

**ESTRATÉGIAS PARA RECOMENDAÇÃO DE
LINHAGENS DE FEIJOEIRO AVALIADAS EM
DIFERENTES AMBIENTES**

RANOEL JOSÉ DE SOUSA GONÇALVES

2008

RANOEL JOSÉ DE SOUSA GONÇALVES

**ESTRATÉGIAS PARA RECOMENDAÇÃO DE LINHAGENS DE
FEIJOEIRO AVALIADAS EM DIFERENTES AMBIENTES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de
Plantas, para obtenção do título de "Mestre".

Orientadora

Pesq. Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

2008

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Gonçalves, Ranoel José de Sousa.

Estratégias para recomendação de linhagens de feijoeiro avaliadas em diferentes ambientes / Ranoel José de Sousa Gonçalves. – Lavras : UFLA, 2008.

65 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2008.

Orientador: Ângela de Fátima Barbosa Abreu.

Bibliografia.

1. Interação cultivares x ambientes. 2. Estabilidade. 3. Doses de fertilizante. 4. Densidade de semeadura. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 635.6523

RANOEL JOSÉ DE SOUSA GONÇALVES

**ESTRATÉGIAS PARA RECOMENDAÇÃO DE
LINHAGENS DE FEIJOEIRO AVALIADAS EM
DIFERENTES AMBIENTES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 30 de julho de 2008

Prof. Dr. José Airton Rodrigues Nunes UFPI

Prof. Dr. Messias José Bastos de Andrade UFLA

Pesq. Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu
EMBRAPA/ARROZ E FEIJÃO
(Orientadora)

Lavras
MINAS GERAIS - BRASIL

À Dra. Ângela, por ser uma pessoa adorada por todos aqueles que um dia tivemos o prazer de trabalhar com ela, por ser exemplo de mulher e profissional, pela dedicada orientação e pela grande amizade.

OFEREÇO

Aos meus pais, Luiz Goberto do Nascimento Gonçalves e Maria do Rosário Souza Gonçalves, por todo amor e apoio.

Aos meus queridos irmãos, Vivian Cristiane de Souza Gonçalves, Romerito Maxwell de Souza Gonçalves e Raniele Kelly de Souza Gonçalves, por toda ajuda e carinho.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo de bom que sempre vem me proporcionando nessa vida.

A todos que sempre acreditaram que eu iria conseguir realizar este trabalho, entre eles: minha mãe, Maria do Rosário de Souza Gonçalves; meu pai, Luiz Goberto do Nascimento Gonçalves e meus irmãos, Vivian, Romerito e Raniele.

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de realizar o mestrado e à Capes, pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao professor Magno Antonio Patto Ramalho, pelas valiosas sugestões fornecidas a este trabalho.

Aos colegas do curso de genética e do GEN.

Aos membros da banca, pelas valiosas sugestões apresentadas para a melhoria do presente trabalho.

Aos professores da Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, por todos os ensinamentos e amizade.

Aos funcionários do Departamento de Biologia, pela ajuda na realização deste trabalho, especialmente Elaine, Léo e Lindolfo.

Aos colegas de república: Marcus, Felipe e Tizinho, pela grande amizade.

Aos colegas Rafaela, Jeane, Raoni e José Wilson, pela amizade conquistada desde o início do curso.

A todos que, embora não citados, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, meu MUITO OBRIGADO!!!

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	iii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Morfologia da planta.....	3
2.2 Interação genótipos x ambientes.....	6
2.2.1 Como atenuar a interação genótipos x ambientes.....	8
2.3 O uso de fertilizantes na cultura do feijoeiro.....	10
2.4 Populações de plantas na cultura do feijoeiro.....	15
2.5 Épocas de semeadura na cultura do feijoeiro no Brasil.....	18
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1 Ambientes.....	22
3.2 Material genético, doses de fertilizantes e densidades de semeadura.....	22
3.3 Condução dos experimentos.....	26
3.4 Análises estatísticas.....	26
3.5 Análise de adaptabilidade e estabilidade.....	30
3.6 Estimativa do risco de adoção das linhagens.....	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
5 CONCLUSÕES.....	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
ANEXO.....	59

RESUMO

GONÇALVES, Ranoel José de Sousa. **Estratégias para recomendação de linhagens de feijoeiro avaliadas em diferentes ambientes**. 2008. 65 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

O presente trabalho foi conduzido com os objetivos de verificar se o desempenho de linhagens de feijoeiro de diferentes hábitos de crescimento é dependente dos níveis de fertilizantes empregados e de diferentes densidades de semeadura; estimar as interações das linhagens com os sistemas de manejo e verificar se é possível identificar linhagens mais estáveis e adaptadas aos sistemas de cultivo empregados. Para isso, foram conduzidos experimentos em seis ambientes (safras e locais), no período de novembro de 2006 a fevereiro 2008. Em cada ambiente foram conduzidos nove experimentos, resultantes da combinação de três doses de fertilizantes e três densidades de semeadura. Foram utilizadas as linhagens Ouro Negro, Pérola, BRSMG Talismã e BRSMG Majestoso, que apresentam hábito de crescimento tipo III; as linhagens BRS Horizonte, IAPAR 81, BRS Supremo, Carioca MG e BRS Valente, de hábito de crescimento tipo II e as linhagens BRS Radiante e CNFRJ 10564, que apresentam hábito de crescimento tipo I. As doses de fertilizantes utilizadas por ocasião da semeadura foram 0, 300 e 600 kg ha⁻¹ da formulação de NPK 8-28-16 e em cobertura 0, 100 e 200 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio, respectivamente, aos 20 dias após a emergência. As densidades de semeadura foram de 10, 15 e 20 sementes por metro linear. O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados, com três repetições. As parcelas foram compostas de três linhas de 3,0 m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,5 m. Foram realizadas as análises de variância individuais e conjuntas, utilizando a produtividade de grãos em kg ha⁻¹ e estimadas a adaptabilidade e a estabilidade das linhagens pela metodologia proposta por Nunes et al. (2005). Para a estimativa do risco de adoção das linhagens foi utilizada a metodologia proposta por Annichiarico (1992). Verificou-se que: a variação nas doses de fertilizantes afeta mais a produtividade de grãos das linhagens que a variação nas densidades de semeadura; a resposta das linhagens ao aumento da densidade de semeadura e doses de fertilizantes varia com o ambiente em que são avaliadas e independe do hábito de crescimento das mesmas; as interações envolvendo as doses de fertilizantes e as densidades de semeadura foram expressivas, mostrando que é importante realizar os VCU em diferentes doses de fertilizantes e densidades de semeadura e a cultivar Ouro Negro, de grãos pretos, foi a mais adaptada e com

menor risco de adoção. Entre as cultivares de grãos tipo carioca, se destacaram a Carioca MG e a BRSMG Talismã.

* Comitê Orientador: Ângela de Fátima Barbosa Abreu - EMBRAPA/Arroz e feijão (Orientadora), Magno Antonio Patto Ramalho – UFLA (Co-Orientador).

ABSTRACT

GONÇALVES, Ranoel José de Sousa. **Strategies for recommendation of common bean lines evaluated in different environments**. 2008. 65 p. Dissertation (Masters in Genetics and Plant Breeding) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.*

The present work was done to verify if the behavior of common bean lines with different growth habits is dependent on the levels of fertilizers and on different sowing densities, as well as to estimate the interactions of lines with management systems and to verify if it is possible to identify lines more stable, and adapted to the cultivation systems. The experiments were conducted in six environments (harvests and locals), from November 2006 to February 2008. In each environment, nine experiments were set up from the combination of three fertilizer levels and three sowing densities. The lines Ouro Negro, Pérola, BRSMG Talismã and BRSMG Majestoso, which present growth habit type III; BRS Horizonte, IAPAR 81, BRS Supremo, Carioca MG and BRS Valente, of growth habit type II and lines BRS Radiante and CNFRJ 10564 which present growth habit type I were used. The fertilizer levels at sowing were: 0, 300 and 600 Kg ha⁻¹ of the formulation NPK 8-28-16 and 0, 100 and 200 Kg ha⁻¹ of ammonium sulfate as side dressings at 20 days after emergence. The sowing densities were 10, 15 and 20 seeds per linear meter. The experimental design was randomized complete blocks with three replications. The plots were three lines of 3.0 meters long and 0.5 meter between lines. Individual and joint analyses of variance were accomplished using grain yield in Kg ha⁻¹ and the adaptability and stability of the lines were estimated by the methodology of Nunes et al. (2005). To estimate the line's adoption risk, the methodology proposed by Annichiarico (1992) was used. The variation in fertilizer levels have a major effect in grain yield than the variation in sowing densities; the lines behavior to the increase in sowing densities and fertilizer levels vary with the environment where they are evaluated and are independent on their growth habits; the interactions of fertilizer levels and sowing densities were expressive, showing the importance of making the experiments in different fertilizer levels and sowing densities; the cultivar Ouro Negro, with black grains, was the most adapted and with smaller adoption risk. Among the cultivars of "carioca" grain, type the Carioca MG and BRSMG Talismã stood out.

* Guidance committee: Ângela de Fátima Barbosa Abreu - EMBRAPA/Arroz e feijão (Adviser), Magno Antonio Patto Ramalho – UFLA (Co-Adviser).

1 INTRODUÇÃO

Para que uma linhagem de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*) seja recomendada aos agricultores, é necessário que ela seja avaliada em experimentos denominados valor de cultivo e uso, ou VCU. É exigência do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) que esses experimentos sejam conduzidos em, pelo menos, três locais por região edafoclimática de importância para a cultura, em cada época de cultivo (primavera-verão, verão-outono e outono-inverno), por um período mínimo de dois anos.

Nesses experimentos, normalmente, é empregado o mesmo sistema de manejo, ou seja, mesmo espaçamento entre linhas, densidade de semeadura e adubação de acordo com os resultados da análise do solo. Contudo, no caso do feijoeiro, que pode ser cultivado durante todo o ano, nas mais diversas condições de clima e, sobretudo, submetido à grande heterogeneidade de sistema de manejo adotado pelos agricultores, outros ambientes poderiam ser incluídos no VCU. É questionável que, se houvesse variação nos sistemas de manejo, o desempenho das linhagens poderia ser alterado, principalmente se nos experimentos estiverem sendo avaliadas linhagens de diferentes hábitos de crescimento.

Além de apresentar vários hábitos de crescimento, também é grande a variabilidade no ciclo da cultura. Principalmente quando se têm plantas de hábito tipo II, elas devem ser recomendadas para maiores densidades de semeadura, e as mais precoces poderiam ter exigências diferentes em nutrientes.

Assim, para se ganhar tempo, seria importante que a recomendação das linhagens fosse acompanhada de informações a respeito da densidade e da adubação mais aconselhada. Para que isso possa ocorrer, informações poderiam

ser obtidas conduzindo os VCU em diferentes condições de manejo. Dessa forma, não só seriam geradas tais informações, como se poderiam estimar as interações envolvendo essas diferentes variáveis de manejo.

Sendo assim, o presente trabalho foi conduzido visando verificar se o desempenho de linhagens de feijoeiro de diferentes hábitos de crescimento é dependente das doses de fertilizantes empregados e de diferentes densidades de semeadura, bem como quantificar as interações das linhagens com os sistemas de manejo e verificar se é possível identificar linhagens mais estáveis e adaptadas aos sistemas de cultivo empregados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Morfologia da planta

Na intenção de adotar o melhor sistema de manejo da cultura, um dos primeiros cuidados a serem tomados é a escolha da cultivar a ser plantada, pois, a partir daí, todas as etapas de manejo serão função da cultivar escolhida. Nesse contexto, é necessário destacar que, na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L), essa escolha é feita por meio de vários caracteres, entre eles os morfológicos, razão pela qual é importante ter informações a respeito dos mesmos.

A disposição do sistema radicular do feijoeiro no solo se assemelha ao sistema fasciculado porque a raiz primária não é uma raiz pivotante típica (Santos & Gavilanes, 2006) além de a grande maioria das raízes situar-se nos primeiros 20 cm de solo, sendo 62% a 87% nos 10 cm superficiais (Vieira, 1967). Diante disso, a planta explora, essencialmente, a camada superficial do solo, sendo, por isso, muito sensível à falta de umidade. Portanto, é notável a importância de se adotar estratégias adequadas que estimulem o maior desenvolvimento radicular. Na semeadura, por exemplo, o adubo deve ser colocado ligeiramente abaixo da semente para estimular o aprofundamento das raízes, a fixação mais firme da planta no solo e a exploração das camadas mais profundas. Medidas que assegurem maior disponibilidade de água são também necessárias, como turnos de rega mais curtos nas culturas irrigadas e escolha de áreas com alto teor de matéria orgânica para as não-irrigadas, em períodos com risco de falta de água. O controle de plantas daninhas é outra prática que deve ser realizada de forma a evitar grandes danos ao sistema radicular superficial (Santos e Gavilanes, 2006).

O hábito de crescimento no feijoeiro é considerado um dos caracteres mais importantes, pois é essencial na descrição das cultivares e na escolha das

mais adequadas para o plantio nas mais diversas condições. Na classificação dos hábitos de crescimento do feijoeiro, um dos caracteres mais importantes é o florescimento das plantas. As plantas de crescimento determinado desenvolvem uma inflorescência no ápice da haste principal e das hastes laterais, onde, 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, normalmente, diz-se que, nas plantas de crescimento determinado, o florescimento ocorre do ápice da planta para a base. Já com relação às plantas de crescimento indeterminado, os meristemas apicais da haste principal e das laterais continuam vegetativos durante o florescimento, o que não ocorre nas plantas de crescimento determinado. 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 crescimento indeterminado, o florescimento ocorre da base para o ápice.

Com relação ao tipo de planta do feijoeiro, ou hábito de crescimento, uma classificação de maior aceitação é a apresentada por Vieira et al. (2005) que divide o hábito de crescimento em quatro tipos: I, II, III e IV. Nesta classificação levam-se em consideração não apenas o tipo de crescimento, em função do florescimento das plantas, mas o número e o comprimento dos internódios ao longo da haste principal, a intensidade e o ângulo de inserção das ramificações laterais, além da habilidade de emitir “guia”, capaz de enrolar em um suporte.

