UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

COMPORTAMENTO DE POPULAÇÕES SEGREGANTES DE FEIJÃO, AVANÇADAS PELO MÉTODO DO "BULK", POR DEZESSETE GERAÇÕES

HERCULES RENATO CORTE

1999

HERCULES RENATO CORTE

COMPORTAMENTO DE POPULAÇÕES SEGREGANTES DE FEIJÃO, AVANÇADAS PELO MÉTODO DO "BULK", POR DEZESSETE GERAÇÕES

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de 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

1999

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

Corte, Hercules Renato
Comportamento de populações segregantes de feijão, avançadas pelo método do "BULK" , por dezessete gerações / Hercules Renato Corte. -- Lavras : UFLA, 1999.
95 p. : il.

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

1. Feijão – *Phaseolus vulgaris* L. 2. Método do Bulk. 4. População segregante. 5. Seleção natural. 6. Ganho genético. 7. Estabilidade. 8. Repetibilidade. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título

CDD-635.6523

HERCULES RENATO CORTE

COMPORTAMENTO DE POPULAÇÕES SEGREGANTES DE FEIJÃO, AVANÇADAS PELO MÉTODO DO "BULK", POR DEZESSETE GERAÇÕES

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

APROVADA em 12 de agosto de 1999

Dr[a]. Ângela de Fátima Barbosa Abreu — EMBRAPA-EPAMIG

Ph.D. Pedro Antonio Arraes Pereira — EMBRAPA-CNPAF

Prof. Dr. Magno Antonio Patto Ramalho
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

DEDICO

Aos meus pais Pedro e Irene, pelo que deles obtive a vida, os ensinamentos, o amor, e a oportunidade de estudo

Ao meu irmão Marcelo, sua esposa Karla e ao sobrinho Gabriel pelas demonstrações constantes de carinho, apoio e compreensão

Ao casal Rineu e Nazaré, e as seus filhos Guilherme e Rafael que foram mais do que tios, pois possibilitaram este sucesso.

Aos tios e primos, em especial ao Edivandro e Fernando

A assistência, orientação e amizade de muitas pessoas que permitiram-me chegar a este ponto. A todas elas, a minha eterna gratidão.

À todos pela tolerância da minha ausência em suas vidas

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	i
ABSTRACT	ii
CAPÍTULO 1	01
1 Introdução	02
2 Referencial teórico	04
2.1 Melhoramento genético do feijoeiro	04
2.2 Ambientes em que o feijoeiro é cultivado em Minas Gerais	17
3 Referências bibliográficas	22
CAPÍTULO 2: Seleção natural, na produtividade de grãos de populações de feijão, avançadas pelo método do "bulk"	27
Resumo	28
Abstract	29
1 Introdução	30
2 Material e Métodos	32
2.1 Local	32
2.2 Material utilizado	32
2.3 Obtenção e avanço das populações segregantes	33
2.4 Manejo da cultura	33
2.5 Delineamento experimental utilizado	35
2.6 Análise estatística dos dados	35
3 Resultados	37
3.1 Avanço das gerações em Lavras	37
3.2 Avanço das gerações em Lambari	45

3.3 Avanço das gerações em Patos de Minas..... 53
4 Discussão..... 60
5 Conclusão..... 66
6 Referências bibliográficas..... 67
CAPÍTULO 3: Estabilidade de populações segregantes de feijão e das linhagens genitoras..... 69
Resumo..... 70
Abstract..... 71
1 Introdução..... 72
2 Material e Métodos..... 73
3 Resultados e Discussões..... 78
4 Conclusões..... 88
5 Referências bibliográficas..... 89
ANEXOS A..... 92

AGRADECIMENTOS

À Deus.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Biologia, pela oportunidade de realização do curso de Mestrado.

Ao Professor Dr. Magno Antonio Patto Ramalho, pela orientação, confiança, amizade, que durante esses anos de convivência se transformou em um grande e especial amigo. Sua dedicação e eficiência na orientação deste trabalho foram, sem dúvida, de fundamental importância.

À Pesquisadora Drª Ângela de Fátima Barbosa Abreu, pela sua dedicação, pela amizade, confiança e disponibilidade dentro e fora da Universidade.

Ao Dr. Pedro Antonio Arraes Pereira, pelo apoio e sugestão que engrandeceram este trabalho.

À Doutoranda Flávia e ao seu esposo Sebastião, pela colaboração e amizade

Aos Professores João Bosco dos Santos, Elaine Aparecida de Souza, João Candido de Souza, Cesar Basil Pereira Pinto.

Aos amigos do Núcleo de Estudo em Genética (GEN), aos quais dedico o sucesso deste trabalho.

Aos funcionários do departamento de Biologia e da EPAMIG (Fazenda Experimental de Patos de Minas e de Lambari).

Não listo todos os nomes dos quais sou profundamente grato, por terem tornado possível a finalização deste trabalho. Não porque não me recorde deles ou por medo de esquecer alguém nessa relação que certamente seria imensa. Simplesmente porque minha dívida com essas pessoas não pode ser quitada; a

elas espero poder retribuir na convivência do dia a dia, minha profunda gratidão independendo de onde esteja.

PEGADAS NA AREIA

Certa noite, um homem sonhava
que caminhava pela praia.
Passo a passo com o Senhor.
Na tela do céu, revia cenas de sua vida.
A cada cena, ele notava dois pares
de pegada na areia: as suas próprias,
e as pegadas do Senhor.
Tendo revisto cena por cena
de sua vida no espelho do céu
e notou-se muitas vezes, que ao longo
de sua vida, havia apenas um par
de pegadas no caminho.
Apenas um par! E justamente
nos momentos mais tristes e difíceis!
"Senhor", disse o homem, "Vós dissestes
que se eu vos seguisse, Vós andarias
comigo sempre e sempre.
Mas eu vejo, que durante os tempos mais
difíceis da minha vida, há apenas
um par de pegadas na areia!
Não compreendo porque, quando eu mais
necessitava, o meu Senhor me abandonou."
E o Senhor replicou:
"Meu filho, meu muito amado filho,
meu amor não te deixaria nunca.
Onde vês apenas um par de pegadas,
é porque eu te levava em meus braços."

RESUMO

CORTE, Hercules Renato. **Comportamento de populações segregantes de feijão, avançadas pelo método do "bulk", por dezessete gerações.** Lavras: UFLA, 1999. 95p. (Dissertação - Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)*

Seis populações segregantes e as respectivas linhagens genitoras foram avaliadas em sucessivas gerações, para verificar se a seleção natural atua na direção desejada pelos melhoristas e se há diferença na estabilidade das populações segregantes em relação às linhagens. As populações foram provenientes do cruzamento de duas linhagens precoces, ESAL 686 e Manteigão Fosco, com três de ciclo normal, Carioca MG, Milionário e Ouro. As seis populações segregantes com as cinco linhagens genitoras foram avaliadas em experimentos conduzidos da geração F_2 até a F_{18}, pelo método da população ou "bulk", no delineamento de blocos ao acaso, em três locais, Lavras, Lambari e Patos de Minas e três épocas de semeadura durante o ano. Na colheita, as sementes de cada população eram misturadas, retirando-se uma amostra ao acaso para dar origem a sementes a serem utilizadas na geração seguinte. Utilizando os dados médios da produtividade de grãos foram estimados os coeficientes de regressão linear (b) entre as gerações variável independente (x) e a diferença entre o desempenho médio das populações e das duas linhagens genitoras. Os dados médios, também, foram empregados para estimar os parâmetros de estabilidade. Constatou-se que a seleção natural atuou em todas as populações segregantes, nos três locais, contribuindo com aumento na produtividade de grãos, em média de 2,4%, por geração, em relação à média da população inicial avaliada; o componente da interação pais x ambientes foi de 7,6 vezes superior ao observado para a interação populações segregantes x ambientes; as populações segregantes, em média, foram mais estáveis que as linhagens genitoras, contudo, algumas tiveram comportamento semelhante ao das populações segregantes; as linhagens precoces foram as mais instáveis, com menor previsibilidade de comportamento; as estimativas da repetibilidade dos parâmetros de estabilidade foram altas, indicando que é possível antever o sucesso com a seleção para a estabilidade.

---

* Orientador: Magno Antonio Patto Ramalho - UFLA

ABSTRACT

CORTE, Hercules Renato. **Behavior of bean segregating populations advanced by the bulk method for seventeen generations.** Lavras: UFLA, 1999. 95p. (Dissertation - Magister Science in Genetics and Plant Breeding)*

Six segregating populations and the respective parental lines were evaluated in successive generations, to verify whether natural selection acts in the direction wished by the breeders and whether there are differences in the stability of the segregating populations in relation to the lines. The populations were coming from the cross of two early lines, ESAL 686 and Manteigao Fosco with three of normal cycle, Carioca MG, Milionario and Ouro. The six segreganting and plus the five parental lines were evaluated in experiments conducted from F_2 generation to F_{18}, by the bulk or population method, in the randomized block design, in three sites, Lavras, Lambari and Patos de Minas and three sowing times over the year. At harvest, the seeds from each population were bulked, a sample being withdrawn at random to give rise to seeds to be used in the next generation. By utilizing the average data of grain yield, the linear regression coefficient (b) between the generations, independent variable (x) and the difference among the average performance of the populations and of the two parental lines were estimated. The average data were also employed to estimate the stability parameters. It was found that: natural selection acted on every segregating population, in the three sites, contributing toward the increase in grain yield, on the average, 2.4% per generation, in relation to the mean of the initial population evaluated; the component of the parent x environment interaction was of 7.6 times higher than that observed for the segregating population x environment interaction; the segregating populations, on the average, were more stable than the parental lines, however, some had a behavior similar to that of the segregating populations; the early lines were the most unstable and with poorest behavior previsibility; the repetibility estimates of the stability parameters were high, pointing out that it is possible to foresee the success with the selection for stability.

* Guidance: Magno Antonio Patto Ramalho - UFLA

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

O feijão destaca-se como um dos principais produtos agrícolas brasileiros, tanto econômica quanto socialmente. Econômica pela sua rentabilidade e social por ser uma atividade com grande envolvimento de mão-de-obra, além de ser a principal fonte de proteína da população. Ele é cultivado em quase todos os estados e na maioria das propriedades. Em consequência há uma enorme diversidade nos sistemas de cultivo.

Dada essa diversidade de condições, a cultura é submetida a uma série de problemas, desde a ocorrência de inúmeros patógenos até a necessidade de plantas mais eretas para reduzir a perda na colheita, quando essa coincide com períodos de chuvas prolongados. A principal alternativa para solucionar esses problemas tem sido a obtenção de cultivares que sejam não só produtivas, mas também com expressões fenotípicas de vários outros caracteres desejáveis aos agricultores e consumidores.

Para obter essas cultivares, há alguns programas de melhoramento que utilizam várias metodologias de avanço das gerações segregantes, dentre elas, a da população ou "bulk" se destaca pela facilidade de condução, pois possibilita a manutenção de um grande número de descendentes do cruzamento com área reduzida e pequeno consumo de mão-de-obra. Uma outra vantagem atribuída a esse método é a ação da seleção natural, que mantém indivíduos mais adaptados e deixam maior número de descendentes, isto é, os mais produtivos. Essa vantagem tem sido constatada em algumas situações, sendo o resultado mais expressivo observado na cultura de cevada, em que o efeito da seleção natural está sendo registrado em uma população segregante por mais de 50 gerações (Allard, 1988).

Espera-se que as populações de plantas constituídas por uma mistura de indivíduos sejam mais estáveis do que aquelas constituídas por uma única

linhagem (Becker e León, 1988). Esse fato tem sido constatado em algumas espécies (Schnell e Becker, 1986; León e Diepenbrock, 1987), contudo não há muita informação a esse respeito no caso do feijoeiro.

Do exposto foram realizados dois trabalhos, a partir de seis populações segregantes do feijoeiro, avançadas em "bulk", das gerações F_2 a F_{18}, com o objetivo de: a) verificar se a seleção natural contribui para aumentar a produtividade de grãos das populações segregantes, com o avanço das gerações; b) verificar se a estabilidade das populações segregantes, conduzidas pelo método do "bulk", em vários locais e épocas de semeadura, é maior que das linhagens genitoras das referidas populações.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Melhoramento Genético do Feijoeiro

O feijoeiro é um planta tipicamente autógama, em que a ocorrência da cleistogamia torna a autofecundação seu sistema quase obrigatório de reprodução. A taxa de fecundação cruzada já foi estimada em inúmeras oportunidades e é quase sempre inferior a 5% (Ortega, 1974; Pereira Filho e Cavarani, 1984, Marques Júnior e Ramalho, 1995). Assim, os métodos de melhoramento aplicáveis ao feijoeiro são aqueles comuns às plantas autógamas e detalhes sobre eles podem ser encontrados em várias publicações (Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993; Fehr, 1987; Borém, 1997).

A espécie *Phaseolus vulgaris* L. tem sua origem no continente americano e possui três centros de domesticação: um no Sul dos Andes onde predominam cultivares com grãos grandes e faseolina tipo T; outro, na região central da América (Meso-América), no qual predomina germoplasma de grãos pequenos e faseolina tipo S e um terceiro, de menor importância, localizado na Colômbia (faseolina tipos B e C e H). Em função da diversidade morfológica e do tipo de faseolina, o germoplasma tem sido agrupado em 6 raças envolvendo, 12 conjuntos gênicos (Singh, 1993). Dessas raças, três são de origem Meso-americana, isto é, raça Mesoamérica, que corresponde aos conjuntos gênicos 1, 2, 3, e 4; raça Durango, conjunto gênico 5 e a raça Jalisco, conjunto gênico 6. As outras três são do grupo Andino, isto é, Nova Granada, conjuntos gênicos 7, 8 e 9; Chile, conjunto gênico 10 e Peru, conjuntos gênicos 11e 12.

Na espécie *Phaseolus vulgaris* há enorme variabilidade para os caracteres. Assim, por exemplo, em relação ao tamanho dos grãos que é um caráter relacionado com a aceitação de um dado cultivar, existem linhagens cujo

peso de 100 sementes é de 17 g, ao passo que em outros é de 100 g. Há também variabilidade para o hábito de crescimento que pode ser determinado ou indeterminado. Além do mais, em função do tipo de crescimento, os feijões são classificados em quatro categorias, isto é: tipo I possuem hábito de crescimento determinado e arbustivo, geralmente são cultivares precoces, com menor potencial produtivo; tipo II apresenta hábito indeterminado, com internódios curtos e fechados; o tipo III também indeterminado, com ramificação aberta e haste mais desenvolvida do que os do tipo II, dificultando os tratos culturais e a colheita, e por último o tipo IV de hábito indeterminado, com grande desenvolvimento vegetativo e geralmente conduzido sob tutoramento (Vilhordo et al., 1996; Santos e Gavilanes, 1998).

A variabilidade dessa espécie é também enorme para caracteres tais como cor dos grãos, ciclo, resistência a pragas e patógenos e, sobretudo, produtividade de grãos.

Essa diversidade no germoplasma torna a cultura do feijoeiro muito atraente para os melhoristas que vislumbram a possibilidade de criar as mais diferentes combinações para atender as exigências de uma maior adaptação a uma determinada condição de cultivo e/ou as exigências do mercado.

Os métodos de melhoramento normalmente utilizados na cultura do feijoeiro se enquadram em duas categorias. A primeira visa utilizar a variabilidade disponível no germoplasma em uso pelos agricultores. Isto porque a maioria dos que cultivam feijão têm a cultura como subsistência e não compram sementes anualmente. Os grãos colhidos, considerando os vários anos de cultivo de um mesmo material, estão predispostos à ocorrência de mutação e à mistura mecânica com cultivares diferentes. Esses fatores, aliados a uma certa taxa de cruzamento e ao grande número de plantas que os agricultores manuseiam a cada safra, podem gerar uma grande variabilidade. Para aproveitar essa variabilidade

tem sido utilizado o procedimento denominado de seleção de linhas puras (Ramalho, Santos e Zimmerman, 1993).

A segunda alternativa, muito mais frequente que a anterior, gera a variabilidade por meio da hibridação entre genitores contrastantes para os caracteres sob seleção. Na realidade, o objetivo da hibridação é o de reunir em um novo cultivar fenótipos desejáveis presentes em diferentes genitores (Ramalho, Santos e Zirmmermann, 1993).

Na condução de um programa de melhoramento por hibridação há pelo menos três questionamentos a serem feitos. O primeiro é quais genitores deverão ser cruzados. O segundo é como será obtida a população segregante e terceiro é como conduzir as populações segregantes. Os dois primeiros não são objetivo do presente trabalho e detalhes a esse respeito podem ser encontrados em várias publicações (Fehr, 1987; Bos e Caligari, 1995; Baenziger e Peterson, 1991).

Com relação ao método de condução das populações segregantes, há várias alternativas. Segundo Fouilloux e Bannerot (1988), esses métodos são incluídos em duas categorias: aquelas em que a seleção é efetuada juntamente com o avanço das gerações de endogamia e outros cuja a seleção é efetuada após a maioria dos locos estarem em homozigose. Na primeira categoria estão principalmente os métodos massal e genealógico e na segunda, os métodos da população (Bulk) e descendente de uma semente (SSD). Desses métodos o que mais interessa neste trabalho é o da população, que será apresentado mais detalhadamente. Antes, porém, de discuti-lo é necessário comentar o que ocorre com uma população segregante nas sucessivas gerações de endogamia.

Por meio dos cruzamentos artificiais entre dois genitores, são obtidas as sementes F_1, que são heterozigóticas para todos os locos em que eles diferem. A cada geração de autofecundação, há a redução de 50% na freqüência dos locos em heterozigose. Desta forma, na geração F_2 50% dos locos estarão em

heterozigose e 50%, em homozigose. Na F_3, a freqüência de heterozigotos passa a ser de 25% e ,assim, sucessivamente. O que necessita ser enfatizado é que a probabilidade de selecionar uma linhagem com todos os alelos favoráveis nas primeiras gerações segregantes é muito pequena, sobretudo se o caracter for controlado por vários genes. Segundo Raposo (1999), se for considerado como exemplo um caráter controlado por 20 genes, com distribuição independente e na geração F_1 ocorra segregação para todos os locos, espera-se na F_2 apenas uma planta em $1{,}099 \times 10^{12}$ contendo todos os alelos favoráveis em homozigose. Considerando 250 mil plantas por hectare (ha), seriam necessários 4396000 ha semeados com a população F_2. Fica fácil entender que, mesmo considerando este pequeno número de genes, é impossível na F_2, semear uma população desta magnitude e, mais ainda, identificar um indivíduo contendo todos os alelos favoráveis em homozigose.

Contudo, se forem considerados homozigotos e heterozigotos, a probabilidade de ocorrer pelo menos uma planta contendo todos os alelos favoráveis, na F_2 passa a ser de $(3/4)^{20}$, ou seja, 1 indivíduo em 315, o que é uma situação bem favorável. Isto se agrava ainda mais com o avanço das gerações, devido ao fato da freqüência de heterozigotos diminuir e a de homozigotos aumentar. Voltando ao exemplo hipotético, na geração F_3 a freqüência de plantas com os alelos favoráveis, em homozigose e heterozigose, passa a ser $(5/8)^{20}$. Este valor corresponde a 1 em 12089. Em F_4, 1 em 99437 e em F_5, 1 em 311904. Em qualquer método de condução das populações segregantes, esses números devem ser considerados durante o avanço das gerações.

No método da população, como já salientado, a seleção só é iniciada após a maioria dos locos estarem em homozigose, isto é, a partir da geração F_5. Assim, na sua condução, as sementes das plantas da geração F_2, são colhidas para serem misturadas e uma amostra dessa mistura é utilizada para a obtenção de plantas

F_3. O processo repete-se até F_5 ou gerações mais avançadas, quando então as plantas serão colhidas individualmente para originar as famílias $F_{5:6}$ ou $F_{n:n+1}$, quando é efetuada a seleção tendo como referência as famílias.

