

**HOMEOSTASE DE POPULAÇÕES DE
FEIJOEIRO COM DIFERENTES
ESTRUTURAS GENÉTICAS**

ADRIANO TEODORO BRUZI

2006

ADRIANO TEODORO BRUZI

**HOMEOSTASE DE POPULAÇÕES DE FEIJOEIRO COM
DIFERENTES ESTRUTURAS GENÉTICAS**

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

Orientador

Prof. Dr. Magno Antonio Patto Ramalho

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2006

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

Bruzi, Adriano Teodoro

Homeostase em populações de feijoeiro com diferentes estruturas genéticas /
Adriano Teodoro Bruzi. -- Lavras : UFLA, 2006.
69 p. : il.

Orientador: Magno Antonio Patto Ramalho.
Dissertação (Mestrado) – UFLA.
Bibliografia.

1. Feijão. 2. Homeostase. 3. Tamponamento individual. 4. Tamponamento
populacional. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-635.65223

ADRIANO TEODORO BRUZI

**HOMEOSTASE DE POPULAÇÕES DE FEIJOEIRO COM
DIFERENTES ESTRUTURAS GENÉTICAS**

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

APROVADA em 30 de maio de 2006.

Prof. Dr. Luiz Antônio dos Santos Dias

BIOAGRO/UFV

Prof. Dr. Daniel Furtado Ferreira

UFLA/DEX

Prof. Dr. Magno Antonio Patto Ramalho

UFLA/DBI

(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

A Deus,
por me conceder o dom da vida,

OFEREÇO

*Aos meus pais, Marcos e Aparecida, pela oportunidade de estudar;
A minha noiva Flávia, pelo amor e carinho nos momentos mais difíceis;*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus pais, Marcos e Aparecida, pelo apoio incansável para alcançar os meus objetivos.

A minha noiva e companheira Flávia, pela convivência prazerosa em todos os momentos, carinho, amor e tranqüilidade quando eu mais precisei. Sem você eu não conseguiria...

A meu irmão Alessandro, pelo companheirismo e amizade.

Aos meus avós, José Teodoro e Iracilda, João e Aparecida, pelos ensinamentos concedidos e valiosos conselhos.

Ao professor, amigo e orientador Magno, pela prazerosa convivência, ensinamentos transmitidos e estimada orientação em todos os momentos, não só na pós-graduação, como também na graduação.

À pesquisadora Ângela de Fátima Barbosa Abreu, pelas valiosas sugestões na redação deste trabalho, co-orientação, apoio na condução dos experimentos e prazerosa convivência ao longo desses anos.

A professora Flávia Maria Avelar Gonçalves, pelas valiosas sugestões na redação deste trabalho.

Ao professor e amigo Daniel Furtado Ferreira, pelas valiosas sugestões e co-orientação neste trabalho.

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

Ao pesquisador e amigo Fausto de Souza Sobrinho, pelo incentivo para trabalhar com melhoramento de plantas e valiosos conselhos ao longo de minha vida acadêmica.

Ao professor e amigo João Cândido, pelo apoio na condução dos experimentos, convivência e ensinamentos transmitidos durante a pós-graduação.

A CAPES, pelo auxílio financeiro e concessão da bolsa de estudos.

Aos professores César, João Bosco e Elaine, pelos ensinamentos.

Ao colega Marcus, pelo sincero apoio na condução dos experimentos.

Ao grande amigo Geovani, pela agradável convivência e auxílio na condução dos experimentos.

Aos colegas do GEN: Helton, Alex, Diego, José Ângelo, José Luiz, Juarez, Matheus, Flávio, Marcelo, Airton, Wila, Rafael, Vanessa, Lívia, Francine, Aisy e Flávia que, direta ou indiretamente, me auxiliaram na realização deste trabalho.

Aos funcionários de campo, Leonardo e Lindolfo, pelo auxílio na condução dos experimentos e pela convivência ao longo desses anos.

Aos funcionários do DBI, Zélia, Rafaela, Irondina e Rosângela, pela convivência diária.

À grande companheira e secretária, Elaine Ribeiro, pela amizade e ajuda em todos os momentos dessa minha caminhada.

Aos produtores rurais, pela disponibilidade em fornecer as áreas para plantio dos experimentos.

Enfim, a todos aqueles que, direta ou indiretamente, estiveram envolvidos na realização deste trabalho, meu **MUITO OBRIGADO!!!**

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Ambientes de cultivo do feijoeiro em Minas Gerais.....	3
2.2 Interação dos genótipos x ambientes.....	6
2.2.1 Métodos para se avaliar a estabilidade.....	8
2.3. Herança dos parâmetros de estabilidade.....	8
2.4 Estrutura genética das populações e estabilidade fenotípica.....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1 Ambientes.....	19
3.2 Material Genético.....	19
3.3 Condução dos Experimentos.....	22
3.4 Análise dos dados.....	23
3.5 Repetibilidade do parâmetro de estabilidade e da adaptabilidade.....	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1 Adaptabilidade e estabilidade das populações de feijoeiro com diferentes estruturas genéticas.....	41
4.2 Repetibilidade do parâmetro de estabilidade e da adaptabilidade.....	42
5 CONCLUSÕES.....	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
ANEXO.....	55

RESUMO

BRUZI, Adriano Teodoro. **Homeostase de populações de feijoeiro com diferentes estruturas genéticas**. 2006. 69 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

O objetivo do presente trabalho foi o de verificar se populações constituídas de uma única linha pura, mistura de linhas puras ou uma população constituída de genótipos com a maioria dos locos em heterozigose diferem em estabilidade e de que maneira essa informação poderia ser utilizada nos programas de melhoramento genético do feijoeiro. Os experimentos foram conduzidos em 20 ambientes (safra e locais), no período de novembro de 2004 a dezembro de 2005. Foram utilizadas oito linhagens de feijão, a mistura em igual proporção entre as linhagens (MP) e a geração F₂ do híbrido múltiplo (HM) entre as linhas puras. O delineamento adotado foi de blocos incompletos e as parcelas foram constituídas de 2 linhas de 4 metros, com densidade de semeadura de 15 sementes por metro e espaçamento de 0,5 metro entre as linhas. Com os dados médios dos ambientes foi realizado o estudo da estabilidade utilizando o método da ecovalência (W_i^2). Para se obter as estimativas da repetibilidade dos parâmetros de estabilidade e da adaptabilidade, os 20 ambientes foram separados em dois grupos de 10. Para ter um grande número de possibilidades, foram simuladas 1.000 situações, envolvendo as combinações desses ambientes. As populações com a maioria dos locos em heterozigose (HM) e a mistura heterogênea das linhagens (MP) foram mais estáveis. Contudo, alta estabilidade também foi identificada para algumas linhas puras. A repetibilidade da produtividade média de grãos ($r_k^2=0,73$) foi superior à obtida para W_i^2 ($r_k^2=0,18$), indicando que a probabilidade de sucesso com a seleção visando à menor contribuição para a interação deve ser pequena.

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

ABSTRACT

BRUZI, Adriano Teodoro. **Homeostasis of common bean populations with different genetics constitutions.** 2006. 69 p. Dissertation (Master in Plant Genetics and Breeding) – Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.*

The purpose of this work was to verify if populations composed by pure lines, mixtures of lines, and population with most of loci as heterozygous genotypes, have different stability, and if that information could be applied in common bean breeding programs. Eight pure lines, one mixture of them (M), and the F₂ population from multiple crosses among the pure lines (MC) were used. They were evaluated in experiments carried out in 20 environments (seasons and locations), from November/2004 to December/2005. Each treatment was evaluated in two 4 meter long row plots using the incomplete block design. The space between rows was 0.5 meter, and 15 seeds were sown by linear meter. The stability was estimated using the ecovalence (W_i^2) procedure based on average grain yield per environment. The repeatability of the stability and adaptability parameters were estimated splitting the 20 environments in two groups of ten, simulated 1000 times randomly. The populations M and MC were more stable. However, high stabilities were also identified in some pure lines. The repeatability of grain yield ($r_k^2=0,73$) was higher than W_i^2 ($r_k^2=0,18$) showing that selection for small effects of genotypes x environments interaction has less success than for grain yield.

* Guidance Committee: Magno Antonio Patto Ramalho – UFLA (Major Professor), Ângela de Fátima Barbosa Abreu – EMBRAPA/UFLA (Co-Adviser), Daniel Furtado Ferreira – UFLA (Co-Adviser).

1 INTRODUÇÃO

As condições de cultivo do feijoeiro em Minas Gerais apresentam uma ampla diferença. Há desde agricultores de subsistência com praticamente nenhum emprego de tecnologia, até grandes empresários rurais que utilizam todas as técnicas disponíveis. Deve-se ressaltar também que, atualmente, o feijoeiro é cultivado praticamente durante todo ano, em três épocas de semeadura, em que as condições climáticas são muito distintas. Nessas condições, é esperado que as cultivares não apresentem comportamento coincidente nos diferentes ambientes, isto é, ocorra interação cultivares x ambientes.

Por essa razão, na recomendação de novas cultivares, é indispensável que essas sejam avaliadas no maior número de ambientes possíveis. Contudo, não basta apenas constatar a presença da interação. É necessário identificar as cultivares com maior adaptação e estabilidade fenotípica. Nesse contexto, a literatura é vasta com relação aos métodos que possibilitam identificar essas cultivares com maior homeostase (Cruz et al., 2004; Kang & Gauch Jr., 1996).

Um questionamento freqüente, contudo, é se a estrutura genética das populações pode afetar a estabilidade. É esperado que cultivares heterogêneas, constituídas por uma mistura de genótipos, por possuírem homeostase populacional, sejam mais estáveis que uma única linha pura. De modo análogo, espera-se também que cultivares com a maioria dos locos em heterozigose, homeostase individual, sejam mais estáveis que as linhagens (Becker & Leon, 1988). Existem poucos relatos que comprovam, pelo menos em parte, essa observação em algumas culturas, tais como: milho (Geiger et al., 1987; Schnell & Becker, 1986), sorgo (Hausmann et al., 2000), centeio (Becker, 1981) e aveia (Helland & Holland, 2001).

No caso do feijoeiro, as cultivares recomendadas normalmente são constituídas por uma linha pura. Por outro lado, as cultivares utilizadas pelos agricultores envolvem uma mistura de um grande número de linhagens (Façanha, 1982). É apregoado que esse fato possibilita maior estabilidade de produção. É, inclusive, sugerido o uso de multilinhas como um mecanismo para se obter resistência mais duradoura às diferentes raças dos patógenos, ou seja, com maior homeostase ao longo do tempo. Esse tipo de informação não é freqüente com a cultura do feijoeiro no Brasil.

Pelo exposto, foi realizado o presente trabalho, com o objetivo de verificar se populações constituídas de uma linha pura, mistura de linhas puras ou genótipos com a maioria dos locos em heterozigose, diferem em estabilidade e de que maneira essa informação poderia ser utilizada nos programas de melhoramento genético do feijoeiro.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Ambientes de cultivo do feijoeiro em Minas Gerais

O feijoeiro é muito influenciado por fatores climáticos. Com relação à temperatura, a média ótima durante o desenvolvimento da cultura é de 18°C a 24°C, sendo 21°C a ideal (Vieira et al., 2006). Por outro lado, Fanceli & Dourado Neto (1999) consideram aptas para a cultura regiões com temperatura média entre 15°C-29°C. Deve-se ressaltar que a ocorrência de temperaturas abaixo e ou acima da faixa ideal, dependendo da incidência e duração, pode acarretar sérios problemas no rendimento de grãos (Andrade et al., 2006).

A incidência de baixas temperaturas, sobretudo durante o processo de germinação e ou emergência das plântulas, pode reduzir substancialmente o estande populacional, bem como propiciar um atraso significativo no período necessário para a germinação. Esse fato apresenta notoriedade, principalmente na safra de “inverno”, semeadura nos meses de julho-agosto, propiciando retardo do florescimento (Andrade et al., 2006).

A presença de temperaturas abaixo do ideal no período vegetativo, ou seja, de crescimento da planta, pode propiciar uma redução na altura das plantas, haja vista que a taxa fotossintética é reduzida, acarretando, assim, em uma menor carga de vagens por planta e, conseqüentemente, menor produtividade (Didonet & Silva, 2004).

Com relação à ocorrência de temperaturas elevadas, maior notoriedade é esperada no período reprodutivo, pois relatos evidenciam que esse fator climático talvez seja o principal responsável pelo aborto e não vingamento dos

botões florais na cultura do feijoeiro, fato que está diretamente relacionado com o decréscimo na produtividade (Andrade et al., 2006).