Cultivares do tipo I (hábito determinado) apresentam porte arbustivo com a haste principal e os ramos laterais terminados em inflorescências. Isso ocorre devido à interrupção do crescimento vegetativo em função da diferenciação das gemas apicais, inicialmente no caule e, em seguida, nas ramificações, dando início, assim, à fase reprodutiva. O florescimento ocorre de forma uniforme e em um período relativamente curto, sendo as cultivares de crescimento determinado, geralmente, mais precoces que as de crescimento indeterminado (Santos e

Gavilanes, 2006). Em comparação com as plantas de crescimento indeterminado, apresentam menor número de nós, além de internódios mais curtos (Lollato, 1997).

Em cultivares dos tipos II, III e IV, o crescimento é indeterminado, porém, diferem no comprimento da guia, no diâmetro do caule e no número e no ângulo de inserção das ramificações (Kelly, 2001).

As cultivares do tipo II são, comumente, denominadas de “guia curta” ou “ramo curto”. Apresentam uma haste principal com tendência de crescimento vertical, ramos laterais não numerosos e, geralmente, curtos, o que confere à planta o aspecto arbustivo, apesar de possuir hábito de crescimento indeterminado. O número de ramificações é limitado, de ângulo agudo com a haste principal. As vagens, geralmente, não são fixadas nos nós mais baixos, concentrando-se na porção média da planta, formando um perfil estreito, com plantas eretas e arbustivas (Kelly, 2001).

Plantas com hábito de crescimento do tipo III apresentam guias longas, o que, aliado aos ramos laterais bem desenvolvidos, evidencia aptidão trepadora, principalmente quando crescem junto a qualquer tipo de suporte. Diferenciam-se do tipo II por apresentar maior número de ramificações, maior número de nós e internódios mais longos. Essas plantas podem tornar-se prostradas devido à fragilidade do caule no decorrer do enchimento de grãos e ao maior número de vagens fixadas nos nós mais baixos.

No tipo IV, é visível uma forte dominância apical apresentada pelas plantas, que apresentam grande desenvolvimento da haste principal (2 a 3 metros), baixo número de ramos laterais em cada nó e grande número de nós (aproximadamente 30). A floração se prolonga por semanas e, na parte basal do caule ou haste, podem-se observar vagens secas, apesar do ápice da planta continuar emitindo flores (Santos e Gavilanes, 2006). Assim, o cultivo de

plantas desse tipo requer uma colheita parcelada, além da presença de tutores adequados, para a expressão de seu elevado potencial de produção.

Nos últimos anos, nos programas de melhoramento do feijoeiro, tem sido dada alguma ênfase a cultivares mais precoces, de tipo I ou de tipo II, com plantas eretas, uniformidade de maturação e sementes com tamanho e forma uniformes, além de ampla adaptabilidade (Kelly et al., 1998; Collicchio et al., 1997; Cunha et al., 2005 ; Menezes Junior, 2007). Entretanto, esses fenótipos são geralmente encontrados em cultivares com baixo potencial e baixa estabilidade de produtividade de grãos, quando comparadas a cultivares de hábito de crescimento tipo III (Didonet e Silva, 2004).

As principais cultivares comerciais de maior potencial produtivo são de crescimento indeterminado, principalmente do tipo III, como as cultivares Pérola e BRSMG Talismã, por exemplo (Ramalho e Abreu, 2006). Entretanto, vale ressaltar que, para maximizar a produtividade, devem ser levados em conta outros fatores além do hábito de crescimento, como ciclo da cultura, ambiente, sistema e práticas de manejo, entre outros (Didonet e Silva, 2004).

Outras características que merecem destaque são o tamanho e a altura de inserção das vagens, pois elas são responsáveis por grandes implicações 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 Junior, 2007). Além disso, dificultam a colheita mecanizada.

2.2 Interação genótipos x ambientes

O valor fenotípico de um indivíduo em uma dada condição é influenciado pelo genótipo, que é a constituição genética do mesmo, e pelo ambiente, que envolve todos os demais fatores que afetam seu crescimento e desenvolvimento. Assim, o ambiente pode ser um ano, local, época de

semeadura, sistema de manejo ou mesmo a junção de todos esses fatores. Quando dois ou mais genótipos são comparados em dois ou mais ambientes, é possível estimar um terceiro componente: a interação entre os efeitos dos genótipos e dos ambientes.

Ramalho et al. (2005) comentam que a interação genótipos por ambientes é decorrente da variação diferencial do desempenho dos genótipos nos vários ambientes e que tal fato reflete as diferentes sensibilidades dos genótipos às mudanças do ambiente. É necessário mencionar que, diante disso, há certa evidência de dependência entre os efeitos genéticos e ambientais. Por outro lado, caso o desempenho relativo dos genótipos seja constante ao longo dos ambientes, então, a interação genótipos x ambientes é nula (Gieco, 1997). No entanto, na prática, é bem provável que a situação em questão não venha a ser observada, devido à multiplicidade de fatores que contribuem para a grande heterogeneidade dos ambientes aos quais os genótipos são submetidos.

Em termos biológicos, a interação deve ser atribuída a fatores fisiológicos e bioquímicos inerentes a cada cultivar. Do ponto de vista genético, a interação deve ocorrer devido à contribuição diferencial dos alelos dos diferentes genes que controlam o caráter ou nível de expressão dos mesmos em cada ambiente. Segundo Kang e Gauch Jr (1966), essa diferença ocorre porque a expressão do gene é influenciada e regulada pelo ambiente, fato que deve ser esperado, pois, considerando que o produto gênico é uma cadeia polipeptídica ou proteína, a qual atua como enzima catalisando reações químicas específicas, é bem provável que ela seja sensível ao efeito do ambiente, de modo que a resposta do genótipo sofreria alteração. A contribuição dos alelos para a expressão do caráter é a base biológica das interações genótipos x ambientes detectadas pelos testes estatísticos (Basford e Cooper, 1998).

A resposta relativa dos genótipos em relação à variação dos ambientes pode ser dividida em dois tipos: previsível e imprevisível (Cruz e Carneiro,

2003). A primeira categoria inclui todos os fatores permanentes do ambiente, como as características gerais do clima e tipo de solo, e também as características do ambiente que variam de maneira sistemática, como o comprimento do dia. Inclui, ainda, os aspectos do ambiente que são determinados pelo homem, como data de plantio, densidades de semeadura, níveis de adubação e colheita, entre outros. A segunda categoria inclui as flutuações variáveis do ambiente, como quantidade e distribuição de chuvas e variações na temperatura, entre outras.

As variações previsíveis podem ser avaliadas individualmente ou de forma conjunta em relação à sua interação com os genótipos. Dessa forma, estudos individualizados, tais como genótipos x densidades de semeadura e genótipos x níveis de adubação, ou estudos envolvendo todos esses fatores, podem ser feitos por intermédio de uma interação generalizada genótipos x ambientes. É necessário mencionar que avaliações dessas variações previsíveis são de grande importância, uma vez que pode ser possível a identificação de genótipos que sejam mais estáveis à mudança de manejos da cultura. Isso porque o feijoeiro, além de ser cultivado nas mais diversas condições de solo e clima, também está sujeito a diferentes níveis de tecnologia adotados pelos agricultores. Assim, estudos dessa natureza são utilizados na recomendação de cultivares visando à indicação das mais ajustadas ao agricultor.

2.2.1 Como atenuar a interação genótipos x ambientes

Algumas medidas podem ser empregadas para atenuar a interação genótipos x ambientes, tais como identificação de cultivares específicas para cada ambiente, realização de zoneamento ecológico e identificação de cultivares com maior estabilidade fenotípica.

A identificação de cultivares específicas para cada ambiente procura explorar de maneira positiva a interação genótipos x ambientes, com a intenção

de maximizar ou capitalizar os ganhos genéticos dos materiais em um ambiente específico (Nunes, 2000). Entretanto, Ramalho et al. (1993a) comentam que o seu maior inconveniente é a dificuldade de implementação. Provavelmente, é devido a esse fato que a estratégia não é muito utilizada, principalmente em culturas como o feijoeiro, que é cultivada por agricultores que empregam níveis de tecnologia muito diferentes, como já foi comentado.

Quando se dispõe de uma rede de ambientes para avaliações de cultivares, torna-se fundamental identificar se há, entre os ambientes disponíveis, padrões similares de respostas de cultivares (estratificação de ambientes). Além de reduzir a interação de genótipos x ambientes, esse processo possibilita avaliar o grau de representatividade dos experimentos e tomar decisões com relação à redução do número de ambientes quando existem problemas técnicos ou escassez de recursos (Cruz e Regazzi, 1997). Assim, o zoneamento ecológico consiste em identificar e dividir uma área extensa em sub-regiões, contíguas ou não, ecologicamente semelhantes, com a intenção de atenuar o efeito da interação genótipos x ambientes (Ramalho et al., 1993a). Dentro dessas sub-regiões, os genótipos não interagem significativamente com o ambiente ou a interação é muito pequena, pois se observa que o zoneamento ecológico não evita totalmente a ocorrência da interação (Tai, 1971). Entretanto, observa-se que, mesmo com esse procedimento, uma fração da interação ainda permanece, em razão da ocorrência de fatores ambientais incontroláveis, tais como variações na temperatura, chuva, doenças e outros, contra os quais a estratificação não é totalmente eficaz (Cruz e Regazzi, 1997).

Uma das alternativas mais empregadas para atenuar o efeito da interação genótipos x ambientes é a identificação de cultivares com maior adaptabilidade e estabilidade fenotípica. Nesse contexto, observa-se a existência de inúmeras metodologias que visam identificar genótipos superiores em adaptabilidade e estabilidade, as quais são amplamente discutidas na literatura (Becker e León,

1988; Crossa, 1990). As metodologias mais tradicionalmente utilizadas são aquelas que envolvem o uso da análise de regressão linear (Finlay e Wilkinson, 1963; Eberhart e Russell, 1966; Silva e Barreto, 1985; Verma et al., 1978; Cruz et al., 1989).

Ao longo dos anos, várias metodologias têm sido propostas (Chaves et al., 1989; Toler, 1990; Annicchiarico, 1992; Nunes et al., 2004). É necessário comentar que muitas delas são adaptações de outras (Cruz e Carneiro, 2003).

Em princípio, a metodologia a ser amplamente utilizada pelos melhoristas deve ser de fácil análise e interpretação dos resultados. Nesse contexto, aquela proposta por Nunes et al. (2005) destaca-se por empregar, principalmente, um método gráfico para facilitar a visualização e a interpretação dos dados de experimentos conduzidos em vários ambientes. O método consiste na obtenção dos valores padronizados (Z_{ij}) das médias das cultivares nos vários ambientes. Utiliza o somatório dos Z_{ij} como medida da adaptabilidade e o coeficiente de variação dos Z_{ij} para medir a estabilidade, ambas tomadas para cada cultivar i nos j ambientes. O gráfico permite avaliar o desempenho de cada cultivar nos vários ambientes (eixos), como também a sua estabilidade pelo formato do círculo circunscrito, sendo estável a cultivar com formato de “bola cheia” ou instável, com formato de “bola murcha”. Nunes et al. (2005) empregaram esse método na avaliação de linhagens de feijoeiro em vários ambientes e verificaram que os resultados foram concordantes com os obtidos por meio da metodologia de Cruz et al. (1989), além de ser de mais fácil interpretação.

2.3 O uso de fertilizantes na cultura do feijoeiro

Com a finalidade de obter maiores produtividades, uma das práticas indispensáveis é o uso de fertilizantes no feijoeiro. No entanto, Ferreira et al. (2004) alertam para o fato de que não é correto o procedimento de generalizar os

critérios de recomendações de fertilizantes, devido à complexidade de fatores inerentes a essa prática e às peculiaridades de solo, de clima e dos aspectos socioeconômicos de cada região.

O fósforo (P) é um dos elementos para o qual tem havido maior resposta à aplicação no feijoeiro (Ferreira et al., 2004). O período que o feijoeiro mais necessita de P vai de, aproximadamente, 30 até 55 dias após a emergência (DAE), ou seja, do período de pré-florescimento até o início da formação das vagens (Rosolem e Marubayashi, 1994). Plantas deficientes em P apresentam-se mais raquíticas, com redução das folhas e possuem menor número de flores e vagens. Em consequência, há severa queda na produção (Oliveira et al., 1996).

Embora o teor de P contido nos feijoeiros seja muito menor que o de nitrogênio (N) e potássio (K), a quantidade de P_2O_5 recomendada nas adubações não é baixa (Vieira, 2006). Os motivos são os baixos teores e a fixação desse elemento no solo, fazendo com que alta proporção dele não possa ser utilizada pelas plantas.

Em levantamento realizado por Vieira (2006), dentre 61 ensaios de campo envolvendo a cultura do feijoeiro, realizados em cerca de 30 municípios mineiros, 43, ou seja, 70% deles, mostraram resposta ao adubo fosfatado. Em estudo recente realizado por Lana et al. (2006), também pode-se verificar resposta positiva de alguns genótipos ao fósforo.

O potássio (K) tem importante função no feijoeiro, pois participa dos processos de abertura e de fechamento dos estômatos, fotossíntese, respiração e transporte de carboidratos, dentre outros. Os períodos de maior demanda por potássio correspondem à diferenciação dos botões florais (25 a 35 DAE) e no final do florescimento e início da formação das vagens (45 a 55 DAE), quando a translocação de fotoassimilados das folhas para os grãos aumenta significativamente (Rosolem e Marubayashi, 1994). Quando deficiente em K, o

feijoeiro se desenvolve pouco, apresentando caule pequeno e delgado, poucas flores e vagens com poucas sementes.

O K é um dos nutrientes mais absorvidos pelo feijoeiro, sendo encontrado em grande quantidade na planta. Dessa forma, é bem provável que a aplicação desse nutriente venha a aumentar a produção do feijoeiro, mesmo em solos com teores médios e altos (Villa et al., 2004). Entretanto, em levantamento realizado por Vieira (2006), observou-se que, em 37 dos ensaios de campo conduzidos em 22 municípios de Minas Gerais, apenas 1 registrou aumento de produtividade da cultura do feijão devido à aplicação do nutriente.

A adubação potássica objetiva, principalmente, repor o nutriente exportado pelas sementes que, em casos de rendimento de grãos da ordem de 3000 kg ha^{-1} , atinge cerca de 50 kg ha^{-1} (Vieira, 2006). O uso intensivo do solo ao longo dos anos e as perdas de K por lixiviação, sobretudo com irrigação em solos de textura média ou arenosa, aos poucos podem exaurir as reservas naturais desse nutriente (Ferreira et al., 2004). A recomendação de adubação potássica deve ser feita de acordo com a análise de solo. Devido à grande facilidade de lixiviação do K e ao alto poder de salinização, recomenda-se parcelar doses acima de 50 kg ha^{-1} , colocando, no máximo, 50 kg ha^{-1} no plantio e o restante em cobertura.