O primeiro a usar o método da população parece ter sido Nilsson-Ehle, 1908 na Suécia. Ele percebeu que o método permitia o cultivo de grandes populações, sem muito esforço, aumentando a oportunidade de aparecerem plantas de trigo com alta produtividade e mais resistentes às condições de inverno, e que o método do bulk se presta muito bem para conduzir os grandes números de indivíduos necessários, uma vez que ficaria, assim, livre de proceder às anotações. Ele também reconheceu que a homozigose aumentaria durante o período da condução da população segregante de tal modo que se podia esperar que as seleções feitas depois de algumas gerações deveriam dar descendentes uniformes (Alberini, 1977).

Entre as vantagens desse método a mais evidente é a facilidade de condução, como já mencionado, pois não são necessárias anotações, nem colheita individual de plantas. Uma outra vantagem é a flexibilidade, isto é, se numa dada safra o melhorista tem grande número de famílias a serem avaliadas, ele pode postergar a abertura do bulk por uma ou mais gerações sem alterar suas propriedades genéticas.

Uma terceira vantagem é a ação da seleção natural. Nesse contexto, é necessário salientar que já há algum tempo é questionável se a ação da seleção natural é no sentido em que o melhorista deseja. Para responder a esse questionamento vários trabalhos foram realizados (Papadakis, 1937; Suneson, 1949; Adair e Jones, 1946; Rasmusson, Beard e Johnson, 1967; Jensen 1988 e Allard 1988). Contudo, a maioria deles procura verificar o que ocorria na mistura de um conjunto de linhas puras e, em poucos casos, o que realmente ocorria a

populações segregantes no método do bulk. Um dos trabalhos mais clássicos foi de Suneson e Wiebe (1942), descrito do seguinte modo por Allard (1971):

"Iniciando uma mistura com porções iguais de cada uma dos quatro cultivares de cevada, eles obtiveram, por meio de contagens anuais, a proporção de cada cultivar durante um período de 9 anos. Em parcelas adjacentes à população misturada, também obtiveram dados sobre a produtividade de cada cultivar em plantios puros. A sobrevivência e produções para cada um dos cultivares são apresentadas nas Tabelas 1 e 2. A característica mais saliente deste experimento foi a rapidez com que o cultivar Atlas dominou a população e, consequentemente, a rapidez com que os cultivartes Hero e Vaughn foram virtualmente eliminadas. As diferenças em produtividade entre os quatro cultivares eram pequenas. Assim, este experimento não é conclusivo quanto ao estabelecimento de uma relação entre capacidade produtiva e sobrevivência. Uma vez que o cultivar Vaughn, o mais produtivo, foi o pior competidor.

Parece razoável concluir que não houve uma associação positiva muito forte entre essas características. As diferenças marcantes quanto à capacidade competitiva que foram observadas devem ser, assim, resultado de outras características que não o peso da semente produzida. A capacidade competitiva também parece não estar relacionada com o critério usual de mérito agronômico, como data de florescimento, altura da planta e nível de resistência a doenças, uma vez que Vaughn é o "melhor" cultivar dentre os quatro, quando julgado de acordo com esses padrões.

Os antecedentes da competição entre esses cultivares são, entretanto, mais elucidativos em favor dos agricultores da Califórnia. Sementes do cultivar Vaughn têm estado disponíveis, desde 1932, e a sua "superioridade" sobre os outros cultivares, quanto à produção e outras características agronômicas, tem sido conhecida e divulgada em várias partes da Califórnia. Entretanto, apesar

disso, ele nunca ocupou mais do que 5% dos 600000 hectares anualmente plantados com cevada, na Califórnia. O cultivar Atlas esteve em primeiro lugar, em popularidade, vindo Club Mariot em segundo. Os cultivares Hero e Vaughn nunca foram amplamente cultivados. Exceto os dados de sobrevivência deste experimento, não existem dados para apoiar o desinteresse dos agricultores da Califórnia para com o cultivar Vaughn. Não se trata de tendência conservadora entre os agricultores na mudança do cultivar, uma vez que mudanças apreciáveis na popularidade de cultivares de cevada ocorreram durante o período em questão. Suneson conclui: "Isto sugere que o método de melhoramento da população não perpetuará necessariamente as progênies mais produtivas ou mais resistentes às doenças, porém o caráter intangível, relativo à capacidade competitiva, pode corresponder a outras características muito importantes." Aparentemente, os critérios usuais empregados pelos melhoristas de plantas para julgar a "superioridade" das suas seleções não são absolutamente completos e à prova de erros. Experimentos como do caso salientam a importância da necessidade de se conhecer melhor a natureza da sobrevivência em misturas competitivas."

TABELA 1. Proporção de cada cultivar em uma mistura de cevada cultivada em Davis, Califórnia, a partir de sementes de uma mistura originalmente contendo número igual de sementes de cada cultivares.

	Porcentagem de plantas de cada cultivar na mistura									
Cultivares	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939	1940	1941	1948
Atlas	25,4	38,1	47,4	42,8	49,2	54,4	47,7	63,2	65,5	88,0
Club Mariot	24,7	23,4	18,6	22,7	24,3	20,1	27,6	17,3	18,8	10,5
Hero	24,7	20,5	15,9	12,5	12,2	9,2	13,7	8,3	7,7	0,7
Vaughn	25,2	18,0	18,1	19,9	14,3	16,2	11,1	11,3	7,5	0,4

TABELA 2. Proporção de cultivares de cevada quando cultivados separadamente em parcela de $80m^2$ com cinco repetições, em Davis, Califórnia, 1933-1940.

	Produção anual em kg/ha								Porcentagem
Cultivares	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1039	1940	Produção total
Vaughn	5294	5354	7351	6141	4047	4199	2432	3424	27,0
Atlas	5578	4943	5512	5620	4223	4005	2214	3364	25,1
Hero	4900	4943	5748	5058	4017	3690	2402	3237	24,0
Club Mariot	5294	4876	6262	4991	4005	3285	2341	2789	23,9

No caso de espécies autógamas, cujos grãos são maiores como soja e feijão, o número de trabalhos com mistura de linhagens não é tão numeroso, contudo alguns foram conduzidos com o feijoeiro (Cardoso e Vieira, 1971; Guazzelli, 1975; Hamblin, 1975). No estado de Minas Gerais, Cardoso e Vieira (1976) avaliaram o comportamento de duas misturas de seis cultivares de feijão. Esses cultivares eram facilmente separáveis em função da cor dos grãos. Para iniciar o trabalho, eles misturaram igual número de sementes de cada um. A cada

plantio, os grãos eram colhidos e contada a proporção de cada cultivar, e uma amostra era utilizada para a semeadura na safra seguinte. Em um dos compostos (Figura 1A), os cultivares 37-R e Rico-23 praticamente dominaram os demais. No outro composto (Figura 1B), até a terceira semeadura, esses mesmos cultivares predominaram, contudo, a partir daí o cultivar Ricopardo 896 substituiu o '37 R'. Os cultivares mais produtivos e com sementes pequenas tiveram melhor capacidade de competição em mistura, no entanto, os autores salientaram que devem existir outros fatores, imperceptíveis, que também influenciaram a capacidade de competição.

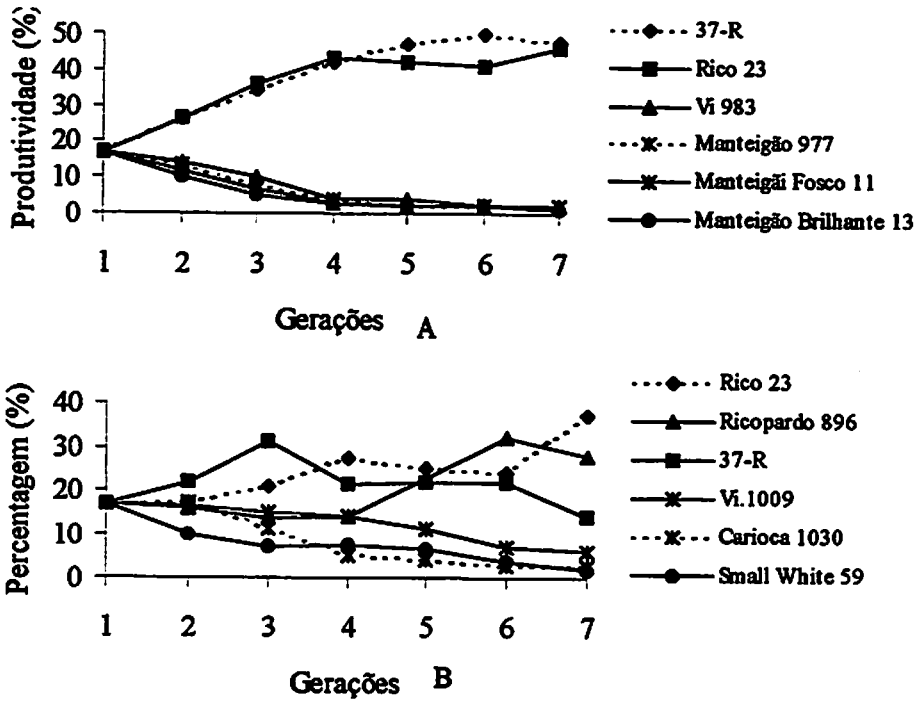


FIGURA 1. Modificação percentual da constituição de dois compostos (A e B) de feijão, em seis plantios sucessivos.

A estrutura da população, envolvendo genótipos híbridos, deve diferir das misturas de variedades que têm sido estudadas, pelo menos em duas particularidades. Em primeiro lugar, ocorrerá segregação nas populações híbridas, resultando em genótipos que vão aparecer em cada geração até que as autofecundações produzam homozigose. Em segundo lugar, somente quando a homozigose for atingida (talvez nas gerações F_6 a F_8), a população se tornará comparável às misturas de variedades. Mesmo então, tais populações diferirão das misturas varietais no sentido de que um número muito grande de genótipos estarão competindo entre si (Allard, 1971).

Como já mencionado, no caso do efeito da seleção natural em populações segregantes, o número de trabalhos não foi tão expressivo, entretanto, uma das pesquisas de maior duração de que se tem notícia envolveu a ação da seleção natural em uma população segregante de cevada (Allard, 1988; Soliman e Allard, 1991).

O trabalho iniciou-se em 1929, com um composto denominado CC II sintetizado em 1928, proveniente de um dialelo de 28 cultivares, resultando em 387 híbridos F_1, que foram misturados. A cada geração eram semeadas cerca de 15.000 sementes em bloco isolado. O material colhido, cerca de 400.000 sementes por geração, era parte armazenado, e a outra parte era misturada para ser utilizada na semeadura do ciclo seguinte.O processo se repete até os dias de hoje.

Relatos do que ocorreu nas primeiras 50 gerações submetidas à ação da seleção natural foram apresentados por Allard (1988). Após algumas gerações, o material armazenado dos ciclos sucessivos foram cultivados em experimentos com repetições conduzidos em alguns locais nos anos de 1960-1963, 1965-1969 e 1976-1982. Os resultados desse experimento foram discutidos por Allard (1988). Nesse trabalho ele estudou o efeito das sucessivas gerações em vários caracteres

comparando-os com um cultivar testemunha. Entre os caracteres quantitativos, a maior ênfase foi dada à produtividade de grãos, peso de 1000 sementes e número de dias para o florescimento. No caso da produção de grãos constataram-se mudanças expressivas no decorrer das gerações (Figura 2).

Nas gerações iniciais as produções de grãos das populações foram quase 60% da produção relativa, chegando a 95% da testemunha já nas gerações F_{15} a F_{20}. As alteração na média populacional, devido à ação da seleção natural, variou entre os períodos, entretanto ela foi em média de 2 a 3% por geração, com uma ligeira redução nas gerações mais avançadas. No caso do peso de 1000 sementes, os resultados acompanharam o da produtividade de grãos, especialmente até a vigésima geração, quando então se estabilizaram. A partir daí, o aumento no número de sementes por planta é que explicou os incrementos na produtividade de grãos. No que se refere ao ciclo, o efeito não foi muito pronunciado. Foi detectado um aumento de apenas três dias, no número de dias para o início do florescimento nas sucessivas gerações. O autor salientou que a seleção natural atuou preferencialmente sobre indivíduos com maior estabilidade de produção, isto é, aqueles indivíduos que mantiveram produtividade tanto em condições favoráveis quanto em condições menos favoráveis.

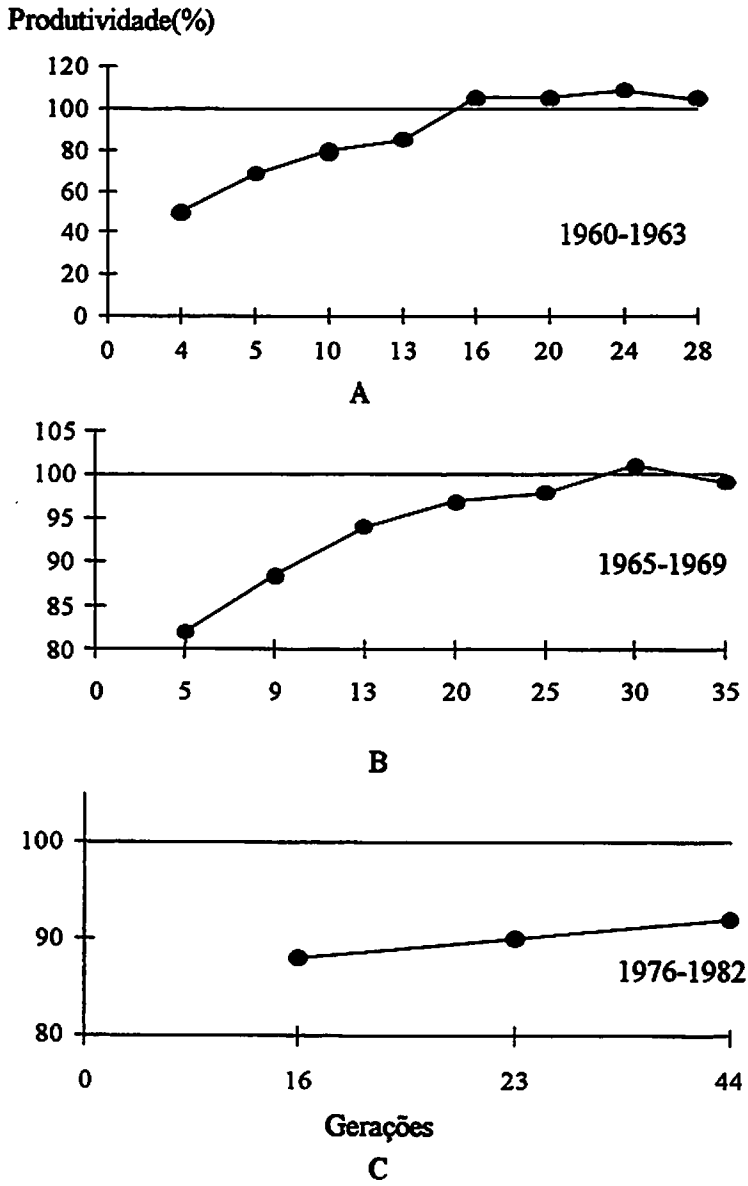


FIGURA 2. Produção de grãos de populações segregantes de cevada, em porcentagem em relação a um cultivar testemunha, conduzidas por 44 gerações. A) Avaliação até a geração F_{28}; B) Avaliação até a geração F_{35} e C) Avaliação até a geração F_{44}.

Tucker e Harding (1974) conduziram duas populações de *Phaseolus lunatus* L. provindas de cruzamentos biparentais, em "bulk", sendo que cada população foi cultivada em locais diferentes na California, por nove gerações. Posteriormente realizaram um teste de produção em um único ambiente, onde observaram que a população conduzida no mesmo local do teste teve melhor desempenho na produção, ao contrário da população conduzida em outro ambiente. Somente houve diferença significativa na produção após a geração F_9 a F_{11}, porém iguais em seus locais de origem e que as produções dos bulks foram intermediárias as médias dos parentais envolvidos.

No feijoeiro, trabalho com avaliação do efeito da seleção natural foi relatado por Hamblin (1977), envolvendo quatro populações segregantes avaliadas nas gerações de F_2 a F_6. Constatou que ocorreu aumento expressivo na produtividade de grãos apenas no caso das populações segregantes com menor média. Argumentou que isso ocorreu porque nas populações menos produtivas ocorrem certamente indivíduos menos adaptados e a seleção natural pode atuar com maior intensidade mesmo considerando o curto período, apenas quatro gerações. O autor observou que o efeito da seleção natural não necessariamente conduz a obtenção de sementes menores como havia sido relatado por Hamblin (1975). Nas quatro populações a alteração no peso das sementes, quando ocorreu, foi lento.

Considerando os resultados enfatizados por Hamblin (1977) e as evidências que a seleção precoce no método genealógico não é tão eficiente (Patinõ e Singh, 1989; Silva et al., 1994), já que basicamente é feita visualmente, o método "bulk" deveria receber maior atenção dos melhoristas de feijão. Vale salientar que, em trabalho recente, comparando vários métodos de seleção em autógamas, relato semelhante foi feito (Raposo, 1999).

2.2 Ambientes em que o feijoeiro é cultivado em Minas Gerais.

Em Minas Gerais, o feijoeiro é cultivado em praticamente todos os municípios e muito provavelmente em todas as propriedades. Em função desse fato, há uma enorme diversidade nos sistemas de cultivo que vão desde aqueles especificamente de subsistência, com pouco ou praticamente nenhum uso de insumos, em grande parte consorciados com outras culturas e cuja espécie varia de acordo com as regiões, como por exemplo no Sul e Alto Paranaíba é, preferencialmente, com café. No outro extremo está a cultura irrigada, praticada em extensas áreas e se utiliza o máximo de tecnologia disponível. É fácil inferir, então, que é enorme a diversidade de ambientes em que o feijoeiro é cultivado.

Há vários fatores ambientais que afetam o desempenho da cultura. Esses fatores podem ser, segundo a classificação de Allard e Bradshaw (1964), previsíveis e imprevisíveis. Entre os previsíveis estão a fertilidade do solo, comprimento do dia, o uso ou não de irrigação e de defensivo agrícola. Entre os imprevisíveis estão os fatores climáticos.

Além da diversidade ambiental entre locais, há uma grande variação na época de semeadura. Atualmente, no estado de Minas Gerais, o feijão é semeado praticamente durante o ano todo. Para agrupar essas épocas de semeadura, Vieira e Vieira (1995) propuseram a seguinte denominação das épocas de semeadura: a primeira seria o cultivo de primavera-verão ou das "águas", não havendo a necessidade de irrigação, porque coincide com o período chuvoso, e a colheita pode ser prejudicada com o excesso de chuvas e, também, maior incidência de patógenos devido à alta umidade e temperaturas. 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 da produção por escassez de chuvas, porém pode ser contornada com o uso complementar da irrigação, e a desvantagem é que há

maior ataque de insetos. A terceira época, de outono-inverno, corresponde ao plantio nos meses de abril a junho, é preferido 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 é a época de inverno-primavera ou de "inverno",cujo plantio 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, com o frio na fase de plantio, acarreta um atraso de até 15 dias para a germinação. Essa diferenças nas épocas de semeadura proporcionam variação ambiental tanto previsíveis como imprevisíveis.

Dada a essa grande diversidade no cultivo do feijoeiro é esperado que ocorra uma acentuada interação dos genótipos x ambientes, isto é, espera-se que o comportamento das linhagens ou cultivares avaliados não seja coincidente nos diferentes ambientes (Cruz e Regazzi, 1997).

Essa interação no caso do feijoeiro é frequentemente relatada na literatura (Abreu, Ramalho e Santos, 1992; Ramalho, Abreu e Andrade, 1993; Ramalho, Abreu e Santos, 1998). Ela é o principal complicador do trabalho dos melhoristas, especialmente em condições tropicais, nas quais a variação ambiental é mais acentuada e menos previsível do que em regiões temperadas (Patterniani, 1999). Para atenuar o problema, têm sido propostas algumas alternativas, contudo, a mais utilizada é a identificação de cultivares mais estáveis.