No feijoeiro, a taxa de abscisão dos órgãos reprodutivos, comumente encontrada na literatura é de 50%-70% do total de flores abertas (Mariot, 1976; 1989), porém, esses valores podem aumentar em temperaturas superiores a 30°C durante o dia e 25°C durante a noite (Kay, 1979). Alguns autores argumentam que a maior abscisão de botões florais é devido à maior produção de etileno (Portes, 1996).

Outro fator climático de fundamental importância na cultura do feijoeiro é a disponibilidade de água durante o ciclo da cultura. De maneira semelhante à temperatura, o excesso e ou déficit acarretam danos (Andrade et al., 2006). O estresse hídrico propicia redução na área foliar, ou seja, atua diretamente no rendimento de grãos (Didonet & Silva, 2004).

Se a ausência e ou o déficit hídrico ocorrerem no período de floração, maior aumento no aborto de botões florais é esperado, reduzindo, conseqüentemente, o número de vagens (Andrade et al., 2006). Por outro lado, o excesso de água pode propiciar a ocorrência de um microclima favorável ao desempenho de patógenos. Deve-se considerar também que o excesso de chuva durante o período de colheita pode propiciar prejuízos tanto na produção como na qualidade do produto obtido. Esse fato apresenta maior destaque na safra das águas (Didonet & Silva, 2004).

Esses fatores climáticos afetam a cultura do feijoeiro no estado de Minas Gerais, sobretudo por que há uma grande variação na época de semeadura. Atualmente, no estado, o feijoeiro é cultivado praticamente durante o ano todo. Com o intuito de agrupar as épocas de semeadura, Vieira (2004) propôs uma denominação para as mesmas. A primeira seria o cultivo de “primavera-verão” ou das “águas”, não havendo necessidade de irrigação, pois essa safra coincide com o período chuvoso.

Nessa safra, em função do microclima favorável de umidade e temperatura, alguns patógenos podem ser beneficiados, propiciando assim o seu desenvolvimento e causando danos à lavoura (Vieira, 2004). Dentre eles, destaca-se o *Colletotrichum lindemuthianum*, agente causal da antracnose do feijoeiro. Esse fungo apresenta seu desenvolvimento ótimo em temperaturas variando de 15°C-20°C associadas à alta umidade (Paula Júnior et al., 2004).

A segunda época de cultivo seria a de “verão-outono” ou das “secas”, em que, ao contrário do que ocorre na das “águas”, existe o risco de perda por escassez hídrica. Porém, esse fato pode ser contornado pela utilização de irrigação complementar. Na safra das “secas”, a colheita pode ser realizada em época praticamente livre de chuvas, resultando, assim, em produto de melhor qualidade para o consumidor. Porém, nessa época de semeadura, problemas com a ocorrência de patógenos também podem existir, sobretudo no que diz respeito ao agente causal da mancha angular do feijoeiro, o fungo *Phaeoisariopsis griseola* (Paula Júnior et al., 2004).

A terceira época, de “outono-inverno”, que corresponde à semeadura nos meses de abril-junho, é preferida pelos agricultores do norte do estado, não ocorrendo frio durante a condução e os riscos são menores devido ao seu alto investimento, pois é uma cultura totalmente irrigada. A quarta e última época é a de “inverno-primavera” ou de “inverno”, cuja semeadura ocorre nos meses de julho até princípio de agosto, com maior probabilidade de coincidência da colheita nos períodos chuvosos, porém, há a necessidade de irrigação em todo o seu período e o frio presente nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura pode acarretar no prolongamento do ciclo (Vieira, 2004).

Em Minas Gerais, o feijoeiro é cultivado em praticamente todos os municípios e, muito provavelmente, na maioria das propriedades rurais. Estima-se que o feijão seja cultivado em 295.000 propriedades (Borém & Carneiro,

2006) e, por isso, existe uma grande quantidade de sistemas de cultivo que variam de região para região, bem como de produtores para produtores.

A diversidade de tipo de solo, a tecnologia empregada pelos agricultores, as variações climáticas e as diferentes épocas de semeadura, entre outros, proporcionam variações ambientais de grande magnitude.

2.2 Interação dos genótipos x ambientes

O fenótipo (F) para qualquer caráter é o resultado da ação do genótipo (G), do ambiente (A) e da interação dos genótipos por ambientes (GA)

$$F = G + A + GA.$$

Contudo, deve-se ressaltar que, para se obter as estimativas da interação GA, é necessário que, na avaliação, sejam considerados, no mínimo, dois genótipos de dois ambientes.

A interação genótipos x ambientes é decorrente da variação diferencial do desempenho dos genótipos nos vários ambientes, isto é, reflete as diferentes sensibilidades dos genótipos às mudanças do ambiente (Ramalho et al., 2005).

A natureza da interação deve ser atribuída a fatores fisiológicos e bioquímicos próprios de cada cultivar. Em termos genéticos, a interação ocorre quando a contribuição dos alelos dos diferentes genes que controlam o caráter ou o nível de expressão dos mesmos difere entre os ambientes. Isso ocorre porque a expressão dos genes é influenciada e ou regulada pelo ambiente (Kang & Gauch Jr., 1996).

A interação é o principal complicador na hora de realizar a recomendação de cultivares, pois, se a mesma existir, não será possível realizar

uma recomendação de forma generalizada, exigindo adoção de medidas que controlem ou minimizem os efeitos dessa interação (Ramalho et al., 1993).

Existem pelo menos três alternativas para se atenuar o efeito da interação genótipos x ambientes: identificação de cultivares específicas para cada ambiente, realizar o zoneamento ecológico e identificação de cultivares com maior estabilidade fenotípica. Essa última opção é a que mais interessa no presente trabalho e deverá receber maior atenção. Esta análise consiste na identificação de indivíduos mais estáveis frente às variações ambientais e tem sido alvo de muitos estudos, sendo ampla a literatura a esse respeito (Becker & Leon, 1988; Cruz & Carneiro, 2003; Cruz et al., 2004; Kang & Gauch Jr., 1996).

O conceito de estabilidade foi subdividido em quatro tipos. O tipo 1 é aquele em que o genótipo será considerado estável se sua variância entre ambientes for pequena. Essa estabilidade foi denominada por Becker (1981) de “biológica”, ou seja, caracteriza um genótipo com desempenho constante frente às variações ambientais e está em concordância com o conceito de homeostase (conceito estático). Esse comportamento não é desejável, pois o genótipo não acompanha a melhoria nas condições do ambiente com o aumento de produção (Lin et al., 1986). Ademais, já é generalizado que genótipos com esse tipo de estabilidade possuem baixo desempenho produtivo (Ramalho et al., 1993).

Na estabilidade do tipo 2, a cultivar será considerada estável se sua resposta ao ambiente é paralela ao desempenho médio de todas cultivares avaliadas no experimento. Essa estabilidade foi denominada por Becker (1981) de “estabilidade agrônômica” (conceito dinâmico). No terceiro tipo de estabilidade, as cultivares estáveis apresentam o quadrado médio do desvio da regressão de pequena magnitude, ou seja, cultivares com alta previsibilidade (Lin et al., 1986).

Por último, tem-se o tipo 4, no qual as cultivares mais estáveis são aquelas que apresentam menor quadrado médio da interação genótipos x anos,

ou seja, indivíduos estáveis frente às variações imprevisíveis (Lin e Binns, 1991).

2.2.1 Métodos para se avaliar a estabilidade

Vários métodos para se avaliar a estabilidade são apresentados na literatura (Becker & Leon, 1988; Cruz & Carneiro, 2003; Cruz et al., 2004; Kang & Gauch Jr., 1996). Com relação à estabilidade do tipo 1, Becker & Léon (1988), argumentam que esse componente pode ser mensurado utilizando-se simplesmente a estimativa da variância de cada cultivar nos diferentes ambientes. Na estabilidade agrônômica, podem-se adotar os métodos de Plaisted & Peterson (1959), bem como o de Wricke (1965).

No tocante aos conceitos de estabilidade dos tipos 3 e 4, os métodos mais empregados são aqueles que utilizam regressão (Cruz et al., 1989; Eberhart & Russel, 1966; Silva & Barreto, 1985; Toler, 1990; Verma et al., 1978). Maiores detalhes a respeito do procedimento de análise e interpretação dos resultados podem ser encontrados em Becker & Leon (1988), Cruz & Carneiro (2003), Cruz et al. (2004), Kang & Gauch Jr. (1996).

2.3 Herança dos parâmetros de estabilidade

A identificação de cultivares produtivas e estáveis é um dos principais objetivos de um programa de melhoramento. Neste contexto, o controle genético do caráter estabilidade é de grande importância, pois possibilita antever o sucesso com a seleção. Há consenso de que a estabilidade esteja sob controle genético, porém, pouco se sabe como se processa esse controle (Torres, 1988).

Na maioria dos casos, não é possível estimar a herdabilidade dos parâmetros de estabilidade, sendo a repetibilidade uma alternativa utilizada. A repetibilidade difere da herdabilidade porque, no numerador da expressão, além da variação genética, está envolvida a parte permanente da variação ambiental (Falconer, 1981). Desse modo, a repetibilidade fornece uma estimativa superior à que seria obtida com a herdabilidade (Soares & Ramalho, 1993).

Para se estimar a repetibilidade dos parâmetros de estabilidade, pode-se dividir os ambientes em grupos e obter as estimativas de estabilidade das cultivares de cada grupo. A correlação entre a classificação dos genótipos nos vários grupos tem sido utilizada como medida de repetibilidade. Esse procedimento tem sido empregado em algumas oportunidades na literatura, com aveia (Eagles & Frey, 1977; Fantunla & Frey, 1976), com trigo e aveia (Leon & Becker, 1988) e com trigo (Jalaluddin & Harrison, 1993). As maiores magnitudes da repetibilidade foram obtidas para o coeficiente de regressão linear (b_i) e para produtividade média. Nos demais parâmetros, as estimativas foram de pequena magnitude. Esse fato evidencia pouco sucesso com a seleção para estabilidade (Tabela 1).

TABELA 1 Estimativas da repetibilidade para parâmetros de estabilidade e produtividade de grãos utilizando grupos de ambientes.

PARÂMETROS	AVEIA ^{1/}	AVEIA ^{2/}	TRIGO E AVEIA ^{3/}	TRIGO ⁴
β_I ^{5/}	(-0,31 - 0,64)		0,54	(-0,73 - 0,81)
σ_I^2 ^{6/}		(0,06 - 0,10)		(-0,54 - 0,31)
s_x^2 ^{7/}			0,56	
s_d^2 ^{8/}			0,45	(-0,50 - 0,30)
R^2 ^{9/}			0,37	(-0,45 - 0,83)
W_i ^{2 10/}			0,44	
S_i ^{4 11/}			0,37	
$ \beta_i - 1 $ ^{12/}				(-0,09 - 0,24)
s_i^2 ^{13/}				(0,05 - 0,48)
CV ^{14/}				(-0,07 - 0,88)
PRODUTIVIDADE			0,80	(0,40 - 0,79)
MÉDIA				

^{1/}Fatunla & Frey (1976), ^{2/}Eagles & Frey (1977), ^{3/}Leon & Becker (1988), ^{4/}Jalaluddin & Harrinson (1993), ^{5/} Coeficiente de regressão linear, ^{6/} Variância de Shuklas, ^{7/} Variância ambiental, ^{8/} Desvio de regressão, ^{9/} Coeficiente de determinação, ^{10/} Ecovalência, ^{11/} Variância de ranks, ^{12/} Coeficiente de regressão menos um, ^{13/} Variância genotípica média, ^{14/} Coeficiente de variação

Uma proposta diferente tem sido adotada a esse respeito nos trabalhos realizados no Brasil. Nesse caso, desde que os experimentos tenham mais de três repetições, é possível estimar a repetibilidade formando grupos de repetições. Supondo, por exemplo, um experimento com quatro repetições, as mesmas são agrupadas de forma que a primeira e a segunda constituam um grupo de observações e a terceira e a quarta, outro grupo. Em seguida, realiza-se a análise da estabilidade de cada grupo de observação. Sendo assim, para cada cultivar, obtêm-se duas estimativas dos parâmetros de estabilidade. Posteriormente, realiza-se a análise da variância com essas estimativas. Utilizando-se os componentes da variância, estima-se a repetibilidade.

Em trabalho realizado com a cultura da soja no Rio Grande do Sul, observou-se grande magnitude na repetibilidade para a média de rendimentos de grãos e para o coeficiente de regressão linear, enquanto que, para a variância dos desvios da regressão, o referido valor foi baixo (Bonato, 1978).