O nitrogênio (N), entre os nutrientes essenciais, é o mais exigido pelo feijoeiro, pois é componente estrutural de aminoácidos e proteínas, enzimas e coenzimas, bases nitrogenadas, molécula de clorofila, ácidos nucléicos e outros, sendo fundamental para o crescimento e o desenvolvimento das plantas cultivadas, participando, direta ou indiretamente, de inúmeros processos bioquímicos.

Ferreira et al. (2004) comentam que a absorção do N pela planta é afetada pelas condições ambientais (temperatura, aeração e pH do solo, atividade de outros elementos na solução, estresse hídrico e concentração na zona

radicular) e pelo genótipo. A taxa de absorção de N varia durante o ciclo de vida da planta e a época de maior exigência ocorre nos primeiros 50 dias após emergência (DAE). O período de maior demanda pela planta ocorre do início do florescimento ao período de formação das vagens.

O N utilizado pelo feijoeiro provém de três fontes: da reserva do solo, dos fertilizantes e da fixação biológica do nitrogênio (FBN). O N fornecido pelo processo de FBN, geralmente, é insuficiente em relação às quantidades necessárias para altas produtividades (Romanini Junior et al., 2007). Em levantamento realizado por Vieira (2006), foi observado que, de um total de 80 ensaios de campo com a cultura do feijoeiro, conduzidos em cerca de três dezenas de municípios de Minas Gerais, em 51, ou seja, em 64% dos ensaios houve resposta positiva à aplicação do N, também registrada por inúmeros trabalhos recentes realizados (Arf et al., 2004; Meira et al., 2005; Farinelli et al., 2006; Souza et al., 2008).

Assim, na adubação nitrogenada, quando se pretende ter altas produtividades, é necessária quantidade de N superior a 100 kg ha^{-1} (Vieira, 2006). Recomendações de adubos nitrogenados no plantio e em cobertura, para a cultura do feijoeiro, não seguem norma consensual, não havendo métodos ou análises que sirvam de referência para os agricultores. As análises de rotina de amostras de solo, para fins de recomendação, não incluem o N (Ferreira et al., 2004). Assim, fica mais racional que as adubações nitrogenadas para o feijoeiro sejam feitas com base em resultados obtidos em experimentos regionais, nas mais diversas condições de clima, solo e sistemas de cultivo, de modo que os resultados de um local não venham a ser extrapolados para outro.

De forma geral, parte do adubo nitrogenado deve ser aplicada no momento da semeadura e o restante da dose, parcelada em cobertura. Há relatos contraditórios com relação ao parcelamento da adubação de cobertura (Binotti et al., 2007; Santi et al., 2006). Tem sido recomendado, no caso do emprego de

altas doses de adubos nitrogenados, que a cobertura se faça parceladamente, geralmente aos 20 e aos 30 DAE, com intuito de melhorar a eficiência da fertilização (Ferreira et al., 2004).

Os fertilizantes nitrogenados mais utilizados em cobertura são a uréia (45% de N) e o sulfato de amônio (20% de N e 24% de S). Deve-se destacar o fato de que as pesquisas têm mostrado que não há diferenças entre a uréia fertilizante e o sulfato de amônio como fontes de N para o cultivo do feijoeiro irrigado (Ferreira et al., 2004).

Com relação aos considerados macronutrientes secundários cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), poucos são os trabalhos que contemplam o estudo de Ca e Mg como nutrientes para a cultura do feijoeiro. Provavelmente, devido ao fato de a cultura ser exigente quanto à correção do solo, esses nutrientes, normalmente, são fornecidos por meio da calagem, prevenindo eventuais deficiências (Rosolem, 1996)

Com o objetivo de avaliar a influência da aplicação de doses de S em cobertura na nutrição e na produtividade do feijoeiro em sistema de plantio direto (SPD), Crusciol et al. (2006) verificaram que a aplicação em cobertura aumenta o teor de elementos nas folhas, a produção de matéria seca da parte aérea, o número de vagens por planta e a produtividade de grãos do feijoeiro em SPD. Ainda segundo estes autores, em lavouras com alto nível tecnológico, a produtividade de grãos de feijão pode estar sendo limitada pela utilização de doses insuficientes de enxofre. Vale ressaltar que este fato pode contribuir para que seja dada certa preferência a fontes de N fornecidas em cobertura que também sejam fontes de S, como o sulfato de amônio (20% de N e 24% de S).

Poucos são os trabalhos encontrados na literatura que dão ênfase à interação linhagens x níveis de fertilizante, pois grande parte deles avalia apenas uma linhagem em diferentes níveis. Um dos poucos exemplos é o de Furtini et al. (2006), no qual avaliou-se a resposta de 100 linhagens de feijoeiro à

adubação nitrogenada. Os autores constataram que as linhagens responderam de modo diferente ao fertilizante nitrogenado.

Andrade et al. (2004) também verificaram a resposta a três níveis de adubação no rendimento e na qualidade nutricional das cultivares Aporé, Pérola e Rudá. Os autores observaram a presença da interação genótipos x níveis de adubação no número de vagens por planta, número de sementes por vagem e produtividade de grãos.

2.4 Populações de plantas na cultura do feijoeiro

O número de plantas por hectare depende da densidade de semeadura, que se refere ao número de sementes por metro linear, e também do espaçamento entre linhas. A adequada população de plantas pode ser uma alternativa importante para amenizar o problema da baixa produtividade média da cultura do feijoeiro no Brasil.

Diversos trabalhos têm sido realizados, com o objetivo de verificar qual a melhor população de plantas no feijoeiro (Valério et al., 1999; Shimada et al., 2000; Jauer et al., 2003a; Didonet e Costa, 2004). De modo geral, verificou-se que o incremento da população de plantas não resultou em aumentos de produtividade (Jauer et al., 2003b; Didonet e Costa, 2004). Por outro lado, Shimada et al. (2000) observaram que maiores rendimentos em grãos do feijoeiro foram obtidos na densidade populacional de 266,7 mil plantas ha⁻¹. No entanto, Jauer et al. (2003a), na safrinha em Santa Maria, RS, verificaram que a melhor população de plantas para a cultivar BR Ipagro-44 Guapo Brilhante seria de 337 mil plantas ha⁻¹. Quando a cultivar analisada foi a 'Pérola', na safrinha, em Santa Maria, RS, constatou-se que a população de plantas ideal seria 200 mil plantas ha⁻¹ (Jauer et al., 2006).

Alguns autores, no entanto, alegam que seria necessário abordar níveis de adubação e densidade de semeadura em conjunto, além de suas possíveis interações. Nesse contexto, foi observado que o rendimento de grãos não foi afetado com o incremento da população (Souza et al., 2002; Souza et al., 2003; Souza et al., 2008). Entretanto, Souza et al. (2004a) constataram que o incremento das populações, no intervalo de 100 a 400 mil plantas ha⁻¹, proporcionou aumento no rendimento de grãos da cultivar IAPAR-81, em Latossolo Argiloso de Ponta Grossa, PR. Quando a mesma cultivar foi avaliada num Gleissolo, também em Ponta Grossa, PR, na mesma safra (2000/2001), o maior rendimento de grãos foi obtido com a população de 303 mil plantas ha⁻¹ (Souza et al., 2004b).

Um aspecto interessante é que a cultivar IAPAR-81 também foi analisada em um Argissolo, em Ponta Grossa, PR, só que, desta vez, em ano agrícola diferente (2003/2004). O que se observou foi que, no intervalo entre 100 a 400 mil plantas ha⁻¹, não houve incremento no rendimento de grãos (Souza et al., 2008). Deve-se destacar o fato de que em nenhum desses trabalhos citados foi verificada interação significativa entre níveis de adubação x população de plantas.

De modo geral, foram obtidos resultados que indicam os espaçamentos de 40 a 50 cm, com densidade de 10 a 15 sementes por metro linear, como os mais recomendados (Vieira, 2004). O autor comenta que populações maiores implicam maior gasto de sementes por área, sem a compensação de obter maior produtividade, e populações menores podem reduzir o rendimento.

Com o surgimento de linhagens comerciais de arquitetura mais ereta, tem sido questionado se a população de plantas deve ser a mesma recomendada anteriormente. Neste contexto, Souza et al. (2008) destacam que o hábito de crescimento das cultivares pode estar relacionado com a resposta à densidade de

plântio, pelo fato de este modificar a plasticidade ou o efeito de compensação existente entre os componentes de rendimento.

Por isso, tem sido estimulada a realização de pesquisas visando ao estudo da interação linhagens x densidades de semeadura. Ribeiro et al. (2004), avaliando três cultivares de diferentes hábitos de crescimento (Iraí tipo I, TPS NOBRE tipo II e Pérola tipo III), quando submetidas a diferentes densidades de semeadura, em dois anos agrícolas (2001/2002 e 2002/2003), verificaram a presença da interação cultivares x densidades de semeadura sobre várias características.

O efeito da densidade de semeadura no rendimento do feijoeiro também foi estudado por Didonet e Costa (2004), utilizando as cultivares Jalo Precoce, de crescimento indeterminado e a linhagem experimental de hábito de crescimento determinando, PR9301472. Os autores observaram que não houve significância da interação genótipos x densidades de semeadura para o rendimento de grãos e que este não foi afetado pelas variações no número de plantas por metro linear.

Em outro trabalho, Shimada et al. (2000), avaliando duas cultivares (IAC- Bico de Ouro e IAC- Carioca) em três densidades de semeadura (8, 12 e 16 plantas por metro linear), constataram a presença de interação significativa apenas no caráter número médio de grãos por vagem. Uma provável explicação para esses resultados é que quando o número de plantas por área é menor, estas apresentam o mesmo rendimento devido à produção de maior número de vagens, de sementes por vagens e peso das sementes (Fernandes et al., 1989).

2.5 Épocas de semeadura na cultura do feijoeiro no Brasil

Apesar de ser uma cultura de ampla adaptação e ser cultivado nos mais variados sistemas, o feijoeiro é pouco tolerante a fatores extremos de ambiente, principalmente no que se refere a extremos de temperatura e de umidade.

A temperatura média ótima durante o ciclo da cultura é de 18°C a 24°C, sendo 21°C a ideal (Vieira, 1967). Se ocorrerem baixas temperaturas imediatamente após a semeadura, a germinação das sementes e a emergência das plântulas podem ser reduzidas ou atrasadas, podendo resultar em baixas populações de plantas e em possível redução na produtividade de grãos. Caso temperaturas muitas baixas ocorram próximo ao florescimento, este pode ser atrasado e o ciclo da cultura, conseqüentemente, prolongado.

Temperaturas diurnas superiores a 30°C e noturnas superiores a 25°C podem exercer grande influência sobre o aborto de flores e o vingamento de vagens (Kay, 1979). É importante mencionar que, em muitas regiões de Minas Gerais, especialmente no período de verão, podem ocorrer temperaturas acima da faixa adequada, limitando, assim, o cultivo em determinadas épocas do ano.

A água é outro fator limitante ao rendimento da cultura do feijoeiro. A planta requer boa disponibilidade de água no solo durante todo o ciclo, principalmente nas etapas mais críticas, como germinação/emergência, floração e enchimento de grãos (Andrade et al., 2006). Quando ocorre déficit hídrico logo após a semeadura, a germinação, a emergência e a sobrevivência das plantas são prejudicadas, resultando em baixo estande, o que pode ter como conseqüência, a baixa produtividade de grãos. Na fase reprodutiva, o déficit hídrico resulta em aborto de flores ou vagens, redução do número de sementes por vagem ou incompleto enchimento de grãos (Stoker, 1974).

Por outro lado, o feijoeiro também não suporta excesso de água no solo. No estabelecimento da cultura, o excesso de água prejudica a germinação e limita o desenvolvimento das raízes, além de favorecer a incidência de doenças

radiculares, reduzindo a sobrevivência das plântulas (Andrade et al., 2006). Mas o principal problema com excesso de água ocorre na maturação. A colheita pode ser atrasada e ocorrerem a brotação e o aparecimento de manchas nos grãos, principalmente em cultivares de hábito de crescimento indeterminado tipo III, nas quais as vagens ficam em contato com o solo úmido.

Diante do exposto, as épocas de semeadura recomendadas no estado de Minas Gerais apresentam vantagens e desvantagens em função das condições climáticas a que a cultura é submetida. A denominação dessas épocas de semeadura é feita em função das datas de plantio e de colheita. Assim, de acordo com Vieira (2004), têm-se os cultivos de primavera-verão, verão-outono, outono-inverno e inverno-primavera, ou seja, as semeaduras de primavera, verão, outono e inverno.

No cultivo de primavera-verão (“feijão das águas”), a semeadura é feita no início do período chuvoso (outubro-novembro) e a colheita no início do verão. Apresenta a vantagem de, normalmente, dispensar a irrigação. Entretanto, têm-se as seguintes desvantagens: a colheita também pode coincidir com períodos chuvosos, causando perdas na produção ou, então, colhem-se grãos manchados e brotados; o excesso de calor no período de floração pode reduzir seriamente a produtividade; o excesso de chuvas pode ocasionar encharcamento do solo em terrenos mal drenados; a umidade excessiva pode favorecer os patógenos e o desenvolvimento de plantas daninhas é mais intenso. Deve-se destacar que, nessa época, não se recomenda plantar em áreas extensas, devido ao grande risco de chuvas na época de maturação.

O cultivo de verão-outono (“feijão da seca”), com plantio em fevereiro-março, é o preferido pelos agricultores que utilizam menor nível de tecnologia, apesar do risco de escassez de chuvas a partir de março. Contudo, a escassez de chuvas pode ser atenuada pela irrigação, resultando em maiores produtividades.

Nessa época, a colheita, normalmente, ocorre em período com menor possibilidade de chuvas, permitindo a obtenção de grãos de ótima qualidade.