O conceito de estabilidade varia amplamente. Lin, Binns e Lefkvitch (1986) e Lin e Bins (1988) propuseram a classificação de estabilidade em quatro tipos. O tipo 1 é aquele em que o genótipo será considerado estável se sua variância entre ambientes for pequena. Essa foi denominada por Becker (1981) de "estabilidade no sentido biológico" e está em concordância com o conceito de homeostase largamente utilizado na genética. Esse comportamento não é

desejado, porque o genótipo não responde à melhoria do ambiente com aumento de produção e, além disso, normalmente este tipo está associado à menor produtividade (Becker, 1981; Lin, Binns e Lefrovitch, 1986; Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993 e Becker e Léon, 1988).

A estabilidade do tipo 2, denominada por Becker (1981) de "estabilidade no sentido agronômico", ocorre quando o genótipo mostra interação mínima com o ambiente, o que significa que ele acompanha o desenvolvimento médio obtido nos ambientes por todos os outros materiais testados. Esse tipo tem sido o preferido, pois possibilita a identificação de genótipos estáveis e com potencial de manter-se entre os melhores em todos os ambientes (Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993). Lin, Binns e Lefkvitch (1986) ressaltam que este tipo de estabilidade é uma medida relativa e restrita aos materiais que foram avaliados, não podendo ser generalizado, significando que um material estável em um determinado grupo de cultivares não necessariamente o será em presença de outros materiais.

No terceiro tipo, o genótipo será considerado estável, quando o quadrado médio do desvio da regressão que avalia a estabilidade for pequeno. Por último, tem-se o tipo 4, proposto por Lin e Binns (1991). Nesse método é necessário que os cultivares sejam avaliados em um certo número de anos e locais e a análise de variância realizada estimando-se o quadrado médio do efeito de anos dentro de locais para cada cultivar. Considera-se como mais estável às variações imprevisíveis dos anos, o material que apresentar o menor quadrado médio.

Há na literatura vários relatos, com a cultura do feijoeiro, mostrando a existência de diferenças entre os cultivares com relação à estabilidade, utilizando várias metodologias (Miranda, 1993).

Um questionamento é se um material genético mais heterogêneo seria mais estável do que um homogêneo. Nesse contexto, Allard e Bradshaw (1964)

argumentaram que pode ocorrer o tamponamento individual, estabilidade individual, ou uma estabilidade populacional. No caso do tamponamento indivídual é esperado que um indivíduo, com todos os locos em heterozigose, seja capaz de se ajustar melhor às alterações no ambiente do que um com todos os locos em homozigose. Dizendo de outro modo, segundo esses autores, um híbrido deve ser mais estável que suas linhagens constituintes. Por outro lado, uma população constituída de mistura de indivíduos com constituição genética diferente, deve ter maior ajustamento às variações ambientais do que uma população de indivíduos contendo um único genótipo.

Os cultivares diferem principalmente em dois aspectos: o grau de heterozigosidade das plantas e a quantidade de heterogeneidade genética dentro dos cultivares. Todos os tipos possíveis de cultivares, porém, foram caracterizados por Becker e Leon (1988): em um extremo, ficariam as linhagens mostrando maior interação genótipos x ambientes, ou seja, menor estabilidade dos materiais homozigotos, principalmente em espécies de fecundação cruzada. Logo, em outro extremo, ficariam as populações segregantes com alta estabilidade.

Pode-se aventar que o tipo de cultivar favorável seria o que tivesse o máximo de heterozigose ou maior heterogeneidade possível. Todavia, em algumas espécies, é viável a utilização de híbridos, enquanto que em outras, a de linhagens. Há, no entanto, dois pontos a serem considerados; o primeiro é que a produtividade deve ser considerada, pois a chance de encontrar um genótipo homogêneo de alta produtividade é maior que encontrar uma mistura de genótipos, a menos que esteja presente um forte efeito de competição intragenotípica. Um segundo aspecto é a possibilidade de selecionar linhagens que sejam tão estáveis como os híbridos, haja vista que há uma alta variabilidade em misturas estáveis, ou seleção de híbridos simples tão estáveis como híbridos duplos (Schnell e Becker, 1986).

No caso específico do feijoeiro não foi encontrada referência, se há diferença na estabilidade entre uma população segregante constituída por uma mistura de genótipos ou de um único genótipo-linha pura. No caso das populações segregantes conduzidas pelo método do bulk, não foram encontradas informações se a seleção natural atuaria identificando combinações que proporcionem maior estabilidade.

[redacted]

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. de F.B.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.dos. Desempenho e estabilidade fenotípica de cultivares de feijão em algumas localidades do estado de Minas Gerais no período de 1989-1991. **Ciência e Prática**. Lavras, v.16, n.1, p.18-24, Jan./Mar. 1992.

ADAIR, C. R. e JONES, J. W. Effect of environment on the characteristics of plants surviving in bulk hybrid populations of rice. **Journal of the American Society of Agronomy,** Washington. v.38, p.108-316, 1946.

ALBERINI, J. L. **Characteristics of soybean bulk populations grown in different environments**. Arkansas: University of Arkansas, 1977. 54p.

ALLARD, R.W. Genetic changes associated with the evolution of adaptedness in cultivated plants and their wild progenitors. **Journal of Heredity**, Baltimore, v.79, n.4, p.225-238, Jun/Aug 1988.

ALLARD, R.W. **Princípios do melhoramento genético de plantas**. São Paulo: Edgard Blücher, 1971. 381p.

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

BAENZIGER, P.S.; PETERSON, C.J. Genetic variation: It's origin and use for breeding self-pollinated especies. In: STALKER, H.T.;MURPHY, J.P. **Plant breeding in the 1990's**. Raleigh: North Carolina State Universty, 1991. p.69-100.

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

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

BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. Viçosa:UFV, 1997. 547p.

BOS, I; CALIGARI, P. **Selection methods in plant breeding**,.London: Chapman e Hall, 1995, 347p.

CARDOSO, A. A. ; VIEIRA, C. Comportamento de duas misturas de seis variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v.23, n.126, p.142-149, mar./abr. 1976

CARDOSO, A. A. ; VIEIRA, C. Progressos nos estudos sobre misturas varietais de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v.18, n.100, p.465-477, nov./dez. 1971.

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

FEHR, W. R. **Principles of cultivar development**. New York: MaCMillan, 1987. 525p.

FOUILLOUX, G.; BANNEROT, H. Selection methods in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) In: GEPTS, P. (ed.). **Genetic resouces of *Phaseolus* bean.** Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988. 611p.

GUAZZELLI, R.J. **Competição intergenotípica em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): estimativa da capacidade competitiva.** Piracicaba: ESALQ, 1975. 60p. (Dissertação - Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)

HAMBLIN, J. Effect of environment, seed size and competitive ability on yield and survival of *Phaseolus vulgaris* L. genotypes in mixtures. **Euphytica**, Wageningen, v.24, n.3, p.435-445. jun. 1975.

HAMBLIN, J. Plant breeding interpretations of the effects of bulk breeding on four populations of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Euphytica**, Wageningen v.26, n.1, p.157-168, Feb. 1977.

JENSEN, N.F. **Plant breeding methodology**. New York: John Wiley & Sons. 1988. 676p.

LEÓN, J.; DIEPENBROCK, W. Yielging ability of pure stands and aqual proportion blends of rapesseed (*Brassica napus* L.) wthi double low quality. J. Agron. **Crop Science**, Madson. v.159, n.1, p.82-89, Jan./Feb. 1987.

LIN, C.S.; BINNS, M.R. A method of analysing cultivars x location x year experiments: a new stability parameter. **Theoretical Applied Genetics**, Berlin, v.76, n.1, p.425-430, Jan. 1988.

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

LIN, C.S.; BINNS, M.R.; LEFKOVITCH, L.P. Stability analysis: where do we stand? **Crop Science**, Madison, v.26, n.5, p.894-899, Sept./Oct. 1986.

MARQUES JÚNIOR, O.G.; RAMALHO, M.A.P. Determinação da taxa de fecundação cruzada do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) nas diferentes épocas de semesdura em Lavras-MG. **Ciência e Prática**, Lavras, v.19, n.3, p.339-341, jul./set. 1995.

MIRANDA, G.V. **Comparação de métodos de avaliação da adaptabilidade e estabilidade de comportamento de cultivares: exemplo com a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).** Viçosa: UFV, 1993. 120p. (Dissertação - Mesatrado em Genética e Melhoramento).

ORTEGA, V. S. Polinización cruzada natrual de la caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) en Venezuela. **Agronomia Tropical**, Maracay, v.24, p.227-232, 1974.

PAPADAKIS, J. S. Does natural selection operate only according to yield of grain in cultivated plants? **Plant Breeding Abstracts**, Cambridge & London. v.7, p.460, 1937.

PATERNIANI, E. Plant breeding contributions in Brazil. In: BORÉM, A.; GIÚDICE, M.P.; SAKIYAMA, N.S. **Plant breeding the turn of millennium**, BIOWORK II. Viçosa: Federal University of Viçosa, 1999, 379p.

PATINÕ, H.; SINGH, S.P. Visual selection for seed yeild in the F_2 and F_3 generation of nine common bean crosses. **Annual Report Bean Improvement Cooperative**. New York, v.32, p.79-80, 1989.

PEREIRA FILHO, T. A.; CAVARANI, C. Taxa de hibridação natural do feijoeiro comum em Patos de Minas, Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.9, p.1181-1183, 1984.

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

RAMALHO, M.A.P., SANTOS, J.B. dos, ZIMMERMANN, M.J. de O. **Genética quantitativa em plantas autógamas; aplicações ao melhoramento do feijoeiro.** Goiânia: Editora da UFG, 1993.

RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.de F.B.; ANDRADE, M.J.B.de. Interação de cultivares de feijão por safra e anos no município de Lavras-MG. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, IV, Londrina, 1993. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1993. 123p.

RAPOSO, F.V. **Comparação de métodos de condução de população segregantes na cultura do feijoeiro.** Lavras: UFLA, 1999. 73p. (Dissertação-Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).

RASMUSSON, D. C.; BEARD, B. H. e JOHNSON, F. K. Effect of natural selection on performance of a barley population. **Crop Science**, Madison v.7, n.5, p.543, Sep./Oct. 1967.

SANTOS, J.B. dos; GAVILANES, M.L. Botânica. In: VIEIRA, C.; PAULA Jr, T.J. de, BORÉM, A. (eds). **A cultura do feijoeiro em Minas Gerais.** Viçosa: UFV, 1998. p.55-81.

SCHNELL, A.; BECKER, C.H. Yield and stabily in a balenced system of wideley differing population structures in *Zea mays*L.. **Plant Breeding**, Berlin, v.97, p.30-38. 1986.

SILVA, H.D.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A. de F.B.; MARTINS, L.A. Efeito da seleção precoce para produtividade de grãos em populações segregantes do feijoeiro. **Ciência e Prática**, Lavras, v.8, n.2, p.181-185, Abr./Jun. 1994.

SINGH, S.P. Breeding for seed yield. In: SCHOONHOVEN, A.V.; VOYSEST, O.; (eds.). **Common beans-Research for crop improvement.** Cali: CAB International. CIAT, 1993, p.383-443.

SOLIMAN, 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./Jun. 1991.

SUNESON, C.A. Surviral of four barley varieties in a mixture. **Agronomy Journal**, Madison, v 41, p. 459-461, 1949.

TUCKER, C.L.; HARDING, J. Effect of the environment on seed yield in bulk populations of lima beans. **Euphytica**, Wageningem v.23, n.2, p.135-139, Mar./Apr. 1974.

VIEIRA, C.; VIEIRA, R.F. Épocas de plantio de feijão e proposta de nomenclatura para designa-las. **Revista Ceres**, Viçosa. v.42, n.244, p.685-688. nov./dez. 1995.

VILHORDO, B.W.; MIZUSINSKI, O.M.F.;BURIN, M.E.; GANDOLFI, V. H. Morfologia. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J. de O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p.71-99.

CAPÍTULO 2 SELEÇÃO NATURAL, NA PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DE POPULAÇÕES DE FEIJÃO, AVANÇADAS PELO MÉTODO DO "BULK".

RESUMO

CORTE, Hercules Renato. **Seleção natural, na produtividade de grãos de populações de feijão, avançada pelo método do "bulk".**

Em muitas condições tropicais os programas de melhoramento do feijoeiro podem ter mais de uma geração por ano. Como nas diferentes épocas de semeaduras, as condições ambientais são distintas, é questionável se a seleção natural, nas populações segregantes, avançadas pelo método do "bulk", atuaria na direção desejada pelos melhoristas. Para comprovar este fato, foram utilizadas seis populações segregantes obtidas por um dialelo parcial, sendo o primeiro grupo constituído de dois cultivares precoces, ESAL 686 e Manteigão Fosco e do segundo grupo pelos três cultivares de ciclo normal, Carioca MG, Milionário e Ouro. Essas seis populações mais os cinco genitores foram avaliados em experimentos no delineamento de blocos casualizados, em três municípios: Lavras, a partir da geração F_2, Lambari e Patos de Minas, a partir da F_3. Em cada geração as sementes das repetições eram misturadas e retirada uma amostra ao acaso para avaliação na geração seguinte. Utilizando os dados de produtividade de grãos, foram estimados os desvios genéticos pela diferença entre o desempenho médio do cruzamento - população segregante e a média dos pais envolvidos no cruzamento, em cada geração. O coeficiente de regressão linear (b) entre esses desvios genéticos com as gerações, foram em todos os casos positivos, evidenciando que a seleção natural atuou em todas as populações segregantes, contribuindo para um aumento na produtividade de grãos, em média, de 2,4% por geração, em relação à média da população inicial avaliada.

ABSTRACT

CORTE, Hercules Renato. **Natural selection, in grain yield of bean populations, advanced by the bulk method.**

Under many tropical conditions ,bean plant breeding programs may have more than a generation a year. As in the different sowing times, the environmental conditions are distinct, it is questionable whether natural selection, in the segregating populations advanced by the bulk method, would act in the direction wished by breeders. To establish that fact, six segregating populations obtained by a partial diallel were utilized, the first group being made up of two early cultivars, ESAL 686 and Manteigao Fosco, and the second group of the three cultivars of normal cycle, Carioca MG, Milionario and Ouro. Those six populations plus the five parents were evaluated in experiments in the randomized complete block design, in three locations: Lavras from generation F_2, Lambari and Patos de Minas from F_3. In each generation, the seeds from the replicates were pooled and a sample was withdrawn at randon for evaluation in the next generation. By utilizing the grain yield data, the genetical deviations were estimated by the difference between the average performance of the cross - segregating population and the mean of the parents involved in the cross in each generation. The linear regression coefficient (b) among those genetical deviations with the generations were in all the cases positive, standing out that natural selection acted in every segregating population, contributing toward an increased grain yield, on the average, of 2.4% per generation, in relation to mean of the initial population evaluated.

1 INTRODUÇÃO

Na condução das populações segregantes de plantas autógamas há algumas alternativas. Entre elas, o método da população ou "bulk" se destaca pela facilidade de condução. Por esse método, a partir da geração F_2, as plantas são colhidas em conjunto, suas sementes são misturadas e uma parte utilizada para a obtenção da geração seguinte. Esse processo se repete por algumas gerações, quando então são retiradas famílias para posterior avaliação.

Uma das vantagens mais importantes para esse método é a ação da seleção natural durante o avanço das gerações. Isto implica que os indivíduos mais adaptados irão deixar mais descendentes aumentando a sua participação nas futuras gerações. A dúvida é se esta seleção natural está direcionada aos objetivos que os melhoristas almejam.

O efeito da seleção natural tem sido observado em algumas oportunidades e o trabalho mais expressivo a esse respeito está sendo conduzido com uma população segregante de cevada. Os resultados, obtidos com 50 gerações simultâneas com essa população, foram relatados por Allard (1988). Observou-se que ocorrem trocas expressivas na população para vários caracteres e, no caso da produtividade de grãos, a seleção natural contribuiu para um incremento superior a 1% por ciclo.

Com relação ao feijoeiro não há muitos relatos. Alguns trabalhos foram realizados envolvendo a mistura de linhas puras em iguais proporções (Cardoso e Vieira, 1971; Cardoso e Vieira, 1976). Na maioria dos casos ficou evidenciado que há diferença de competição entre as linhagens componentes da mistura e, após poucas gerações, uma ou duas delas predominavam. Embora esses resultados evidenciem a ação da seleção natural, eles não podem ser extrapolados para o que ocorre em uma população segregante, utilizando o método da

população, pois, nesse caso o número de combinações genotípicas é muito maior e envolve, especialmente nas primeiras gerações, os genótipos que possuem a maioria dos locos em heterozigose. Utilizando populações segregantes do feijoeiro, conduzidas pelo método do "bulk", Hamblin (1977) constatou que a ação da seleção natural só foi observada em duas das quatro populações avaliadas, aquelas que possuíam menor média.

Em várias regiões do Brasil, é possível a obtenção de três safras por ano, que ocorrem em condições bem distintas em termos de temperatura, precipitação e comprimento do dia. Nessa condição, nos programas de melhoramento, o avanço das gerações pelo método do "bulk" pode ser efetuado nessas três épocas. É questionável se em uma condição como essa a ação da seleção natural contribuiria para aumentar a frequência dos indivíduos mais desejáveis aos melhoristas. Para comprovar esse fato foi conduzido o presente trabalho.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local

Os ensaios foram conduzidos nos municípios de Lavras, situado na região sul do estado de Minas Gerais, a 910 metros de altitude, 21° 14 S de altitude e 45° 00' W de longitude; em Lambari também região Sul do estado, a 845 metros de altitude, 21° 31' S de latitude e 45° 22' W de longitude e Patos de Minas, na região do Alto Paranaiba, a 944 metros de altitude, 18° 35' S de latitude e 46° 31'W de longitude.

2.2 Material utilizado

Os cultivares utilizados como genitores para obtenção das populações segregantes com suas características principais estão relacionados:

EMGOPA 201/OURO: é um cultivar proveniente do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), possui hábito de crescimento indeterminado tipo II, com grãos pequenos, tegumento amarelo, resistente à maioria das raças de antracnose e de ciclo normal (90 dias). Neste trabalho será referido como cultivar Ouro.

MILIONÁRIO: é um cultivar proveniente do CIAT, possui hábito de crescimento indeterminado tipo II, com grãos pequenos, tegumento preto, resistente a algumas raças de antracnose e de ciclo normal.

CARIOCA MG: é um cultivar proveniente da Universidade Federal de Lavras, possui hábito de crescimento indeterminado tipo II, com grãos pequenos, tegumento creme com estrias marrom, resistente à maioria das raças de antracnose e de ciclo normal.

MANTEIGÃO FOSCO 11: é um cultivar proveniente da Universidade Federal de Viçosa, possui hábito de crescimento determinado tipo I, grãos grandes, tegumento mulatinho fosco, suscetível à antracnose e precoce (ciclo de 80 dias). Neste trabalho será referido como cultivar Manteigão Fosco.

ESAL 686: é uma linhagem proveniente da Universidade Federal de Lavras, com hábito de crescimento determinado tipo I, grãos grandes, tegumento amarelo e precoce.

2.3 Obtenção e avanço das populações segregantes

A partir desses materiais foi realizado um dialelo parcial, com o primeiro grupo constituído pelos cultivares precoces e o segundo grupo pelos cultivares de ciclo normal. Obtiveram-se os seguintes híbridos: Manteigão Fosco x Ouro, Manteigão Fosco x Milionário, Manteigão Fosco x Carioca MG, ESAL 686 x Ouro, ESAL 686 x Milionário e ESAL 686 x Carioca MG.