Em trabalho realizado com a cultura do feijoeiro no sul de Minas Gerais, Santos et al. (1982) estimaram a repetibilidade para produtividade média de grãos, para o coeficiente de regressão linear e para a variância do desvio de regressão. Alta repetibilidade foi encontrada para a produtividade de grãos (0,78), porém, estimativas de pequena magnitude foram obtidas para o coeficiente de regressão linear (0,30) e para a variância dos desvios de regressão (0,21), evidenciando, assim, que é mais fácil realizar seleção para a média de rendimento de grãos do que para os outros caracteres.

Estudando o controle genético da estabilidade fenotípica de cultivares de milho, Torres (1988) observou que a repetibilidade foi média para rendimento de grãos (0,43) e baixa para os coeficientes de regressão linear B_1 (0,26) B_2 (0,20) e $B_1 + B_2$ (0,20).

Na cultura do arroz, utilizando ensaios comparativos avançados de arroz de sequeiro e irrigado por inundação em dois períodos, foram obtidas

estimativas da repetibilidade para a produtividade de grãos, coeficientes de regressão linear e determinação. Estimativas de magnitudes elevadas para o arroz de sequeiro, com valores oscilando de 0,85 a 0,98, foram identificadas para os dois períodos, considerando os três parâmetros (produtividade de grãos, coeficiente de regressão linear e coeficiente de determinação). Para o cultivo irrigado, as estimativas foram discordantes, entre os dois períodos para a produtividade média de grãos (0,23 a 0,93) e para coeficiente de regressão linear (0,30 a 0,62). Já para o coeficiente de determinação, a repetibilidade foi alta nos dois períodos, embora com magnitudes diferentes (0,64 a 0,98). Segundo os autores, em função desses resultados, pode-se aventar ser possível obter ganhos com a seleção para essas características, especialmente para o arroz de sequeiro (Soares & Ramalho, 1993).

Com intuito de se estimar a repetibilidade dos parâmetros de estabilidade, índice de estabilidade, coeficiente de regressão linear e coeficiente de determinação, na cultura do algodoeiro herbáceo foram utilizados 56 experimentos de avaliação de cultivares, conduzidos na região nordeste, no período de 1985 a 1992 (Farias et al., 1998). Os autores obtiveram estimativas de 0,54 para coeficiente de regressão linear, 0,67 para índice de estabilidade de Lin & Binns (1988) e de 0,45 para o coeficiente de determinação, no período de 1985 a 1987. Estimativas de magnitudes semelhantes foram identificadas para o período de 1988 a 1990. Os autores concluíram que é possível antever o sucesso com a seleção utilizando esses parâmetros de estabilidade.

Na cultura do feijoeiro, em trabalho realizado por Corte et al. (2001), os autores obtiveram estimativas de repetibilidade dos parâmetros: β_{1i} , $\beta_{1i} + \beta_{2i}$ e R^2 . As estimativas, nos três casos, foram de magnitudes superiores a 72%, evidenciando a possibilidade de sucesso com a seleção.

2.4 Estrutura genética das populações e estabilidade fenotípica

O germoplasma difere, basicamente, em dois aspectos: o grau de heterozigosidade de suas plantas, bem como na heterogeneidade genética dentro do mesmo. Assim, para a cultura do milho, por exemplo, uma variedade de polinização aberta, por ser constituída de uma mistura de genótipos, apresenta maior heterogeneidade que uma linhagem ou híbrido simples. Contudo, sua heterozigosidade pode ser menor que a de um híbrido simples. Os híbridos duplos são mais heterogêneos que os híbridos simples. Já a heterozigosidade pode ser máxima em híbridos simples (Becker & Léon, 1988).

Por outro lado, para as plantas autógamas, as cultivares utilizadas pelos agricultores por longo tempo (*landrace*), por serem constituídas de uma mistura de indivíduos, devem apresentar maior heterogeneidade do que as cultivares comerciais que normalmente são uma única linha pura (Becker & Léon, 1988).

É esperado que a estrutura genética das populações influencie a magnitude da interação genótipos x ambientes. Existe um conceito clássico em genética no qual genótipos heterozigóticos são menos sensíveis às influências ambientais que os homozigóticos (Becker & Léon, 1988). Sendo assim, a escolha de estratégias para melhor adaptação ao efeito das flutuações ambientais previsíveis, bem como as imprevisíveis, requerem cuidadosa escolha da estrutura genética das populações. Pode-se obter melhor ajustamento (tamponamento) por meio da homeostase genética individual ou populacional. Um híbrido simples, em que a maioria dos locos está em heterozigose, deve possuir maior homeostase individual. Já uma variedade constituída por uma mistura de genótipos possui maior homeostase populacional (Bramel-Cox, 1996).

Existem, na literatura, relatos que comparam a magnitude relativa da interação genótipos x ambientes utilizando populações com diferentes estruturas

genéticas (Tabela 2). Observe-se que, em todos os casos, a contribuição relativa da interação GA foi sempre superior quando utilizaram-se indivíduos homocigóticos (linhagens). É esperado que a menor estabilidade das linhagens seja mais pronunciada em espécies como o milho e centeio, devido ao efeito da endogamia em culturas alógamas. Considerando a utilização de linhagens, o incremento na contribuição relativa foi de 34% no milho e de 45% no centeio. Observe-se, contudo, que, mesmo em espécies autógamas, como sorgo e trigo, também foi evidenciado maior efeito da interação nos indivíduos homocigóticos. Este seria um dos argumentos para se utilizar cultivares híbridas, mesmo em espécies autógamas (Becker & Léon, 1988).

TABELA 2 Magnitude relativa do quadrado médio da interação genótipos x ambientes (QM_{GA}), para as linhagens (HOM) e seus híbridos (HET).

ESPÉCIE	QM_{GA}	
	HOM.	HET.
MILHO	100	66
CENTEIO	100	55
SORGO	100	66
	100	77
	100	69
TRIGO	100	94
	100	27

Fonte: Adaptado de Becker & Léon (1988)

Para investigar o efeito da heterogeneidade genética, dois tipos principais de experimentos têm sido realizados. No primeiro compara-se mistura de linhas homozigóticas com uma única linhagem em relação à estabilidade (Becker & Leon, 1988). Nesse contexto, alguns relatos foram apresentados na literatura e evidenciaram que as misturas possuem maior estabilidade do que as linhagens em algumas culturas, como, por exemplo, em cevada (Clay & Allard, 1969), aveia (Qualset & Granger, 1970; Pfahler & Linskens, 1979), sorgo (Kofoid et al., 1978), algodão (Feaster & Turcotte, 1973) e em soja (Schutz & Brim, 1971; Walker & Fehr, 1978), citados por Becker & Leon (1988).

Porém, um ponto que deve ser considerado é o desempenho produtivo da mistura que normalmente é inferior ao dos seus componentes. Em estudo teórico, foi comprovado, por Marshall & Brown (1973), que a produtividade da mistura será sempre menor que sua melhor linha pura, entretanto, sua estabilidade será tão maior quanto forem as flutuações no ambiente. Os mesmos autores reforçam que a mistura de linhagens não apresenta vantagem em condições ambientais uniformes. Por outro lado, considerando ambientes com fortes variações sazonais, as misturas de linhas puras, por possuírem diferentes adaptações, devem ser mais estáveis.

Esse resultado está de acordo com o apresentado por Soliman & Allard (1991) com cevada. Os autores observaram que a mistura de linhas puras apresentou maior “tamponamento” às flutuações ambientais do que as linhas puras individualmente. Entretanto, especialmente em condições favoráveis, as linhagens demonstraram performance produtiva melhor.

O segundo tipo de experimento para avaliar a influência da heterogeneidade genética na estabilidade envolve a comparação de diferentes tipos de híbridos. Nesse contexto, destaca-se o trabalho realizado por Sprague & Federer (1951), que verificaram que os híbridos duplos foram mais estáveis que os híbridos simples.

Outros resultados que corroboram estes podem ser observados na Tabela 3. Observe-se que a magnitude relativa da interação dos híbridos duplos e triplos foi sempre inferior à dos híbridos simples. Vários experimentos a esse respeito foram conduzidos com a cultura do milho no Brasil (Gomes, 1990; Lemos, 1976; Muniz, 1995; Napolini Filho, 1976). Os autores relatam não haver uma relação fixa quanto à estrutura genética e à estabilidade, pois é possível selecionar indivíduos mais estáveis em qualquer grupo: variedades, híbridos simples, duplos e triplos.

TABELA 3 Magnitude relativa do quadrado médio da interação genótipos x ambientes (QM_{GA}) utilizando híbridos simples (HS), duplos (HD) e triplos (HT) em diferentes espécies.

Espécies	QM_{GA}		
	HS	HT	HD
Milho	100	44	-
	100	-	68
	100	70	45
	100	-	57
	100	97	-
Sorgo	100	80	-
Centeio	-	100	76

Fonte: Adaptado de Becker & Leon (1988).

Por outro lado, em experimentos conduzidos em três municípios de Minas Gerais, adotando-se três épocas de semeadura com quatro níveis de fertilidade também na cultura do milho, maior adaptabilidade foi identificada nos híbridos triplos em relação aos “duplos”, “simples” e variedades de polinização aberta (Ribeiro, 1998).

Em feijão-fava, foi avaliado o efeito da heterozigosidade e heterogeneidade na estabilidade. Para isso, foram comparadas linhagens, híbridos F_1 entre as linhagens, mistura das linhagens, mistura dos híbridos, 4 compostos e 36 progênies oriundas de cruzamentos múltiplos em vários ambientes. A estabilidade foi avaliada por meio do coeficiente de regressão linear (Eberhart & Russel, 1966) e ecovalência (Wricke, 1965). A estabilidade das diferentes populações foi favorecida (incrementada) pela heterozigosidade e heterogeneidade. Maior estabilidade foi identificada em populações com elevado grau de heterozigosidade e heterogeneidade (mistura de híbridos F_1) do que nas linhagens (Stelling et al., 1994).

Linhagens, híbridos simples entre as linhagens, mistura de linhagens e mistura de híbridos simples de sorgo granífero foram avaliados, em oito ambientes, no semi-árido do Kenya. Verificou-se que as linhagens contribuíram mais para a interação e que o melhoramento para a obtenção de cultivares com elevado grau de heterozigose (híbridos) pode contribuir para o aumento na produtividade, bem como na estabilidade do sorgo (Hausmann et al., 2000).

Contudo, com a cultura do trigo, a estabilidade das linhagens e híbridos entre as linhagens não diferiu em experimentos conduzidos em Oklahoma, EUA, durante 20 anos. Entretanto, os híbridos apresentaram maior produtividade (Koemel et al., 2004).

Na cultura do feijoeiro, o único relato encontrado comparando estabilidade de populações e diferentes estruturas genéticas foi o de Corte et al. (2001). Foram obtidas seis populações dos seguintes cruzamentos: ESAL 686 x

Ouro, ESAL 686 x Milionário, ESAL 686 x Carioca-MG, Manteigão Fosco x Ouro, Manteigão Fosco x Milionário e Manteigão Fosco x Carioca-MG. Essas populações conduzidas em bulk da geração F_2 a F_{18} e as linhagens parentais foram avaliadas em 42 ambientes envolvendo safras e locais. Como medida de estabilidade, foi utilizado o método de regressão bi-segmentado (Cruz et al., 1989). Maior estabilidade foi identificada para as populações, devido a tamponamento populacional, entretanto, algumas linhagens tiveram estabilidade comparável à das populações segregantes.

Os resultados apresentados anteriormente corroboram em favor da utilização de cultivares com elevado grau de heterozigosidade e heterogeneidade. Todavia, dois aspectos devem ser considerados. O primeiro é que a chance de se obter uma mistura de linhagens com produtividade superior a sua melhor linhagem é pequena, com exceção nas situações de forte competição positiva presente. A outra consideração é a de que existe a possibilidade de se encontrar genótipos homogêneos tão estáveis quanto os heterogêneos (Becker & Leon, 1988).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Ambientes

Os experimentos foram conduzidos em 20 ambientes (safras e locais), no período de novembro de 2004 a dezembro de 2005, em propriedades de agricultores da região com tradição na cultura do feijoeiro e em estações experimentais situadas nas regiões Sul e Alto Paranaíba, em Minas Gerais. As principais características dos locais e as safras em que foram conduzidos os experimentos estão apresentadas na Tabela 4.

3.2 Material genético

Para a realização deste trabalho, foram utilizadas oito linhagens de feijão (Tabela 5), a mistura em igual proporção entre as linhagens (MP) e a geração F_2 do híbrido múltiplo (HM) entre as linhas puras. Para a obtenção do híbrido múltiplo, utilizaram-se cruzamentos artificiais realizados em casa de vegetação, adotando metodologia semelhante à empregada por Carneiro et al. (2002). A representação esquemática dos cruzamentos está apresentada na Figura 1.