O cultivo de outono-inverno (“terceira época de plantio”) é praticado por produtores que utilizam, geralmente, alta tecnologia, incluindo o emprego de irrigação. A semeadura é feita de abril a junho e a colheita de julho a outubro, dependendo da região. Nessa época, a irrigação é indispensável, mas apresenta grandes vantagens, como rendimento geralmente elevado (acima de 2 t ha⁻¹). Quando a semeadura é realizada em abril-maio, a colheita é realizada em período seco, o que possibilita a obtenção de grãos de ótima qualidade; a cultura torna-se menos dependente de fatores climáticos, ocorrendo maior estabilidade de produção; não concorrência do feijão com outras culturas, como soja e arroz, plantadas na primavera. Esse cultivo não é recomendado para áreas de inverno muito rigoroso. Além disso, doenças, como mofo-branco e murcha-de-fusarium, podem ser bastante destrutivas nessa época (Vieira, 2004).

No cultivo de inverno-primavera, a semeadura é realizada em pleno inverno (julho-agosto) e a colheita no início da primavera. Elevados rendimentos podem ser obtidos nessa época, com a utilização de irrigação. A grande desvantagem desse cultivo em relação ao de outono-inverno é a possibilidade de a estação chuvosa começar mais cedo, em fins de setembro ou início de outubro, o que traria problemas tanto para a colheita quanto para a qualidade dos grãos. Vieira (2004) comenta que, nessa época, chuvas prematuras podem anular ou atenuar as vantagens do cultivo irrigado e, ainda, que mofo-branco e murcha-de-fusarium também podem constituir problema.

Com esta diversidade de situações, é esperada uma acentuada interação linhagens x épocas de semeadura. Esse fato já foi comprovado em alguns trabalhos conduzidos com a cultura do feijão em Minas Gerais (Ramalho et al., 1993b; Bruzi et al., 2007; Matos et al., 2007; Sena et al., 2008).

No Rio Grande Sul, Ribeiro et al. (2004) identificaram cultivares de feijão com adaptação geral e específica em diferentes épocas de semeadura na região de depressão central do estado. Os autores verificaram que a cultivar TPS NOBRE é recomendada para semeadura de setembro a outubro, enquanto as cultivares Iraí e Pérola são para a semeadura de janeiro a fevereiro.

Sabe-se que a interação tem inúmeras implicações nos trabalhos dos melhoristas e que a sua importância se torna mais evidente na etapa de avaliação de novas cultivares para recomendação aos agricultores. Assim, levando-se em consideração que, nas condições de cultivo do feijoeiro no estado de Minas Gerais, há variação entre anos, locais e safras, Ramalho et al. (1998) realizaram um trabalho no intuito de verificar com qual desses fatores ambientais a interação com os genótipos era mais expressiva. Dessa forma, poder-se-ia orientar futuros trabalhos de avaliação de cultivares de feijão na região.

Os autores verificaram que as interações apresentaram pequena contribuição para a variação total e que as mais expressivas foram cultivares x safras e cultivares x anos. O resultado desse trabalho foi importante, pois, sabe-se que, para uma maior segurança na recomendação de uma nova cultivar, é necessário que a linhagem seja avaliada em um certo número de ambientes. Considerando também que a parte mais onerosa nesse tipo de trabalho é a locomoção dos pesquisadores, uma sugestão dos autores é que seria interessante, em cada local e safra, que os experimentos fossem conduzidos, pelo menos, em duas épocas. Assim, poderia ser possível ter uma avaliação do desempenho das cultivares em um período relativamente curto, sem gastos excessivos.

Vale destacar também que, num país tropical como o Brasil, onde há grande diversidade de condições climáticas, notadamente de temperatura e pluviosidade, os ensaios de avaliação de cultivares poderiam ser conduzidos em um maior número de épocas de semeadura em detrimento do número de anos (Paterniani, 1990).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Ambientes

Os experimentos foram conduzidos em seis ambientes (safras e locais), no período de novembro de 2006 a fevereiro de 2008. Em cada ambiente foram conduzidos nove experimentos, resultantes das combinações de três doses de fertilizantes e três densidades de semeadura. Na Tabela 1 são apresentadas as principais características dos locais e das safras em que foram conduzidos os experimentos. As análises químicas dos solos utilizados são apresentadas na Tabela 2.

3.2 Material genético, doses de fertilizantes e densidades de semeadura

Para a realização deste trabalho, foram utilizadas 11 linhagens de feijoeiro, cujas principais características são apresentadas na Tabela 3. As doses de fertilizantes utilizadas por ocasião da semeadura foram 0, 300 e 600 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 8-28-16 de NPK e, em cobertura, 0, 100 e 200 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio, aos 20 dias após a emergência, respectivamente. As densidades de semeadura foram de 10, 15 e 20 sementes por metro linear.

TABELA 1 Principais características dos ambientes (safra e locais) de realização dos experimentos.

LOCAIS	SAFRA	ÉPOCAS DE SEMEADURA	LAT.^{3/}	LONG.^{4/}	ALT.^{5/} (m)
LAVRAS-MG DBI^{1/}	Águas 06/07	nov. 06	21°14' S	44°59' W	919
	Seca 07	mar. 07			
	Inverno 07	jul. 07			
	Águas 07/08	nov. 07			
LAVRAS-MG FAEPE^{2/}	Águas 06/07	nov. 06	21°12' S	44°59' W	951
IJACI-MG	Seca 07	mar. 07	21°10' S	44°75' W	832

^{1/} Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras.

^{2/} Fazenda da Fundação de Amparo ao Ensino, Pesquisa e Extensão (FAEPE).

^{3/} Latitude, ^{4/} Longitude, ^{5/} Altitude.

TABELA 2 Análises químicas dos solos amostrados à profundidade de 0-20 cm nas áreas experimentais em Lavras-MG e Ijaci-MG, antes da instalação dos experimentos*.

Características Químicas	Análise de Solos					
	Águas 06/07		Seca 07		Inverno 07	Águas 07/08
	LAVRAS-MG DBI	LAVRAS-MG FAEPE	LAVRAS-MG DBI	IJACI-MG	LAVRAS-MG DBI	LAVRAS-MG DBI
pH H ₂ O	5,0	6,2	5,5	5,2	6,0	5,4
P (mg dm ⁻³)	38,9	2,5	20,0	24,9	11,5	30,9
K (mg dm ⁻³)	67,0	184	86,0	108	56	78,0
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,0	1,6	1,8	1,3	3,0	1,9
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,3	0,6	0,7	0,4	0,9	0,7
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,7	0,1	0,0	0,3	0,0	0,1
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	7,0	3,2	3,6	4,5	2,3	4,0
SB (cmol _c dm ⁻³)	1,5	2,7	2,7	2,0	4,0	2,8
t (cmol _c dm ⁻³)	2,2	2,8	2,7	2,3	4,0	2,9
T (cmol _c dm ⁻³)	8,5	5,9	6,3	6,5	6,3	6,8
V (%)	17,4	45,5	43,0	30,6	63,7	41,2
m (%)	32,0	4,0	0,0	13	0,0	3,0
MO (dag kg ⁻¹)	3,1	2,6	2,4	1,9	2,2	2,5
P-rem (mg L ⁻¹)	12,2	15,1	16,4	20,5	13,2	9,9
Zn (mg dm ⁻³)	-	-	7,6	5,0	8,8	7,9
B (mg dm ⁻³)	-	-	0,2	0,3	0,2	0,3
S (mg dm ⁻³)	-	-	32,6	39,2	26,2	43,7

* Análises realizadas no Laboratório de Análise de Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA.

SB : soma de bases; t : CTC efetiva; T : CTC potencial; V : saturação por bases; m : saturação por alumínio; MO : matéria orgânica.

TABELA 3 Principais características das linhagens de feijoeiro utilizadas nos experimentos.

Linhagens	Origem	Hábito de crescimento^{1/}	Cor do grão
BRS Radiante	EMBRAPA	I	Bege com rajas vermelhas
CNFRJ 10564	EMBRAPA	I	Bege com rajas vermelhas
IAPAR 81	IAPAR	II	Bege com rajas marrons
BRS Horizonte	EMBRAPA	II	Bege com rajas marrons
BRS Valente	EMBRAPA	II	Preta
BRS Supremo	EMBRAPA	II	Preta
Carioca MG	UFLA	II	Bege com rajas marrons
BRSMG Talismã	UFLA/UFV/EPAMIG/EMBRAPA	III	Bege com rajas marrons
Pérola	EMBRAPA	III	Bege com rajas marrons
Ouro Negro	Honduras	III	Preta
BRSMG Majestoso	UFLA/UFV/EPAMIG/EMBRAPA	III	Bege com rajas marrons

^{1/} I- crescimento determinado, II- crescimento indeterminado com guias curtas, III- crescimento indeterminado com guias longas.

3.3 Condução dos experimentos

O delineamento experimental empregado em cada ambiente foi o de blocos casualizados, com três repetições. Cada parcela foi constituída de três linhas de 3,0 m de comprimento, com espaçamento entre linhas fixado em 0,5 m para todos os experimentos. Na densidade de 10 plantas por metro, a semeadura foi efetuada colocando-se 60 sementes, bem distribuídas ao longo dos 3,0 m de comprimento de cada linha. Já nas densidades de 15 e 20 sementes por metro foram colocadas 90 sementes. Num período de sete a dez dias após a semeadura, realizou-se o desbaste, deixando-se, nas densidades de 10, 15 e 20 sementes por metro, 30, 45 e 60 plantas, respectivamente, bem distribuídas ao longo dos 3,0 m de comprimento em cada linha.

A aplicação das doses dos fertilizantes foi realizada manualmente em todos os experimentos, tanto na semeadura como na cobertura (20 dias após a emergência). Foi colhida a linha central de cada parcela, efetuando-se, ainda a contagem do estande em cada linha.

Nas safras da seca e inverno, os experimentos foram conduzidos sob irrigação por aspersão. Os demais tratos culturais, nas três safras, foram os recomendados para a cultura.

3.4 Análises estatísticas

Inicialmente, é necessário comentar que, em cada experimento, foi efetuada uma análise de variância para o estande. Devido ao fato de a maioria das análises ter apresentado efeito de linhagens não significativo (Tabela 1A), optou-se pela realização da correção para estande ideal em cada densidade de semeadura, em todos os experimentos, por meio da análise de covariância.

As análises individuais da produtividade de grãos, em kg ha^{-1} , nos 54 experimentos resultantes da combinação das 3 doses de fertilizantes e 3

densidades de semeadura nos diferentes ambientes (safras e locais), foram realizadas por meio do programa MSTAT – C (1991), adotando-se o seguinte modelo estatístico:

$$y_{ij} = \mu + l_i + b_j + e_{ij},$$

em que:

y_{ij} : observação referente à linhagem i no bloco j ;

μ : constante associada às observações;

l_i : efeito da linhagem i , $i=1,2,3,\dots,11$;

b_j : efeito do bloco j , $j=1, 2,3$;

e_{ij} : erro experimental associado à observação y_{ij} , $e_{ij} \cap N(0,\sigma^2)$.

Com relação às diferentes análises conjuntas realizadas, inicialmente, é necessário esclarecer que foi observada heterogeneidade de variância dos erros pelo teste de Hartley. Assim, para que ocorresse a homogeneidade de variância dos erros, foram retirados os experimentos 28, 38, 39, 41, 43 e 49 (Tabela 1A).

Em seguida, procedeu-se à análise de variância conjunta dos experimentos envolvendo os seis ambientes (safras e locais), nas três densidades de semeadura para cada dose de fertilizante (0, 300 e 600). Devido ao desbalanceamento, foi utilizado o PROC GLM do SAS (SAS, 2000), adotando-se o modelo estatístico a seguir:

$$y_{ijkp} = \mu + a_p + d_k + ad_{pk} + b_{j(kp)} + l_i + la_{ip} + ld_{ik} + lad_{ipk} + e_{ijkp},$$

em que:

y_{ijkp} : observação referente à linhagem i no bloco j na densidade de semeadura k no ambiente p ;

μ : constante associada às observações;
 a_p : efeito do ambiente (safra e local) p , $p=1,2,3,\dots,6$;
 d_k : efeito da densidade de semeadura k , $k=1,2,3$;
 ad_{pk} : efeito da interação ambientes x densidades de semeadura;
 $b_{j(kp)}$: efeito do bloco j na densidade de semeadura k no ambiente p ;
 l_i : efeito da linhagem i , $i=1,2,3,\dots,11$;
 la_{ip} : efeito da interação linhagens x ambientes;
 ld_{ik} : efeito da interação linhagens x densidades de semeadura;
 lad_{ipk} : efeito da interação linhagens x ambientes x densidades de semeadura;
 e_{ijkp} : erro experimental associado à observação y_{ijkp} , $e_{ijkp} \cap N(0, \sigma^2)$.

Posteriormente, procedeu-se à análise de variância conjunta dos experimentos envolvendo os seis ambientes (safras e locais), nas três doses de fertilizantes para cada densidade de semeadura (10, 15 e 20), também utilizando PROC GLM do SAS (SAS, 2000), adotando o modelo estatístico:

$$y_{ijsp} = \mu + a_p + f_s + af_{ps} + b_{j(sp)} + l_i + la_{ip} + lf_{is} + laf_{ips} + e_{ijsp},$$

em que:

y_{ijsp} : observação referente à linhagem i no bloco j na dose de fertilizante s no ambiente p ;

μ : constante associada às observações;
 a_p : efeito do ambiente (safras e locais) p , $p=1,2,3,\dots,6$;
 f_k : efeito da dose de fertilizante s , $s=1,2,3$;
 af_{ps} : efeito da interação ambientes x doses de fertilizante;
 $b_{j(sp)}$: efeito do bloco j na dose de fertilizante s no ambiente p ;
 l_i : efeito da linhagem i , $i=1,2,3,\dots,11$;
 la_{ip} : efeito da interação linhagens x ambientes;

lf_{is} : efeito da interação linhagens x doses de fertilizante;

laf_{ips} : efeito da interação linhagens x ambientes x doses de fertilizante;

e_{ijsp} : erro experimental associado à observação y_{ijsp} , $e_{ijsp} \cap N(0, \sigma^2)$.