Os cruzamentos e o avanço das gerações F_1 para F_2 foram realizados em casa de vegetação do Departamento de Biologia (DBI) da Universidade Federal de Lavras. Posteriormente, os experimentos de avanço e avaliação das demais gerações foram conduzidos nos três locais e épocas mostrados na Tabela 1.

2.4 Manejo da cultura

Em todos as gerações e locais, os experimentos foram conduzidos com densidade de semeadura de 16 sementes por metro. Foi aplicada uma adubação equivalente a 400 kg/ha de fertilizante 4-14-8 de N, P_2O_5, K_2O na semeadura e 150 kg/ha de sulfato de amônio em cobertura, 20 dias após a emergência. Nenhum defensivo agrícola foi utilizado, com exceção do inseticida Phorate, o

qual foi aplicado no momento da semeadura. Quando houve deficiência hídrica, a cultura recebeu irrigação suplementar por aspersão.

TABELA 1. Épocas e locais de semeadura das diferentes gerações avaliadas.

Gerações	Locais		
	Lavras	Lambari	Patos de Minas
F_2	Águas 93/94	————	————
F_3	Seca 94	Seca 94	Seca 94
F_4	Inverno 94	Inverno 94	Inverno 94
F_5	Águas 94/95	Águas 94/95	Águas 94/95
F_6	Seca 95	Seca 95	Seca 95
F_7	Inverno 95	Inverno 95	Inverno 95
F_8	Águas 95/96	Seca 96	Seca 96
F_9	Seca 96	Inverno 96	Inverno 96
F_{10}	Inverno 96	Águas 96/97	Águas 96/97
F_{11}	Águas 96/97	Seca 97	Seca 97
F_{12}	Seca 97	Inverno 97	Inverno 97
F_{13}	Inverno 97	Águas 97/98	Águas 97/98
F_{14}	Águas 97/98	Seca 98	Seca 98
F_{15}	Seca 98	Inverno 98	Inverno 98
F_{16}	Inverno 98	Águas 98/99	Águas 98/99
F_{17}	Águas 98/99	Seca 99	————
F_{18}	Seca 99	————	————

2.5 Delineamento experimental utilizado

Em cada época e local foram avaliadas as seis populações segregantes e os cinco genitores. Para isso foi utilizado o delineamento de blocos casualizados com cinco repetições. Cada parcela foi constituída de 4 linhas, com 5 metros de comprimento, com exceção da geração F_2, que possuiu apenas 2 linhas em cada parcela. Na geração F_3 em todos os locais e F_{15} de Patos de Minas, foram empregadas apenas quatro repetições.

2.6 Análises estatísticas dos dados

Os dados da produtividade de grãos foram submetidos à análise de variância por gerações, considerando como fixo o efeito de tratamento, segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ik} = m + t_i + b_k + e_{ik}$$

em que:

Y_{ik} : valor observado no tratamento i no bloco k;

m : média geral;

t_i : efeito do tratamento i, sendo i = 1,2,...,11;

b_k : efeito do bloco k, sendo k = 1,...,q;

e_{ik} : é o erro experimental

Posteriormente foi efetuada a análise conjunta das gerações, utilizando procedimento apresentado por Cochran e Cox (1957), segundo o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = m + t_i + g_j + b_{k(j)} + (ta)_{ij} + e_{ik(j)}$$

em que:

Y_{ijk} : observação do tratamento i no bloco k dentro da geração j;

m : média geral

t_i : efeito do tratamento i, sendo i = 1, 2,..., 11;

g_j : efeito da geração j, sendo j = 1, 2, ..., g;

$b_{k(j)}$: efeito do bloco k, dentro da geração j;

$(ta)_{ij}$: efeito da interação do tratamento i com a geração j;

$e_{ik(j)}$: erro experimental associado a observação Y_{ijk} e (o, σ^2).

Ao utilizar os dados médios por geração, foi estimado o progresso genético com a seleção natural, empregando procedimento semelhante ao apresentado por Abreu et al. (1994). Para isso estimou-se o coeficiente de regressão (b) entre o desvio genético, variável dependente (y), e as gerações (F_2 = 1, F_3 = 2, ... , F_{18} = 17), variável independente (x). O desvio genético (y) foi calculado pela expressão: y = média do cruzamento na geração *i* menos a média dos genitores obtida na mesma condição da população híbrida.

Para se comparar as estimativas de ganho genético de um cruzamento com outro, utilizou-se a expressão que testa a heterogeneidade da declividade das retas de regressão linear, obtidas independentemente, como propuseram Gomez e Gomez (1978):

$$t = \frac{\hat{b}_1 - \hat{b}_2}{\sqrt{S_p^2\left(\frac{1}{SQX_1} + \frac{1}{SQX_2}\right)}}; \text{ sendo}$$

$$S_p^2 = -\frac{SQDR_1 + SQDR_2}{GLDR_1 + GLDR_2}$$

$\hat{b}_1$: estimativa do coeficiente de regressão linear de um cruzamento;

$\hat{b}_2$: estimativa do coeficiente de regressão linear do outro cruzamento;

SQX_1: soma de quadrado das gerações de um cruzamento;

SQX_2: soma de quadrados das gerações do outro cruzamento;

$SQDR_1$: soma de quadrado dos desvios da regressão de um cruzamento;

$SQDR_2$: soma de quadrado dos desvios da regressão do outro cruzamento;

$GLDR_1$: graus de liberdade dos desvios da regressão de um cruzamento;

$GLDR_2$: graus de liberdade dos desvios da regressão do ouro cruzamento;

Teste t com ($GLDR_1$ + $GLDR_2$) graus de liberdade.

3 RESULTADOS

Os resultados serão apresentados por locais e, a partir da geração F_2, as populações foram conduzidas independentemente.

3.1. Avanço das gerações em Lavras.

Inicialmente chama atenção a precisão experimental obtida pelo coeficiente de variação (CV%), que oscilou entre as gerações envolvidas. Ela foi menor na avaliação realizada na geração F_7 (CV = 9,8%) e maior na F_3 (CV = 27,8%) (Tabela 2). Parte dessa oscilação deve ser creditada à variação nas estimativas do quadrado médio do erro. Observe que a relação entre o maior quadrado médio do erro obtido (geração F_{10}) e o menor (geração F_5) foi superior a 15,25, relatando a existência de heterogeneidade na variância dos erros, que deve ter sido responsável pela discrepância nas estimativas do CV%. Vale salientar que a média também influencia a estimativa do CV%. Contudo, no presente caso, a estimativa da correlação entre média e CV%, não foi elevada r = -0,31, evidenciando que apenas uma pequena parte na diferença das estimativas do CV% deve ser atribuída à variação na média dos experimentos.

Foi detectada diferença significativa ($P \leq 0,01$) entre os tratamentos em todas as gerações, exceto no caso da F_3, coincidentemente a geração em que foi utilizado um menor número de repetições, quatro ao invés de cinco, e foi de menor precisão experimental, maior estimativa do coeficiente de variação (Tabela 2).

Na análise conjunta observou-se diferença significativa ($P \leq 0,01$) para todas as fontes de variação, exceto entre populações segregantes e para o contraste populações segregantes vs pais (Tabela 3). O resultado mais expressivo é a existência de variação entre as gerações, evidenciando que a produtividade média dos tratamentos foram diferentes nas diferentes gerações. É preciso salientar que parte dessa variação deve ser atribuída ao efeito da época de semeadura e não propriamente às alterações genéticas nas populações segregantes com o avanço das gerações. A produtividade média dos experimentos, gerações, variou de 980 kg/ha (F_5) a 2554 kg/ha (F_{10}) (Tabela 2).

O comportamento das populações segregantes e dos genitores também variou acentuadamente entre gerações (Tabelas 4 e 5). Chama atenção a produtividade média dos pais envolvidos nos cruzamentos. Veja que o pai Manteigão Fosco foi o de menor produtividade, inclusive porque ele é mais precoce e, também, o que apresentou maior oscilação em produtividade nas sucessivas avaliações. A sua produtividade, na média das 17 gerações, foi menor do que a obtida para todas as populações segregantes e os demais pais. O mesmo fato é observado para a linhagem ESAL 686, o outro pai precoce, contudo o seu desempenho foi superior ao do Manteigão Fosco. O desempenho do pai ESAL 686, na média das 17 gerações, embora diferisse significativamente dos outros pais, não foi estatisticamente diferente do desempenho médio das três populações segregantes.

Para verificar se ocorreu alteração na produtividade média da população segregante, apenas devido ao avanço das gerações, foi estimada para cada população uma equação de regressão linear, considerando como variável dependente a diferença entre a produtividade da população segregante e a média dos respectivos pais envolvidos, em cada geração. Infelizmente as estimativas do coeficiente de determinação (R^2) foram, em alguns casos, de baixa magnitude, o que em principio dificulta as inferências a serem obtidas, tanto para os cruzamentos com o 'Manteigão Fosco' como para o 'ESAL 686'.

É oportuno salientar inicialmente que todas as estimativas dos coeficientes de regressão linear (b) foram positivas e diferentes de zero (Figuras 1.1 e 1.2). Esses resultados mostram que, com o decorrer das gerações, a média das populações segregantes cresceu em relação à média dos pais. Veja que no cruzamento Manteigão Fosco x Ouro a estimativa do b foi de 57,22 kg/ha (Figura 1.1), ou seja, foi estimado um desvio genético por geração de 57,22 kg/ha. Esse valor, em relação à produtividade da F_2, corresponde a 4,13%, isto é, a seleção natural para essa população propiciou um ganho genético por geração de 4,13%. Esse valor é bem semelhante ao ganho percentual estimado, em relação à média dos dois pais, que foi de 3,60% (Tabela 6).

Deve ser enfatizado que, embora ocorresse variação nas estimativas dos b das seis populações envolvidas, essa diferença não foi significativa ao nível ($P \leq 0,05$), exceto entre as populações segregantes Manteigão Fosco x Ouro com Manteigão Fosco x Carioca MG e ESAL 686 x Milionário.

Como não foi constatada diferença significativa entre os três cruzamentos. envolvendo a linhagem ESAL 686, pode-se considerar a estimativa média dos b's obtidos de 39,11 kg/ha.

TABELA 2. Resumo das análises da variância, da produtividade de grãos (kg/ha), obtida na avaliação das populações segregantes e dos respectivos pais nas gerações F_2 a F_{18} em Lavras, MG.

Geração	$Qm_{tratamento}$	GL	QM_{ERRO}	CV (%)	Média
F_2	715234,99**	40	80506,323	17,26	1643,80[f 1/]
F_3	77492,79	30	101552,402	27,81	1145,95[h]
F_4	571845,09**	40	101816,909	22,40	1424,73[g]
F_5	967664,00**	40	13213,545	11,73	980,00[i]
F_6	508916,36**	40	62839,091	14,08	1780,55[e]
F_7	271542,75**	40	44956,841	9,76	2172,50[c]
F_8	359985,09**	40	116126,909	25,22	1351,27[g]
F_9	472579,27**	40	99581,545	14,90	2117,64[c]
F_{10}	783375,27**	40	201523,455	17,57	2554,36[a]
F_{11}	245858,45**	40	32236,523	16,06	1118,09[h]
F_{12}	429271,27**	40	97071,727	14,10	2210,36[c]
F_{13}	1024165,09**	40	199592,364	19,28	2317,27[b]
F_{14}	500665,82**	40	25028,545	11,16	1417,82[g]
F_{15}	429655,27**	40	69537,545	11,39	2314,36[b]
F_{16}	713573,45**	40	112618.455	14,72	2279,09[b]
F_{17}	481037,07**	40	38529,209	12,20	1609,04[f]
F_{18}	434809,45**	40	75621,273	13,78	1994,91[d]
Média			87901,651	16,08	1790,10

**: teste F significativo ao nível de $P \leq 0.01$;

1/ médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste Scott e Knott, ($P<0,1$).

TABELA 3. Resumo da análise da variância conjunta da produtividade das gerações F_2 a F_{18}, em Lavras, MG.

FV	GL[1/]	QM
Gerações (G)	16	13213698,040**
Tratamento (T)	10	3846747,077**
Entre populações segregantes (S)	5	22645,599
Entre pais (P)	4	9587796,169**
SvsP	1	3058,094
Interação TxG	160 (120)	315889,263**
SxG	80	137340,257**
PxG	64	400154,531**
SvsPxG	16	871573,248**
Erro médio	670 (492)	87901,651
Médias		1790,10
CV%		16,08

**: significativo pelo teste F a 1,0% de probabilidade.

[1/]: Graus de liberdade, entre parênteses, ajustados pelo método de Cochran, citado por Pimentel Gomes (1990), utilizado no teste F.

TABELA 4. Produtividade média de grãos (kg/ha) dos pais e das populações segregantes em que um dos pais é a linhagem Manteigão Fosco nas gerações F_2 a F_{18}, em Lavras, MG.

Geração	MFx Ouro	MFx Car.MG	MFx Mil.	Manteigão Fosco	Carioca MG	Ouro	Milionário
F_2	1384	1498	1464	840	1990	1930	2168
F_3	1047	1330	931	1097	1056	1424	1061
F_4	1104	1290	1024	1074	2056,	1616	1944
F_5	528	644	724	432	1240	1276	1522
F_6	1434	1912	1644	1398	2012	2132	2436
F_7	1970	2234	1896	1714	2434	2282	2458
F_8	1552	1312	1536	672	1502	1474	1382
F_9	2406	1900	2250	1456	1824	2544	2402
F_{10}	2500	2648	2984	1768	2932	2396	2846
F_{11}	1132	1009	1298	620	1176	1421	1295
F_{12}	2078	2482	2170	2324	2532	1618	2700
F_{13}	2360	1980	2354	1706	2572	2674	2580
F_{14}	1666	1512	1704	734	1670	1258	1704
F_{15}	2370	2372	2488	1520	2326	2442	2690
F_{16}	2394	2550	2250	1598	2822	2188	2564
F_{17}	1754	1706	1726	712	1786	1619	1540
F_{18}	2374	2262	1998	1308	2006	1906	2232
Média	1768[d 1/]	1802[d]	1791[d]	1234[e]	1996[b]	1894[c]	2090[a]

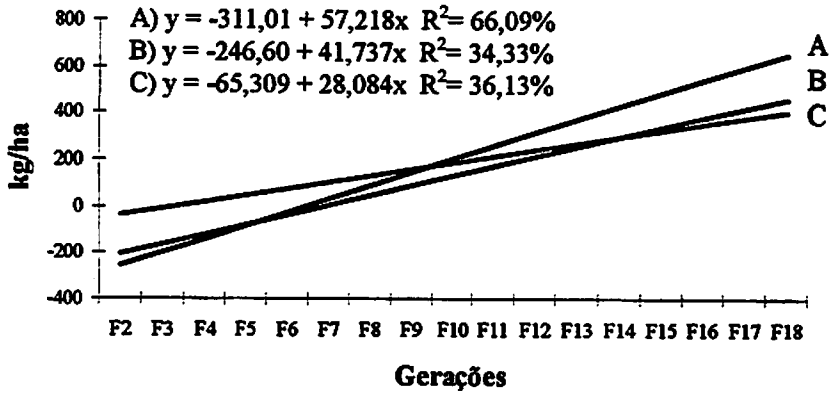
[1/] médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste Scott e Knott, ($P<0,1$).

TABELA 5. Produtividade média de grãos (kg/ha) dos pais e das populações segregantes em que um dos pais é a linhagem ESAL 686 nas gerações F_2 a F_{18}, em Lavras, MG.

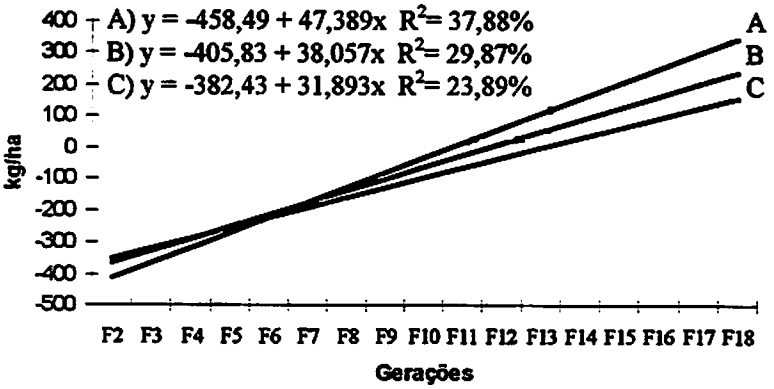
Geração	ESAL 686 x Car. MG	ESAL 686 x Ouro	ESAL 686 x Mil.	ESAL 686	Carioca MG	Ouro	Milionário
F_2	1786	1500	1517	2004	1990	1930	2168
F_3	1145	1126	1240	1147	1056	1424	1061
F_4	1418	1264	1504	1378	2056	1616	1944
F_5	730	954	894	1836	1240	1276	1522
F_6	1658	1480	1748	1732	2012	2132	2436
F_7	2234	2150	2142	2383	2434	2282	2458
F_8	1076	1366	1382	1610	1502	1474	1382
F_9	2088	2104	2106	2214	1824	2544	2402
F_{10}	2490	2798	2796	1940	2932	2396	2846
F_{11}	1005	938	1121	1284	1176	1421	1295
F_{12}	2126	2016	2102	2166	2532	1618	2700
F_{13}	2792	2664	2456	1352	2572	2674	2580
F_{14}	1320	1568	1462	998	1670	1258	1704
F_{15}	2240	2374	2430	2206	2326	2442	2690
F_{16}	2364	2356	2388	1596	2822	2188	2564
F_{17}	1858	1626	1648	1724	1786	1619	1540
F_{18}	2240	1950	1882	1786	2006	1906	2232
Média	1798[d] [1/]	1778[d]	1813[d]	1727[d]	1996[b]	1894[c]	2090[a]

[1/] médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste Scott e Knott, (P<0,1).

[redacted]



1



2

Figura 1. Equação de regressão linear entre o número de gerações de autofecundação e o desvio da produtividade (média da população segregante - média dos pais) 1): A) Manteigão Fosco x Ouro, B) Manteigão Fosco x Milionário e C) Manteigão Fosco x Carioca MG, em Lavras, MG. 2): A) ESAL 686 x Ouro, B) ESAL 686 x Carioca MG e C) ESAL 686 x Milionário, em Lavras, MG.

TABELA 6. Ganhos de produtividade obtidos com o avanço das gerações F_2 a F_{18}, em Lavras.

Populações segregantes	b	Ganho (%)	
		F_2	Média dos pais
Manteigão Fosco x Ouro	57,22 a	4,13	3,66
Manteigão Fosco x Carioca MG	28,08 b	1,87	1,74
Manteigão Fosco x Milionário	41,74 ab	2,85	2,51
ESAL 686 x Ouro	47,39 ab	3,16	2,62
ESAL 686 x Carioca MG	38,06 ab	2,13	2,04
ESAL 686 x Milionário	31,89 b	2,13	1,67
Média	40,73	2,70	2,37

b: em kg/ha/geração.
Colunas com mesmas letras não diferem pelo teste t.

3.2. Avanço das gerações em Lambari.

No caso dos experimentos conduzidos em Lambari, de um modo geral a precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação (CV%) foi pior do que a observada em Lavras. Veja que o CV% médio foi de 24,3% variando de 13,3% na F_{11} a 38,8% na F_3 (Tabela 7). Em parte essa maior estimativa do CV% deve ser creditada à menor produtividade obtida em Lambari. Inclusive a estimativa de correlação entre o CV% e a média foi de r = -0,68, ou seja, parte da variação no CV% entre as gerações deve ser atribuída à diferença na produtividade média e não apenas à variação no quadrado médio do erro.

Assim como ocorreu no caso dos experimentos de Lavras, embora a precisão experimental em certas gerações não fosse boa, como já mencionado, detectou-se diferença entre os tratamentos em todos as gerações exceto na F_3, F_5, F_{11} e F_{16}.

