759	0,3401	0,1700	-0,8638
	Indireto AC	0,2378	-0,4063	0,0649	-0,2503	-0,1054	0,4092	0,1460	0,2491
	Indireto NGV	-0,0954	0,0600	0,0130	0,1852	0,0752	-0,0116	0,0217	0,0724
	Indireto NERV	-0,1276	-0,0056	0,0638	0,0363	-0,1464	-0,0650	-0,1592	0,0044
	TOTAL	0,0545	-0,4616	0,6051	-0,2166	-0,2525	0,6727	0,1784	-0,5379
NERV									
	Direto	0,6184	0,0270	-0,3091	-0,1761	0,7096	0,3153	0,7718	-0,0215
	Indireto AC	-0,2564	0,4380	-0,0700	0,2698	0,1136	-0,4412	-0,1574	-0,2686
	Indireto NGV	-0,1143	0,0719	0,0155	0,2217	0,0900	-0,0139	0,0260	0,0867
	Indireto NEHP	-0,0082	0,0226	-0,0956	0,0387	0,0157	-0,0702	-0,0351	0,1782
	TOTAL	0,2395	0,5596	-0,4592	0,3542	0,9289	-0,2100	0,6053	-0,0251
R ²		0,1687	0,6344	0,4901	0,3858	0,9067	0,6581	0,4953	0,4392
Efeito Residual		0,9118	0,6047	0,7141	0,7837	0,3054	0,5847	0,7104	0,7489

*Variáveis secundárias;

Variáveis: Altura média de plantas na colheita (AC); Número de grãos/vagem (NGV); Número de entrenós na haste principal (NEHP); Número de entrenós nos ramos com vagem (NERV); Produtividade de grãos (PROD); Ângulo de inserção dos ramos (AR); Número de vagens na haste principal (NVHP); Peso de 100grãos (P100); Número de vagens nos ramos (VR); Diâmetro do hipocótilo (DH); Número de ramos totais (NRT); Comprimento do primeiro entrenó (CE1).

Tabela 18 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos secundários das variáveis secundárias sobre a variável principal, nota de arquitetura, via as variáveis primárias (Diagrama 3). Inverno de 2009, Coimbra – MG

*Var. sec.	Efeitos	Variáveis primárias / Estimativas									
		PROD	AR	NVHP	P100	VR	DH	NRT	CE1	Ef.res.	Total
AC											
	Direto	-0,0771	-0,2205	0,0132	-0,0175	-0,0429	-0,5315	-0,0069	-0,0385	-0,0704	-0,9921
	Indireto NGV	0,0032	0,0034	0,0003	0,0013	0,0032	0,0016	-0,0001	-0,0012	-0,0087	0,0030
	Indireto NEHP	-0,0043	-0,0197	0,0311	-0,0044	-0,0102	-0,1463	-0,0027	0,0443	0,0189	-0,0933
	Indireto NERV	0,0716	-0,0052	0,0224	0,0044	-0,1032	0,1463	0,0130	-0,0012	-0,0120	0,1362
	TOTAL	-0,0066	-0,2421	0,0670	-0,0161	-0,1531	-0,5300	0,0034	0,0034	-0,0721	-0,9463
NGV											
	Direto	-0,0546	-0,0574	-0,0046	-0,0228	-0,0540	-0,0265	0,0018	0,0198	0,1479	-0,0505
	Indireto AC	0,0045	0,0129	-0,0008	0,0010	0,0025	0,0312	0,0004	0,0023	0,0041	0,0582
	Indireto NEHP	0,0024	0,0112	-0,0177	0,0025	0,0058	0,0830	0,0015	-0,0251	-0,0107	0,0529
	Indireto NERV	0,0451	-0,0033	0,0141	0,0028	-0,0650	0,0921	0,0082	-0,0007	-0,0075	0,0858
	TOTAL	-0,0025	-0,0366	-0,0090	-0,0166	-0,1106	0,1798	0,0119	-0,0038	0,1338	0,1464
NEHP											
	Direto	-0,0074	-0,0343	0,0541	-0,0076	-0,0178	-0,2542	-0,0046	0,0769	0,0328	-0,1621
	Indireto AC	-0,0444	-0,1269	0,0076	-0,0101	-0,0247	-0,3059	-0,0040	-0,0222	-0,0405	-0,5711
	Indireto NGV	0,0178	0,0187	0,0015	0,0075	0,0176	0,0087	-0,0006	-0,0065	-0,0483	0,0165
	Indireto NERV	0,0238	-0,0017	0,0074	0,0015	-0,0343	0,0486	0,0043	-0,0004	-0,0040	0,0453
	TOTAL	-0,0102	-0,1442	0,0706	-0,0087	-0,0592	-0,5029	-0,0049	0,0479	-0,0600	-0,6714
NERV											
	Direto	-0,1154	0,0084	-0,0361	-0,0071	0,1663	-0,2357	-0,0210	0,0019	0,0193	-0,2194
	Indireto AC	0,0479	0,1368	-0,0082	0,0109	0,0266	0,3298	0,0043	0,0239	0,0437	0,6157
	Indireto NGV	0,0213	0,0225	0,0018	0,0089	0,0211	0,0104	-0,0007	-0,0077	-0,0578	0,0197
	Indireto NEHP	0,0015	0,0071	-0,0112	0,0016	0,0037	0,0524	0,0010	-0,0159	-0,0068	0,0334
	TOTAL	-0,0447	0,1748	-0,0536	0,0143	0,2176	0,1570	-0,0165	0,0022	-0,0016	0,4495

