

**SELEÇÃO PRECOCE PARA  
PRODUTIVIDADE NO FELJOEIRO**  
*(Phaseolus vulgaris L.)*

· **CARLOTA JOAQUINA DE SOUSA ROSAL**

1999

THE ACADEMY OF EMERSONIAN

46511

13179 MFN

DESCARTADO

F.V.A.

ASSINATURA

Data 14, 11, 17

BIBLIOTECA UNIVERSITÁRIA  
UFLA

CARLOTA JOAQUINA DE SOUSA ROSAL

**SELEÇÃO PRECOCE PARA PRODUTIVIDADE  
NO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.)**

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

Orientador:

Prof. Dr. MAGNO ANTONIO P. RAMALHO

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
1999

[REDACTED]

DAT



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

Rosal, Carlota Joaquina de Sousa

Seleção precoce para produtividade no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*  
L.) / Carlota Joaquina de Sousa Rosal. -- Lavras : UFLA, 1999.  
51 p. : il.

Orientador: Magno Antonio Patto Ramalho.

Dissertação (Mestrado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Seleção Precose. 2. Produtividade. 3. Feijão. 4. Melhoramento genético. I.  
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-635.6523

CARLOTA JOAQUINA DE SOUSA ROSAL

**SELEÇÃO PRECOCE PARA PRODUTIVIDADE  
NO FELJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.)**

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

APROVADA em 25 de fevereiro de 1999

Prof. Samuel Pereira de Carvalho UFLA

Prof. Wagner Pereira Reis UFLA



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

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL

*A Deus*

*Aos meus irmãos,  
Euclides, Nonato, Milena e Ana.*

*Às minhas tias,  
Ana Vitória e Anete*

*À minha avó Ernestina.*

*Aos amigos...*

**OFEREÇO**

*Aos meus pais,  
Osvaldo e Aparecida.*

*Ao meu noivo  
Antonio*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Biologia, pela excelente oportunidade concedida de realizar este curso e pelos ensinamentos recebidos durante o mesmo.

Ao professor Magno Antonio Patto Ramalho pelos ensinamentos, dedicação e amizade demonstrados.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-(CAPES), pela concessão de bolsa de estudos.

Aos professores do Departamento de Biologia João Bosco, César Brasil, Elaine Aparecida, Samuel, Lisete e João Cândido pelos conhecimentos a mim transmitidos e pela atenção.

Aos funcionários da Biblioteca da UFLA pelo apoio e colaboração.

À pesquisadora Ângela, e aos colegas Flávia, Cláudia Labory, Glauber, João Luís e Anderson pela amizade e grande contribuição prestada durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores Samuel Pereira de Carvalho e Wagner Pereira Reis pelas colaborações e sugestões apresentadas.

Aos colegas e amigos do Departamento de Biologia: Hercules, Aurélio, Francislei, Sandro, Claudomiro, Everton, Flavinha, Hélia, Pedro, Eduardo, Wilacildo, João Luís, Ceará, Max, Gladys, Viviane, Moacil, Cristina, Soraia, Irondina e Rosângela.

Aos casais amigos: Oneida e Anderson, Glauber e Márcia, Leo e Patrícia, Bárbara e Wellington, João Cândido e Cláudia Labory, Vânia e Toni Agostinho e Onorina, Ramon e Andrea.

À todos que me apoiaram e contribuíram para a realização deste trabalho.

# SUMÁRIO

	<b>Página</b>
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	02
2.1 Métodos de Melhoramento utilizados na cultura do feijoeiro.....	03
2.2 Seleção Precoce.....	05
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 Local.....	16
3.2 Material experimental.....	16
3.3 Método de obtenção das famílias.....	16
3.4 Avaliação das famílias.....	17
3.5 Análise dos dados.....	17
3.6 Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos.....	20
4 RESULTADOS.....	23
5 DISCUSSÃO.....	39
6 CONCLUSÕES.....	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47

## RESUMO

**ROSAL, Carlota Joaquina de Sousa. Seleção precoce para a produtividade de grãos no feijoeiro. Lavras : UFLA, 1999. 51p. (Dissertação – Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)\***