Na análise conjunta detectou-se diferença significativa entre todas fontes de variação, exceto entre populações segregantes, o contraste populações

segregantes vs pais e a interação populações segregantes x gerações (Tabela 8). Nesse caso também, como já mencionado, a variação no desempenho médio dos experimentos-gerações foi muito acentuada. As médias variaram de apenas 149 kg/ha na geração F_5 a 1904 kg/ha na F_{11} (Tabela 7).

O desempenho médio dos pais e das populações segregantes em Lambari é apresentado nas Tabelas 9 e 10. Novamente chama atenção o comportamento do cultivar precoce Manteigão Fosco que foi o de menor média, embora não diferisse estatisticamente de duas das populações segregantes avaliadas e do cultivar Ouro. Nesse local, ao contrário do observado em Lavras, o desempenho do Manteigão Fosco foi semelhante ao da linhagem ESAL 686. Entre as populações segregantes, o melhor desempenho, independente da geração, foi do Manteigão Fosco x Ouro e ESAL 686 x Carioca MG.

A estimativa do coeficiente de regressão linear mostra o que ocorreu com a produtividade média das populações segregantes com o avanço das gerações. As equações obtidas para cada cruzamento em que um dos pais foi o cultivar Manteigão Fosco e os outros envolvendo o 'ESAL 686' são mostrados nas Figuras 2.1 e 2.2. Novamente é interessante salientar que as estimativas do R^2, para o cálculo da equação de regressão linear, na maioria dos casos foram baixas, dificultando a generalização dos resultados obtidos. Como pode ser observado, as estimativas de b's foram positivas e diferentes de zero, indicando o incremento na média das populações segregantes em relação à média dos pais, como já ocorrera no caso de Lavras.

A maior estimativa de resposta na produtividade de grãos ocorreu na população Manteigão Fosco x Ouro (b = 66,9 kg/ha), diferindo estatisticamente das demais estimativas obtidas exceto no caso do cruzamento ESAL 686 x Ouro. (Figura 2.1). Esse valor corresponde a 4,35% da média da geração F_3 (Tabela 11).

A menor resposta à seleção natural, nos cruzamentos envolvendo o 'Manteigão Fosco', ocorreu para a população em que o outro pai foi o 'Milionário' (b = 10,2 kg/ha).

Para os cruzamentos envolvendo a linhagem ESAL 686, as estimativas de b foram semelhantes ao relatado anteriormente (Figura 2.2). A maior estimativa foi obtida no cruzamento com Ouro (b = 46,3 kg/ha) e a menor, quando o outro pai foi o Carioca MG (b = 8,8 kg/ha), ou seja, um ganho em relação às respectivas médias da geração F_3 de 3,43% e 0,54% (Tabela 11).

TABELA 7. Resumo das análises da variância, da produtividade de grãos (kg/ha), obtida na avaliação das populações segregantes e dos respectivos pais nas gerações F_3 a F_{17} em Lambari, MG.

Geração	$Qm_{tratamento}$	GL	QM_{ERRO}	CV (%)	Média
F_3	338995,10	30	160250,781	24,82	1613,01[b 1/]
F_4	149661,02**	40	47464,041	27,47	792,98[f]
F_5	5869,67	40	3354,15	38,86	149,02[h]
F_6	109040,36**	40	14924,000	23,47	520,55[g]
F_7	27454,36	40	34526,068	30,04	618,46[g]
F_8	336093,09**	40	35274,909	17,53	1071,27[d]
F_9	71488,36**	40	25317,000	31,36	507,46[g]
F_{10}	68405,82**	40	11814,000	19,76	550,18[g]
F_{11}	90594,27	40	64613,818	13,35	1904,64[a]
F_{12}	276713,45**	40	45513,455	24,10	885,09[e]
F_{13}	363893,09**	40	43182,636	17,44	1191,27[c]
F_{14}	403663,27*	40	149122,364	35,22	1096,36[d]
F_{15}	867639,27**	40	69528,818	14.28	1846,36[a]
F_{16}	132117,00	40	68095,068	26,71	977,00[e]
F_{17}	161022,82**	40	50752,818	18,70	1204,82[c]
Média			53130,253	24,21	995,23

**, *: significativo pelo teste F a 1,0% e 5,0% de probabilidade, respectivamente.
1/ médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste Scott e Knott, (P<0,1).

TABELA 8. Resumo da análise da variância conjunta da produtividade das gerações F_3 a F_{17}, em Lambari, MG.

FV	GL[1/]	QM
Gerações (G)	14	13970960,040**
Tratamento (T)	10	431631,147*
Entre populações segregantes (S)	5	358384,753
Entre pais (P)	4	622536,924*
SvsP	1	34239,997
Interação TxG	140 (88)	214948,224**
SxG	70	104015,308
PxG	56	303122,554**
SvsPxG	14	416915,462**
Erro médio	590 (330)	84509,891
Média		995,23
CV%		24,21

**, *: significativo pelo teste F a 1,0 e 5,0% de probabilidade, respectivamente.
[1/]: Graus de liberdade, entre parênteses, ajustados pelo método de Cochran, citado por Pimentel Gomes (1990), utilizado no teste F.

TABELA 9. Produtividade média de grãos (kg/ha) dos pais e das populações segregantes em que um dos pais é a linhagem Manteigão Fosco nas gerações F_3 a F_{17}, em Lambari, MG.

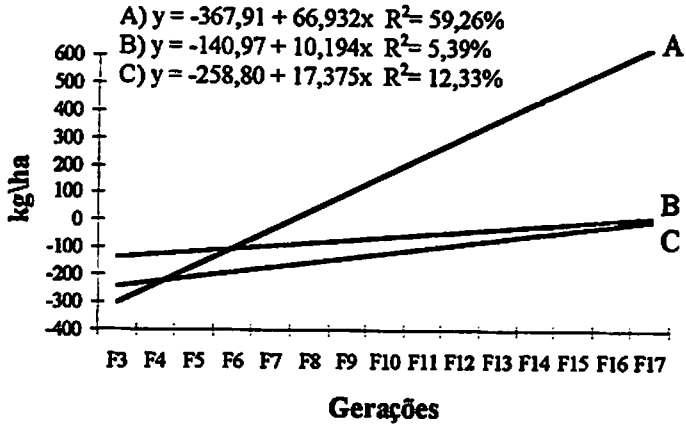
Geração	MFx Ouro	MFx Car.MG	MFx Mil.	Manteigão Fosco	Carioca MG	Ouro	Milionário
F_3	1538	1159	1397	1729	1628	2311	1737
F_4	569	788	791	863	1216	656	752
F_5	110	120	128	180	208	192	122
F_6	492	414	458	620	804	584	742
F_7	577	737	551	472	670	632	617
F_8	1118	914	1036	686	1422	1372	1346
F_9	556	398	464	734	706	364	532
F_{10}	668	544	454	480	620	568	734
F_{11}	1844	1868	1862	2066	1868	2174	1864
F_{12}	1456	828	788	480	1042	874	818
F_{13}	1554	1104	1336	508	1350	1146	1260
F_{14}	1588	808	1164	1440	1050	696	1138
F_{15}	1896	1900	1822	1718	1664	856	2558
F_{16}	1021	888	870	872	1047	844	1139
F_{17}	1650	1035	1276	1206	1256	924	1162
Média	1109[a] [1/]	900[b]	960[b]	937[b]	1103[a]	946[b]	1101[a]

[1/] médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste Scott e Knott, ($P<0,1$).

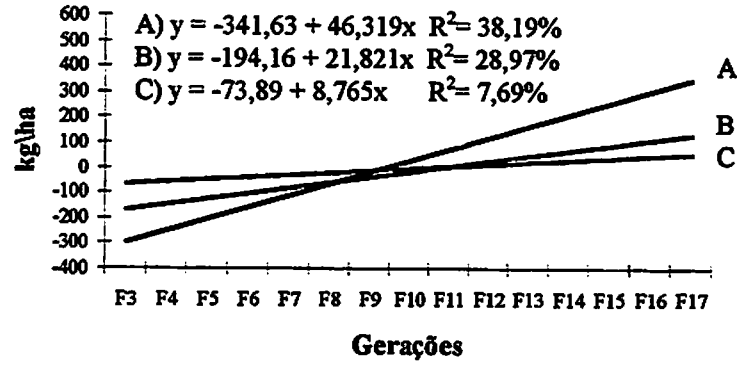
TABELA 10. Produtividade média de grãos (kg/ha) dos pais e das populações segregantes em que um dos pais é a linhagem ESAL 686 nas gerações F_3 a F_{17}, em Lambari, MG.

Geração	ESAL 686 x Car. MG	ESAL 686 x Ouro	ESAL 686 x Mil.	ESAL 686	Carioca MG	Ouro	Milionário
F_3	1619	1350	1602	1673	1628	2311	1737
F_4	914	828	663	683	1216	656	752
F_5	133	139	126	181	208	192	122
F_6	450	392	370	400	804	584	742
F_7	697	575	610	665	670	632	617
F_8	1298	958	898	736	1422	1372	1346
F_9	508	454	412	454	706	364	532
F_{10}	396	466	422	700	620	568	734
F_{11}	1798	1788	1755	2064	1868	2174	1864
F_{12}	920	872	912	746	1042	874	818
F_{13}	1420	1188	1174	1064	1350	1146	1260
F_{14}	1078	864	1382	852	1050	696	1138
F_{15}	1874	2174	2114	1734	1664	856	2558
F_{16}	836	1210	1241	779	1047	844	1139
F_{17}	1206	1200	1214	1124	1256	924	1162
Média	1010^{b} [1/]	964^{b}	993^{b}	924^{b}	1103^{a}	946^{b}	1101^{a}

[1/] médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste Scott e Knott, ($P<0,1$).



1



2

Figura 2. Equação de regressão linear entre o número de gerações de autofecundação e o desvio da produtividade (média da população segregante - média dos pais). 1): A) Manteigão Fosco x Ouro, B) Manteigão Fosco x Milionário e C) Manteigão Fosco x Carioca MG, em Lambari, MG. 2): A) ESAL 686 x Ouro, B) ESAL 686 x Milionário e C) ESAL 686 x Carioca MG, em Lambari, MG.

TABELA 11. Ganhos de produtividade obtidos com o avanço das gerações F_3 a F_{17}, em Lambari.

Populações segregantes	b	Ganho (%)	
		F_3	Média dos pais
Manteigão Fosco x Ouro	66,93 a	4,35	7,11
Manteigão Fosco x Carioca MG	17,37 b	1,49	1,70
Manteigão Fosco x Milionário	10,19 b	0,73	1,00
ESAL 686 x Ouro	46,32 a	3,43	4,95
ESAL 686 x Carioca MG	8,76 b	0,54	0,86
ESAL 686 x Milionário	21,82 b	1,36	2,16
Média	28,57	1,98	2,96

b: em kg/ha/geração.
Colunas com mesmas letras não diferem pelo teste t.

3.3. Avanço das gerações em Patos de Minas.

Neste local os coeficientes de variação (CV%) atingiram valores entre 9,3%, (F_9) a 33,4%, F_6, com uma média de 20,0%, valor esse intermediário ao obtido nos dois locais relatados anteriormente. Nesse local, também na maioria dos casos, detectou-se diferença significativa entre os tratamentos avaliados (Tabelas 12 e 13). Como ocorreu nos outros locais, constatou-se grande variação na produtividade média dos experimentos-gerações. Ela variou de 438 kg/ha (F_5) a 2559 kg/ha (F_{12}).

Novamente o cultivar Manteigão Fosco apresentou menor produtividade média em relação aos outros materiais (Tabela 14). Já o pai precoce, 'ESAL 686', apresentou produtividade média superior às populações segregantes em que ele esteve envolvido e também superior ao do cultivar Ouro (Tabela 15).

Também nesse local todas as estimativas do coeficiente de regressão linear entre as gerações e os desvios da produtividade média das populações

segregantes e a média dos respectivos pais foram positivas e diferentes de zero (Tabela 16) (Figuras 3.1 e 3.2).

Para o cruzamento Manteigão Fosco x Carioca MG o valor de b foi de 40,58 kg/ha que corresponde a 4,4% em relação à média da F_3. Mesmo tendo ocorrido variação nos coeficientes de regressão linear das três populações em que o 'Manteigão Fosco' esteve envolvido não foi detectada diferença significativa ($P \leq 0,05$). Já para os cruzamentos envolvendo a ESAL 686, ocorreu diferença significativa entre as estimativas de b, sendo a maior b = 33,74 kg/ha obtido no cruzamento ESAL 686 x Carioca MG e o menor b = 5,0 kg/ha no cruzamento ESAL 686 x Milionário.

TABELA 12- Resumo das análises da variância, da produtividade de grãos (kg/ha), obtida na avaliação das populações segregantes e dos respectivos pais nas gerações F_3 a F_{16} em Patos de Minas, MG.

Geração	$QM_{tratamento}$	GL	QM_{ERRO}	CV (%)	Média
F_3	211424,01**	30	36062,263	16,32	1163,64[d] [1/]
F_4	257993,82*	40	104509,727	28,77	1123,82[d]
F_5	98515,60**	40	13325,931	26,35	438,06[h]
F_6	62572,00	40	50343,364	33,39	672,00[g]
F_7	68898,00**	40	6697,773	9,63	850,00[f]
F_8	272313,45**	40	37719,818	18,27	1063,09[d]
F_9	191945,09**	40	33935,545	9,24	1992,73[b]
F_{10}	456169,82**	40	51367,091	19,51	1161,82[d]
F_{11}	70249,09**	40	12365,000	15,69	708,73[g]
F_{12}	252888,82	40	125569,500	15,69	2259,18[a]
F_{13}	151897,27**	30	42732,424	22,17	932,27[e]
F_{14}	113081,09**	40	33862,455	26,02	707,27[g]
F_{15}	67405,82	40	54888,545	14,08	1663,82[c]
F_{16}	321559,42**	40	78769,664	25,22	1114,42[d]
Média			74255,587	20,03	1132,20

** e * significativo pelo teste F a 1,0% e 5,0% de probabilidade, respectivamente.
[1/] médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste Scott e Knott, (P<0,1).

TABELA 13. Resumo da análise da variância conjunta da produtividade das gerações F_3 a F_{16}, em Patos de Minas, MG.

FV	GL[1/]	QM
Gerações (G)	13	14275705,170**
Tratamento (T)	10	878410,069**
Entre populações segregantes (S)	5	111455,876
Entre pais (P)	4	1450352,717**
SvsP	1	2425410,449**
Interação TxG	130(92)	133265,497**
SxG	65	55779,559
PxG	52	206284,280**
SvsPxG	13	228620,065**
Erro médio	540(377)	74255,587
Média		1132,20
CV%		20,03

**: significativo pelo teste F a 1,0% de probabilidade.

[1/] Graus de liberdade, entre parênteses, ajustados pelo método de Cochran, citado por Pimentel Gomes (1990), utilizado no teste F.

TABELA 14. Produtividade média de grãos (kg/ha) dos pais e das populações segregantes em que um dos pais é a linhagem Manteigão Fosco nas gerações F_3 a F_{16}, em Patos de Minas, MG.

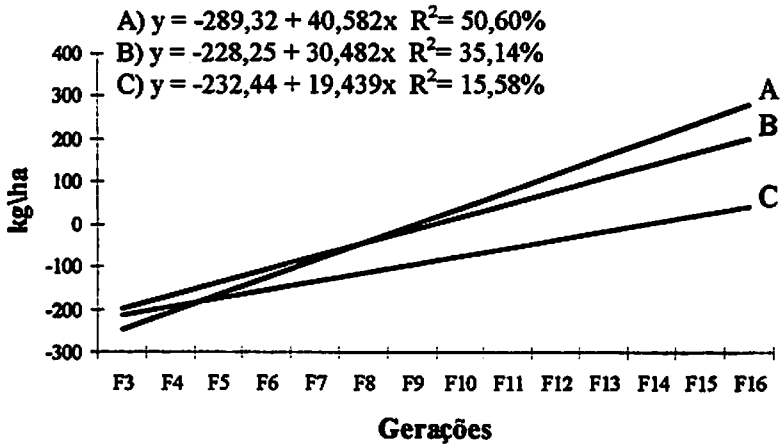
Geração	MFx Ouro	MFx Car.MG	MFx Mil.	Manteigão Fosco	Carioca MG	Ouro	Milionário
F_3	1112	919	966	1197	1378	1116	1500
F_4	916	850	1040	1022	1388	1620	1300
F_5	365	383	425	240	570	575	437
F_6	506	634	592	636	722	642	950
F_7	764	784	796	856	1048	1013	933
F_8	1272	1000	806	758	1002	1140	1058
F_9	1886	2022	1606	2004	2188	2358	2108
F_{10}	1000	1274	998	410	1282	1342	1500
F_{11}	682	710	584	754	772	594	664
F_{12}	2158	2296	2208	2224	2632	2382	2584
F_{13}	947	1022	1047	602	957	937	1055
F_{14}	766	688	744	378	652	696	770
F_{15}	1702	1654	1808	1402	1688	1710	1842
F_{16}	1078	1328	894	663	1280	1028	1607
Média	1082^{b} [1/]	1112^{b}	1037^{b}	939^{c}	1254^{a}	1152^{b}	1308^{a}

[1/] médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste Scott e Knott, ($P<0,1$).

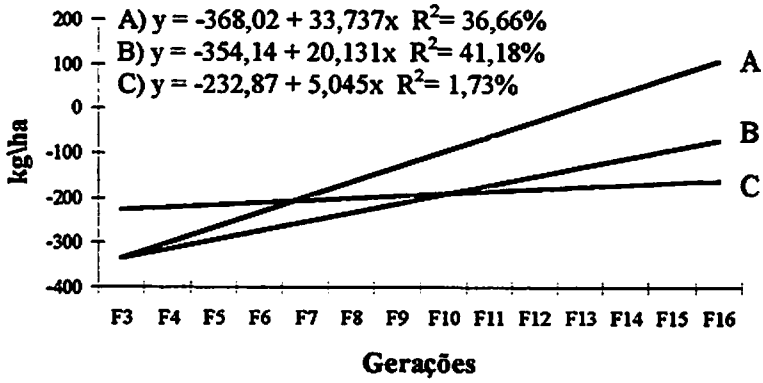
TABELA 15. Produtividade média de grãos (kg/ha) dos pais e das populações segregantes em que um dos pais é a linhagem ESAL 686 nas gerações F_3 a F_{16}, em Patos de Minas, MG.

Geração	ESAL 686 x Car. MG	ESAL 686 x Ouro	ESAL 686 x Mil.	ESAL 686	Carioca MG	Ouro	Milionário
F_3	1094	991	941	1587	1378	1116	1500
F_4	1070	1006	1152	998	1388	1620	1300
F_5	306	332	458	728	570	575	437
F_6	668	612	730	700	722	642	950
F_7	760	729	717	950	1048	1013	933
F_8	1028	966	1038	1626	1002	1140	1058
F_9	1826	1932	1942	2048	2188	2358	2108
F_{10}	1098	1132	1256	1488	1282	1342	1500
F_{11}	720	656	642	1018	772	594	664
F_{12}	2322	2026	2164	1855	2632	2382	2584
F_{13}	1327	830	835	692	957	937	1055
F_{14}	752	690	626	1018	652	696	770
F_{15}	1658	1614	1640	1584	1688	1710	1842
F_{16}	1268	942	1009	1160	1280	1028	1607
Média	1135^{b} [1/]	1032^{c}	1082^{c}	1247^{a}	1254^{a}	1152^{b}	1308^{a}

[1/] médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste Scott e Knott, ($P<0,1$).



1



2

Figura 3. Equação de regressão linear entre o número de gerações de autofecundação e o desvio da produtividade (média da população segregante - média dos pais). 1): A) Manteigão Fosco x Carioca MG; B) Manteigão Fosco x Ouro e C) Manteigão Fosco x Milionário, em Patos de Minas, MG. 2): A) ESAL 686 x Carioca MG; B) ESAL 686 x Ouro e C) ESAL 686 x Milionário, em Patos de Minas, MG.