*Variáveis secundárias;

Variáveis: Altura média de plantas na colheita (AC); Número de grãos/vagem (NGV); Número de entrenós na haste principal (NEHP); Número de entrenós nos ramos com vagem (NERV); Produtividade de grãos (PROD); Ângulo de inserção dos ramos (AR); Número de vagens na haste principal (NVHP); Peso de 100grãos (P100); Número de vagens nos ramos (VR); Diâmetro do hipocótilo (DH); Número de ramos totais (NRT); Comprimento do primeiro entrenó (CE1).

Tabela 19 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos das variáveis secundárias sobre a variável principal nota de arquitetura (Diagrama 4). Inverno de 2009, Coimbra – MG

Caracteres	Efeitos	Estimativa	
DF	Efeito direto sobre NAC	-0,3632	
	Efeito indireto via A1V	-0,1519	
	TOTAL		-0,5151
A1V	Efeito direto sobre NAC	-0,7453	
	Efeito indireto via DF	-0,074	
	TOTAL		-0,8193
R ²	0,7977		
Efeito residual	0,4498		

Variáveis: Dias até o florescimento (DF); Nota de arquitetura na colheita (NAC); Número de grãos/vagem (NGV).

variável que mais explicou a nota de arquitetura foi altura de inserção da primeira vagem, com alto efeito direto (-0,75) e alta correlação ($r_g = -0,82$), evidenciando que a seleção de plantas com maior altura de inserção da primeira vagem resultará em plantas mais eretas.

O efeito direto da variável secundária dias até o florescimento não superou o efeito da variável residual, demonstrando não ser de causa e efeito a relação entre estas variáveis.

Os efeitos diretos das variáveis secundárias dias até o florescimento e altura de inserção da primeira vagem sobre as primárias (Tabela 20 – Diagrama 4) apresentaram o mesmo sinal das correlações, porém magnitudes comparativamente baixas, pois na maioria das vezes, não superaram a estimativa do efeito residual, exceto a variável dias até o florescimento que apresentou estimativas de correlação ($r_g = 0,79$) e de efeito direto (0,70) elevadas sobre diâmetro do hipocótilo, evidenciando que a seleção de plantas tardias resultará em maior diâmetro do hipocótilo e, por conseguinte, melhor arquitetura de planta.