Nos programas de melhoramento de plantas autógamas, com o decorrer da endogamia, a probabilidade de manter os alelos favoráveis diminui, exigindo que se manuseiem populações grandes. Especialmente se o caráter for quantitativo, o número de indivíduos necessários para manter todos esses alelos favoráveis é proibitivo nas gerações avançadas. A alternativa é promover a seleção precoce, contudo a sua eficiência é constantemente questionada. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência da seleção precoce para o caráter produtividade de grãos, na cultura do feijoeiro. Para isto, foi utilizado o cruzamento entre os cultivares Carioca ( $P_1$ ) x FT-Tarumã ( $P_2$ ). Foram avaliadas 192 famílias, sendo 64 derivadas de plantas  $F_2$ , 64 de plantas  $F_2$  do  $RC_1$  ( $F_1 \times P_1$ ) e 64 de plantas  $F_2$  de  $RC_2$  ( $F_1 \times P_2$ ). As famílias foram conduzidas utilizando o método 'Bulk' dentro de famílias  $F_2$ , e foram avaliadas nas gerações  $F_{2:3}$  (fevereiro de 1997),  $F_{2:4}$  (julho de 1997),  $F_{2:5}$  (novembro de 1997),  $F_{2:6}$  (fevereiro de 1998), no Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras-MG. Foi utilizado o delineamento látice simples 14 x 14, sendo avaliadas as 192 famílias, juntamente com os pais e mais duas testemunhas. A partir das análises de variância dos dados da produtividade de grãos, foram estimados os componentes da variância genética e fenotípica, a herdabilidade realizada, as estimativas de correlações entre as famílias nas sucessivas gerações e o ganho observado com a seleção divergente. Constatou-se que as famílias de melhor desempenho foram observadas no  $F_2RC_2$ , isto é, aquelas contendo 75% dos alelos do cultivar FT-Tarumã. A interação genótipos x ambientes afetou a seleção precoce, para melhorar a sua eficiência as famílias devem ser avaliadas por pelo menos duas gerações. Verificou-se também que a seleção precoce foi eficiente principalmente para a eliminação das famílias com pior desempenho, reduzindo dessa forma o trabalho dos melhoristas em gerações avançadas.

---

\*Comitê Orientador: Magno Antonio Patto Ramalho - UFLA (Orientador)

## ABSTRACT

**ROSAL, Carlota Joaquina de Sousa. Early selection for grain yield in common bean. Lavras: UFLA, 1999. 51p. (Dissertação – Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)\***

In breeding programs of self-pollinated crops during the inbreeding generations, the probability of maintaining the favorable alleles decreases, demanding to handle large populations. Especially for quantitative characters, the necessary number of plants to maintain all those favorable alleles is prohibitive in the advanced generations. A alternative is to promote the early selection. However constantly questioned. The objective of this research was to evaluate the efficiency of the early selection of grain yield in the common bean. A total 192 families from the cross Carioca ( $P_1$ ) x FT-Tarumã ( $P_2$ ) of the following generations : 64 from  $F_2$ ; 64 from  $F_2$  of the  $BC_1$  ( $F_1$  x  $P_1$ ), and 64 from  $F_2$  of  $BC_2$  ( $F_1$  x  $P_2$ ) were used. The families were advanced through the Bulk within the  $F_2$  family procedure in the generations  $F_{2,3}$  (February of 1997),  $F_{2,4}$  (July of 1997),  $F_{2,5}$  ( November of 1997),  $F_{2,6}$  (February of 1998), in the Department of Biology of the Federal University of Lavras-MG. The simple lattice design, 14 x 14, including the 192 families, the parents and two testers were used. The components of genetic and phenotypic variances obtained from the analyses of variance of grain yield were used for estimating the following parameters: realized heritability; correlations between families of the evaluated generations; and genetic gain observed based on divergent selection. The better families were observed in all generations derived from  $F_2BC_2$ , that is those with 75% of alleles of FT-Tarumã cultivar. Genotype x environment interaction affected the early selection. Therefore to improve its efficiency the families should be evaluated for at least two generations. It was also verified that the early selection was efficient for the elimination off type families, reducing in that way the task of the breeder in advanced generations.

---

\*Guidance Committee: Magno Antonio Patto Ramalho - UFLA (Major Professor)

# 1 INTRODUÇÃO

A maioria dos caracteres de importância econômica, como a produção de grãos, são controlados por um grande número de genes. Nessa situação, para se obter os indivíduos extremos é necessário trabalhar com populações grandes. Esse fato é agravado porque no caso das populações segregantes de plantas autógamas, a probabilidade de se manter o indivíduo com todos os alelos favoráveis é reduzida com o avanço das gerações (Ramalho, Santos e Zimmerman, 1993). Isso exige que se avalie um número crescente de famílias com o decorrer das gerações, o que muitas vezes inviabiliza o sucesso dos melhoristas.

Para atenuar esse problema, a principal alternativa seria a seleção de plantas e/ou famílias já nas gerações iniciais, isto é, realizar a seleção precoce. Há, na literatura, alguns trabalhos procurando verificar a eficiência da mesma. Nesses trabalhos, ficou realçado que a seleção precoce só é efetiva para caracteres de alta herdabilidade. Contudo, deve-se enfatizar que, nestes trabalhos, a seleção precoce foi efetuada com base na seleção visual que, para caracteres de baixa herdabilidade, por diversas vezes tem se mostrado ineficiente (Hanson, Leffil e Johnson, 1962; Patiño e Singh, 1988; Cutrim, Ramalho e Carvalho, 1997). Persiste então a dúvida se a seleção precoce não foi efetiva devido ao processo seletivo utilizado.