TABELA 16. Ganhos de produtividade obtidos com o avanço das gerações F_3 a F_{17}, em Patos de Minas.

Populações segregantes	b	Ganho (%)	
		F_3	Média dos pais
Manteigão Fosco x Ouro	30,48 a	2,74	2,92
Manteigão Fosco x Carioca MG	40,58 a	4,42	3,70
Manteigão Fosco x Milionário	19,44 ab	2,01	1,73
ESAL 686 x Ouro	20,13 ab	2,03	1,68
ESAL 686 x Carioca MG	33,74 a	3,08	2,70
ESAL 686 x Milionário	5,04 b	0,58	0,39
Média	24,90	2,47	2,18

b: em kg/ha/geração.
Colunas com mesmas letras não diferem pelo teste t.

4 DISCUSSÃO

No método do "bulk", como originalmente proposto, a população segregante é conduzida sem seleção, até a geração F_6 ou F_7, quando então são obtidas famílias para posterior avaliação (Allard, 1971; Fehr, 1987; Borém, 1997). Em cada geração as plantas são colhidas e trilhadas em conjunto retirando-se uma amostra para avanço na geração seguinte. Nesse trabalho procurou-se ter uma condição o máximo possível semelhante ao que ocorre no método como originalmente proposto. Não foi efetuada nenhuma seleção e a única diferença é que as populações foram avançadas utilizando experimentos com repetições, para se obter a produtividade média de cada geração.

Vale salientar que o avanço das gerações em "bulk" não terminou em F_6 ou F_7, como preconiza o método, porque a intenção era permitir a ação da seleção natural por um maior período. Esse procedimento vem sendo empregado para uma população de cevada por mais de 50 gerações (Allard, 1988).

Uma das restrições atribuídas ao método do "bulk" é o problema de amostragem (Kervella e Fouilloux, 1992). Isto é, alguns genótipos podem ser perdidos durante o avanço das gerações. Para atenuar esse efeito é proposta a utilização de um grande número de plantas a cada geração. No presente caso, foram utilizadas cerca de 1600 por geração. Esse número é bem inferior ao que vem sendo utilizado no caso da cevada, cerca de 15000. Vale salientar que, neste trabalho, foram avançadas seis populações e não apenas uma como ocorre com a cevada. Um número maior de indivíduos poderia inviabilizar o avanço das gerações em experimentos com repetições. É oportuno enfatizar também que, nos programas de melhoramento, as populações segregantes, conduzidas pelo método do "bulk", normalmente têm 1000 a 2000 indivíduos e, portanto, o número utilizado reflete o que ocorre nos programas de melhoramento.

Se for considerada a manutenção de pelo menos um gene por cromossomo, no feijoeiro (2n=22), então na geração F_2, a proporção de indivíduos contendo pelo menos um alelo favorável para cada um desse genes será de ¾. Como são 11 genes tem-se $(^3/_4)^{11} = 0{,}042$, isto é, 1 indivíduo desejado em 23,7 da F_2. Na F_3 a proporção passa a ser $^5/_8$ por loco, isto é, 1 indivíduo em 176. Com o decorrer das autofecundações essa proporção diminui, até atingir a F_∞, quando só irão ocorrer indivíduos homozigotos e a frequência com alelos favoráveis em cada loco será de ½ e, nos onze genes, será de 1 em 2048 descendentes. Depreende-se, então, que na população utilizada de 1600 indivíduos, há uma chance razoável de ser mantido pelo menos um alelo favorável de cada gene por cromossomo.

O sucesso de qualquer avaliação depende da precisão experimental. Experimentos precisos proporcionam segurança nas inferências a serem feitas. Nesses experimentos houve uma acentuada variação na precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação. Contudo, o CV% médio (19,9%) é

comparável ao que tem sido obtido com a cultura do feijoeiro na região (Abreu et al., 1994; Marques Júnior, 1997).

Destaca-se o fato de que, em algumas avaliações, as estimativas dos CV% foram muito altas e, como consequência, observou-se heterogeneidade dos erros. Assim, na análise conjunta foi necessário o emprego da metodologia proposta por Cochran citado por Pimentel Gomes (1990).

Nos locais em que foram conduzidos os experimentos é possível a realização de três safras por ano. Contudo, há uma enorme variação nas condições ambientais em cada uma delas. Na denominada safra das "águas", semeadura em outubro-novembro, que coincide com temperaturas mais elevadas, o fator limitante é normalmente o excesso de precipitação no momento da colheita. Já para a safra das "secas", semeadura em fevereiro-março, as temperaturas são normalmente altas por ocasião da semeadura e, no início do desenvolvimento, reduzindo a partir do início do florescimento. Nesse caso, a água é um fator limitante, pois o ciclo da cultura coincide com o final do período chuvoso na região. E por último tem-se a safra de "outono-inverno", com semeadura julho-agosto. Ao contrário do que ocorre na das "secas", as temperaturas são normalmente baixas no início do cultivo, inclusive atrasando o desenvolvimento, porém, crescente com o decorrer do ciclo. Neste período praticamente não chove, havendo a necessidade da cultura ser irrigada.

Tendo em vista essa grande diversidade no avanço das gerações, seria questionável se a seleção natural teria condições de atuar, devido às flutuações nos fatores ambientais nas diferentes épocas.

Além da época de semeadura, outro fator ambiental de grande influência são as diferenças nos locais de avaliações. Lavras e Lambari, situadas no Sul de Minas Gerais, diferem no tipo de solo e nas temperaturas. Patos de Minas,

localizada no Alto Paranaiba, difere também no tipo de solo e clima. Esses locais também são bem distintos no que se refere à ocorrência de pragas e patógenos.

Como ocorreu acentuada variação nas condições ambientais entre as safras, a produtividade média obtida variou acentuadamente nos três locais (Tabelas 2, 7 e 12). Esse fato dificulta inferir sobre a ação da seleção natural. Para estimar o seu efeito, utilizou-se o procedimento semelhante ao adotado por Abreu et al. (1994) e Fonseca Júnior (1997), para estimar o progresso genético. Ou seja, como os parentais são linhas puras, a variação na produtividade entre safras é devido inicialmente ao ambiente. Já nas populações segregantes, a variação deve ser atribuída também ao ambiente e a possíveis causas genéticas se a seleção natural estiver atuando. Assim a estimativa do coeficiente de regressão linear (b) entre as gerações, variável independente (x) e o desvio entre a produtividade da população segregante e a média dos dois respectivos pais, como variável dependente (y), fornece uma medida do ganho genético.

A principal restrição desse procedimento é que os coeficientes de determinação (R^2) normalmente são de pequena magnitude. Neste trabalho, as estimativas de R^2 foram na maioria baixos, entretanto, os valores foram em muitos casos superiores aos relatados por Abreu et al. (1994) e Fonseca Júnior (1997). Esse R^2 é normalmente baixo por algumas razões. A primeira delas é devido à precisão experimental. Se o experimento não é preciso, as médias são estimadas com maior erro e isso reflete na equação de regressão obtida. Além do mais, o desvio ambiental é estimado utilizando a média de duas linhagens. Se houver interação linhagens x épocas de semeadura, essa interação fornece uma estimativa do desvio ambiental diferente do que era esperado e, em consequência, irá afetar a equação de regressão obtida e, evidentemente, a estimativa de R^2. Nesse contexto, é necessário salientar que a ocorrência de interação linhagens x

épocas de semeadura é frequentemente relatada na literatura (Abreu et al., 1998; Atroch, 1999).

Embora as estimativas de R^2 não fossem elevadas, como já mencionado, as estimativas de b em todos os locais foram positivas, permitindo inferir que houve alterações genéticas com o decorrer das gerações, isto é, a seleção natural deve ter atuado identificando os indivíduos mais produtivos. Independente do cruzamento, a estimativa de b em Lavras foi de 40,7 kg/ha , Lambari de 28,5 kg/ha e Patos de Minas de 24,9 kg/ha. Isso corresponde na média dos três locais, a um ganho genético médio por geração em relação à média dos pais envolvidos de 2,5%.

Foi detectada diferença de resposta entre as populações e entre os locais em alguns casos. Fica difícil, no entanto, inferir sobre as possíveis causas dessas diferenças devido, como já mencionado, às estimativas de R^2, sobretudo porque as diferenças entre os b´s, pelo menos em princípio, não foram acentuadas.

Resposta à ação da seleção natural tem sido relatada na literatura. Como já enfatizado o resultado mais expressivo a esse respeito tem sido observado em cevada (Allard, 1988). Neste trabalho, após 50 gerações constatou-se que a seleção natural propiciou o ganho genético expressivo de aproximadamente 1% por geração. No caso do feijoeiro, alguns trabalhos foram realizados, procurando avaliar a ação da seleção natural em mistura de linhas puras, nas quais os componentes da mistura pudessem ser identificados pela cor dos grãos (Cardoso e Vieira, 1976). Constatou-se que rapidamente um ou poucos componentes da mistura predominavam, indicando acentuada ação da seleção natural. Infelizmente os autores não quantificaram as alterações decorrentes na produtividade média de grãos da população.

Trabalho semelhante a esse, do efeito da seleção natural no método do "bulk" em feijão, foi conduzido por Hamblin (1977) e Hamblin e Morton (1977).

Infelizmente as populações foram avançadas por apenas quatro gerações, impossibilitando uma comparação com os resultados obtidos no presente trabalho. Ficou evidenciado, porém, que nas populações de menor média, mesmo com apenas quatro gerações, ocorreram alterações expressivas na produtividade média por ação da seleção natural.

Do exposto, foi marcante o efeito da seleção natural. O progresso genético médio foi de 2,5 %. Nesse contexto, alguns comentários adicionais são necessários. O primeiro deles é que as populações segregantes indicam ampla variação para caracteres relacionados à diferença de competição em mistura, tais como hábito de crescimento (determinado e indeterminado), ciclo (precoce e normal) e tamanho de grãos. É questionável se as populações envolvidas não tivessem ampla variação para esses caracteres se a ação da seleção natural seria tão marcante.

Em princípio, os resultados obtidos são muito favoráveis ao emprego do método do "bulk", porque esse método é de fácil condução e possibilita uma maior versatilidade nos programas de melhoramento, dada a possibilidade da abertura do bulk ocorrer a qualquer momento. Esses fatos, aliados à ação da seleção natural constatada nesse trabalho, mostraram como o método do "bulk" é uma boa alternativa para os melhoristas. Nesse contexto alguns trabalhos comparando métodos de seleção realçam esse fato (Mishra, Singh e Rao, 1994; Singh et al., 1998; Raposo, 1999). Destaca-se que se o objetivo é selecionar plantas com hábito de crescimento determinado, precoce ou com sementes grandes, deveriam ser conduzidas subpopulações já a partir da F_3 em que o melhorista iria selecionar somente indivíduos com os fenótipos desejáveis para esses caracteres.

[redacted]

5 CONCLUSÃO

- A seleção natural atuou em todas as populações segregantes, nos três locais, contribuindo com aumento na produtividade de grãos, em média, de 2,4% por geração, em relação à média da população inicial avaliada.

6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABREU, A. de F.B.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos; MARTINS, L.A. Progresso do melhoramento genético do feijoeiro nas décadas de setenta e oitenta nas regiões Sul e Alto Paranaiba em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.1, p.105-112, jan. 1994.

ABREU, A. de F.B; RAMALHO, M.A.P, ANDRADE, M.J.B. de; PEREIRA FILHO, I.A. Estabilidade de linhagens de feijão em algumas localidades do Estado de Minas Gerais no período de 1994 a 1995. **Ciência. e Agrotecnologia**, Lavras, v.22, n.3,p.308-312, jul./set., 1998.

ALLARD, R.W. Genetic changes associated with the evolution of adaptedness in cultivated plants and their wild progenitors. **Journal of Heredity**, Baltimore, v.79, n.4, p.225-238, Jul./Aug. 1988.

ALLARD, R.W. **Princípios do melhoramento genético de plantas**. São Paulo: Edgard Blücher, 1971. 381p.

ATROCH, A.L. **Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de arroz de sequeiro avaliadas em Minas Gerais no período de 1993/94 a 1995/96**. Lavras: UFLA, 1999. 67p. (Dissertação - Mestrado em Genética e Melhoramento)

BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV, 1997. 547p.

CARDOSO, A. A. ; VIEIRA, C. Comportamento de duas misturas de seis variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa. v.23, n.126, p.142-149, mar./abr. 1976.

CARDOSO, A. A. ; VIEIRA, C. Progressos nos estudos sobre misturas varietais de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v.18, n.100, p.465-477, nov./dez. 1971.

COCHRAN, W.G. e COX,G.M. **Experimental Designs**. 2. ed. New York,: John Wiley and Sons Inc., 1957, p.611.

FEHR, W. R. **Principles of cultivar development**. New York: Macmillan, 1987. 525p.

FONSECA JÚNIOR, N. da S. **Progresso genético na cultura do feijoeiro no estado do Paraná para o período de 1977 a 1995.** Piracicaba: ESALQ, 1997. 168p. (Tese - Doutorado em genética e melhoramento de plantas).

GOMEZ, K.A; GOMEZ, A.A **Statistical procedures for agricultural research.** 2. ed. New York: J. Wiley, 1978. 679p.

HAMBLIN, J. Plant breeding interpretations of the effects of bulk breeding on four populations of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Euphytica**, Wageningen, v.26, n.1, p.157-168, Feb. 1977.

HAMBLIN, J.; MORTON, J.R. Genetic interpretations of the effects of bulk breeding on four populations of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Euphytica**, Wageningen, v.26, n.3, p.75-83, Apr. 1977.

KERVELLA, J.; FOUILLOUX, G. A theoretical study of the bulk breeding method. I. Importance and consequences of losses due to sampling. **Euphytica**, Wageningen, v.60, n.3, p.185-195, Apr. 1992.

MARQUES JÚNIOR, O.G. **Eficiência de experimentos com a cultura do feijão.** Lavras: UFLA, 1997. 80p. (Tese- Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).

MISHRA, D.K.; SINGH, C.B.; RAO, S.K. Effectiveness of different selection methods in segregating population of rice (*O. sativa* L.) in ARC 10372 x IR 36 in different enviroments. **Indian Journal Genetics**, New Delhi, v.54, n.4, p.402-408. 1994.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental.** 11. ed. Piracicaba: Nobel, 1990.466p.

RAPOSO, F.V. **Comparação de métodos de condução de populações segregantes na cultura do feijoeiro.** Lavras: UFLA, 1999. 73p. (Dissertação - Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).

SINGH, R.P.; RAJARAM, S.; MIRANDA, A.; HUERTA-ESPINO, J.; AUTRIQUE, E. Comparison of tow crossing and four selection schemes for yield, yield traits, and slow rusting resistance to leaf rust in wheat. **Euphytica**, Wageningen, v.100, n.2, p.35-43, Mar./Apr. 1998.

CAPÍTULO 3 ESTABILIDADE DE POPULAÇÕES SEGREGANTES DE FEIJÃO E DAS LINHAGENS GENITORAS.

RESUMO

CORTE, Hercules Renato. **Estabilidade de populações segregantes de feijão e das linhagens genitoras.**

Para verificar se a estabilidade das populações segregantes, conduzidas pelo método do "bulk", em vários locais e épocas de semeaduras, é maior que das linhagens genitoras das referidas populações, foram utilizados os dados obtidos de experimentos conduzidos no período de 1993 a 1999, em três locais do estado de Minas Gerais, envolvendo seis populações segregantes do feijoeiro, bem como os cinco parentais dessas populações. As populações utilizadas foram provenientes dos cruzamentos dos cultivares precoces Manteigão Fosco e ESAL 686, com os cultivares de ciclo normal Ouro, Carioca MG e Milionário. A partir da geração F_2, essas populações foram avaliadas em experimentos com delineamento de bloco ao acaso, com cinco repetições, em três safras durante o ano, semeadura em fevereiro, julho e novembro. Após a colheita de cada experimento, o material segregante das diferentes repetições era misturado e retirada uma amostra para a avaliação seguinte. A partir da análise conjunta da produtividade de grãos desses experimentos, foi verificada a contribuição das populações segregantes e dos genitores para a interação. Utilizando os dados médios foram estimados os parâmetros de estabilidade pelo método de Cruz, Torres e Vencovsky (1989). Também foram obtidas as estimativas dos parâmetros de estabilidade, considerando dois conjuntos de repetições em cada ambiente e, a partir desses resultados, foi estimada a repetibilidade dos parâmetros de estabilidade. Constatou-se que o componente da interação genitores x ambientes foi de 7,6 vezes superior ao observado para a interação populações segregantes x ambientes; as populações segregantes, em média, foram mais estáveis que as linhagens genitoras, contudo, algumas linhagens tiveram comportamento semelhante ao das populações segregantes; as linhagens precoces foram as mais instáveis e com menor previsibilidade de comportamento; as estimativas da repetibilidade dos parâmetros de estabilidade foram altas, indicando que é possível antever o sucesso com a seleção para estabilidade.

ABSTRACT

CORTE, Hercules Renato. **Stability of segregating bean populations and parental lines.**

In order to verify whether the stability of the segregating populations conducted by the bulk method in several sites and sowing times is greater than those of the parental lines of the quoted populations the data obtained from experiments conducted in the period of 1993 to 1999 in three sites in the state of Minas Gerais, involving six segregating populations of the bean plant as well the five parents of those populations were utilized. The employed populations were from the crosses of the early cultivars Manteigão Fosco and ESAL 686, with the cultivars of normal cycle Ouro, Carioca MG and Milionário. From generation F_2, those populations were evaluated in experiments with randomized block design, with five replications, in three crops during the year, sowing in February, July and November. After the harvest of each experiment, the segregating material from the different replications were pooled and a sample was withdrawn for the next evaluation. From the combine analysis of grain yield from those experiments, the contribuition of the segregating populations and of the parents for the interaction was verified. By utilizing the avarage data, the stability parameters were estimated by Cruz, Torres and Vencovsky's method (1989). Also the estimatives of the stability parameters were obtained by considering two replicate sets in each environment and from these results, the repetibility of the stability parameters was estimated. It was found that: the component of the parent x environment interaction was 7.6 times as high as that observed for the segregating population x environment interaction; the segregating populations, on the average, were more stable than the parental lines, however, some lines presented behavior similar to that of the segregating populations; the early lines were the most unstable and with poorer behavior previsiblity; the estimates of the repetibility of the stability parameters were high, pointing out that it is possible to foresee success with the selection for stability.

1 INTRODUÇÃO

O feijão é cultivado em grande parte das propriedades agrícolas do Brasil. Só em Minas Gerais é relatado o seu cultivo em 295.000 propriedades rurais (Borém e Carneiro, 1998). Há uma grande diversidade em termos de sistemas de cultivo, desde aqueles de subsistência com praticamente nenhum uso de insumos até os grandes empresários rurais que utilizam todas as tecnologias disponíveis. Além do mais o feijão pode ser cultivado durante todo o ano.

Dada essa enorme diversidade de condições ambientais, é esperado que ocorra uma forte interação dos genótipos x ambientes. Em realidade, esse fato tem sido comprovado em inúmeras oportunidades (Ramalho, Abreu e Righetto, 1993; Ramalho, Abreu e Santos, 1998; Abreu et al., 1998). A ocorrência da interação genótipos x ambientes é o principal complicador nos trabalhos dos melhoristas, pois exige que as famílias e/ou cultivares sejam avaliadas no maior número de condições ambientais, visando identificar aquelas que sejam mais amplamente adaptadas.

Há algumas alternativas visando atenuar os efeitos da interação genótipos x ambientes (Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993; Cruz e Regazzi, 1997). Entre elas a mais amplamente utilizada é a identificação de cultivares que sejam mais estáveis. Para isso, existem algumas metodologias, sendo as mais empregadas aquelas que utilizam regressão (Finlay e Wilkinson, 1963; Eberhart e Russell, 1966; Cruz, Torres e Vencovsky, 1989).