As estimativas dos efeitos secundários das variáveis secundárias via variáveis primárias, sobre a variável principal (Tabela 21 – Diagrama 4) apresentaram, no geral, estimativas de baixa magnitude, exceto via diâmetro do hipocótilo. Altura de inserção da primeira vagem apresentou efeito direto secundário sobre nota de arquitetura via diâmetro do hipocótilo de -0,32 e correlação de -0,81. Dias até o florescimento apresentou efeito direto secundário via diâmetro do hipocótilo de -0,52, com correlação

Tabela 20 - Estimativas dos efeitos das variáveis secundárias sobre as variáveis primárias (Diagrama 4). Inverno de 2009, Coimbra – MG

Var. sec.*	Efeitos	Variáveis primárias / Estimativas							
		PROD	AR	NVHP	P100	VR	DH	NRT	CE1
DF	Direto	-0,0899	-0,1731	0,2204	-0,1237	0,2458	0,7024	0,3569	-0,5948
	Indireto A1V	-0,0067	-0,1262	0,0669	-0,0748	-0,1435	0,0878	-0,0561	0,0547
	TOTAL	-0,0966	-0,2993	0,2873	-0,1985	0,1023	0,7902	0,3008	-0,5401
A1V	Direto	-0,0331	-0,6191	0,3284	-0,3672	-0,704	0,4306	-0,275	0,2686
	Indireto DF	-0,0183	-0,0353	0,0449	-0,0252	0,0501	0,1432	0,0727	-0,1212
	TOTAL	-0,0514	-0,6544	0,3733	-0,3924	-0,6539	0,5738	-0,2023	0,1474
R ²		0,0104	0,4570	0,1859	0,1686	0,4855	0,8022	0,1630	0,3609
Efeito Residual		0,9948	0,7369	0,9023	0,9118	0,7173	0,4448	0,9149	0,7995

*Variáveis secundárias.

Variáveis: Dias até o florescimento (DF); Altura de inserção da primeira vagem no campo (A1V); Produtividade de grãos (PROD); Ângulo de inserção dos ramos (AR); Número de vagens na haste principal (NVHP); Peso de 100 grãos (P100); Número de vagens nos ramos (VR); Diâmetro do hipocótilo (DH); Número de ramos totais (NRT); Comprimento do primeiro entrenó (CE1).

Tabela 21 - Estimativas dos e feitos diretos e indiretos secundários das variáveis secundárias sobre a variável principal, nota de arquitetura, via as variáveis primárias (Diagrama 4). Inverno de 2009, Coimbra – MG

Var. sec.*	Efeitos	Variáveis primárias / Estimativas									
		PROD	AR	NVHP	P100	VR	DH	NRT	CE1	Ef.res.	Total
DF	Direto	0,0168	-0,0541	0,0257	-0,0050	0,0576	-0,5251	-0,0097	0,0530	0,0776	-0,3632
	Indireto A1V	0,0013	-0,0394	0,0078	-0,0030	-0,0336	-0,0656	0,0015	-0,0049	-0,0160	-0,1519
	TOTAL	0,0180	-0,0935	0,0335	-0,0080	0,0240	-0,5907	-0,0082	0,0481	0,0616	-0,5151
A1V	Direto	0,0062	-0,1934	0,0383	-0,0148	-0,1649	-0,3219	0,0075	-0,0239	-0,0783	-0,7453
	Indireto DF	0,0034	-0,0110	0,0052	-0,0010	0,0117	-0,1070	-0,0020	0,0108	0,0158	-0,074
	TOTAL	0,0096	-0,2044	0,0436	-0,0158	-0,1532	-0,4289	0,0055	-0,0131	-0,0625	-0,8193

*Variáveis secundárias.