TABELA 4 Principais características dos locais de realização dos experimentos da avaliação das populações de feijoeiro, com diferentes estruturas genéticas, no período de novembro 2004 a dezembro 2005, no Sul e Alto Paranaíba de Minas Gerais.

LOCAIS	ÉPOCAS DE SEMEADURA	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE (m)
LAVRAS	Nov./04, Mar./05, Jul./05	21°14' S	44°59' W	919
IJACI	Mar./05, Jul./05	21°10' S	44°75' W	832
SÃO VICENTE DE MINAS	Nov./04	21°42' S	44°26' W	1057
ALTEROSA	Nov./04	21°14' S	46°08' W	843
CANA VERDE	Nov./04, Mar./05	21°01' S	45°10' W	867
ALFENAS	Nov./04, Mar./05	21°25' S	45°56' W	881
PATOS DE MINAS	Nov./04, Mar./05, Jul./05	18°34' S	46°31' W	832
LAMBARI	Mar./05	21°58' S	45°21' W	887
IBIÁ	Jul./05	19°28' S	46°32' W	895

TABELA 5 Características das linhagens utilizadas nos experimentos.

Linhagens	Origem	Tipo de grão ^{1/}	Hábito de crescimento ^{2/}
(1) TALISMÃ	UFLA	Carioca	III
(2) PÉROLA	EMBRAPA	Carioca	II/III
(3) CARIOCA-MG	UFLA	Carioca	II
(4) MAGNÍFICO	FT	Carioca	II/III
(5) ESAL 693	UFLA	Carioca	I
(6) IAPAR 81	IAPAR	Carioca	II
(7) OP-S-16	UFLA	Carioca	II/III
(8) MA-I-25	UFLA	Carioca	II/III

^{1/}Grãos creme com estrias marrons.

^{2/} I- hábito de crescimento determinado tipo I; II- hábito de crescimento indeterminado tipo II; III- hábito de crescimento indeterminado tipo III;

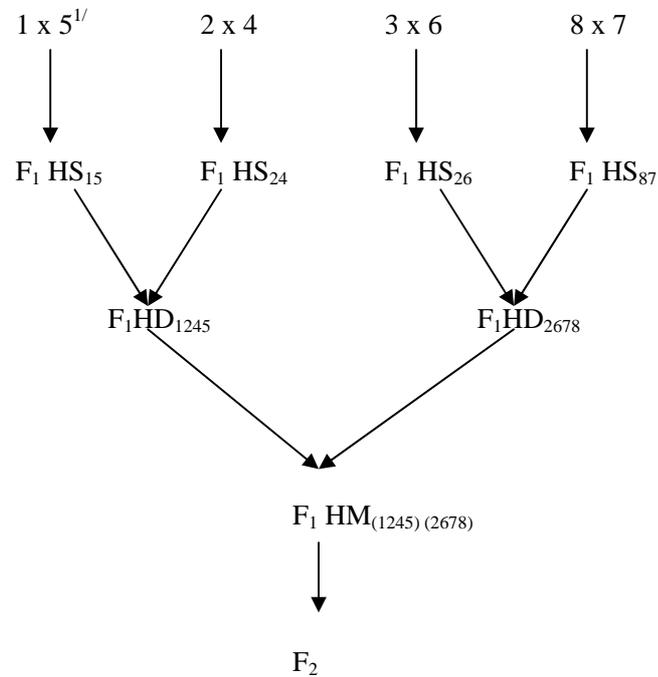


FIGURA 1. Representação esquemática dos cruzamentos para a obtenção do híbrido múltiplo (HM). ^{1/}Números referentes às linhagens constantes na Tabela 5.

3.3 Condução dos experimentos

Para se obter maior representatividade das populações de híbrido múltiplo e da mistura das linhagens nos experimentos, estes foram avaliados considerando a mistura quatro vezes, o mesmo ocorrendo para o HM. Dessa forma, utilizaram-se 16 tratamentos, isto é, oito linhagens, quatro do híbrido múltiplo e quatro da mistura. Sendo assim, o delineamento foi um látice triplo 4 x 4.

As parcelas foram constituídas de duas linhas de 4 metros, adotando-se, como densidade de semeadura, 15 sementes por metro e espaçamento de 0,5 metro entre as linhas.

Utilizou-se, na semeadura, o equivalente a 400 kg/ha do fertilizante 8-28-16 e 200 kg/ha de sulfato de amônio, em cobertura, aos 20 dias após a semeadura. Em alguns experimentos semeados em março e todos em julho, utilizou-se a irrigação por aspersão, quando necessário. Os demais tratos culturais foram os normalmente utilizados pelos agricultores na região.

3.4 Análises dos dados

As análises individuais por ambientes, tendo como referência a produtividade de grãos (kg/ha), foram realizadas no PROC GLM do SAS (SAS, 2000), adotando o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + p_i + r_j + b_{k(j)} + e_{ijk} \text{ em que:}$$

Y_{ijk} : observação referente à população i na repetição j no bloco k ;

μ : média geral;

p_i : efeito da população i , $i=1,2,3,\dots,10$;

r_j : efeito da repetição j , $j=1, 2,3$;

$b_{k(j)}$: efeito do bloco k dentro da repetição j , $k= 1, 2, 3,4$;

e_{ijk} : erro experimental $e_{ijk} \cap N(0, \sigma^2)$.

Posteriormente, procedeu-se à análise conjunta envolvendo todos os ambientes também no PROC GLM do SAS (SAS, 2000), adotando-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + p_i + a_l + r_{j(l)} + b_{k(jl)} + (pa)_{il} + e_{ijkl} \quad \text{em que:}$$

Y_{ijkl} : observação referente à população i na repetição j no bloco k no local l ;

μ : média geral;

p_i : efeito da população i , $i = 1, 2, 3, \dots, 10$;

a_l : efeito do ambiente l , $l = 1, 2, 3, \dots, 20$;

$r_{j(l)}$: efeito da repetição j no local l ;

$b_{k(jl)}$: efeito do bloco k dentro da repetição j no local l ;

$(pa)_{il}$: efeito da interação tratamentos x locais;

e_{ijkl} : erro experimental $e_{ijk} \cap N(0, \sigma^2)$.

Como o teste de homogeneidade das variâncias dos erros foi significativo (Ramalho et al., 2005), adotou-se o procedimento preconizado por Cochran (1954) para o ajuste dos graus de liberdade.

Com os dados médios dos ambientes foi inicialmente realizado o estudo da estabilidade utilizando-se o método *Additive Main Effects and Multiplicative Interactions*, ou AMMI (Gauch Jr. & Zobel, 1996), no programa Estabilidade (Ferreira, 2000), adotando-se o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \sum_{c=1}^m \lambda_c \alpha_{ic} \gamma_{jc} + d_{ij} + \bar{e}_{ij} \quad \text{em que:}$$

Y_{ij} : observação referente à população i no ambiente j ;

μ : média geral;

g_i : efeito da população i , $i= 1, 2, 3, \dots, 10$;

a_j : efeito do ambiente j , $j= 1, 2, 3, \dots, 20$;

λ_c : c ésimo valor singular da interação;

α_{ic} : vetor singular (coluna) relacionado ao genótipo i ;

γ_{jc} : vetor singular (linha) relacionado ao ambiente j ;

c : posto da interação em que $c = 1, 2, \dots, m$, em que $m = p - 1$ ou $m = l - 1$, o que for de menor valor;

d_{ij} : resíduo da interação G x A não explicado pela análise de componentes

principais;

\bar{e}_{ij} : erro médio.

A contribuição de cada população para a interação GA foi obtida pela estimativa da Ecovalência (Wricke, 1965), pela seguinte expressão:

$$W_i^2 = \sum (Y_{ij} - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..})^2 \text{ em que:}$$

W_i^2 : ecovalência;

Y_{ij} : observação referente à população i no ambiente j ;

$\bar{Y}_{i.}$: média da população i ;

$\bar{Y}_{.j}$: média do ambiente j ;

$\bar{Y}_{..}$: média geral.

Procedeu-se a comparação da homogeneidade da ecovalência das populações utilizando-se a razão das variâncias, duas a duas, pela expressão:

$$H = \frac{W_i^2}{W_{i'}^2} \text{ em que:}$$

H : razão entre as variâncias da contribuição para a interação;

W_i^2 : soma de quadrados da contribuição para a interação da população i ;

$W_{i'}^2$: soma de quadrados da contribuição para a interação da população i' .

Deve-se salientar que apesar de as somas de quadrados terem sido utilizadas, este procedimento é equivalente a razão das variâncias, pois os graus de liberdade são os mesmos no numerador e denominador. Estimou-se também o risco de adoção das populações pelo método Annicchiarico (1992). Para a aplicação desse método, as médias de cada população foram transformadas em porcentagens das médias dos ambientes. Posteriormente, foi estimado o desvio padrão (s_i) das porcentagens de cada população. Como estimadores destes dois parâmetros, Y_i e s_i , foi estimado o índice de confiança I_i , pela expressão $I_i = Y_i - Z_{(1-\alpha)} \cdot s_i$, sendo $Z_{(1-\alpha)}$ o valor na distribuição normal standardizada e α o nível de significância pré-fixado de 0,25.

3.5 Repetibilidade do parâmetro de estabilidade e da adaptabilidade

Para se obter as estimativas da repetibilidade dos parâmetros de estabilidade e da adaptabilidade, os 20 ambientes foram separados em dois grupos de 10. Para ter um grande número de possibilidades, foram simuladas 1.000 situações envolvendo as combinações desses ambientes.

Para cada simulação, foram estimadas as médias (m) e a contribuição das populações para a interação ($W_i^2\%$). Essas estimativas obtidas por simulação foram submetidas à análise da variância, adotando-se o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + b_j + e_{ij} \text{ em que:}$$

Y_{ij} : estimativa referente à população i na repetição j ;

μ : média geral;

t_i : efeito da população i ;

b_j : efeito da repetição j ;

e_{ij} : resíduo.

O modelo da análise de variância, com as esperanças dos quadrados médios, está apresentado na Tabela 6.

TABELA 6 Esquema da análise da variância com esperanças dos quadrados médios para as estimativas da média e da contribuição das populações para a interação.

F.V.	G.L.	QM	E(QM)
REPETIÇÕES	1	Q_1	-
POPULAÇÕES	$n-1$	Q_2	$\sigma_k^2 + 2T_k^2$
RESÍDUO	$(n-1)$	Q_3	σ_k^2

A partir das E(QM) apresentadas na Tabela 6 foi estimada a repetibilidade para as k simulações (r_k^2) de $W_i^2\%$ e de m, pela expressão:

$$r_k^2 = \frac{(Q_2 - Q_3)/2}{(Q_2)/2} = \frac{T_k^2}{T_k^2 + \frac{\sigma_k^2}{2}} \text{ em que:}$$

r_k^2 : coeficiente de repetibilidade da simulação k;

T_k^2 : desvios genéticos entre as populações na simulação k;

σ_k^2 : variância do erro obtida na análise da variância na simulação k.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Adaptabilidade e estabilidade das populações de feijoeiro com diferentes estruturas genéticas

Os resumos das análises por ambientes evidenciaram que a precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação (CV) foi relativamente boa, na maioria dos casos. Esse fato é corroborado pela proporção da variação explicada pelo modelo (R^2), que foi de magnitude elevada e sempre superior a 40%. Em 50% dos experimentos foi detectada diferença significativa ($P \leq 0,01$) entre as populações (Tabela 1A).

Inicialmente, é oportuno salientar que houve diferença no desempenho das populações MP ou HM, nas diferentes repetições. Isso indica que o número de plantas adotado por parcela (120 plantas) foi suficiente para se ter uma boa representatividade desses dois tipos de populações que apresentavam variação dentro.

Na análise conjunta envolvendo os 20 ambientes constatou-se que o CV foi de 18,7%. Considerando que a maioria desses experimentos foi conduzida em propriedades de agricultores, com dificuldade na condução dos experimentos e sem irrigação, pode-se inferir que a precisão experimental foi boa, como já mencionado. A estimativa do CV foi de magnitude semelhante ao que tem sido obtido com a cultura do feijoeiro na região, sob condições de estação experimental (Matos, 2005). Observe-se que o modelo explicou mais de 92,8% da variação total, confirmando que as populações foram conduzidas sob boas condições experimentais (Tabela 7).

Como era esperado, a fonte de variação ambientes (safras e locais) foi altamente significativa ($P \leq 0,01$). A produtividade média variou de 918 kg/ha,

em Cana Verde, na safra da seca a 3.768 kg/ha, em Lavras, na safra de inverno (Tabela 1A, Tabela 2A). Com relação aos locais, embora não sejam distantes, apresentam características bem distintas. Entre elas deve-se ressaltar a variação existente nas condições de fertilidade do solo. Além do mais, em oito ambientes, utilizou-se o plantio convencional e, nos demais, o sistema de plantio direto.