Espera-se que populações constituídas por uma mistura de genótipos, por possuírem a homeostase populacional e aquelas constituídas por indivíduos heterozigotos, homeostase individual, sejam mais estáveis do que uma linhagem (Allard e Bradshaw, 1964; Becker e León, 1988). Essa hipótese tem sido comprovada em algumas situações (Eberhart e Russel, 1969; Weatherspoon,

1970; Schnell e Becker, 1986; León e Diepenbrock, 1987). Entretanto, no caso do feijoeiro ainda são escassos os resultados a esse respeito. Do exposto foi realizado este trabalho com objetivo de verificar se a estabilidade das populações segregantes, conduzidas pelo método do "bulk", em vários locais e épocas de semeadura, é maior que das linhagens genitoras das referidas populações.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliados 11 tratamentos sendo seis populações segregantes e mais os cinco pais envolvidos nos cruzamentos para a obtenção das populações segregantes. As principais características dos linhagens genitoras estão apresentadas na Tabela 1. As seis populações segregantes foram provenientes dos cruzamentos dos dois cultivares precoces, ESAL 686 e Manteigão Fosco, com os outros três cultivares de ciclo normal Ouro, Milionário e Carioca MG. Essas populações segregantes foram avaliadas da geração F_2 a F_{18}.

TABELA 1. Cultivares de feijão com as respectivas características.

Cultivares	Procedência	Porte da planta	Cor do tegumento	Ciclo da cultura
EMGOPA 201/Ouro	CIAT	II	Amarelo	90-95
Milionário	CIAT	II	Preto	90-95
Carioca MG	UFLA	II	Creme	90-95
Manteigão Fosco 11	UFV	I	Mulatinho fosco	80-85
ESAL 686	UFLA	I	Amarelo	75-85

Em todo momento os materiais EMGOPA 201/Ouro e Manteigão Fosco 11 serão referidos pelos nomes de Ouro e Manteigão Fosco, respectivamente.

Os experimentos foram conduzidos na área experimental do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras, a 910 m de altitude, 21^0 14' S de latitude e 45^0 00' W de longitude; na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais; no município de Lambari, a 845 m de altitude, 21^0 58' S de altitude e 45^0 22' W de longitude; e na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, em Patos de Minas, a 944 m de altitude, 18^0 35' S de altitude e 46^0 31' W de longitude.

Em Lavras as avaliações foram realizadas para todas as gerações mencionadas em três épocas de semeadura durante o ano, isto é, safra das "secas", em fevereiro, safra do "outono-inverno", em julho e safra das "águas", semeadura em novembro. O primeiro experimento, avaliação da geração F_2, foi semeado em novembro de 1993. Em Lambari e Patos de Minas as avaliações se iniciaram com a geração F_3 em fevereiro de 1994 e as demais foram efetuadas nas mesmas épocas já mencionadas anteriormente.

Em cada avaliação foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso com cinco repetições. A parcela era constituída por quatro linhas de cinco metros de comprimento, espaçadas de 0,5 metro, sendo semeadas 16 sementes por metro. No caso das populações segregantes, a cada geração as sementes das diferentes repetições eram misturadas para serem avaliadas no ciclo seguinte. Em todos locais e épocas de semeadura, utilizaram-se como adubação 400 kg/ha da fórmula 4-14-8 na semeadura e 150 kg/ha de sulfato de amônio, em cobertura, 25 dias após a semeadura. No caso dos experimentos da safra do "outono-inverno", a condução foi sob irrigação por aspersão. Na semeadura das "secas" a irrigação era efetuada quando necessária.

Os dados da produtividade de grãos foram submetidos à análise de variâncias individuais. Nos casos em que o coeficiente de variação experimental

foi superior a 30%, os experimentos não foram considerados. Desse modo, foram utilizados dados de 42 avaliações, sendo 17 de Lavras, 12 de Lambari e 13 de Patos de Minas. Procedeu-se, posteriormente, à análise conjunta, utilizando procedimento apresentado por Pimentel Gomes (1990), considerando o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = m + b_{k(j)} + a_j + t_i + (at)_{ij} + \bar{e}_{ik(j)}$$

sendo :

Y_{ikj} : valor observado do tratamento i, no bloco k dentro do ambiente j;

m: média geral;

$b_{k(j)}$: efeito do bloco k, dentro do ambiente j;

a_j : efeito do ambiente j, sendo j = 1, 2, ..., p;

t_i: efeito do tratamento i, sendo i = 1, 2,..., 11;

$(at)_{ij}$: efeito da interação tratamento i e ambiente j;

$\bar{e}_{ik(j)}$: erro experimental médio; $\bar{e}_{ik(j)} \cap (0, \sigma^2)$

Os efeitos de tratamentos foram desdobrados entre populações segregantes, entre genitores e populações segregantes vs genitores. A interação tratamentos x ambientes também foi desdobrada em parte devido a populações x ambientes; genitores x ambientes e populações vs genitores x ambientes, considerando fixo o efeito da média das populações e dos genitores e aleatório o efeito de ambientes e do erro. Foram obtidas as estimativas dos componentes das interações utilizando as esperanças dos quadrados médios (Vencovsky e Barriga, 1992)

Ao utilizar os dados médios procedeu-se às estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade pela metodologia de Cruz, Torres e Vencovsky (1989), a partir do seguinte modelo:

$Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i}I_j + \beta_{2i}T(I_j) + \delta_{ij} + \varepsilon_{ij}$, em que:

Y_{ij}: valor observado do genótipo i no ambiente j;

β_{0i}: média geral do genótipo i;

β_{1i}: coeficiente de regressão linear, que avalia a resposta do genótipo i nos ambientes desfavoráveis;

β_{2i}: coeficiente de regressão linear que somado ao β_{1i} representa a resposta do genótipo i nos ambientes favoráveis;

I_j : índice ambiental (obtido pela diferença entre a média de cada ambiente e a média geral);

$T(I_j)$: variável independente definida como:

$T(I_j)$: 0 se $I_j < 0$

$T(I_j)$: $I_j - I_+$ se $I_j > 0$, sendo I_+ a média dos índices I_j positivos

δ_{ij} : é o desvio da regressão do genótipo i no ambiente j ;

ε_{ij} : é o erro médio associado à média.

As hipóteses H_0: $\beta_{1i} = 1$, H_0: $\beta_{2i} = 0$ e H_0: $\beta_{1i} + \beta_{2i} = 1$ foram testadas pelo teste t, associados ao número de graus de liberdade do resíduo conforme procedimentos apresentados por Cruz e Regazzi (1997).

Estimou-se também a repetibilidade dos parâmetros que avaliam a estabilidade. Para isso, procedeu-se, para cada experimento, a duas análises da variância. O primeiro grupo, envolvendo a primeira e a segunda repetição e o segundo grupo, a terceira e a quarta repetição. De modo análogo, elas foram submetidas à análise conjunta e estimados os parâmetros de estabilidade segundo a metodologia dos autores mencionados.

A partir das duas estimativas de β_{1i}, $\beta_{1i} + \beta_{2i}$, e R^2, procedeu-se a uma análise de variância (Tabela 2) para cada um desses parâmetros segundo o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ik} = m + t_i + b_k + e_{ik}$$

sendo:

Y_{ik} : valor observado do tratamento i no bloco k;

m: média geral;

t_i: efeito do tratamento i, sendo i=1,2;

b_k : efeito do bloco k, sendo k=1,2,..., b;

e_{ik} : erro experimental.

Das esperanças dos quadrados médios apresentados na Tabela 2, foi estimada a repetibilidade (r^2) dos parâmetros avaliados, utilizando procedimento semelhante ao adotado por Farias (1995), ou seja:

$$r^2 = \frac{T_p^2}{T_p^2 + \sigma_e^2 / r} = \frac{Q_2 - Q_3}{Q_2}$$

onde:

T_p^2: desvios ao quadrado dos efeitos permanentes, isto é, causa genética mais efeitos ambientais comuns a todos os experimentos;

σ_e^2: variância do erro experimental.

TABELA 2. Esquema de análise de variância utilizada para estimar a variância permanente (T_p^2) e a variância ambiental (σ_e^2), para os coeficientes de regressão linear (β_{1i} e $\beta_{1i} + \beta_{2i}$) e o coeficiente de determinação (R^2).

FV	GL	QM	E(QM)
Repetição	r-1	Q_1	-
Genótipos[1/]	g-1	Q_2	$\sigma_e^2 + rT_p^2$
Resíduo	(g-1)(r-1)	Q_3	σ_e^2
Total	gr-1		

[1/] Como o efeito do genótipo é fixo, a variância genética mais os efeitos ambientais comuns aos experimentos são permanentes (T_p^2): $\frac{Q_2 - Q_3}{r}$

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O resumo da análise da variância conjunta é apresentado na Tabela 3. Constata-se que a precisão experimental, avaliada pelo coeficiente de variação experimental (CV=18,2%), pode ser considerada boa e comparável à média das estimativas dos CV's, obtidos para a produtividade de grãos, em experimentos conduzidos com a cultura do feijoeiro na região (Abreu et al., 1994 e Marques Júnior, 1997).

Todas as fontes de variação foram significativas, exceto entre populações segregantes (Tabela 3). O efeito de ambientes foi pronunciado, tendo a produtividade média variado de 438 kg/ha na avaliação da geração F_5 em Patos de Minas a 2554,4 kg/ha, na F_{10} em Lavras (Tabela 4). Vale salientar que nessa

TABELA 3. Resumo da análise conjunta da produtividade (kg/ha), em 42 experimentos conduzidos no Estado de Minas Gerais, 1993 a 1999.

FV	GL[1/]	QM
Ambientes (A)	41	18465460,540**
Tratamentos (T)	10	3762676,334**
Entre populações segregantes (S)	5	107399,699
Entre genitores (G)	4	9069424,642**
SvsG	1	812066,273
Interação TxA	(281)	258460,798**
SxA	205	103865,161**
GxA	164	370880,673**
SvsGxA	41	581759,474**
Erro médio	(1070)	64998,764
Média		1400,00
CV%		18,21
Variância da interação populações segregantes x ambientes ($\hat{\sigma}^2_{SA}$)		6477,730
Variância da interação genitores x ambientes ($\hat{\sigma}^2_{GA}$)		48941,105

** significativo pelo teste F a 1,0% de probabilidade.
[1/] graus de liberdade ajustado, pelo método de Cochran (1954), citado por Pimentel Gomes (1990).

variação ambiental está incluído o efeito de locais e de safras dentro dos locais. Embora o número de experimentos não fosse o mesmo entre os locais, verifica-se que em Lavras a produtividade média foi superior a dos outros locais. De modo análogo ocorreu diferença acentuada entre as épocas de semeadura, desconsiderando os locais. As maiores produtividades médias ocorreram nas semeaduras realizadas no "outono-inverno".

Essas diferenças podem ser atribuídas a uma série de fatores ambientais, tais como fertilidade do solo, ocorrência de pragas e patógenos e condições climáticas. Nesse último caso, nota-se que há discrepâncias acentuadas nas

condições climáticas entre as épocas de semeadura nos três locais. (Figuras 1A, 2A e 3A). Vale salientar que os dados referem-se à média do período em que os experimentos foram conduzidos. Observe, por exemplo, que a temperatura média, na safra da "seca", declina com o ciclo da cultura. No "outuno-inverno" ocorre o contrário. O mesmo não acontece na safra das "águas", cuja temperatura média oscilou pouco e foi normalmente alta. No caso da precipitação, a situação é semelhante à da temperatura, isto é, na safra das "secas", a quantidade de chuvas é maior no início da cultura, no "outono-inverno" só há precipitação próximo da colheita e por essa razão a cultura é irrigada durante todo o ciclo. Na safra das "águas", há excesso de precipitação, colocando em risco o sucesso do cultivo, especialmente quando há períodos prolongados de chuva no momento da colheita. Do exposto, o cultivo do "outono-inverno" é que confere menor risco, pois é irrigado e é reduzida a chance da colheita coincidir com períodos prolongados de chuva. Esse fato pode ser observado na Tabela 4, em que em todos três locais os experimentos de "outono-inverno" tiveram um bom desempenho.

Com relação aos locais, os dados climáticos por serem média de cinco anos, não possibilitam uma inferência tão nítida como o anteriormente comentado para a época de semeadura. Embora a temperatura média não diferisse muito entre os locais, em Patos de Minas, há períodos de altas temperaturas, especialmente à noite, que prejudicam o vingamento das flores e o enchimento das vagens, reduzindo a produtividade na semeadura da época das "águas". Nesse mesmo local, na semeadura de fevereiro, é comum a ocorrência de pragas, especialmente a mosca branca (*Bemisia tabaci*), que não só prejudica diretamente a cultura como também é vetora do vírus do mosaico dourado, frequente nessa época de semeadura. Em Lambari as condições de alta umidade favorecem a ocorrência de patógenos, especialmente mancha angular e antracnose nas safras

das "secas" e das "águas". Do exposto, pelos resultados obtidos fica evidenciado que as condições de clima foram mais favoráveis à cultura em Lavras.

TABELA 4. Produtividade de grãos (kg/ha), por época de semeadura dos experimentos, conduzidos em Lavras, Lambari e Patos de Minas, de 1993 a 1999.

"Água"		"Seca"		"Inverno"	
Geração/local	Produtividade	Geração/local	Produtividade	Geração/local	Produtividade
F_2- L[1/]	1643,80	F_3- L	1145,95	F_4- L	1424,73
F_5- L	980,00	F_6- L	1780,55	F_7- L	2172,50
F_8- L	1351,27	F_9- L	2117,64	F_{10}- L	2554,36
F_{11}- L	1118,04	F_{12}- L	2210,36	F_{13}- L	2317,27
F_{14}- L	1417,82	F_{15}- L	2314,36	F_{16}- L	2279,09
F_{17}- L	1609,04	F_{18}- L	1994,91	F_4- Lb	792,98
F_{10}- Lb[2/]	550,18	F_3- Lb	1613,01	F_7- Lb	618,46
F_{13}- Lb	1191,27	F_6- Lb	520,55	F_{12}- Lb	885,09
F_{16}- Lb	977,00	F_8- Lb	1071,27	F_{15}- Lb	1846,36
F_5- PM[3/]	438,06	F_{11}- Lb	1904,64	F_4- PM	1123,82
F_{10}- PM	1161,82	F_{17}- Lb	1204,82	F_7- PM	850,00
F_{13}- PM	932,27	F_3- PM	1163,64	F_9- PM	1992,73
F_{16}- PM	1114,42	F_8- PM	1063,04	F_{12}- PM	2259,18
———	———	F_{11}- PM	708,73	F_{15}- PM	1663,82
———	———	F_{14}- PM	707,27	———	———
Lavras	1353,33		1927,29		2149,59
Lambari	906,15		1262,85		1035,72
Patos de Minas	911,64		910,67		1577,91
Média	1114,23		1434,72		1627,17

[1/]L: Lavras, [2/] Lb: Lambari e [3/]PM: Patos de Minas.

Detectou-se, como já mencionado, significância para a interação tratamentos x ambientes ($P \leq 0,01$) (Tabela 3). A ocorrência de interação de cultivares x locais e cultivares x épocas de semeadura é frequentemente relatada na literatura (Ramalho, Abreu e Righetto, 1993; Miranda, 1993; Ramalho, Abreu e Santos, 1998 e Abreu et al.,1998). O componente genitores x ambientes contribuiu em 7,6 vezes mais que o populações segregantes x ambientes, para a interação tratamentos x ambientes.

Considerando a ocorrência de interação, procurou-se verificar se há diferença entre as populações segregantes e as linhagens parentais, com relação à adaptabilidade e à estabilidade. Na condução de um estudo dessa natureza o primeiro problema é o conceito de adaptabilidade e estabilidade. Na literatura há uma ampla variação na aplicação desse conceito (Mariotti et al., 1976; Vencovsky e Barriga, 1992; Cruz e Regazzi, 1997). Neste trabalho será utilizado como adaptabilidade o desempenho médio do tratamento, de acordo com o conceito de Darwin, isto é, o indivíduo será tanto mais adaptado quanto maior o número de descendentes que ele deixar.

Assim, na metodologia de Cruz, Torres e Vencovsky (1989), a adaptabilidade é avaliada pelo parâmetro β_0, ou seja, o desempenho da produtividade média de grãos. Observa-se que não ocorreu diferença muito expressiva entre as seis populações avaliadas (Tabela 5). As duas mais produtivas foram Manteigão Fosco x Ouro (1407 kg/ha) e ESAL 686 x Carioca MG (1410 kg/ha). As demais apresentaram um β_0, que, em média, foi de 1369 kg/ha. Já entre os cultivares genitores, as diferenças foram muito mais expressivas, o cultivar precoce Manteigão Fosco foi o menos adaptado e o cultivar Milionário, o mais adaptado.

TABELA 5 . Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade para populações segregantes e cultivares de feijão, segundo o modelo de Cruz, Torres e Vencovsky (1989), considerando o caráter produtividade (kg/ha), em quarenta e dois ambientes no Estado de Minas Gerais. Anos agrícolas de 1993 a 1999.

Tratamentos	β_{0i}	MD	MF	β_{1i}	β_{2i}	$\beta_{1i}+\beta_{2i}$	R^2
Manteigão Fosco x Ouro	1407d	968	1938	0,981	0,083	1,064	88,4
Manteigão Fosco x Carioca MG	1375e	892	1960	1,041	0,097	1,139	93,6
Manteigão Fosco x Milionário	1357e	885	1929	1,033	0,156	1,190*	93,2
ESAL 686 x Milionário	1386e	905	1968	1,057	0,021	1,078	97,0
ESAL 686 x Ouro	1359e	885	1933	1,035	0,143	1,178*	95,5
ESAL 686 x Carioca MG	1410d	935	1985	1,035	0,011	1,047	93,9
Média das populações	1382	912	1952	1,030	0,085	1,116	93,6
Carioca MG	1556b	1075	2138	1,044	-0,020	1,023	91,8
Milionário	1610a	1072	2261	1,171**	-0,171+	0,999	92,9
Ouro	1468c	1011	2021	1,012	-0,155	0,856	80,8
ESAL 686	1392e	1045	1813	0,785**	-0,261++	0,524**	69,8
Manteigão Fosco	1076f	691	1542	0,802**	0,095	0,897	72,1
Média dos Pais	1420	979	1955	0,963	-0,102	0,860	81,5

1/ médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade;

*, ** diferem significativamente de 1, pelo teste t, em nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente;

+, ++ diferem significativamente de 0 pelo teste t, em nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente;

MD: médias nos ambientes desfavoráveis;

MF: médias nos ambientes favoráveis;

A estabilidade pode ser avaliada pela flutuação no desempenho dos tratamentos frente às variações ambientes, nesse caso, indicado pelas inclinações da reta de regressão (β_1 e β_2) da metodologia de Cruz, Torres e Vencovsky (1989), associada à estimativa de R^2. É oportuno enfatizar que, por essa metodologia, os ambientes são classificados em favoráveis quando se situam acima da média geral e desfavorável em caso contrário. A interpretação do comportamento dos genótipos considera essas duas condições separadamente.

Nos ambientes desfavoráveis, o cultivar mais indicado é o que associe menor estimativa de β_1 com média alta, isto é, deseja-se um genótipo que tenha maior estabilidade biológica, tipo I, no contexto de Lin, Binns e Lefkovitch (1986) e Becker (1981). No caso, as linhagens precoces ESAL 686 e Manteigão Fosco foram as únicas com β_1 menor que um (Tabela 5). Além disso, a ESAL 686 associou esse valor a um bom desempenho sob condições desfavoráveis. No outro extremo está o cultivar Milionário que apresenta β_1 superior a um, indicando ser um material muito exigente.