Foi realizada também uma análise conjunta envolvendo os efeitos de ambientes (safras e locais), doses de fertilizantes e densidades de semeadura. Esta análise foi realizada no PROC GLM do SAS (SAS, 2000), adotando-se o seguinte modelo estatístico:

$$y_{ijskp} = \mu + a_p + f_s + d_k + af_{ps} + ad_{pk} + fd_{sk} + afd_{pks} + b_{j(skp)} + l_i + la_{ip} + lf_{is} + ld_{ik} + laf_{ips} + lad_{ipk} + lfd_{isk} + lafd_{ipsk} + e_{ijskp},$$

em que:

y_{ijskp} : observação referente à linhagem i no bloco j na dose de fertilizante s na densidade de semeadura k no ambiente p ;

μ : constante associada às observações;

a_p : efeito do ambiente (safra e local) p , $p=1,2,3,\dots,6$;

f_s : efeito da dose de fertilizante s , $s=1,2,3$;

d_k : efeito da densidade de semeadura k , $k=1,2,3$;

af_{ps} : efeito da interação ambiente x doses de fertilizante;

ad_{pk} : efeito da interação ambientes x densidades de semeadura;

fd_{sk} : efeito da interação doses de fertilizante x densidades de semeadura;

afd_{pks} : efeito da interação ambientes x doses de fertilizante x densidades de semeadura;

$b_{j(skp)}$: efeito do bloco j na dose de fertilizante s na densidade de semeadura k no ambiente p ;

l_i : efeito da linhagem i , $i=1,2,3,\dots,11$;

lf_{is} : efeito da interação linhagens x doses de fertilizante;

ld_{ik} : efeito da interação linhagens x densidades de sementeira;

la_{ip} : efeito da interação linhagens x ambientes;

laf_{ips} : efeito da interação linhagens x ambientes x doses de fertilizante;

lad_{ipk} : efeito da interação linhagens x ambientes x densidades de sementeira;

lfd_{isk} : efeito da interação linhagens x doses de fertilizante x densidades de sementeira;

$laf_{d_{ipsk}}$: efeito da interação linhagens x ambientes x doses de fertilizante x densidades de sementeira;

e_{ijksp} : erro experimental associado à observação y_{ijksp} , $e_{ijksp} \cap N(0, \sigma^2)$.

Posteriormente, com a soma de quadrado em todas as análises conjuntas, foi estimada a contribuição de cada fonte de variação para a soma de quadrado total pela expressão:

$$R_f^2 = \frac{SQ \text{ da fonte de variação } f}{SQ_{total}}$$

As médias das linhagens, em todas as análises realizadas, foram comparadas pelo teste de Scott & Knott (1974). Em seguida, estimou-se a equação de regressão linear para ajuste do efeito da dose de fertilizantes ou densidades de sementeira sobre a produtividade de grãos (kg ha^{-1}), para cada linhagem.

3.5 Análise de adaptabilidade e estabilidade

A partir dos valores médios da produtividade de grãos (kg ha^{-1}) das linhagens avaliadas nos diferentes experimentos (safras, locais, doses de fertilizantes e densidades de sementeira), foi realizado o estudo de estabilidade e

adaptabilidade, utilizando-se o método gráfico (Nunes et al., 2005), com o aporte do programa SAS (SAS, 2000).

Para aplicação do método gráfico, em cada experimento as médias das linhagens foram padronizadas por meio da expressão:

$$Z_{iq} = \frac{\bar{X}_{iq} - \bar{X}_{.q}}{s_{.q}}, \text{ em que:}$$

Z_{iq} : valor da variável padronizada correspondente a linhagem i no experimento q ;

\bar{X}_{iq} : média da linhagem i no experimento q ;

$\bar{X}_{.q}$: média do experimento;

$s_{.q}$: desvio padrão fenotípico entre as linhagens no experimento q .

Como a variável padronizada assume valores positivos e negativos, para facilitar a visualização gráfica foi somada uma constante, de modo a tornar os valores de Z_{iq} sempre positivos. A média dos Z_{iq} para a linhagem i nos experimentos considerados (\bar{Z}_i) fornece a medida da adaptação da linhagem i . O coeficiente de variação dos Z_{iq} para a linhagem i nos diferentes experimentos (CV_{iq}) fornece uma medida da estabilidade da linhagem i .

As estimativas de Z_{iq} foram submetidas à análise de variância e os valores médios obtidos de \bar{Z}_i foram agrupados pelo teste de Scott & Knott (1974). Para a comparação dos CV_{iq} foram estimados os intervalos de confiança utilizando-se a expressão sugerida por McKay modificada (Vangem, 1996). Utilizando-se os valores padronizados (Z_{iq}), foram construídos gráficos para

cada linhagem i , sendo as dimensões dos eixos (experimentos) equivalentes aos valores de Z_{iq} da linhagem i no experimento q .

3.6 Estimativa do risco de adoção das linhagens

Para estimar o índice de confiança na adoção das linhagens, ou seja, avaliar o risco de se cultivar uma determinada linhagem, foi empregado o método proposto por Annichiarico (1992), utilizando a produtividade média das linhagens nos diferentes experimentos estudados. O índice de confiança (I_i) foi obtido pelo seguinte estimador (Annichiarico, 1992):

$$I_i = Y_i - Z_{(1-\alpha)} \cdot S_i$$

em que:

I_i : índice de confiança da linhagem i ;

Y_i : média geral da linhagem i , expressa em porcentagem em relação à média dos experimentos;

$Z_{(1-\alpha)}$: percentil $(1 - \alpha)$ da função de distribuição normal acumulada, tal que $P(Z < Z_{(1-\alpha)}) = 1 - \alpha$;

α : nível de significância, no caso adotou-se $\alpha = 0,25$;

S_i : desvio padrão dos valores percentuais associados a cada linhagem i nos diferentes experimentos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resumos das análises individuais da produtividade de grãos evidenciaram que a precisão experimental, avaliada pelo coeficiente de variação (CV), foi relativamente boa, na maioria dos casos. Em 83% dos experimentos foi detectada diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre as linhagens (Tabela 1A).

Nas diferentes análises conjuntas envolvendo doses de fertilizantes (Tabela 4) ou densidades de semeadura (Tabela 5) foi constatado efeito significativo ($P \leq 0,01$) para todas as fontes de variação. Observou-se também que a fonte de variação ambientes (safras e locais) foi, de forma isolada, a que mais contribuiu para a variação da soma de quadrados totais.

Essa acentuada contribuição do ambiente para a variação total era de se esperar, uma vez que, na sua composição está contido, como já mencionado, o efeito de locais e safras. Em pesquisas realizadas nos últimos 30 anos, na região, com a cultura do feijoeiro, ficou evidenciada variação acentuada na produtividade média de grãos nas diferentes safras, assim como nos diferentes locais (Ramalho et al., 1993b; Ramalho et al., 1998; Matos et al., 2007).

Com relação à fonte de variação densidades (D) nas análises nas diferentes doses de fertilizantes, nota-se que, em condições de estresse (dose 0), sua contribuição para a soma de quadrados total foi expressiva ($R^2_f = 12,26$) (Tabela 4). Isso mostra, em princípio, que o efeito de densidades foi mais evidenciado sob condições de estresse de fertilidade, ou seja, sem fornecimento de nutrientes.

Já quando se consideraram as análises conjuntas envolvendo as diferentes densidades de semeadura, constatou-se que o efeito da fonte de variação doses de fertilizantes (F), na maioria dos casos, também contribuiu de forma expressiva para a soma de quadrados total (Tabela 5). Esses resultados

confirmam que a resposta ao emprego de fertilizantes na cultura do feijoeiro é acentuada, como tem sido constatado em diversas outras oportunidades (Souza et al., 2002 e 2003; Vieira, 2006).

As contribuições das interações para a soma de quadrados total nas doses 0 ($R^2_f = 52,63\%$) e 300 ($R^2_f = 47,17$) foram superiores às das fontes de variação isoladas, mas, no caso da dose 600 ($R^2_f = 31,67\%$), não foi mais expressiva que a contribuição do ambiente (Tabela 4). No caso das densidades de semeaduras, a contribuição das interações para a soma de quadrados total foi sempre superior à contribuição das fontes de variação de forma isoladas, sendo de 32,98%, 36,62% e 49,04%, nas densidades de semeadura 10, 15 e 20, respectivamente (Tabela 5). Assim, fica evidente que a interação, de forma geral, é o grande complicador quando se pretende avaliar diferentes linhagens em diferentes sistemas de manejo (doses de fertilizantes e densidades de semeadura).

TABELA 4 Análise conjunta da produtividade de grãos (kg ha⁻¹) de 11 linhagens de feijoeiro de diferentes hábitos de crescimento nas doses 0, 300 e 600 kg de NPK ha⁻¹, em seis ambientes (locais e safras) e em três densidades de semeadura. Entre parênteses, a estimativa da contribuição relativa para soma de quadrados total (R²_T) em (%).

Fonte de Variação	DOSE 0		DOSE 300		DOSE 600	
	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Rep./exper.	30	67738,019* (2,25)	32	403840,046** (5,60)	34	576429,749** (5,42)
Linhagens (L)	10	1060090,724** (2,98)	10	755974,927** (3,31)	10	1456571,637** (4,03)
Densidade (D)	2	21836555,150** (12,26)	2	652699,396*(0,57)	2	978772,349** (0,54)
Amb. (safra e local) (E)	5	11548822,4** (16,21)	5	8003512,982** (17,53)	5	28048222,480** (38,78)
L x D	20	383879,204** (2,15)	20	436012,232** (3,82)	20	426699,628** (2,36)
L x E	50	711160,057** (9,98)	50	970767,664** (21,26)	50	810616,211** (11,21)
D x E	7	6776634,400** (32,96)	8	1148236,674** (4,02)	9	3199125,788** (7,96)
L x D x E	70	383993,237** (7,54)	80	515727,413** (18,07)	90	407579,207** (10,14)
Erro	300	162297,919 (13,67)	320	183683,682 (25,75)	340	213259,967 (20,05)
Média (Kg ha ⁻¹)		2203		2412		2701
CV %		18,27		17,76		17,09

** Significativo, pelo teste de F, a 1% de probabilidade (P ≤ 0,01).

* Significativo, pelo teste de F, a 5% de probabilidade (P ≤ 0,05).

Em todos os casos, a contribuição das interações para a soma de quadrados total foi muito grande, evidenciando, no caso daquelas interações envolvendo linhagens, que o comportamento destas nas diferentes densidades ou doses de fertilizantes foi não coincidente (Tabelas 4 e 5). Essa informação é fundamental em trabalhos dessa natureza. Isso mostra que, antes da recomendação de uma cultivar, seria importante também que os experimentos de VCU fossem conduzidos nos diferentes sistemas de manejo (densidades de semeadura e doses de fertilizantes), além dos locais e das safras já exigidos pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (Brasil, 1998).

Destaque também deve ser dado para as interações das linhagens com locais e safras, ou seja, linhagens x ambientes. A importância da ocorrência de interação cultivares x ambientes na cultura do feijoeiro em Minas Gerais tem sido constatada em várias oportunidades (Ramalho et al., 1993b; Ramalho et al., 1998; Bruzi et al., 2007; Sena et al., 2008) e é a principal dificuldade encontrada pelos melhoristas, na recomendação de cultivares. Esses trabalhos reforçam a necessidade de que as avaliações de cultivares sejam realizadas nas diferentes safras de cultivo, bem como em diferentes locais para se ter mais segurança na recomendação.

TABELA 5 Análise conjunta da produtividade de grãos (Kg ha⁻¹) de 11 linhagens de feijoeiro de diferentes hábitos de crescimento nas densidades 10, 15 e 20 plantas metro linear⁻¹, em seis ambientes (locais e safras) e em três doses de fertilizantes. Entre parênteses, a estimativa da contribuição relativa para soma de quadrados total (R²_f) em (%).

Fonte de Variação	DENSIDADE 10		DENSIDADE 15		DENSIDADE 20	
	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Rep./exper.	30	466390,164** (4,65)	32	443386,406** (4,36)	34	363928,600** (3,28)
Linhagens (L)	10	1108509,458** (3,68)	10	1222382,987** (3,75)	10	639535,472** (1,69)
Fertilizante (F)	2	27951481,600** (18,57)	2	20527804,080** (12,62)	2	2672164,563** (1,41)
Amb. (safra e local) (E)	5	13873602,420** (23,04)	5	15160826,560** (23,30)	5	20547654,490** (27,20)
L x F	20	538154,509** (3,57)	20	517240,760** (3,18)	20	382207,540** (2,02)
L x E	50	811923,550** (13,49)	50	711592,237** (10,94)	50	731490,119** (9,68)
F x E	7	2475284,260** (5,76)	8	3635446,515** (8,94)	9	11010697,380** (26,23)
L x F x E	70	437167,505** (10,16)	80	551419,339** (13,56)	90	466460,921** (11,11)
Erro	300	171294,864 (17,07)	320	196760,180 (19,35)	340	193014,169 (17,37)
Média (Kg ha ⁻¹)		2372		2426		2539
CV %		17,44		18,27		17,29

** Significativo, pelo teste de F, a 1% de probabilidade (P ≤ 0,01).

Visando melhor elucidar a resposta de cada linhagem às diferentes doses de fertilizantes e densidades de semeadura foram estimados os parâmetros das equações de regressão linear entre essas variáveis (x) e a produtividade de grãos (y) (Tabela 6). A maior resposta ao aumento da dose de fertilizante foi da BRS Radiante (tipo I) e a menor, da BRS Supremo (tipo II). Apenas as linhagens BRSMG Majestoso (tipo III), IAPAR 81 (tipo II) e Carioca MG (tipo II) não responderam significativamente ao aumento da dose de fertilizante. Para as demais linhagens e, na média de todas, a resposta foi positiva e significativa. Sendo assim, pelo menos em princípio, a resposta das linhagens às doses de fertilizantes não deve ser associada ao hábito de crescimento das mesmas.

TABELA 6 Estimativas das equações de regressão linear entre produtividade de grãos (Kg ha^{-1}) (y) e doses de fertilizantes (x) e entre produtividade de grãos (Kg ha^{-1}) (y) e densidades de semeadura (x).