TABELA 7 Resumo da análise da variância conjunta para a produtividade de grãos (kg/ha), obtida na avaliação das populações de feijoeiro com diferentes estruturas genéticas no período de novembro/2004 a dezembro/2005, com a decomposição da interação genótipos x ambientes (GA) pelo método AMMI.

F.V.	G.L	QM
POPULAÇÕES (P)	9	798342,03**
AMBIENTES (A)	19	21426625,81**
P x A	171 (92) ^{1/}	238153,85**
CP 1	27	486420,38** (32,24%)
CP 2	25	326249,62** (20,02%)
CP 3	23	258893,13** (14,62%)
DESVIOS	96	140418,50*
ERRO	540 (284) ^{1/}	108664,9
CV (%)		18,7
R ² (%)		92,8
MÉDIA (kg/ha)		1759

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

^{1/} Valores ajustados pelo método de Cochran (1954) em razão da heterogeneidade dos QMs residuais.

Parte dessa variação deve ser atribuída também ao efeito de safras. Por exemplo, na safra das “águas”, semeadura em novembro, foram conduzidos nove experimentos, cinco deles em propriedades de agricultores. Nesse período, houve maior umidade e temperatura, condições estas que foram favoráveis para o desenvolvimento de patógenos, tais como o agente causal da mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*), como ocorreu no experimento do município de Alterosa. Destaca-se também a ocorrência de chuvas no momento da colheita em Alfenas, São Vicente de Minas e Cana Verde. Pode-se aventar que esses fatores contribuíram para a redução na produtividade média. Na safra das “secas”, semeadura em fevereiro-março, foram conduzidos sete experimentos, desses, quatro sem irrigação. Durante o período de realização dos experimentos, houve problemas de distribuição das chuvas, o que contribuiu para que, nesses ambientes, a produtividade média fosse menor (Tabela 2A).

Já na safra de “outono-inverno”, semeadura em julho, todos os quatro experimentos foram conduzidos sob irrigação. Não houve incidência de patógenos, sendo o excesso de precipitação no momento da colheita do experimento em Ibiá o único problema. Essas condições favoráveis propiciaram melhor desempenho médio das populações (Tabela 2A). 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 (Matos, 2005).

A fonte de variação populações foi altamente significativa (Tabela 7). A produtividade média variou de 1.557 kg/ha (Magnífico) a 1.947 kg/ha (OP-S-16) (Tabela 8). Esse fato já era esperado, pois as populações apresentavam características bem distintas quanto ao hábito de crescimento e resistência a patógenos. A linhagem OP-S-16 apresentou melhor performance. Essa linhagem foi obtida no programa de melhoramento genético do feijoeiro da UFPA, sendo oriunda do cruzamento entre duas cultivares bem adaptadas, a ‘Pérola’ e a ‘Ouro

Negro' que apresentam bom nível de resistência à mancha angular e à antracnose do feijoeiro, respectivamente. Essas características contribuem para o seu bom desempenho produtivo. Deve-se ressaltar também que o HM e MP demonstraram boa produtividade média. Por outro lado, a cultivar Magnífico ficou no grupo de menor produtividade média (Tabela 8).

A existência da variação entre as populações, aliada ao acentuado efeito ambiental, foi primordial para que a interação populações x ambientes também fosse altamente significativa ($P \leq 0,01$). A soma de quadrados (SQ) atribuída à interação foi 5,75 vezes superior à SQ, devido à fonte de variação populações (Tabela 7). Esse fato evidencia que o comportamento das populações não foi coincidente, quando submetidos à avaliação nos 20 ambientes distintos. Esse resultado está de acordo com os relatados por Corte et al. (2001), Matos (2005), Pirola et al. (2002) e Sena (2006), em experimentos conduzidos com a cultura do feijoeiro em vários ambientes.

TABELA 8 Produtividade média (kg/ha) obtida na avaliação das populações de feijoeiro envolvendo os todos ambientes, os não irrigados e os irrigados, no período de novembro/2004 a dezembro/2005.

POPULAÇÕES	TODOS OS AMBIENTES	NÃO IRRIGADOS	IRRIGADOS
PÉROLA	1756b ^{1/}	1457c ^{1/}	2311a ^{1/}
IAPAR 81	1672d	1380d	2214a
ESAL 693	1604d	1310d	2146b
MA-I-25	1826b	1557b	2332 ^a
TALISMÃ	1705c	1499c	2093b
CARIOCA-MG	1703c	1435c	2201b
OP-S-16	1947a	1664a	2471 ^a
MAGNÍFICO	1557d	1291d	2051b
HM	1840b	1556b	2360 ^a
MP	1754b	1466c	2288 ^a

^{1/} Numa mesma coluna, médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott & Knott (1974), a 5% de probabilidade.

Com o intuito de verificar se ocorreu diferença no desempenho das populações avaliadas nos ambientes irrigados e sem irrigação e também verificar se havia diferença na contribuição para a magnitude da interação nos experimentos irrigados e não irrigados, procedeu-se à análise da variância conjunta, considerando esses dois grupos distintos. Na análise conjunta envolvendo os 13 ambientes não irrigados, constatou-se que todas as fontes de variação foram altamente significativas ($P \leq 0,01$). O coeficiente de variação foi de 18,1%, evidenciando que, mesmo na ausência de irrigação, os experimentos

apresentaram boa precisão (Tabela 9). Deve-se ressaltar, contudo, que a maioria dos relatos na literatura preconiza baixa precisão em experimentos que não são conduzidos nas estações experimentais, em que, normalmente, não se emprega irrigação (Atlin et al., 2001; Morris & Bellon, 2004).

Na análise conjunta envolvendo os sete ambientes irrigados, detectou-se diferença significativa para ambientes e populações. A precisão experimental também foi boa (CV=18,6%) e a média geral sob irrigação, como era esperado, foi superior à obtida nos experimentos sem irrigação (Tabela 9).

Com relação à interação GA, pode-se verificar que a magnitude da SQ atribuída à interação GA envolvendo os 13 ambientes não irrigados foi 6,23 vezes superior à SQ da fonte de variação populações (Tabela 9). Já para os ambientes irrigados, não se constatou significância para essa fonte de variação, evidenciando que o comportamento das populações foi coincidente quando avaliadas nos diferentes ambientes irrigados (Tabela 9). Em trabalho realizado por Matos (2005), com a cultura do feijoeiro, ficou evidenciado que não houve progresso genético quando se considerou apenas a safra de “outono-inverno”. Uma explicação dada pelo autor é a de que, nessa safra, praticamente não há estresse biótico e abiótico, pois, como já mencionado, as condições ambientais, especialmente baixa umidade, não favorecem a ocorrência de patógenos e o cultivo é irrigado durante praticamente todo o ciclo.

TABELA 9 Resumo da análise da variância conjunta para produtividade de grãos (kg/ha) obtidos na avaliação das populações de feijoeiro com diferentes estruturas genéticas, considerando apenas os ambientes não irrigados e os irrigados, no período de novembro/2004 a dezembro/2005.

F.V.	AMBIENTES NÃO		AMBIENTES	
	IRRIGADOS		IRRIGADOS	
	G.L	QM	G.L	QM
AMBIENTES (A)	12	17479999,8**	6	20959195,9** ^{1/}
REPETIÇÃO/A	26	172489,1**	14	2178470,3**
BLOCO/REPETIÇÃO/A	117	129163,5**	63	218453,4 ^{ns}
POPULAÇÕES (P)	9	504478,9**	9	311851,9*
P x A	108(63) ^{1/}	262102,1**	54	235055,4 ^{ns}
ERRO	351(196) ^{1/}	72037,0	335	178154,0
CV (%)		18,1		18,6
R ² (%)		93,6		88,3
MÉDIA (kg/ha)		1480		2275

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

^{1/} Valores ajustados pelo método de Cochran (1954), em razão da heterogeneidade dos QMs residuais.

Para a identificação das populações mais estáveis, inicialmente, foi adotado o método AMMI (Kang & Gauch Jr., 1996). Contudo, como os dois primeiros componentes principais (PCAs) explicaram apenas 52% da variação

atribuída à interação, as inferências a serem obtidas foram prejudicadas. Por essa razão, optou-se em dar mais ênfase no estudo da interação por meio do método da ecovalência (W_i^2) proposta por Wricke (1965).

Observou-se, pelas estimativas de W_i^2 , que a população heterogênea (MP) e com a maioria dos locos em heterozigose (HM) contribuíram menos para a interação (Tabela 10). Deve-se destacar que esses resultados estão de acordo com os apresentados na literatura, para feijão (Corte et al., 2001), milho (Geiger et al., 1987; Schnell & Becker, 1986), sorgo (Patanothai & Atkins, 1974; Hausmann et al., 2000), e aveia (Helland & Holland, 2001), cujos autores verificaram que as populações heterogêneas ou com a maioria dos locos em heterozigose foram mais estáveis. Assim, dão suporte para a teoria de homeostase genética apresentada por Allard & Bradshaw (1964), a qual preconiza que genótipos com a maioria dos locos em heterozigose e ou população constituída por uma mistura de genótipos são mais estáveis por possuírem tamponamento individual e populacional, ou seja, homeostase individual e populacional, respectivamente.

Todavia, algumas cultivares constituídas por uma linha pura, como 'Pérola', 'ESAL 693' e 'MA-I-25', apresentaram contribuição para a interação equivalente às duas populações mencionadas anteriormente (Tabela 10). Essa mesma constatação foi observada por Becker & Leon (1988), Corte et al. (2001) e Hausmann et al. (2000), ou seja, é possível identificar linhagens tão estáveis quanto as populações heterogêneas e ou com a maioria dos locos em heterozigose.

TABELA 10 Estimativas da contribuição das populações para a interação genótipos x ambientes (W_i^2), obtidas para as populações de feijoeiro com diferentes estruturas genéticas, avaliadas no período de novembro/2004 a dezembro/2005.

POPULAÇÕES	W_i^2	W_i^2 (%)
(1) PÉROLA	2184108,48	5,36
(2) IAPAR 81	5924262,63	14,54
(3) ESAL 693	2071453,08	5,08
(4) MA-I-25	3923350,68	9,63
(5) TALISMÃ	6168802,83	15,14
(6) CARIOCA-MG	3725198,28	9,14
(7) OP-S-16	4236010,83	10,40
(8) MAGNÍFICO	6205992,03	15,23
(9) HM	2437355,88	5,98
(10) MP	3848183,28	9,44
TOTAL	40724718,07	100%

A ecovalência possibilita estimar o que Lin et al. (1986) classificaram como estabilidade no sentido agrônomo, isto é, a cultivar é estável se sua resposta ao ambiente é paralela ao desempenho médio nos diferentes experimentos. Contudo, esse comportamento pode ser acima ou abaixo da média. É evidente que, no caso de um caráter como produtividade de grãos, o ideal é que seja acima da média dos ambientes. Considerando, por exemplo, as populações que contribuíram com menos de 10% para a interação (Tabela 10), verifica-se que a linhagem MA-I-25, a ‘Pérola’ e as populações HM e MP

pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott & Knott (1974) (Tabela 8) e não diferiram da média geral. Na Tabela 11 está apresentado o teste de homogeneidade de W_i^2 . Não houve diferença expressiva na magnitude da ecovalência entre as populações. Veja que, das comparações das estimativas de W_i^2 , apenas 20% foram significativas.

TABELA 11 Teste de homogeneidade da estimativa da ecovalência (W_i^2).

POPULAÇÕES	2 ^{1/}	3	4	5	6	7	8	9	10
1 ^{1/}	2,71*	1,05	1,79	2,82*	1,70	1,93	2,84*	1,11	1,76
2		2,85*	1,51	1,04	1,59	1,39	1,04	2,43*	1,53
3			1,89	2,97*	1,79	2,04	2,99*	1,17	1,85
4				1,57	1,05	1,07	1,58	1,60	1,01
5					1,65	1,45	1,00	2,53*	1,60
6						1,13	1,66	1,52	1,03
7							1,46	1,73	1,10
8								2,54*	1,61
9									1,57

* Significativo, pelo teste de F, a 10% de probabilidade.

^{1/} Números constantes na Tabela 10.

Um critério que pode ser utilizado pelos melhoristas para a recomendação de cultivares além da produtividade média é a estimativa do risco da adoção de uma determinada cultivar (Annicchiarico, 1992). Pode-se observar que a linhagem OP-S-16 foi a que apresentou menor risco, pois, na pior das hipóteses, sua produção seria 17% superior à média geral do ambiente. Ressalta-se também que as populações HM e MP também apresentaram baixo risco. A MP, na pior das hipóteses, irá produzir 4% acima da média do ambiente. Já o HM apresentaria performance 7% superior à média (Tabela 12).