Nos ambientes favoráveis, o ideal é o material o mais responsivo, ou seja, com maior estimativa de $\beta_1 + \beta_2$, evidentemente também associado a médias altas. Nesse caso os destaques positivos foram as populações Manteigão Fosco x Milionário e ESAL 686 x Ouro, que associaram $\beta_1 + \beta_2$ maior que um e boa produtividade média. Veja, contudo, que as diferenças de resposta das populações aos ambientes favoráveis não foram expressivas. O destaque negativo foi a linhagem ESAL 686, que apresentou nos ambientes favoráveis, comportamento contrário ao desejado, isto é, $\beta_1 + \beta_2$ menor que um, não respondendo à melhoria do ambiente.

A estimativa de R^2 fornece informações sobre a previsibilidade de comportamento das populações e cultivares avaliados, sendo assim também uma

medida de estabilidade. Novamente não se nota grande diferença entre as populações segregantes, todas tiveram comportamento previsível, R^2 superior a 88,4%. Já entre os genitores, os precoces foram os que apresentaram comportamento menos previsível.

Observe na Tabela 5 que, considerando as estimativas médias dos parâmetros de estabilidade, $\beta_1 + \beta_2$ e R^2, ocorreram diferenças expressivas entre as populações segregantes e os genitores. Depreende-se que, em média, as populações segregantes foram mais estáveis. É oportuno enfatizar, novamente, que essas diferenças devem ser atribuídas especialmente ao comportamento dos genitores precoces.

A estabilidade pode ser analisada considerando duas situações, a estabilidade populacional e a individual (Allard e Bradshaw, 1964). No caso de uma população de indivíduos geneticamente diferentes, se há variação ambiental, os diferentes genótipos, por apresentarem comportamento diferenciado frente as variações ambientais, podem em média fazer com que a população seja estável. Se alguns indivíduos vão mal numa dada condição, os outros podem compensar por meio de melhor desempenho. Assim, populações segregantes do feijoeiro, por serem constituídas por um enorme número de genótipos diferentes, devem apresentar uma maior estabilidade, como foi constatado neste trabalho.

A estabilidade individual, no entanto, é consequência de uma reação de tamponamento de cada indivíduo. Espera-se que ela ocorra em maior intensidade nos indivíduos que possuam maior número de locos em heterozigose. Nesse caso também, em uma população segregante de plantas autógamas, é esperado que ocorra, especialmente nas gerações iniciais, vários indivíduos com grande número de locos em heterozigose, concordando, pelo menos em principio, com os resultados relatados neste trabalho.

Há na literatura relatos de alguns experimentos visando comprovar a hipótese de Allard e Bradshaw (1964). A maioria dos trabalhos existentes são com a cultura do milho, comparando variedades e diferentes tipos de híbridos (Eberhart e Russel, 1969; Weatherspoon, 1970; Schnell e Becker, 1986). Nesses trabalhos, embora ocorressem algumas discrepâncias, de um modo geral, os híbridos simples contribuíram mais para a interação do que os híbridos duplos e triplos. No caso de plantas autógamas, tem sido comparada a mistura de linhagens em relação às mesmas linhagens isoladas (Schutz e Brim, 1971; Walker e Fehr, 1987; León e Diepenbrock, 1987). Nesses trabalhos, também tem sido constatado que as misturas são mais estáveis em várias culturas (Becker e León, 1988).

Embora ocorram variações entre os grupos mencionados, há diferenças expressivas também dentro dos grupos. Becker e León (1988) argumentam que é possível identificar linhagens tão estáveis quanto os híbridos, o que está de acordo com o comportamento dos genitores de ciclo normal, em relação às populações segregantes observadas neste trabalho.

Conforme discutido anteriormente, há diferenças genotípicas com relação à contribuição para a interação, o que torna possível selecionar para a estabilidade. Assim, é importante obter informações sobre o controle genético do caráter e, sobretudo, da sua herdabilidade. Para obter algumas informações a esse respeito, foram consideradas as análises de cada ambiente, envolvendo dois grupos, um com a primeira e a segunda repetição e o outro, com a terceira e a quarta. As análises de variância das estimativas dos parâmetros de estabilidade, assim obtidas, estão mostradas na Tabela 6. Reforçando o que já havia sido comentado, não se constatou diferença significativa entre as populações segregantes para os parâmetros de estabilidade. Contudo, entre os genitores foi detectada diferença significativa ($P \leq 0,01$). O resultado mais expressivo é o

contraste populações segregantes vs genitores, que também foi significativo ($P \leq 0,01$) para todas as três estimativas dos parâmetros de estabilidade (β_1, $\beta_1 + \beta_2$ e R^2). Esse resultado reforça a observação anterior que, em média, as populações segregantes contribuíram menos para a interação que os genitores.

A partir das esperanças matemáticas da análise da variância (Tabela 6), foi possível estimar a repetibilidade dessas estimativas. Observa-se que, para todos três parâmetros, ela foi elevada, superior a 72%. Esses valores são semelhantes aos encontrados na literatura por diversos autores (Santos, 1980; Soares, 1992; Farias, 1995).

As estimativas da repetibilidade obtidas no presente trabalho mostram, pelo menos em princípio, que é possível ter sucesso com a seleção para estas estimativas. Em realidade, na estimativa da repetibilidade não é possível isolar apenas a variação genética, isto é, estão presentes também fatores ambientais comuns às repetições utilizadas em cada local, tais como precipitação, temperatura ou tipo de solo, que são comuns e, portanto, permanentes.

TABELA 6. Resumo da análise variância dos parâmetros de estabilidade (β_{1i}, $\beta_{1i} + \beta_{2i}$ e R^2) e suas repetibilidades.

FV	GL	QM (β_{1i})	QM ($\beta_{1i} + \beta_{2i}$)	QM (R^2)
Tratamento	10	0,024*	0,095*	189,166**
Entre populações segregantes (H)	5	0,002	0,010	24,017
Entre genitores (G)	4	0,052**	0,152**	236,252**
HvsG	1	0,022**	0,292**	826,567**
Erro	10	0,005	0,026	20,883
Repetibilidade		0,7917	0,7263	0,8896

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

4 CONCLUSÕES

- O componente da interação genitores x ambientes foi 7,6 vezes superior ao observado para a interação populações segregantes x ambientes.

- As populações segregantes, em média, foram mais estáveis que as linhagens genitoras, contudo, algumas linhagens tiveram comportamento semelhante ao das populações segregantes.

- As linhagens precoces foram as mais instáveis e com menor previsibilidade de comportamento.

- As estimativas da repetibilidade dos parâmetros de estabilidade foram altas, indicando que é possível antever o sucesso com a seleção para a estabilidade.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. de F.B.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos; MARTINS, L.A. Progresso do melhoramento genético do feijoeiro nas décadas de setenta e oitenta nas regiões Sul e Alto Paranaiba em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.1, p.105-112, Jan. 1994.

ABREU, A. de F.B; RAMALHO, M.A.P, ANDRADE, M.J.B. de; PEREIRA FILHO, I.A. Estabilidade de linhagens de feijão em algumas localidades do Estado de Minas Gerais no período de 1994 a 1995. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.22, n.3,p.308-312, jul./set., 1998.

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

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

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

BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. Viçosa:UFV, 1997. 547p.

BORÉM, A.; CARNEIRO, J.E. Aspectos econômicos. In: VIEIRA, C.; PAULA Jr, T.J. de; BORÉM, A. (eds). **A cultura do feijoeiro em Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1998. p.55-81.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**.2.ed. Viçosa: UFV, 1997. 390 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, Apr./Jun. 1989.

EBERHART, S., RUSSEL, W.A Yield and stability for a 10 line diallel of single-cross and double-cross maize hybrids. **Crop Science**, Madison. v.9, n.1 p.357-561, May./Jun. 1969.

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

FARIAS, F.J.C. **Parâmetros de estabilidade em cultivares de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.r. *latifolium*) avaliadas na região Nordeste no período de 1981 a 1992.** Lavras: UFLA, 1995. 89p. (Dissertação - Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)

FEHR, W. R. **Principles of cultivar development.** New York: Macmillan, 1987. 525p.

FINLAY, K.W.; WILKINSON, G.N. The analysis of adaption in a plant breeding programme. **Australian of Journal Agricultural Research,** Melbourne, v.14, n.6, p.742-754, Jan. 1963.

LEÓN, J.; DIEPENBROCK, W. Yielding ability of pure stands and equal proportion blends of rapesseed (*Brassica napus* L.) wthi double low quality. **Journal Agronomy Crop Science.** v.159, p.82-89, 1987.

LIN, C.S.; BINNS, M.R.; LEFKOVITCH, L.P. Stability analysis: where do we stand? **Crop Science**, Madison, v.26, n.5, p.894-899, Sept./Oct. 1986.

MARIOTTI, J.A.; OYARZABAL, E.S.; OSA, J.M.; BULACIO, A.N.R.; ALMADA, G. H. Analisis de etabilidad y adaptabilidad de genótipos decana de azucar. I. Interacciones dentro de um localidad experimental. **Revista Agronomica del Noroeste Argentino**, Tucuman, v.13,n.14, p.105-127, Jan. 1976.

MARQUES JÚNIOR, O.G. **Eficiência de experimentos com a cultura do feijão.** Lavras: UFLA, 1997. 80p. (Tese- Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).

MIRANDA, G.V. **Comparação de métodos de avaliação da adaptabilidade e estabilidade de comportamento de cultivares: exemplo com a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).** Viçosa: UFV, 1993. 120p. (Dissertação - Mestrado em Genética e Melhoramento).

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental.** 11 ed. Piracicaba, Nobel, 1990.466p.

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

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

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

SANTOS, J.B. dos **Estabilidade fenotípica de cultivares de feijão (Phaseolus vulgaris L.) nas condições do Sul de Minas Gerais.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1980. 110 p.(Dissertação - Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).

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

SCHUTZ, W.M.; BRIM, C.A. Inter-genotypic competition in soybeans. III. An evaluation of stability in multiline mixtures. **Crop Science**, Madison v.11, n.5, p.684-689, Sep./Oct. 1971.

SOARES, A.A. **Desempenho do melhoramento genético do arroz de sequeiro e irrigado na década de oitenta em Minas Gerais.** Lavras: ESAL. 1992, 188 p. (Tese - Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento.** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.

WALKER, A. K.; FEHR, W.R. Yield stability of soybean mixtures and multiple pure stands. **Crop Science**, Madison, v.18, n.5, p.719-723, Sep./Oct. 1987.

WEATHERSPOON, J.H. Comparative yields of single, three-way, and double cross of maize. **Crop Science**, Madison. v.10, n.1, p.157-159. Jan./Feb. 1970.

ANEXO A

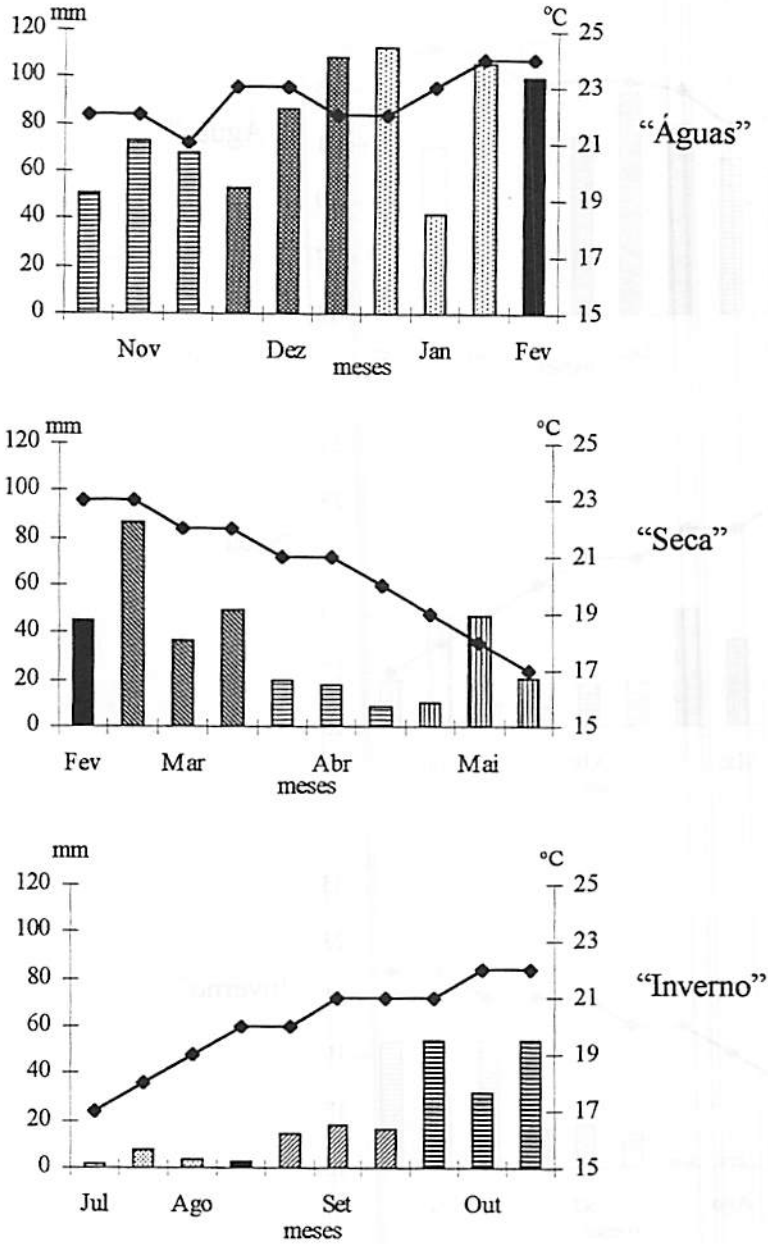


FIGURA 1A. Dados climáticos de Lavras na média dos anos agrícolas de 1993 a 1999, nas três safras.

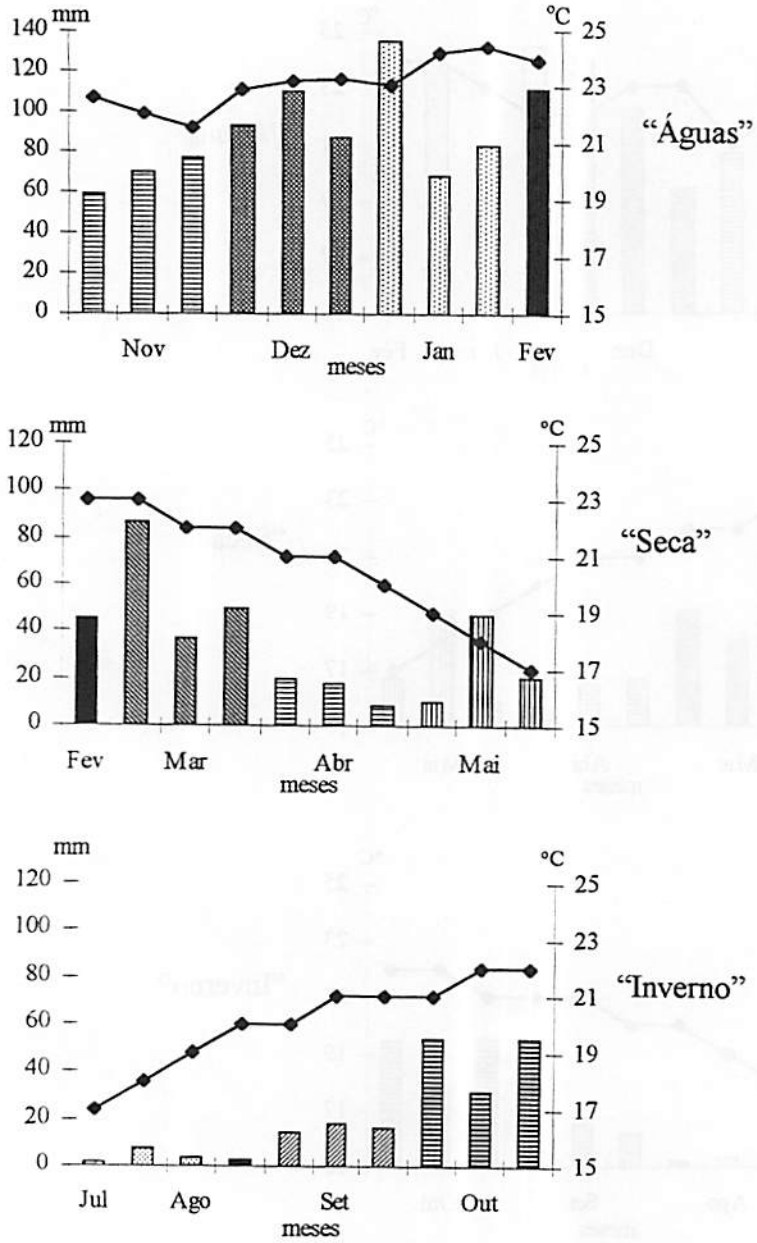


FIGURA 2A. Dados climáticos de Lambari na média dos anos agrícolas de 1994 a 1999, nas três safras.

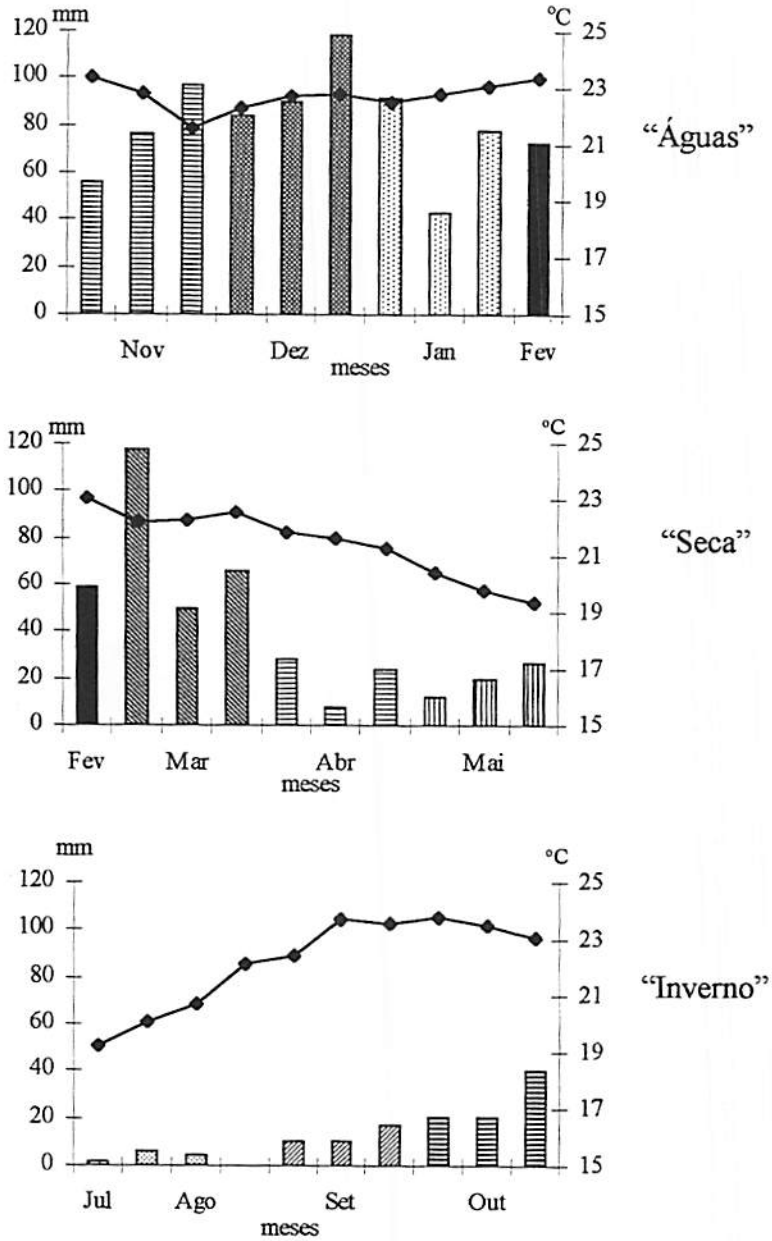


FIGURA 3A. Dados climáticos de Patos de Minas na média dos anos agrícolas de 1994 a 1999, nas três safras.