Variáveis: Dias até o florescimento (DF); Altura de inserção da primeira vagem no campo (A1V); Produtividade de grãos (PROD); Ângulo de inserção dos ramos (AR); Número de vagens na haste principal (NVHP); Peso de 100 grãos (P100); Número de vagens nos ramos (VR); Diâmetro do hipocótilo (DH); Número de ramos totais (NRT); Comprimento do primeiro entrenó (CE1).

de -0,51. Estes resultados indicam que a seleção de plantas com ciclo tardio e maior altura de inserção da primeira vagem resultará na obtenção de plantas com maior diâmetro do hipocótilo. Portanto, plantas com maior altura de inserção da primeira vagem e ciclo tardio serão plantas mais eretas.

Com os desdobramentos das estimativas dos coeficientes de correlação genotípica entre as variáveis relacionadas à arquitetura de plantas do feijoeiro avaliadas nas duas safras, observou-se que as características diâmetro do hipocótilo, ângulo de inserção dos ramos e altura média de plantas na colheita são as variáveis que mais explicam as variações de nota de arquitetura. Entretanto, cabe ressaltar a maior facilidade e agilidade para obtenção dos dados de diâmetro do hipocótilo, bem como maior precisão e acurácia em sua avaliação. Acquah et al. (1991) encontrou resultados semelhantes no estudo de características relacionadas com a arquitetura do feijoeiro.

Com os resultados obtidos nesse trabalho pode-se, portanto, indicar a variável diâmetro do hipocótilo como a de maior potencial para subsidiar, ou até mesmo substituir, a avaliação por notas de arquitetura de plantas em feijoeiro.

O diâmetro do hipocótilo ainda apresenta outros atributos. A avaliação não é subjetiva e podem ser tomadas medidas de plantas individuais dentro da parcela, bem como a avaliação pode ser realizada após a colheita. A avaliação de plantas individuais é importante nos programas de melhoramento quando se pretende fazer seleção dentro das famílias, o que não seria possível com a avaliação da arquitetura por notas, uma vez que as notas são atribuídas na parcela.

4.5. Análise de repetibilidade

Na Tabela 22 estão apresentadas as estimativas do número de medidas necessário para acessar o valor genotípico, com R^2 igual 80%, para três métodos de análise (ANOVA, componentes principais, com base na matriz de correlação, e análise estrutural), referentes ao diâmetro do hipocótilo. Este número apresentou pequena variação de uma repetição para outra dentro de cada safra, bem como entre as safras (inverno de 2007 e inverno de 2009) e entre os métodos, exceto para a primeira repetição do experimento de 2007. Cabe ressaltar que em 2007 foram utilizados dados de 3 plantas e em 2009 de 7 plantas. A repetibilidade considerando as três repetições em conjunto, tanto para a safra de 2007 (dados de 9 plantas) quanto de 2009 (dados de 21 plantas) também apresentou valores similares. Assim, para se avaliar genótipos quanto ao diâmetro do hipocótilo com elevada acurácia no processo de seleção seria necessário

a utilização de seis medidas, considerando as análises com os totais de 2007 e 2009. Desta forma em experimentos com três repetições bastaria medir duas plantas em cada uma delas.

De acordo com Abeywardena (1972), a utilização do método de componentes principais na estimativa do coeficiente de repetibilidade é mais adequada quando os genótipos apresentam comportamento cíclico ao longo das avaliações em relação ao caráter em apreço. Em razão da semelhança das magnitudes das estimativas dos coeficientes obtidos pelos diferentes métodos (Tabela 22) é possível inferir que a característica diâmetro do hipocótilo apresenta pequenas variações de uma avaliação para outra, seja considerando diferentes repetições ou safras, anos no caso.