Linhagens	Doses de fertilizante			Densidades de semeaduras		
	b_0	b_1	P ¹⁷	b_0	b_1	P
Ouro Negro	2460	0,89	0,000	2799	- 11,40	0,416
Pérola	2225	0,58	0,047	2427	- 4,60	0,656
BRSMG Majestoso	1986	1,11	0,069	2254	15,3	0,015
BRSMG Talismã	2175	0,65	0,002	2325	10,0	0,406
BRS Horizonte	2032	0,68	0,004	2105	26,60	0,178
IAPAR 81	2216	0,60	0,282	2281	23,30	0,371
BRS Supremo	2423	0,25	0,006	2292	40,70	0,184
Carioca MG	2195	0,89	0,116	2412	11,30	0,153
BRS Valente	2091	1,22	0,018	2353	22,70	0,430
BRS Radiante	2089	1,20	0,000	2357	20,60	0,186
CNFRJ 10564	2194	1,04	0,005	2368	28,70	0,021
Média	2189	0,83	0,008	2362	16,60	0,043

¹⁷ Significância do teste t ($H_0 : b_1 = 0$)

Embora a questão econômica não seja o objetivo principal desse trabalho, seria importante ter informação sobre a viabilidade econômica da utilização de doses crescentes de fertilizantes. Considerando o preço de mercado atual (julho/2008) do kg de grão de feijão, de R\$ 2,33, para o produtor e o preço do fertilizante 8-28-16, de R\$ 2,28 por kg, a relação de preço fertilizante/feijão é de 0,98. Assim, só seria viável o uso do fertilizante se a resposta por kg de fertilizante fosse superior a 0,98 kg de grãos, ou seja, se o b_1 estimado fosse superior a 0,98. Isso ocorre com algumas linhagens, porém, para a maioria, nas condições em que foram realizados os experimentos, o emprego do fertilizante seria antieconômico (Tabela 6). Deve ser destacado que não foram incluídos, ainda, os gastos com a adubação em cobertura e nem os gastos com a aplicação.

Ao contrário do que ocorreu com relação à resposta das linhagens a aumentos na dose de fertilizantes, apenas duas linhagens responderam ao aumento de densidade de semeadura. A linhagem BRSMG Majestoso, de hábito tipo III e CNFRJ 10564, de hábito de crescimento tipo I, responderam no sentido de aumentar a produtividade (Tabela 6). Em Ponta Grossa, no Paraná, Souza et al. (2004a) observaram aumento na produtividade de grãos da cultivar IAPAR 81 com aumento da população de plantas. Entretanto, na maioria dos trabalhos envolvendo populações de plantas no feijoeiro, não tem sido observada resposta positiva ao seu aumento (Souza et al., 2002; Souza et al., 2003; Souza et al., 2008).

Para verificar se ocorreu diferença no desempenho das linhagens de diferentes hábitos de crescimento, considerando todos os ambientes e os diferentes sistemas de manejo (dose de fertilizantes e densidades de semeadura), além de verificar a magnitude da contribuição de cada uma dessas fontes de variação e suas interações para a soma de quadrados total, procedeu-se a análise de variância conjunta, considerando os 48 experimentos. Na Tabela 7, pode-se

observar uma boa precisão experimental avaliada pelo CV (17,67%) e a ocorrência de efeito altamente significativo para todas as fontes de variação.

Entre as fontes de variação isoladas, a que mais contribuiu para a variação total, assim como nas análises realizadas anteriormente, foi o ambiente safra e local, com estimativa de $R^2_f = 18,14\%$. Nas diferentes safras e locais em que os experimentos foram avaliados, ocorreu grande variação nas condições de temperatura e precipitação pluvial, uma vez que foram conduzidos nas safras das “águas”, “seca” e inverno/primavera. Como efeito de ambiente, um dos fatores mais importantes é a temperatura, pois, além de influenciar na duração das fases fenológicas, ela também é um dos fatores determinantes do rendimento de grãos, por influenciar no abortamento de flores, vagens e grãos (Didonet e Silva, 2004). A água é outro fator limitante à cultura. Sendo assim, os experimentos conduzidos nas safras da “seca” e inverno/primavera foram todos irrigados.

Outro fator, que merece destaque é com relação à fertilidade do solo. Na Tabela 2, observa-se que os solos em que foram instalados os diferentes experimentos apresentaram diferenças no nível de fertilidade. Neste estudo pode-se observar que, de forma geral, a resposta relativa dos genótipos em relação à variação ambiental de natureza imprevisível foi mais expressiva que quando comparada a resposta relativa dos genótipos em relação à variação ambiental de natureza previsível (densidades de semeadura e doses de fertilizantes). Isso evidencia que, na condução dos experimentos de VCU, quanto maior o número de locais e safras, maior seria a segurança na recomendação das cultivares.

Tabela 7 Análise conjunta da produtividade de grãos (kg ha^{-1}) de 11 linhagens de feijoeiro de diferentes hábitos de crescimento, em seis ambientes (locais e safras), três doses de fertilizante e três densidades de semeadura e estimativa da contribuição relativa para soma de quadrados total (R^2_f) em (%).

Fonte de Variação	GL	QM	R^2_f (%)	Pr >F
Rep./exper.	96	422433,664	4,07	0,0001
Linhagens (L)	10	2010630,740	2,02	0,0001
Densidade (D)	2	7719037,198	1,55	0,0001
Fertilizante (F)	2	31469375,038	6,32	0,0001
Amb. (safra e local) (E)	5	36145275,419	18,14	0,0001
L x D	20	337837,443	0,68	0,0166
L x F	20	588892,152	1,18	0,0001
L x E	50	1301044,429	6,53	0,0001
D x F	4	8444857,470	3,39	0,0001
D x E	10	5408438,549	5,43	0,0001
F x E	10	4417675,745	4,43	0,0001
L x D x F	40	436133,202	1,75	0,0001
L x D x E	100	455579,334	4,57	0,0001
L x F x E	100	574348,371	5,76	0,0001
D x F x E	14	7237862,900	10,17	0,0001
L x D x F x E	140	423299,391	5,95	0,0001
Erro	960	187475,524	18,06	-
CV (%)		17,67		
Média (Kg ha^{-1})		2449		

A contribuição da fonte densidades de semeadura (D) para a soma de quadrados total foi de apenas 1,55% e a interação densidades x linhagens foi de 0,68% (Tabela 7). Entretanto, a fonte de variação doses de fertilizante (F) teve uma contribuição quatro vezes superior à da fonte densidades de semeadura para a soma de quadrados total. Isso evidencia que, em média, a variação nas doses de fertilizantes afeta mais a produtividade de grãos das linhagens que a variação nas densidades de semeadura.

Com relação às interações envolvendo tanto as doses de fertilizantes como também as densidades de semeadura, observa-se que elas foram

expressivas, mostrando, assim, que é importante realizar os VCU em diferentes doses de fertilizantes e densidades de semeaduras (Tabela 7).

As produtividades médias das linhagens nas diferentes doses de fertilizante e densidades de semeadura são apresentadas na Tabela 8. A linhagem Ouro Negro, de hábito de crescimento tipo III e a linhagem BRS Supremo, de hábito de crescimento tipo II, foram as que apresentaram o melhor desempenho médio nos diferentes ambientes (safras e locais) na dose 0. Na dose 300, a linhagem de melhor desempenho médio foi a Ouro Negro. As linhagens Ouro Negro e BRS Valente, de hábito de crescimento tipo II, além das linhagens BRS Radiante e CNFRJ 10564, que apresentam o hábito de crescimento tipo I, foram as de melhor desempenho médio na dose 600. Merece destaque o fato que as duas linhagens de hábito de crescimento tipo I estão presentes no agrupamento de melhor desempenho médio na dose 600 (Tabela 8).

TABELA 8 Produtividade média (Kg ha⁻¹) das linhagens em três doses de fertilizante (0, 300 e 600 Kg ha⁻¹) e três densidades de semeadura (10, 15 e 20 sementes por metro linear).

Linhagens	Dose 0	Dose 300	Dose 600	Dens. 10	Dens. 15	Dens. 20
Ouro Negro	2460a ^{1/}	2727a	2993a	2767a	2807a	2653a
Pérola	2247b	2353c	2593b	2453b	2353c	2407b
BRSMG Majestoso	1933c	2427c	2600b	2260c	2320c	2413b
BRSMG Talismã	2167c	2380c	2560b	2353b	2320c	2453b
BRS Horizonte	2040c	2220c	2447b	2067d	2313c	2333b
IAPAR 81	2287b	2253c	2647b	2340b	2280c	2573a
BRS Supremo	2427a	2493b	2580b	2233c	2613b	2640a
Carioca MG	2253b	2347c	2787b	2427b	2440c	2540a
BRS Valente	2120c	2400c	2853a	2420b	2333c	2647a
BRS Radiante	2087c	2453b	2807a	2387b	2400c	2593a
CNFRJ 10564	2207b	2480b	2833a	2380b	2487c	2667a
Média	2202	2412	2700	2372	2424	2538

^{1/}Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Com relação ao desempenho das linhagens nas diferentes densidades de semeadura, observa-se que a linhagem Ouro Negro foi a que apresentou melhor produção média nas densidades 10 e 15. Na densidade 20, apenas as linhagens Pérola, BRSMG Majestoso, BRSMG Talismã e BRS Horizonte apresentaram produção média inferior à do agrupamento de melhor desempenho, constituído pelas demais linhagens (Tabela 8).

Na escolha das linhagens a serem utilizadas nesse trabalho, a principal característica considerada foi o hábito de crescimento. O objetivo era comparar cultivares de hábitos I, II e III, nos diferentes sistemas de manejo e ambientes. Isso porque, atualmente, tem sido dada grande ênfase, nos programas de melhoramento, à obtenção de cultivares de porte ereto, tipo I ou tipo II, pelas inúmeras vantagens que apresentam, principalmente em relação às de tipo III, como: maior facilidade nos tratos culturais, menores perdas quando ocorre

chuva por ocasião da colheita, menor incidência de doenças devido ao maior arejamento da cultura, entre outros (Collicchio et al., 1997; Cunha et al., 2005 ; Menezes Junior, 2007).

Contudo, tem sido verificado que cultivares com esse tipo de arquitetura da planta podem apresentar menor potencial produtivo (Didonet e Silva, 2004). Uma alternativa para melhorar esse desempenho poderia ser o aumento da população de plantas e ou na dose de fertilizante empregada, conforme realizado por alguns autores em outras condições (Souza et al., 2003; Souza et al., 2008). Entretanto, pelos resultados obtidos, verificou-se que não é possível generalizar as recomendações, devido, provavelmente, à acentuada interação das linhagens com todas as demais fontes de variação, conforme comentado anteriormente.

Na análise conjunta apresentada na Tabela 7, considerando todas as interações, obteve-se um R^2_f de 49,84%, evidenciando, assim, a grande contribuição para a soma de quadrado total, conforme já comentado. Diante do exposto, fica evidente que a resposta das linhagens é influenciada pelo ambiente (safra e local), além das doses de fertilizantes e densidades de semeaduras, como já enfatizado, dificultando a interpretação dos resultados e, conseqüentemente, a identificação das linhagens mais adaptadas às mais diversas condições. Uma forma de atenuar a interação genótipos x ambientes para que se tenha maior segurança na recomendação de uma cultivar, é a identificação de genótipos mais adaptados e estáveis. Com essa finalidade, várias metodologias foram propostas (Cruz e Carneiro, 2003) e têm sido amplamente utilizadas na cultura do feijoeiro (Nunes et al., 2005; Bruzi et al., 2007; Matos et al., 2007; Sena et al., 2008).

Em princípio, a metodologia a ser utilizada deve ser aquela de mais fácil análise e, principalmente, de mais fácil interpretação. Sendo assim, optou-se por utilizar o método gráfico (Nunes et al., 2005). Contudo, é necessário comentar que, nela, o coeficiente de variação é utilizado para identificar as linhagens mais estáveis, conforme já enfatizado, mas, no trabalho original, os CV_{zi} não foram

comparados. Assim, neste trabalho para comparar essas estimativas, foi estimado o intervalo de confiança do coeficiente de variação com 95% de probabilidade, na intenção de tornar essas estimativas mais comparativas.

Pela análise de estabilidade e adaptabilidade empregando o método proposto por Nunes et al. (2005), observou-se que a linhagem Ouro Negro foi a mais adaptada (Tabela 9). Com relação à estabilidade das linhagens, devido à sobreposição existente entre as estimativas dos intervalos de confiança do CV_{zi} , não foi possível detectar diferença entre as mesmas. Contudo, no caso da linhagem Ouro Negro, em 32 dos 48 experimentos sua produtividade foi acima ou igual à média dos experimentos e, nos 16 experimentos em que seu desempenho foi inferior, ela ainda produziu acima de outras de pior desempenho (Figura 1). Sendo assim, o CV_{zi} deve ser analisado com cautela e juntamente com o gráfico, pois ele pode ser alto na linhagem, ou seja, ela pode ser instável, porque, em alguns ambientes, sua produtividade é muito acima da média.

Nesse sentido, Sena et al. (2008), em estudo utilizando a metodologia *additive main effects with multiplicative interaction*, ou AMMI, comentam que esse método identifica como estáveis as linhagens que acompanham a média dos ambientes, o que nem sempre é desejável, pois, para o produtor, a melhor seria aquela que se sobressai, mesmo nos piores ambientes.

TABELA 9 Produtividade média de grãos (kg ha^{-1}) de 11 linhagens de feijoeiro avaliadas em 48 experimentos, estimativas das médias padronizadas (\bar{Z}_i) e dos coeficientes de variação (CV_{zi}) pelo método gráfico (Nunes et al., 2005) e do índice de confiança (I_i), pela metodologia de Annichiarico (1992).

Linhasgens	Média	I_i	\bar{Z}_i *	CV_{zi} (%)
Ouro Negro	2740a*	96,03	3,67a*	33,2 (27,2;42,8) ^{1/}
Pérola	2407c	88,36	2,91c	27,8 (22,9;35,5)
BRSMG Majestoso	2333c	82,19	2,76c	33,0 (27,0;42,5)
BRSMG Talismã	2373c	88,19	2,86c	25,4 (20,9;32,3)
BRS Horizonte	2247d	82,47	2,56d	29,5 (24,2;37,8)
IAPAR 81	2407c	86,12	2,89c	33,1 (27,1;42,7)
BRS Supremo	2507b	86,31	3,10b	40,1 (32,6;52,5)
Carioca MG	2473b	89,23	3,06b	26,7 (22,0;34,1)
BRS Valente	2473b	88,11	3,04b	28,9 (23,8;37,0)
BRS Radiante	2467b	88,50	3,00b	29,5 (24,2;37,8)
CNFRJ 10564	2520b	92,92	3,15b	26,0(21,4;33,1)

*Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

^{1/}Entre parênteses, o intervalo de confiança do CV_{zi} .