Sendo assim, a princípio, pode-se aventar que a utilização de cultivares híbridas em feijoeiro seria uma boa estratégia, pois possibilitaria elevada estabilidade associada à boa produtividade média. Porém, deve-se ressaltar a grande dificuldade existente para se obter sementes híbridas de feijão, haja vista que os cruzamentos são realizados manualmente, o que inviabilizaria o processo de produção de sementes em escala comercial.

Na literatura, há relatos de que o uso de mistura de linhagens é prejudicado pela dificuldade de se obter mistura com todas as linhagens apresentando alta produtividade. Assim, normalmente, a mistura apresentaria média inferior à de algumas linhagens. Foi o que ocorreu no presente trabalho, quando se comparam a população MP e a linhagem OP-S-16. Veja, contudo, que a mistura apresentou comportamento semelhante ao de algumas linhas puras que já foram recomendadas para o cultivo, como foi o caso da 'Pérola' e até mesmo superior ao da 'Talismã'.

Esses resultados são uma indicação do provável sucesso no emprego de multilinhas como cultivares de feijão tipo carioca no Brasil. Isso porque há disponível no mercado um grande número de linhagens com padrão de cores muito semelhante, que poderiam ser misturadas sem prejudicar o aspecto comercial. Essa população, como já demonstrado, certamente terá maior estabilidade e, se forem envolvidas, na sua constituição, linhagens com boa

produtividade de grãos, a média deverá ser alta. Adicionalmente, se essas linhagens forem escolhidas, possuindo diferentes genes de resistência a patógenos (Alzate-Marin et al., 2004; Caixeta et al., 2003; Couto et al., 2005; Pereira & Santos, 2004), obter-se-á uma resistência mais duradoura e com danos menos expressivos dos patógenos.

TABELA 12 Estimativas do índice de confiança (IC %) para as populações de feijoeiro com diferentes estruturas genéticas.

POPULAÇÕES	IC (%)
PÉROLA	100,3
IAPAR 81	92,3
ESAL 693	92,6
MA-I-25	105,3
TALISMÃ	100,0
CARIOCA-MG	95,2
OP-S-16	117,3
MAGNÍFICO	84,6
HM	107,8
MP	104,5

Um argumento contra o emprego de multilinhas é o de que a mesma deve ser refeita periodicamente para manter a proporcionalidade das linhagens. Há evidências de que, em mistura, uma ou poucas linhagens, por serem mais competitivas, predominam com poucas gerações de cultivo (Cardoso & Vieira, 1968). No caso do feijoeiro, como os agricultores de subsistência, que são a maioria, não possuem o hábito de adquirirem sementes todos os anos (Façanha, 1992), em pouco tempo a população que eles estarão utilizando não será a mesma. Na sua constituição, terá apenas a(s) linhagem(s) mais adaptada(s) e cuja frequência foi incrementada pela seleção natural. Contudo, em princípio, essa seria uma vantagem, pois estaria sendo selecionada a população ou linhagem com melhor performance na sua propriedade.

4.2 Repetibilidade do parâmetro de estabilidade e da adaptabilidade

Um questionamento freqüente é se é possível selecionar para maior estabilidade. Para responder a essa pergunta é necessário verificar qual a herdabilidade (h^2) do caráter. Estimativas de h^2 para os parâmetros de estabilidade não são de fácil obtenção, pois há necessidade de se ter uma amostra representativa dos genótipos, efeito aleatório, avaliados em um grande número de ambientes.

Como, na maioria dos casos, é utilizado um grupo de cultivares (linhagens e ou populações) previamente selecionadas, efeito fixo, o que se tem estimado é a repetibilidade (r_i^2), que fornece uma informação semelhante a h^2 .

Os resultados obtidos para a repetibilidade da ecovalência variaram de -0,43 a 0,80, com média de 0,18 (Tabela 13, Figura 2). A estimativa da ecovalência avalia o que Lin et al. (1986) classificaram como estabilidade do tipo 2 ou agrônômica e tem comportamento semelhante ao método de Plaisted & Peterson (1959). Como já comentado, a estimativa de $W_i^2\%$ corresponde à contribuição de cada população para a interação, o que é uma medida de estabilidade, ou seja, as populações com menores magnitudes de $W_i^2\%$ são mais estáveis.

Já para a estimativa da média, medida de adaptabilidade, a repetibilidade média foi de 0,73, variando de 0,21 a 0,91 (Tabela 13, Figura 3). É oportuno salientar que esses valores são semelhantes ao que é normalmente relatado para a estimativa da herdabilidade do caráter produtividade de grãos, com a cultura do feijoeiro, cujos valores que têm sido obtidos variaram de 10,6% a 64,9% (Moreto, 2005).

Existem alguns trabalhos, na literatura, que estimaram a repetibilidade dos parâmetros de estabilidade de modo análogo ao dessa pesquisa, isto é, utilizando grupos de ambientes. A repetibilidade foi avaliada por meio da

correlação classificatória de Spearman entre as estimativas. As maiores magnitudes foram obtidas para o coeficiente de regressão linear (b_i) e para produtividade média. Nos demais parâmetros, as estimativas foram de pequena magnitude (Tabela 1).

Uma outra estratégia que tem sido utilizada para estimar a repetibilidade de parâmetros de estabilidade, desde que os experimentos possuam um maior número de repetições, quatro, por exemplo, é separar essas repetições em grupos e obter a estimativa do parâmetro de estabilidade para cada grupo. Posteriormente, realiza-se a análise da variância com essas estimativas. Na maioria desses trabalhos, as estimativas da repetibilidade para a produtividade média de grãos e para os parâmetros de estabilidade, principalmente o coeficiente de regressão linear, foram bem superiores aos obtidos no presente estudo (Corte et al., 2001; Farias et al., 1998; Soares & Ramalho, 1993)

Contudo, deve-se ressaltar que o inconveniente dessa estimativa de r_i^2 é que o numerador da expressão não contém apenas o desvio genético. Estão inclusos também os efeitos ambientais permanentes, o que é comum ao grupo de repetições formados. Entre esses estariam, por exemplo, precipitação, tipo de solo e temperatura que, em um mesmo experimento, é, certamente, comum a todas as repetições. Pode-se inferir, então, que esses efeitos podem superestimar as magnitudes da repetibilidade.

Pelos resultados obtidos, pode-se inferir que a probabilidade de sucesso com a seleção para a produtividade média, maior adaptabilidade, é superior à obtida para a contribuição das populações para a interação. Segundo Lin & Binns (1991), é esperado que a herdabilidade seja superior nos tipos de estabilidade classificados por Lin et al. (1986) como 1 e 4 do que o 2 e 3, o que está de acordo com o observado no presente trabalho para W_i^2 .

TABELA 13 Estimativas da repetibilidade (r_i^2) para adaptabilidade (A) e para estabilidade (E), considerando grupos de 10 ambientes, 1.000 simulações, para as 10 populações.

	Adaptabilidade	Estabilidade
Mínimo	0,21	-0,43
1° Quartil	0,54	-0,02
Mediana	0,63	0,13
Média	0,73	0,18
3° Quartil	0,72	0,29
Máximo	0,91	0,80

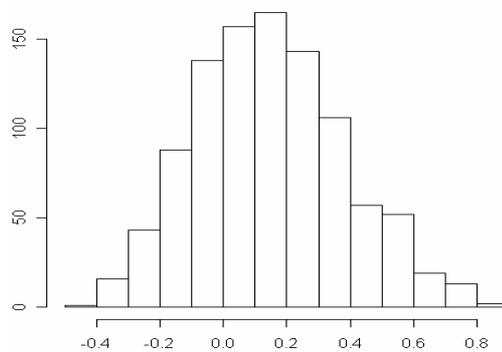


FIGURA 2. Distribuição de frequência para as estimativas da repetibilidade (r_i^2) da estabilidade (W_i) utilizando 1000 simulações para as 10 populações.

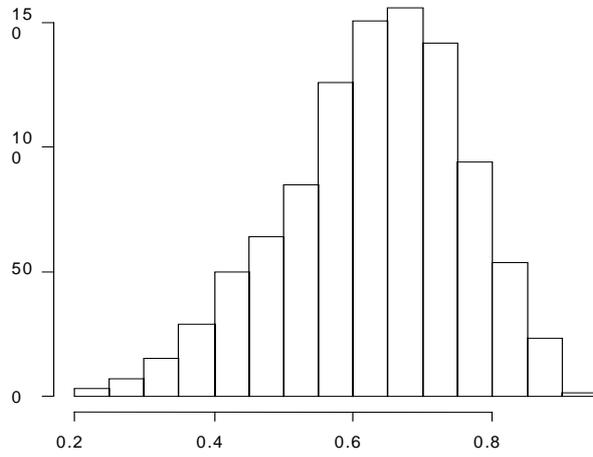


FIGURA 3. Distribuição de frequência para as estimativas da repetibilidade (r_1^2) da produtividade média, adaptabilidade, utilizando 1.000 simulações para as 10 populações.

5 CONCLUSÕES

As populações com a maioria dos locos em heterozigose (HM) e a mistura heterogênea das linhagens (MP) foram mais estáveis. Contudo, alta estabilidade também foi identificada para algumas linhas puras.

A repetibilidade da produtividade foi superior à obtida para W_i^2 , indicando que a probabilidade de sucesso com a seleção visando à menor contribuição para a interação deve ser pequena.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science**, Madison, v. 4, n. 5, p. 503-508, Sept./Oct. 1964.

ALZATE-MARÍN, A. L.; ARRUDA, K. M.; SOUZA, K. A. de; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. Introgression of Co-4² and Co-5 anthracnose resistance genes into 'Carioca' common bean cultivars. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 4, n. 4, p. 446-451, 2004.

ANDRADE, M. J. B.; CARVALHO, A. J.; VIEIRA, N. M. B. Exigências edafoclimáticas. In: VIEIRA, C.; PAULA Jr., T. J. de; BORÉM, A. **Feijão**. 2. ed. Viçosa, 2006. 600 p.

ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Breeding**, Rome, v. 46, n. 1, p. 269-278, Mar. 1992.

ATLIN, G. N.; COOPER, M.; BJORNSTAD, A.; A comparison of formal and participatory breeding approaches using selection theory. **Euphytica**, Wageningen, v. 122, n. 3, p. 463-475, 2001.

BECKER, H. C. Correlations among some statistical measures of phenotypic stability. **Euphytica**, Wageningen, v. 30, n. 3, p. 835-840, Dec. 1981.

BECKER, H. C.; GEIGER, H. H.; MORGENSTERN, K. Performance and phenotypic stability of different hybrids in winter rye. **Crop Science**, Madison, v. 22, n. 2, p. 340-344, Mar./Apr. 1982.

BECKER, H. C.; LÉON, J. Stability analysis in plant breeding. **Plant Breeding**, Berlin, v. 101, n. 1, p. 1-23, Apr. 1988.

BONATO, E. R. **Estabilidade fenotípica da produção de grãos de dez cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) nas condições do Rio Grande do Sul**. 1978. 75 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz e Queiroz, Piracicaba, SP.

BORÉM, A.; CARNEIRO, J. E. de S. A cultura. In: VIEIRA, C.; PAULA Jr., T. J. de; BORÉM, A. **Feijão**. 2. ed. Viçosa, 2006. 600 p.

BRAMEL-COX, P. J. Breeding for reliability of performance across unpredictable environments. In: KANG, M. S.; GAUCH Jr., H. G. **Genotype by environment interaction**. New York: CRC Press, 1996. 416 p.

CAIXETA, E. T.; BORÉM, A.; FAGUNDES, S. A.; NIESTHE, S.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. Inheritance of angular leaf spot resistance in common bean line BAT 332 and identification of RAPD markers linked to the resistance gene. **Euphytica**, Wageningen, v. 134, n. 3, p. 297-303, 2003.

CARDOSO, A. A.; VIEIRA, C. Progressos nos estudos sobre misturas varietais de feijão, *Phaseolus vulgaris* L. **Ceres**, Viçosa, v. 100, p. 465-477, 1968.

CARNEIRO, J. E. de S.; M. A. P.; ABREU, A. de F. B.; GONÇALVES, F. M. A. Breeding potential of single, double, and multiple crosses in common bean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 2, n. 2, p. 515-524, Apr./June 2002.

COCHRAN, W. G. The combination of estimates from different experiments. **Biometrics**, Washington, v. 10, n. 1, p. 101-129, 1954.