Tabela 22 - Número de medidas para R^2 de 80% em relação à característica diâmetro do hipocótilo para diferentes estratégias, Coimbra – MG

Estratégias	Método*			Média
	1	2	3	
1ª Rep. (3pl)/2007	3,74	2,70	3,64	3,36
2ª Rep. (3pl)/2007	6,74	6,17	5,83	6,25
3ª Rep.(3pl)/2007	4,70	4,41	4,87	4,66
Total (9pl)/2007	6,00	5,35	5,70	5,68
1ª Rep.(7pl)/2009	4,76	3,91	4,79	4,49
2ª Rep.(7pl)/2009	4,89	4,20	4,41	4,50
3ª Rep.(7pl)/2009	5,71	5,55	5,63	5,63
Total (21pl)/2009	6,02	5,36	5,62	5,67
Média				5,03

*Método: 1) Anova em DIC ; 2) Componentes principais por matriz de correlação; 3) Análise estrutural

5. CONCLUSÕES

- Os caracteres diâmetro do hipocótilo, ângulo de inserção dos ramos e altura média de plantas na colheita são os principais determinantes da arquitetura de plantas do feijoeiro;
- O diâmetro do hipocótilo se destacou como indicador efetivo da arquitetura de plantas do feijoeiro;
- Na avaliação do diâmetro do hipocótilo são necessárias no mínimo seis medidas para acessar o valor genotípico de linhagens de feijoeiro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACQUAAH, G.; ADAMS, M. W.; KELLY, J. D. Identification of effective indicators of erect plant architecture in dry bean. **Crop Science**. 31:261-264, 1991.

ABEYWARDENA, V. An application of principal component analysis in genetics. **Journal of Genetics**. 61(1):27-51, 1972.

BASU, P.; ZHANG, Y.; LYNCH, J. P.; BROWN, K. M. Ethylene modulates genetic, positional and nutritional regulation of root plagiogravitropism. **Functional Plant Biology**. 34:41-51, 2007.

BEZERRA, A. A. C.; TÁVORA, F. J. A. F.; FILHO, F. R. F.; RIBEIRO, V. Q. Morfologia e produção de grãos em linhagens modernas de feijão-caupi submetidas a diferentes densidades populacionais. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. 8(1): 85-93, 2008.

COLLICCHIO, E.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Associação entre o porte da planta do feijoeiro e o tamanho dos grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 32(3):297-304, 1997.

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

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

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Indicadores IBGE: Estatística da Produção Agrícola**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201009.pdf. Acesso em: 23 out. 2010.

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

KELLY, J. D.; ADAMS, M. W. Phenotypic recurrent selection in ideotype breeding of pinto beans. **Euphytica**. 36(1):69-80, 1987.

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

MATOS FILHO, C. H. A. **Análise genética de caracteres relacionados à arquitetura de Planta em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. Dissertação, UFPI, 2006.

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

MENEZES JÚNIOR, J. A. N. **Seleção recorrente simultânea para alguns caracteres do feijoeiro**. Dissertação, UFLA: Lavras, 2007.

Ministério da Agricultura. **Descritores mínimos de feijão**. Publicado no Diário Oficial da União em 05/11/1997.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. São Paulo: Esalq, 1985. 467 p.

RAMALHO, M. A. P.; PIROLA, L. H.; ABREU, A. F. B. Alternativas na seleção de plantas de feijoeiro com porte ereto e grão tipo carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 33(12):1989-94, 1998.

RUBIO, G.; LYNCH, J. P. Compensation among root classes in *Phaseolus vulgaris* L. **Plant and Soil**. 290:307-321, 2007.

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, 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**. 44(12):1647-1652, 2009.

SILVA, E. T. **Feijão – Morfologia**. Agência de informação Embrapa. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia4/AG01/arvore/AG01_9_1311200215101.html Acesso em: 19 maio 2010.

SOUZA, C. A.; COELHO, C. M. M.; AMARANTE, C. V. T.; MIQUELLUTI, D. J. ; VIEIRA, S. P.; ARCARO, T. F. Proposta para modificar a arquitetura de plantas de feijão pelo uso de ácido giberélico. **Inter Science Place**. 1(9):1-14, 2009.

VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A.; **Feijão**. 2ª Ed. Viçosa: Ed.UFV, 2006. p. 45-63.

VIEIRA, C.; BORÉM, A.; RAMALHO, M. A. P.; CARNEIRO, J. E. de 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.

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**. 22(4):577-582, 1999.