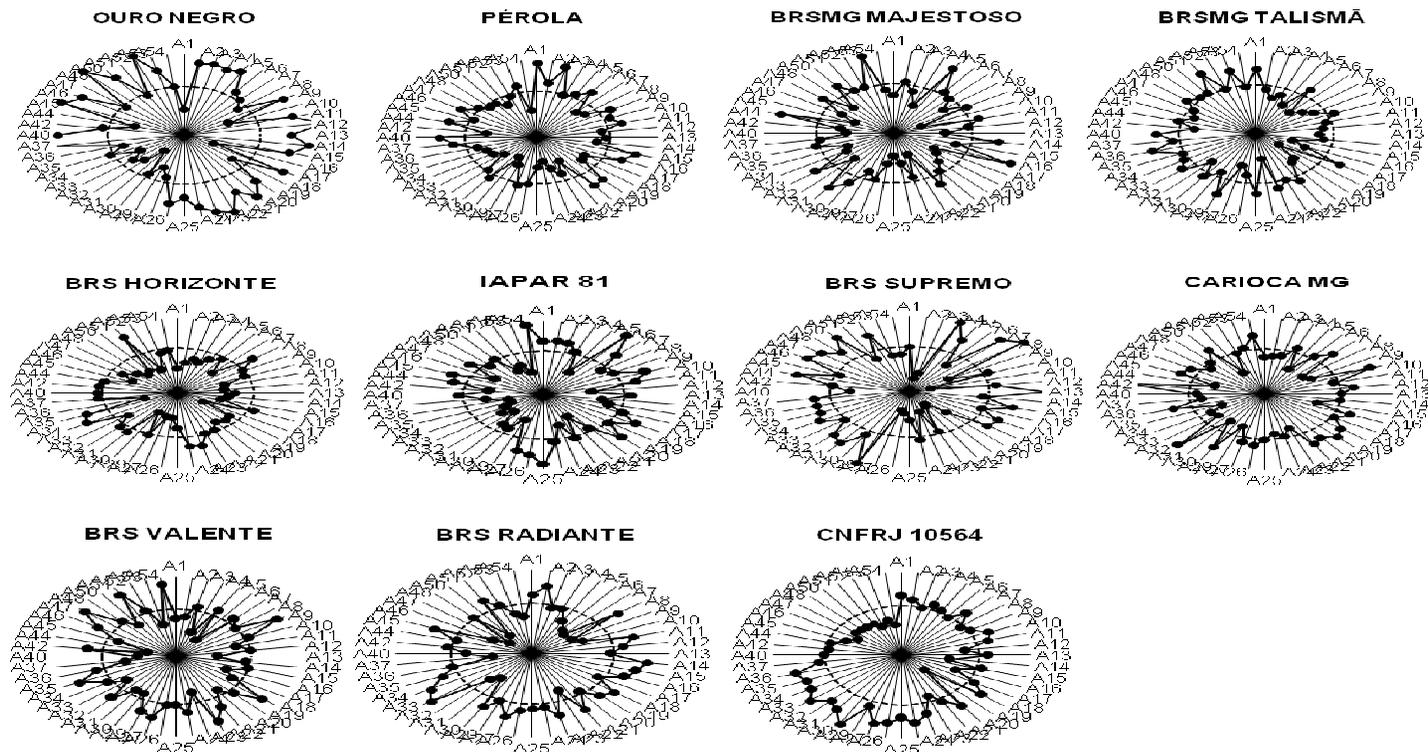


Figura 1 Representação gráfica do desempenho de 11 linhagens de feijoeiro de diferentes hábitos de crescimento em 48 experimentos (A₁, A₂,..., A₅₄, conforme Tabela 1A) envolvendo os seis ambientes (safras e locais), três doses de fertilizantes e três densidades de semeadura.

Outro critério que também tem sido amplamente utilizado pelos melhoristas para a identificação de linhagens mais promissoras é a estimativa do risco de sua adoção, estimado pela metodologia proposta por Annicchiarico (1992). Assim, para estudo da adaptabilidade e estabilidade das linhagens nos 48 experimentos, além da metodologia proposta por Nunes et al. (2005), também foi estimado o risco da adoção das linhagens. Por essa metodologia, observou-se que a linhagem Ouro Negro foi a que apresentou menor risco de adoção, pois, na pior das hipóteses, com 75% de probabilidade, sua produção seria 3,97% inferior à média do ambiente. Ressalta-se também que a linhagem CNFRJ 10564 também apresentou baixo risco de adoção, $I_i = 92,92\%$. Comparando-se com o gráfico referente às linhagens Ouro Negro e CNFRJ 10564, pode-se verificar que, em 32 e 29 dos 48 experimentos, respectivamente, essas linhagens apresentaram produtividade acima da média do ambiente (Figura 1), sendo estes resultados concordantes com o do índice de confiança.

Deve ser ressaltado que, com exceção da linhagem CNFRJ 10564, de grãos rajados, todas as demais são recomendadas para cultivo no estado de Minas Gerais (Ramalho e Abreu, 2006). A cultivar Ouro Negro confirmou o bom desempenho que tem sido verificado por outros autores (Borges et al., 2000; Nunes et al., 2005), contudo, apresenta a desvantagem de ter o porte muito prostrado. A BRS Supremo, que é outra opção de feijão de grãos pretos, além de ter se destacado em determinados ambientes (Tabela 8), tem a vantagem de possuir excelente arquitetura da planta (Costa et al., 2004). Entre as linhagens de grãos tipo carioca, pela análise nos 48 experimentos (Tabela 9), podem-se destacar a BRSMG Talismã e Carioca MG. A Carioca MG apresenta porte ereto, mas possui grãos de tamanho inferior às exigências dos consumidores, além de a cor creme também ser mais escura (Ramalho e Abreu, 2006). Já a BRSMG Talismã, apesar do porte prostrado, apresenta grãos com cor e tamanho de boa aceitação pelo mercado, além de também ter se destacado em

produtividade de grãos nos ensaios de VCU realizados no estado de Minas Gerais (Abreu et al., 2004).

5 CONCLUSÕES

A variação nas doses de fertilizantes afeta mais a produtividade de grãos das linhagens que a variação nas densidades de semeadura.

A resposta das linhagens ao aumento da densidade de semeadura e das doses de fertilizantes varia com o ambiente em que são avaliadas e independem do hábito de crescimento das mesmas.

As interações envolvendo as doses de fertilizantes e densidades de semeadura foram expressivas, mostrando que é importante realizar os VCU em diferentes doses de fertilizantes e densidades de semeadura.

A cultivar Ouro Negro, de grãos pretos, foi a mais adaptada e com menor risco de adoção. Entre as cultivares de grãos tipo carioca, se destacaram a Carioca MG e a BRSMG Talismã.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A. de F. B.; RAMALHO, M. A. P.; CARNEIRO, J. E. de S.; GONÇALVES, F. M. A.; SANTOS, J. B. dos; PELOSO, M. J. D.; FARIA, L. C. de; CARNEIRO, G. E. de S.; PEREIRA FILHO, I. A. BRSMG talismã: common bean cultivar with carioca grain type. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, East Lansing, v. 47, p. 319-320, 2004.
- ANDRADE, C. A. de B.; PETRONI, S. M. S.; CLEMENTE, E.; SCAPIM, C. A. Produtividade e qualidade nutricional de cultivares de feijão em diferentes adubações. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 1077-1086, 2004.
- ANDRADE, M. J. B. de; CARVALHO, A. J. de; VIEIRA, N. M. B. Exigências edafoclimáticas. In: VIEIRA, C.; PAULA, J. R. T. J.; BOREM, A. (Ed.). **Feijão**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 415-436.
- ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics & Breeding**, Rome, v. 46, n. 1, p. 269-278, Mar. 1992.
- ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E. de; BUZETTI, S.; NASCIMENTO, V. do. Manejo de solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 131-138, 2004.
- BASFORD, K. E.; COPPER, M. Genotype x environment interactions and some considerations of their implications for wheat breeding in Australia. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 49, n. 1, p. 153-174, Jan. 1998.
- BECKER, H. C.; LEÓN, J. Stability analysis in plant breeding. **Plant Breeding**, Hamburg, v. 101, p. 1-23, 1988.
- BINOTTI, F. F. da S.; ARF, O.; SÁ, M. E. de; ROMANINI JUNIOR, A.; FERNANDES, F. A.; BUZETTI, S. Manejo do solo e da adubação nitrogenada na cultura de feijão de inverno e irrigado. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 1, p. 121-129, 2007.
- BORGES, L. C.; FERREIRA, D. F.; ABREU, A. de F. B.; RAMALHO, M. A. P. Emprego de metodologias de avaliação de estabilidade fenotípica na cultura do feijoeiro. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 27, n. 269, p. 89-102, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Formulários para registro de cultivares e requisitos para VCU**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 20 jul. 2008.

BRUZI, A. T.; RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F. Homeostasis of common bean populations with different genetic structures. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 7, n. 2, p. 111-116, 2007.

CHAVES, L. J.; VENCOVSKY, R.; GERALDI, I. O. Modelo não linear aplicado ao estudo da interação genótipo x ambiente em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 259-269, 1989.

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

COSTA, J. G. C. da; FARIA, L. C. de; RAVA, C. L. C.; FARIA, J. C.; SILVA, H. T. da; SARTORATO, A.; BASSINELO, P. Z.; ZIMMERMANN, F. J. P. **BRS supremo**: cultivar de grão preto de feijoeiro comum, de porte ereto, indicada para as regiões sul e centro-oeste. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 2 p. Comunicado técnico.

CROSSA, J. Statistical analysis of multilocal trials. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 44, p. 55-85, 1990.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; SILVA, L. M. da; LEMOS, L. B. Aplicação do enxofre em cobertura no feijoeiro em sistema de plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 3, p. 459-46, 2006.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003. 585 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 1997. 390 p.

CRUZ, C. D.; TORRES, R. A. de; VENCOVSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva e Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 12, p. 567-580, 1989.

CUNHA, W. G. da; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Selection aiming at upright growth habit common bean with carioca type grains. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 5, n. 4, p. 379-386, 2005.

DIDONET, A. D.; COSTA, J. G. C. População de plantas e rendimento de grãos em feijoeiro comum de ciclo precoce. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, n. 2, p. 105-109, Jun. 2004.

DIDONET, A. D.; SILVA, S. C. Elementos climáticos e produtividade do feijoeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 13-20, 2004.

EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 6, n. 1, p. 36-40, 1966.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B.; PENARIOL, F. G.; EGÉA, M. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro, em plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 307-312, 2006.

FERNANDES, M. I. P. F.; RAMALHO, M. A. P.; LIMA, P. C. Comparação de métodos de correção de estande de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 28, p. 997-1002, 1989.

FERREIRA, A. C. de B.; ADRADE, M. J. B.; ARAUJO, G. A. de A. Nutrição e adubação do feijoeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 61-72, 2004.

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

FURTINI, I. V.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, Â. de F. B.; FURTINI NETO, A. E. Resposta diferencial de linhagens de feijoeiro ao nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, p. 1696-1700, 2006.

GIECO, J. O. **Interação genótipos x ambientes e implicações para o melhoramento da soja**. 1997. 89 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

JAUER, A.; DUTRA, L. M. C.; LUCCA FILHO, O. A.; SANTI, A. L.; ZABOT, L.; UHRY, D.; BONADIMAM, R.; BELLÉ, G. L.; LÚCIO, A. D. Comportamento da cultivar BR-IPAGRO 44-guapo brilhante de feijoeiro em quatro populações de plantas na safrinha em Santa Maria-RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 2, p. 201-206, 2003a.

JAUER, A.; DUTRA, L. M. C.; LUCCA FILHO, O. A.; SANTI, A. L.; ZABOT, L.; UHRY, D.; BONADIMAM, R.; BELLÉ, G. L.; LÚCIO, A. D. Rendimentos de grãos, seus componentes e características morfológicas do feijoeiro comum cultivado em quatro densidades de semeadura na safrinha. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 1, p. 21-26, 2003b.

JAUER, A.; DUTRA, L. M. C.; ZABOT, L.; LUCCA FILHO, O. A.; UHRY, D.; LUDWING, M. P.; FARIAS, J. R. Comportamento de cultivar Pérola de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) em quatro densidade de semeadura na safrinha em Santa Maria-RS. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v. 13, n. 1, p. 12-23, 2006.

KANG, M. S.; GAUCH JUNIOR, H. G. **Genotype by environment interaction**. New York: CRC, 1966. 416 p.

KAY, D. E. **Food legumes**. London: Tropical Products Institute, 1979. 435 p.

KELLY, J. D. Remaking bean plant architecture for efficient production. **Advances in Agronomy**, New York, v. 7, n. 1, p. 109-143, 2001.

KELLY, J. D.; KOLKMAN, J. M.; SCHNEIDER, K. Breeding for yield in dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Euphytica**, Wageningen, v. 102, p. 345-346, 1998.

LANA, R. M. Q.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; CORREIA, N. M.; LANA, A. M. Q. Variabilidade entre genótipos de feijoeiro na eficiência do uso do fósforo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 778-784, 2006.

LOLLATO, M. A. Efeito de população de plantas e a colheita mecânica na cultura do feijão. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (Ed.). **Tecnologia da produção do feijão irrigado**. Piracicaba: Publique, 1997. p. 166-174.

MATOS, J. W. de; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Trinta e dois anos do programa de melhoramento do feijoeiro em Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1749-1754, 2007.

MEIRA, F. de A.; SÁ, M. E. de; BUZETTI, S.; ARF, O. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 383-388, 2005.

MENEZES JUNIOR, J. A. N. **Seleção recorrente simultânea para alguns caracteres do feijoeiro**. 2007. 65 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MSTAT-C. **A software program for the design, management and analysis of agronomic research experiments**. Michigan: Michigan State University, 1991.

NUNES, H. de S. **Interação genótipos x ambientes em eucalipto**: implicações sobre a seleção e formas de atenuar seu efeito. 2000. 160 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

NUNES, J. A. R.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Graphical method in studies of adaptability and stability of cultivars. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v. 48, p. 182-183, 2005.

NUNES, J. A. R.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Método gráfico no estudo da adaptabilidade e estabilidade de cultivares. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 49., 2004, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2004. p. 398-403.

OLIVEIRA, I. P. de; ARAUJO, R. S.; DUTRA, L. G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 169-221.

PATERNIANI, E. Maize breeding in the tropics. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v. 9, n. 2, p. 25-154, 1990.

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

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B.; RIGHETTO, G. U. Interação de cultivares de feijão por épocas de semeadura em diferentes localidades do Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 10, p. 1183-1189, out. 1993a.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B.; SANTOS, P. S. J. dos. Interações genótipos x épocas de semeadura, anos e locais na avaliação de cultivares de feijão nas regiões sul e alto Paranaíba em Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 22, n. 2, p. 176-181, 1998.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 326 p.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Genética quantitativa de autógamas**: aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia: UFG, 1993b. 271 p.