COCHRAN, W. G.; COX, G. M. **Experimental designs**. New York: Wiley and Sons, 1957.

CORTE, H. R.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Estabilidade de populações segregantes e respectivos genitores. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 4, p. 900-908, jul./ago. 2001.

COUTO, M. A.; SANTOS, J. B. dos; ABREU, A. de F. B. Selection of carioca type common bean lines with anthracnose and angular leaf spot-resistance. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 5, n. 3, p. 324-331, 2005.

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

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

CRUZ, C. D.; TORRES, R. A. de A.; VENCOVSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 12, n. 2, p. 567-580, jun. 1989.

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

EAGLES, H. A.; FREY, K. J. Repeatability of the stability-variance parameter in oats. **Crop Science**, Madison, v. 17, n. 2, p. 253-256, Mar./Apr. 1977.

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

FAÇANHA, J. B. **Avaliação da qualidade das sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) utilizadas pelos agricultores da região administrada da EMATER-MG de Governador Valadares**. 1992. 91 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 1981. 279 p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Estresses de água e temperatura na cultura do feijão. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Feijão irrigado: estratégias básicas de manejo**. Piracicaba: Publique, 1999. p. 155-169.

FARIAS, F. J. C.; RAMALHO, M. A. P.; CARVALHO, L. P. de; MOREIRA, J de A. N.; COSATA J. N. da. Repetibilidade dos parâmetros de estabilidade na cultura do algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 4, p. 457-461, abr. 1998.

FATUNLA, T.; FREY, K. J. Repeatability of regression stability indexes for grain yield of oats (*Avena sativa* L.) **Euphytica**, Wageningen, v. 25, n. 1, p. 21-28, Feb. 1976.

FERREIRA, D. F. **Programa Estabilidade**. 2000. Disponível em: <<http://www.dex.ufla.br/danielff/dff02.htm>>. Acesso em: 2006.

GAUCH, H. C. J.; ZOBEL, R. W. Predictive and postdictive success of statistical analysis of yield trials. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 76, n. 1, p. 1-10, 1988.

GEIGER, H. H.; MELCHINGER, A. E.; SEITZ, G. Vorhersage der phänotypischen Stabilität von Dreiweghybriden bei Mais. **Vortrage Pflanzenzüchtg**, Berlin, v. 12, p. 145-155, 1987.

GOMES, L. S. **Interação genótipos x épocas de plantio em milho** (*Zea mays*) **em dois locais do oeste do Paraná**. 1990. 148 p. Dissertação (Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz e Queiroz, Piracicaba, SP.

HELLAND, S. J.; HOLLAND, J. B. Blend response and stability and cultivar blending ability in oat. **Crop Science**, Madison, v. 41, p. 1689-1696, 2001.

HAUSSMANN, B. I. G.; OBILANA, A. B.; AYIECHO, P. O.; BLUM, A.; SCHIPPRACK, W.; GEIGER, H. H. Yield and Yield Stability of Four Population Types of Grain Sorghum in a Semi-Arid Area of Kenya. **Crop Science**, Madison, v.40, p. 319-329, 2000.

JALALUDDIN, M.; HARRISON, S. A. Repeatability of stability estimators for grain yield in wheat. **Crop Science**, Madison, v. 33, n. 4, p. 720-725, July/Aug. 1993.

KANG, M. S.; GAUCH Jr., H. G. **Genotype by environment interaction**. New York: CRC Press, 1996. 416 p.

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

KOEMEL, J. E.; GUENZI, A. C.; CARVER, B. F.; PAYTON, M. E.; MORGAN, G. H.; SMITH, E. L. Hybrid and pureline hard winter wheat yield and stability. **Crop Science**, Madison, v. 44, n. 1, p. 107-133, Jan./Feb. 2004.

LEMOS, M. A. **Variabilidade fenotípica em híbridos simples, híbridos duplos, variedades e compostos de milho**. 1976. 62 p. Dissertação (Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz e Queiroz, Piracicaba, SP.

LÉON, J.; BECKER, H. C. Repeatability of some statistical measure of phenotypic stability – correlations between single year results and multi years result. **Plant Breeding**, Berlin, v. 100, n. 2, p. 137-142, Mar. 1988.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. Genetic properties of four types of stability parameter. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 82, n. 4, p. 505-509, Jan. 1991.

- LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 68, n. 1, p. 193-198, Jan. 1988.
- LIN, C. S.; BINNS, M. R.; LEFROVITCH, L. P. Stability Analysis: Where Do We Stand? **Crop Science**, Madison, v. 26, n. 5, p. 894-899, Sept./Oct. 1986.
- MARIOT, E. J. **Growth analysis of cv. Porrillo Sintético (*Phaseolus vulgaris*)**. A report of results from studies conducted while a trainee in bean physiology. Cali: Centro internacional de Agricultura Tropical, 1976. 22 p.
- MARSHALL, D. R.; BROWN, A. H. D. Stability of performance of mixtures and multilines. **Euphytica**, Wageningen, v. 22, n. 2, p. 405-412, 1973.
- MATOS, J. W. de. **Análise crítica do programa de melhoramento genético do feijoeiro da UFLA no período de 1974 a 2004**. 2005. 116 p. Tese (Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- MORETO, A. L. **Estimação dos componentes da variância fenotípica em feijoeiro utilizando método genealógico**. 2005. 76 p. Dissertação (Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- MORRIS, M. L.; BELLON, M. R. Participatory plant breeding research: Opportunities and challenges for the international crop improvement system. **Euphytica**, Wageningen, v. 136, n. 1, p. 21-35, 2004.
- MUNIZ, J. A. **Avaliação da estabilidade de cultivares de milho em diferentes níveis de atuação e locais da região de Lavras-MG**. 1995. 60 p. Dissertação (Genética e melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- NASPOLINI FILHO, V. **Variabilidade fenotípica e estabilidade em híbridos simples, híbridos duplos, variedades e compostos de milho**. 1976. 68 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- PATANOTHAI, A.; ATKINS, R. E. Yield stability of single cross and three-way hybrids of grain sorghum. **Crop Science**, Madison, v. 14, n. 2, p. 287-290, Mar./Apr. 1974.

PAULA, Jr., T. J.; VIEIRA, R. F.; ZAMBOLIM, L. manejo integrado de doenças no feijoeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 99-112, 2004.

PIROLA, L. H.; RAMALHO, M. A. P.; CARNEIRO, J. E. de S.; ABREU, A. de F. B. Natural selection and families x locations interaction in the common (dry) bean. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 25, n. 3, p. 343-347, Sept. 2002.

PLAISTED, R. L.; PETERSON, L. C. A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. **American Potato Journal**, Orono, v. 36, n. 11, p. 386-389, Nov. 1959.

PORTES, T. A. Ecofisiologia. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMERMAN, M. J. O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p. 101-137.

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 em plantas autógamas**: aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia, 1993. 271 p.

RIBEIRO, P. H. E. **Adaptabilidade e estabilidade de milho em diferentes épocas de semeadura, níveis de adubação e locais do estado de MG**. 1998. 126 p. Tese (Genética e melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SANTOS, J. B. dos; VELLO, N. A.; RAMALHO, M. A. P. stability of grain yield and of its basic componentes in beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 5, n. 4, p. 761-772, Dec. 1982.

SAS INSITUTE. SAS/STAT User's Guide, Version 8. Cary, 2000.

SCHNELL, F. W.; BECKER, H. C. Yield and yield stability in a balanced system of widely differing population structures in *Zea mays* L. **Plant Breeding**, Berlin, v. 97, n. 1, p. 30-38, 1986.

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

SENA, M. R. **Melhoramento participativo na cultura do feijoeiro**. 2006. 57 p. Dissertação (Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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

STELLING, D.; EBMEYER, E.; LINK, W. Yield stability in faba bean, *Vicia faba* L. II. Effects of heterozygosity and heterogeneity. **Plant Breeding**, Berlin, v. 112, n. 1, p. 30-39, 1994.

SOARES, A. A.; RAMALHO, M. A. P. Repetibilidade do rendimento de grãos e dos parâmetros de estabilidade na cultura do arroz. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 17, n. 1, p. 64-70, jan./mar. 1993.

SOLLIMAN, K. M. ALLARD, R. W. Grain yield of composite cross populations of barley: Effects of natural selection. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 3, p. 705-708, May/June 1991.

SPRAGUE, G. F.; FEDERER, W. T. A comparison of variance components in corn yield trials. II. Error, year x variety, location x variety and variety components. **Agronomy Journal**, Madison, v. 43, n. 11, p. 535-541, Nov. 1951.

TOLER, J. E. **Patterns of genotypic performance over environmental arrays**. 1990. 154 p. Thesis (Ph. D.) - Clemson University, USA.

TORRES, R. A. de A. **Estudo do controle genético da estabilidade fenotípica de cultivares de milho (*Zea mays* L.)**. 1988. 133 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

VERMA, M. M.; CHAHAL, G. S.; MURTY, B. R. Limitations of conventional regression analysis: A proposed modification. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 53, n. 2, p. 89-91, 1978.

VIEIRA, C. Métodos culturais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25 n. 223 p. 57-60, 2004.

VIEIRA, C.; PAULA Jr., T. J. de; BORÉM, A. **Feijão**. 2. ed. Viçosa, 2006. 600 p.

WRICKE, G. Die erfassung der wechelwirkungen zwischen genotype und umwelt bie quantitativen eigenschaften. **Zeistcherif fur Pflanzenzüchtg**, Berlin, v. 53, p. 266-343, 1965.

ANEXO

ANEXO A		Página
TABELA 1A	Resumo das análises individuais, por ambiente, para produtividade de grãos (kg/ha) obtida na avaliação das populações de feijoeiro com diferentes estruturas genéticas, no período de novembro/2004 a dezembro/2005, no Sul e Alto Paranaíba de Minas Gerais.....	56
TABELA 2A	Produtividade (kg/ha), por ambientes, obtida na avaliação das populações de feijoeiro com diferentes estruturas genéticas, no período de novembro/2004 a dezembro/2005 no Sul e Alto Paranaíba de Minas Gerais.....	60
ROTINA 1	Rotina utilizada para a realização das simulações dos grupos de 10 ambientes, para a obtenção das estimativas da repetibilidade, utilizando o programa R.....	64

TABELA 1A Resumo das análises individuais, por ambiente, para produtividade de grãos (kg/ha) obtidos na avaliação das populações de feijoeiro com diferentes estruturas genéticas, no período de novembro/2004 a dezembro/2005, no Sul e Alto Paranaíba de Minas Gerais.

F.V	AMBIENTES				
	Lavras/Águas	Ijaci/Águas	Lavras/Águas	São Vicente/Águas	Alterosa/Águas
POPULAÇÕES	253940,63 ^{ns}	536585,25 ^{**}	581212,57 [*]	260916,43 ^{**}	327211,72 ^{**}
ERRO	129370,77	57133,51	259256,18	43751,00	25884,05
MÉDIA (kg/ha)	2366,93	2102,70	1898,41	1011,45	931,04
CV (%)	15,20	11,36	26,82	20,67	17,28
R² (%)	67,20	84,48	49,58	78,50	86,78

^{*}, ^{**} Significativo, a de 5% e 1% de probabilidade, pelo teste de F. “...continua...”

“TABELA 1A, Cont.”

AMBIENTES					
F.V	Cana Verde/Águas	Alfenas/Águas	Patos de Minas/Águas	Patos de Minas/Águas	Lavras/Inverno
POPULAÇÕES	81996,30 ^{ns}	116053,14 ^{**}	810137,45 ^{**}	150100,92 ^{ns}	28101,61 ^{ns}
ERRO	116236,41	33639,77	38269,42	83014,68	357267,05
MÉDIA (kg/ha)	3305,83	1147,92	1148,87	1266,40	3767,70
CV (%)	10,31	15,97	17,02	22,75	15,86
R² (%)	42,39	58,92	90,07	74,56	41,88

^{*}, ^{**} Significativo, a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste de F.

“...continua...”

“TABELA 1A, Cont.”

F.V	AMBIENTES				
	Ijaci/Inverno	Patos de Minas/Inverno	Ibiá/Inverno	Lavras/Seca	Ijaci/Seca
POPULAÇÕES	214034,40 ^{ns}	70101,33 ^{ns}	110239,28 ^{ns}	435132,62 ^{**}	266995,15 ^{**}
ERRO	224818,39	55790,88	358270,94	123294,91	63706,91
MÉDIA (kg/ha)	2198,44	1535,42	2610,94	2460,94	971,32
CV (%)	21,56	15,38	22,92	14,26	25,98
R² (%)	50,91	86,12	74,70	63,78	79,75

^{*}, ^{**} Significativo, a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste de F.

“...continua...”

“TABELA 1A, Cont.”

AMBIENTES					
F.V	Cana Verde/Seca	Lavras/Seca	Alfenas/Seca	Lambari/Seca	Patos de Minas/Seca
POPULAÇÕES	104098,84**	117922,02**	45766,90 ^{ns}	527754,48**	120820,77 ^{ns}
ERRO	29044,29	13054,75	43201,77	70815,68	56819,87
MÉDIA (kg/ha)	917,92	996,18	1186,25	1309,73	2045,05
CV (%)	15,29	11,47	17,52	20,31	11,65
R² (%)	69,21	80,17	44,12	77,78	68,20

*, ** Significativo a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste de F.

TABELA 2A Produtividade (kg/ha), por ambientes, obtida na avaliação das populações de feijoeiro com diferentes estruturas genéticas, no período de novembro/2004 a dezembro/2005, no Sul e Alto Paranaíba de Minas Gerais.

POPULAÇÕES	AMBIENTES				
	Lavras/Águas	Ijaci/Águas	Lavras/Águas	São Vicente/Águas	Alterosa/Águas
PÉROLA	2376,42	2375,45	1827,51	936,40	797,58
IAPAR 81	1887,55	2115,13	2790,83	542,34	582,56
ESAL 693	1903,84	1751,60	1828,18	803,64	843,50
MA-I-25	2501,45	2686,68	2158,36	1274,69	1360,52
TALISMÃ	2172,89	1597,91	2558,44	1256,52	803,14
CARIOCA-MG	2584,00	2494,35	2070,68	708,29	639,34
OP-S-16	2059,24	2183,12	2337,88	1326,01	1492,93
MAGNÍFICO	2334,38	2631,62	1362,88	491,25	398,73
HM	2679,82	2269,25	1789,50	1160,52	1091,04
MP	2332,94	1682,61	1570,44	1050,52	903,54

“...continua...”

“TABELA 2A, Cont.”

POPULAÇÕES	AMBIENTES				
	Cana Verde/Águas	Alfenas/Águas	Patos de Minas/Águas	Patos de Minas/Águas	Lavras/Inverno
PÉROLA	3230,19	671,05	1125,00	1564,24	4043,98
IAPAR 81	3584,40	1059,90	363,70	982,49	3792,96
ESAL 693	2991,21	935,94	1395,17	1369,97	3541,43
MA-I-25	3385,01	1375,53	859,06	837,98	3592,45
TALISMÃ	3312,43	1309,24	1598,43	1581,47	3071,56
CARIOCA-MG	3355,37	1002,37	686,02	1523,42	3939,11
OP-S-16	3264,47	1385,26	1416,53	1301,49	4186,35
MAGNÍFICO	3063,54	1170,58	466,97	1285,79	3598,80
HM	3428,95	1202,40	899,86	1299,60	3955,20
MP	3247,70	1161,78	1717,92	1154,30	3673,95

“...continua...”

“TABELA 2A, Cont.”

POPULAÇÕES	AMBIENTES				
	Ijaci/Inverno	Patos de Minas/Inverno	Ibiá/Inverno	Lavras/Seca	Ijaci/Seca
PÉROLA	2268,63	1447,83	2840,50	2227,52	735,63
IAPAR 81	2427,15	1448,38	2890,87	2230,64	725,04
ESAL 693	2317,61	1331,75	2526,85	2224,98	836,62
MA-I-25	2874,09	1601,19	2590,23	2491,86	520,88
TALISMÃ	2386,15	1795,73	2607,45	1995,68	959,93
CARIOCA-MG	2293,95	1649,20	2191,26	1917,06	419,09
OP-S-16	2221,35	1851,34	2336,15	3251,81	1253,75
MAGNÍFICO	2298,54	1682,87	2501,08	2160,43	711,45
HM	1934,37	1466,67	2652,73	2690,63	1167,80
MP	2087,50	1472,92	2669,92	2528,12	1178,40

“...continua...”

“TABELA 2A, Cont.”

POPULAÇÕES	AMBIENTES				
	Cana Verde/Seca	Lavras/Seca	Alfenas/Seca	Lambari/Seca	Patos de Minas/Seca
PÉROLA	898,65	1285,98	1122,70	1257,13	2091,51
IAPAR 81	1245,14	952,16	1121,59	1054,16	1653,13
ESAL 693	705,18	687,26	1003,42	1391,77	1690,62
MA-I-25	1062,69	1077,86	1103,53	1119,73	2052,75
TALISMÃ	625,46	658,60	1010,37	935,89	1855,46
CARIOCA-MG	887,71	854,00	1434,18	1440,78	1974,25
OP-S-16	1230,36	1062,91	1329,25	1341,75	2109,16
MAGNÍFICO	868,36	772,73	1232,44	141,86	1974,12
HM	942,92	1100,20	1242,81	1597,20	2218,88
MP	847,92	1046,65	1162,81	1470,95	2111,06

ROTINA1 Rotina utilizada para a realização das simulações dos grupos de 10 ambientes, para a obtenção das estimativas da repetibilidade, utilizando o programa R.

```
X = read.table("bruzi.txt",header=TRUE)
X = as.matrix(X)
g = 10; a = 20; nsim = 10
nas = 10# número de ambientes a ser sorteado não mexer
r2 = matrix(0,nsim,1)
r2m = matrix(0,nsim,1)
#X = matrix(0,g*a,3)
G = matrix(0,g,a)
Gb1 = matrix(0,g,nas)
Gb2 = matrix(0,g,nas)
Wg = matrix(0,2*nsim,g)
R_i = matrix(0,nsim,g);

# simular dados com a estrutura

#cont = 1
#for (i in 1:a)
#{
# for (j in 1:g)
# {
#   X[cont,1]=i
#   X[cont,2]=j
#   #X[cont,3]=rnorm(1,100,1)
#   X[cont,3]=runif(1)
#   cont = cont + 1
# }
#}

# transformando a matriz em G - genótipos linha e ambiente coluna
cont = 1
for (i in 1:a)
{
  for (j in 1:g)
  {
    G[X[cont,2],X[cont,1]] = X[cont,3]
    cont = cont + 1
  }
}
```

```

    }
  }

# obtendo a média dos ambientes
um = matrix(1,g,1)
ambbar = (t(G) %*% um)/g

# obtendo a média dos genótipos
um = matrix(1,a,1)
genbar = (G %*% um)/a

# média geral
xbargeral = mean(G)

GA = matrix(0,g,a)
# obter GA - interação
for (i in 1:a)
{
  for (j in 1:g)
  {
    GA[j,i] = G[j,i]-ambbar[i]-genbar[j]+xbargeral
  }
}

# Obter Wi dos genótipos em percentagem da média deles
Wio = matrix(0,g,1)
for (i in 1:g)
{
  aux = 0
  for (j in 1:a)
  {
    aux = aux + GA[i,j]^2
  }
  Wio[i]=aux
}
Wiop=Wio/sum(Wio)*100

# simulação sem reposição - sorteia 10 ambientes compondo 2 grupos
# aplica Wisp em cada grupo e faz uma conjunta, repetir nsim=1000

contsim=1;

```

```

for (isim in 1:nsim)
{
# sorteia uma novas matrizes G => Gb1 e Gb2 com a=10 ambientes em cada,
nas colunas
cont = 1;auxvet=1:a;
vetsort=matrix(0,nas,1)
a1=a
for (i in 1:nas)
{
ui = trunc(runif(1)*a1)+1;
vetsort[i] = auxvet[ui]
auxvet[ui] = auxvet[a1]
a1 = a1 - 1
}
for (i in 1:nas)
{
auxvet[nas+i] = vetsort[i]
}
for (i in 1:nas)
{
Gb1[,i] = G[,auxvet[i]]
Gb2[,i] = G[,auxvet[nas+i]]
}

# obtendo a média dos ambientes
um = matrix(1,g,1)
ambbar1 = (t(Gb1) %*% um)/g
ambbar2 = (t(Gb2) %*% um)/g

# obtendo a média dos genótipos
um = matrix(1,nas,1)
genbar1 = (Gb1 %*% um)/nas
genbar2 = (Gb2 %*% um)/nas

# média geral
xbargeral1 = mean(Gb1)
xbargeral2 = mean(Gb2)

GA1 = matrix(0,g,nas)
GA2 = matrix(0,g,nas)
# obter GAI - interação
for (i in 1:nas)

```

```

{
  for (j in 1:g)
  {
    GA1[j,i] = Gb1[j,i] - ambbar1[i] - genbar1[j] + xbargeral1
    GA2[j,i] = Gb2[j,i] - ambbar2[i] - genbar2[j] + xbargeral2
  }
}

# Obter Wi dos genótipos em percentagem da média deles
Wib1 = matrix(0,g,1)
Wib2 = matrix(0,g,1)
for (i in 1:g)
{
  aux1 = 0
  aux2 = 0
  for (j in 1:nas)
  {
    aux1 = aux1 + GA1[i,j]^2
    aux2 = aux2 + GA2[i,j]^2
  }
  Wib1[i]=aux1
  Wib2[i]=aux2
}
Wib1p=Wib1/sum(Wib1)*100
Wib2p=Wib2/sum(Wib2)*100

# armazenando os Wi relativos de cada simulação dos dois grupos
Wg[(isim-1)*2+1,] = t(Wib1p)
Wg[(isim-1)*2+2,] = t(Wib2p)

# repetibilidade com os Wi
V1 = rep(1:2,each=10)
dados = cbind(V1,rep(1:10,times=2))
dados = as.data.frame(cbind(dados,rbind(Wib1p,Wib2p)))
dados$V1 = as.factor(dados$V1)
dados$V2 = as.factor(dados$V2)
repet = lm(dados$V3 ~ dados$V1+dados$V2)
anov=anova(repet)
r2[isim]=((anov$"Mean Sq"[2]-anov$"Mean Sq"[3])/2)/((anov$"Mean
Sq"[2]/2)

# repetibilidade com as médias

```

```

V1 = rep(1:2,each=10)
dados = cbind(V1,rep(1:10,times=2))
dados = as.data.frame(cbind(dados,rbind(genbar1,genbar2)))
dados$V1 = as.factor(dados$V1)
dados$V2 = as.factor(dados$V2)
repet = lm(dados$V3 ~ dados$V1+dados$V2)
anov=anova(repet)
r2m[isim]=((anov$"Mean Sq"[2]-anov$"Mean Sq"[3])/2)/((anov$"Mean
Sq"[2]/ 2)

# repetibilidade do i-ésimo faltante
for (i in 1:g)
{
  V1i = rep(1:2,each=9)
  dadosi = cbind(V1i,rep(1:9,times=2))
  if(i==1) {
    seqi = 2:g
  } else {
    seqi = 1:(i-1)
    if (i<10) seqi=c(seqi,(i+1):g)
  }
  Wib1pi=as.matrix(Wib1p[seqi])
  Wib2pi=as.matrix(Wib2p[seqi])
  dadosi = as.data.frame(cbind(dadosi,rbind(Wib1pi,Wib2pi)))
  dadosi$V1 = as.factor(dadosi$V1)
  dadosi$V2 = as.factor(dadosi$V2)
  repeti = lm(dadosi$V3 ~ dadosi$V1+dadosi$V2)
  anovi=anova(repeti)
  r2i=((anovi$"Mean Sq"[2]-anovi$"Mean Sq"[3])/2)/((anovi$"Mean Sq"[2])/2)
  R_i[isim,i] = r2i
}
}

#r2
hist(r2)
summary(r2)
cv=sqrt(var(r2))/mean(r2)*100
cv
Wiop
# proporção de valores menores que 0

```

```

sum(r2<0)/nsim
sum(r2<0.15)/nsim
sum(r2>0.5)/nsim

# repetibilidade para média

#r2m
hist(r2m)
summary(r2m)
cvm=sqrt(var(r2m))/mean(r2m)*100
cvm
# proporção de valores menores que 0
sum(r2m<0)/nsim
sum(r2m<0.15)/nsim
sum(r2m>0.5)/nsim

# repetibilidade do faltante

hist(Wg[,1])
hist(Wg[,2])
hist(Wg[,3])
hist(Wg[,4])
hist(Wg[,5])
hist(Wg[,6])
hist(Wg[,7])
hist(Wg[,8])
hist(Wg[,9])
hist(Wg[,10])
mean(Wg[,10])
sum(Wg[,2]>5.56)/2000
# sumário de cada genótipo
hist(R_i[,1])
hist(R_i[,2])
hist(R_i[,3])
hist(R_i[,4])
hist(R_i[,5])
hist(R_i[,6])
hist(R_i[,7])
hist(R_i[,8])
hist(R_i[,9])
hist(R_i[,10])
summary(R_i)

```