ROMANINI JUNIOR, A.; ARF, O.; BINOTTI, F. F. da S.; SÁ, M. E. de; BUZETTI, S.; FERNANDES, F. A. Avaliação da inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada no desenvolvimento do feijoeiro, sob sistema plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, p. 74-82, 2007.

ROSOLEM, C. A. Calagem e adubação mineral. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. (Ed.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. cap. 4, p. 353-385.

ROSOLEM, C. A.; MARUBAYASHI, O. M. Seja o doutor do seu feijoeiro. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 68, p. 1-16, 1994.

RIBEIRO, N. D.; CARGNELUTTI FILHO, A.; JOST, E.; POERSCH, N. L.; TRENTIN, M. Alterações em caracteres agromorfológicos em função da densidade de plantas em cultivares de feijão. **Revista Brasileira de Agrociências**, Pelotas, v. 10, n. 2, p. 167-173, 2004.

SANTI, A. L.; DUTRA, L. M. C.; MARTIN, T. N.; BONADIMAN, R.; BELLÉ, G. L.; FLORA, L. P. D.; JAUER, A. Adubação nitrogenada na cultura de feijoeiro em plantio convencional. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1079-1085, 2006.

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

SAS INSITUTE. **SAS/STAT user's guide**. Version 8. Cary, 2000.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analyses method for grouping means in the analyses of variance. **Biometrics**, Raleigh, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.

SENA, M. R.; ABREU, A. de F. B.; BRUZI, A. T.; RAMALHO, M. A. P. Envolvimento de agricultores no processo seletivo de novas linhagens de feijoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 407-412, 2008.

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

SILVA, J. G. C.; BARRETO, J. N. Aplicação da regressão linear segmentada em estudos da interação genótipo por ambiente. In: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 1., 1985, Piracicaba, SP. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1985. p. 49-50.

SOUZA, A. B.; ANDRADE, M. J. B. de; ALVES, V. G. Populações de plantas, adubação e calagem para o feijoeiro (cv. Iapar 81) em Gleissolo de Ponta Grossa, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 347-352, 2004a.

SOUZA, A. B.; ANDRADE, M. J. B. de; ALVES, V. G.; CAMPOGNOLI, F. B. Densidades de semeadura, níveis de adubação NPK e calagem para o feijoeiro (cv. Iapar 81) em latossolo argiloso de Ponta Grossa - PR. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 25, n. 1, p. 5-12, 2004b.

SOUZA, A. B. de; ANDRADE, M. J. B. de; MUNIZ, R. P. Populações de plantas e níveis de adubação e calagem para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) em um solo de baixa fertilidade. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 1, p. 87-98, 2002.

SOUZA, A. B. de; ANDRADE, M. J. B. de; MUNIZ, R. P. Altura de planta e componentes do rendimento do feijoeiro em função de populações de plantas, adubação e calagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1205-1213, 2003.

SOUZA, A. B. de; ANDRADE, M. J. B. de; VIEIRA, N. M. B.; ALBUQUERQUE, A. Densidades de semeadura e níveis de NPK e calagem na produção do feijoeiro sob plantio convencional, em Ponta Grossa, Paraná. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 1, p. 39-43, 2008.

STOKER, R. Effect on dwarf beans of water stress at different phases of growth. N. Z. J. **Experimental Agriculture**, v. 2, p. 13-15, 1974.

- TAI, G. C. C. Genotypic stability analysis and its application to potato trials. **Crop Science**, Madison, v. 11, p. 184-190, 1971.
- TOLER, J. E. **Patterns of genotype performance over environmental arrays**. 1990. 154 f. Thesis (Ph.D.) - Clemson University, Clemson.
- VALÉRIO, C. R.; ANDRADE, M. J. B.; FERREIRA, D. F. Comportamento das cultivares de feijão aporé, carioca e pérola em diferentes populações de plantas e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 3, p. 515-528, 1999.
- VANGEN, M. G. Confidence interval for a normal coefficient of variation. **The American Statistician**, Washington, v. 50, n. 1, p. 21-26, Feb. 1996.
- VERMA, M. M.; CHAHAL, G. S.; MURTY, B. R. Limitations of conventional regression analysis: a proposed modification. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 53, p. 89-91, 1978.
- VIEIRA, C. **O feijoeiro-comum**: cultura, doenças e melhoramento. Viçosa, MG: UFV, 1967. 220 p.
- VIEIRA, C. Métodos culturais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 3, p. 57-59, 2004.
- VIEIRA, C. Adubação mineral e calagem. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J. de; BORÉM, A. **Feijão**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 115-142.
- 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, MG: UFV, 2005. p. 301-392.
- VILLA, M. R.; FERNANDES, L. A.; FAQUIN, V. Formas de potássio em solos de várzea e sua disponibilidade para o feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 649-658, 2004.

ANEXO

	Página
TABELA 1A Resumo das análises individuais da produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e estande (n° de plantas) de 11 linhagens de feijoeiro (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) de diferentes hábitos de crescimento utilizadas em 54 experimentos envolvendo os seis ambientes (Safras e Locais), três doses de fertilizantes e três densidades de semeadura.....	65

TABELA 1A Resumo das análises individuais da produtividade de grãos (kg ha⁻¹) e estande (nº de plantas) de 11 linhagens de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) de diferentes hábitos de crescimento, utilizadas em 54 experimentos envolvendo seis ambientes (safras e locais), três doses de fertilizantes e três densidades de semeadura.

EXP.	LOCAL	SAFRA	DENS.	DOSE	QM _{LINH.}	QM _{FERRO}	P	CV _(%)	MÉDIA	P _(ESTANDE) ^{3/}
1	LAVRAS-MG DBI ^{1/}	Águas 06/07	10	0	341980	116542	0,0019	19,9	1712	0,5782
2	LAVRAS-MG DBI	Águas 06/07	10	300	892955	262653	0,0095	23,4	2190	0,8495
3	LAVRAS-MG DBI	Águas 06/07	10	600	862187	92621	0,0000	10,1	3009	0,4215
4	LAVRAS-MG DBI	Águas 06/07	15	0	682820	146589	0,0017	18,6	2061	0,1840
5	LAVRAS-MG DBI	Águas 06/07	15	300	451569	105691	0,0028	13,0	2498	0,0056
6	LAVRAS-MG DBI	Águas 06/07	15	600	763651	296159	0,0342	18,9	2882	0,0631
7	LAVRAS-MG DBI	Águas 06/07	20	0	744476	142954	0,0009	20,0	1894	0,0447
8	LAVRAS-MG DBI	Águas 06/07	20	300	886659	145771	0,0003	15,7	2435	0,0253
9	LAVRAS-MG DBI	Águas 06/07	20	600	485126	102287	0,0015	12,1	2644	0,1795

^{1/} Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras.

“...continua...”

^{2/} Fazenda da Fundação de Amparo ao Ensino, Pesquisa e Extensão (FAEPE).

^{3/} Significância para o efeito de linhagens.

“TABELA 1A, Cont.”

EXP.	LOCAL	SAFRA	DENS.	DOSE	QM _{LINH.}	QM _{ERRO}	P	CV _(%)	MÉDIA	P _(ESTANDE) ^{3/}
10	LAVRAS-MG FAEPE ^{2/}	Águas 06/07	10	0	303649	118057	0,0346	25,2	1363	0,0532
11	LAVRAS-MG FAEPE	Águas 06/07	10	300	1005816	319929	0,0014	24,0	2356	0,8495
12	LAVRAS-MG FAEPE	Águas 06/07	10	600	238027	164322	0,2302	16,7	2421	0,0887
13	LAVRAS-MG FAEPE	Águas 06/07	15	0	603499	162715	0,0061	22,0	1831	0,0989
14	LAVRAS-MG FAEPE	Águas 06/07	15	300	1225293	251472	0,0013	19,0	2632	0,0140
15	LAVRAS-MG FAEPE	Águas 06/07	15	600	1080198	105116	0,0000	10,9	2966	0,0290
16	LAVRAS-MG FAEPE	Águas 06/07	20	0	298894	89796	0,0106	16,4	1830	0,2345
17	LAVRAS-MG FAEPE	Águas 06/07	20	300	554743	92135	0,0003	13,7	2219	0,6591
18	LAVRAS-MG FAEPE	Águas 06/07	20	600	532953	187147	0,0222	15,4	2805	0,3179

^{1/} Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras.

“...continua...”

^{2/} Fazenda da Fundação de Amparo ao Ensino, Pesquisa e Extensão (FAEPE).

^{3/} Significância para o efeito de linhagens.

“TABELA 1A, Cont.”

EXP.	LOCAL	SAFRA	DENS.	DOSE	QM _{LINH.}	QM _{ERRO}	P	CV(%)	MÉDIA	P _(ESTANDE) ^{3/}
19	LAVRAS-MG DBI	Seca 07	10	0	747737	182753	0,0036	16,0	2680	0,1785
20	LAVRAS-MG DBI	Seca 07	10	300	288527	97314	0,0185	11,2	2784	0,5386
21	LAVRAS-MG DBI	Seca 07	10	600	554253	197964	0,0240	12,2	3637	0,3152
22	LAVRAS-MG DBI	Seca 07	15	0	566329	406940	0,2533	25,7	2480	0,1803
23	LAVRAS-MG DBI	Seca 07	15	300	258218	143604	0,1267	14,7	2570	0,1146
24	LAVRAS-MG DBI	Seca 07	15	600	452486	439893	0,4553	18,5	3587	0,0894
25	LAVRAS-MG DBI	Seca 07	20	0	1085850	218949	0,0012	18,2	2574	0,0509
26	LAVRAS-MG DBI	Seca 07	20	300	549888	281945	0,0977	19,0	2796	0,0777
27	LAVRAS-MG DBI	Seca 07	20	600	649434	213768	0,0165	16,0	2888	0,0170

^{1/} Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras.

“...continua...”

^{2/} Fazenda da Fundação de Amparo ao Ensino, Pesquisa e Extensão (FAEPE).

^{3/} Significância para o efeito de linhagens.

“TABELA 1A, Cont.”

EXP.	LOCAL	SAFRA	DENS.	DOSE	QM _{LINH.}	QM _{ERRO}	P	CV _(%)	MÉDIA	P _(ESTANDE) ^{3/}
28	IJACI-MG	Seca 07	10	0	689285	54412	0,0000	10,0	2320	0,5480
29	IJACI-MG	Seca 07	10	300	1339090	153800	0,0000	17,0	2312	0,8052
30	IJACI-MG	Seca 07	10	600	550244	277398	0,0923	20,5	2569	0,3508
31	IJACI-MG	Seca 07	15	0	378389	122241	0,0151	15,1	2304	0,3698
32	IJACI-MG	Seca 07	15	300	1125814	240809	0,0016	23,6	2082	0,0765
33	IJACI-MG	Seca 07	15	600	572708	259801	0,0635	18,1	2823	0,3578
34	IJACI-MG	Seca 07	20	0	366474	163310	0,0595	16,5	2452	0,7743
35	IJACI-MG	Seca 07	20	300	656083	136121	0,0014	15,6	2369	0,0923
36	IJACI-MG	Seca 07	20	600	676249	423531	0,1789	20,0	3305	0,1553

^{1/} Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras.

“...continua...”

^{2/} Fazenda da Fundação de Amparo ao Ensino, Pesquisa e Extensão (FAEPE).

^{3/} Significância para o efeito de linhagens.

“TABELA 1A, Cont.”

EXP.	LOCAL	SAFRA	DENS.	DOSE	QM_{LINH.}	QM_{FERRO}	P	CV_(%)	MÉDIA	P_(ESTANDE)^{3/}
37	LAVRAS-MG DBI	Inverno 07	10	0	185304	74251	0,0293	21,4	1271	0,0199
38	LAVRAS-MG DBI	Inverno 07	10	300	599340	249198	0.0455	33.5	1491	0,0000
39	LAVRAS-MG DBI	Inverno 07	10	600	1285403	41355	0,0000	11,8	1718	0,0079
40	LAVRAS-MG DBI	Inverno 07	15	0	518111	92932	0,0006	21,7	1406	0,2642
41	LAVRAS-MG DBI	Inverno 07	15	300	534460	35951	0,0000	18.5	1023	0.4237
42	LAVRAS-MG DBI	Inverno 07	15	600	650403	113937	0,0005	21,2	1588	0,0009
43	LAVRAS-MG DBI	Inverno 07	20	0	394508	35314	0,0000	17,7	1065	0,0000
44	LAVRAS-MG DBI	Inverno 07	20	300	449337	61999	0,0001	16,2	1541	0,1527
45	LAVRAS-MG DBI	Inverno 07	20	600	167736	96156	0,1390	20,8	1494	0,2830

^{1/} Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras.

“...continua...”

^{2/} Fazenda da Fundação de Amparo ao Ensino, Pesquisa e Extensão (FAEPE).

^{3/} Significância para o efeito de linhagens.

“TABELA 1A, Cont.”

EXP.	LOCAL	SAFRA	DENS.	DOSE	QM _{LINH.}	QM _{ERRO}	P	CV _(%)	MÉDIA	P _(ESTANDE) ^{3/}
46	LAVRAS-MG DBI ^{1/}	Águas 07/08	10	0	75102	111021	0,0002	14,5	2294	0,2044
47	LAVRAS-MG DBI	Águas 07/08	10	300	283521	240068	0,3585	20,8	2355	0,0256
48	LAVRAS-MG DBI	Águas 07/08	10	600	967630	160730	0,0003	15,1	2648	0,2759
49	LAVRAS-MG DBI	Águas 07/08	15	0	367127	48009	0,0001	10,1	2175	0,0054
50	LAVRAS-MG DBI	Águas 07/08	15	300	516169	116875	0,0023	12,6	2714	0,0033
51	LAVRAS-MG DBI	Águas 07/08	15	600	313377	143389	0,0656	15,7	2408	0,0079
52	LAVRAS-MG DBI	Águas 07/08	20	0	481906	285419	0,1529	21,3	2506	0,0042
53	LAVRAS-MG DBI	Águas 07/08	20	300	309958	288753	0,4250	19,5	2759	0,0038
54	LAVRAS-MG DBI	Águas 07/08	20	600	376684	351200	0,4256	26,1	2273	0,0005

^{1/} Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras.

^{2/} Fazenda da Fundação de Amparo ao Ensino, Pesquisa e Extensão (FAEPE).

^{3/} Significância para o efeito de linhagens.