As populações segregantes utilizadas podem apresentar diferentes frequências alélicas, advindas de cruzamentos envolvendo mais de dois genitores ou de cruzamento em que eles participam com diferentes proporções. Não há informações se a eficiência da seleção precoce varia com a frequência alélica da população segregante.

No método de seleção denominado de “Bulk” dentro de famílias  $F_2$ , é possível que as famílias sejam avaliadas em experimentos com repetições, já a partir da geração  $F_{2,3}$ , e a seleção precoce poderia ser então efetuada sem a utilização da seleção visual. Nessa condição, espera-se que a seleção precoce possa ser mais efetiva. Bernardo (1991), mostrou que a eficiência da seleção precoce é função da correlação entre o desempenho fenotípico da família na geração de seleção e o desempenho genotípico na geração avançada. Essa correlação, por sua vez, é resultado da correlação genética entre famílias nas gerações consideradas e a raiz quadrada da herdabilidade do caráter na geração precoce. Vale ressaltar que, como a correlação genética é normalmente alta, pois é função apenas do coeficiente de endogamia nas gerações consideradas, a eficiência da seleção precoce é dependente principalmente da herdabilidade do caráter sob seleção nas gerações iniciais. O que está de acordo com inúmeros relatos de que ela só é eficiente para caracteres de alta herdabilidade. Não há informação, contudo, do efeito da interação na seleção precoce.

Do exposto, foi realizado esse trabalho com a cultura do feijoeiro, visando verificar a eficiência da seleção precoce na produtividade de grãos, a partir de populações segregantes com diferentes frequências alélicas utilizando o método Bulk dentro de famílias  $F_2$  e também para fornecer informações sobre as possíveis implicações da interação no resultado da seleção precoce.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Métodos de melhoramento utilizados na cultura do feijoeiro

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma espécie pertencente à família Fabaceae, originada nas Américas, possuindo múltiplos centros de domesticação independentes. É uma planta anual, de dias curtos e baixas altitudes, porém encontrada nas mais diversas condições em vários países do mundo (Bliss, 1980). Esta espécie é cleistogâmica, com taxa de fecundação cruzada normalmente inferior a 5% (Pereira Filho e Cavarini, 1984 e Marques Júnior e Ramalho, 1995).

Para o melhoramento do feijoeiro, utilizam-se os métodos que são comuns às plantas autógamas, como a introdução de linhagens e/ou cultivares, a seleção em uma população constituída por uma mistura de linhas puras e o melhoramento por hibridação de duas ou mais linhagens. Descrições sobre esses métodos são encontrados em vários compêndios e não serão tratados aqui (Fehr, 1987; Ramalho, Santos e Zimmerman 1993; Borém 1997); ênfase será dada no melhoramento utilizando a hibridação.

A hibridação é a alternativa que tem sido utilizada com o objetivo de combinar, em um único indivíduo, dois ou mais fenótipos desejáveis que se encontrem em indivíduos diferentes (Ramalho, Santos e Zimmerman, 1993). Dessa hibridação são obtidas as gerações  $F_1$  e  $F_2$ , e posteriormente, as demais gerações segregantes, que podem ser conduzidas por vários procedimentos, entre eles: o Genealógico, o Bulk e as modificações deles. Entre essas modificações, uma das mais utilizadas no programa de melhoramento da Universidade Federal de Lavras (UFLA) é o denominado "Bulk" dentro de famílias. Esse último procedimento é que receberá maior atenção nesse referencial teórico.

O método "Bulk" ou Massal, dentro de famílias derivadas de  $F_2$ , foi proposto inicialmente por Frey (1954). O objetivo desse método consiste em

associar os dois procedimentos padrões da condução das famílias segregantes em plantas autógamas, isto é, o Genealógico e o "Bulk". Com isso, espera-se reduzir o efeito de amostragem que é comum no método do "Bulk" e o trabalho do genealógico. Por esse procedimento, as plantas da geração  $F_2$  são colhidas individualmente e as famílias  $F_{2,3}$  são semeadas em linhas isoladas. Cada família é colhida individualmente e dará origem às famílias  $F_{2,4}$ , as quais são novamente semeadas em linha. O processo se repete até a geração  $F_{2,6}$ , quando então são selecionados visualmente os melhores indivíduos dentro de cada família para continuar a seleção. Por esse procedimento, toda a variação entre plantas presente na geração  $F_2$  é mantida. Somente as famílias que apresentarem desempenho excessivamente abaixo das demais serão eliminadas. Dentro das famílias será mantida a variação advinda da segregação das plantas  $F_2$ . Nesse caso, a seleção natural poderá atuar apenas dentro das famílias, ea perda por amostragem será restrita apenas à que ocorre dentro das famílias.

Na UFLA, o Bulk dentro de famílias  $F_2$  é conduzido com algumas modificações, a principal delas é que, a partir da geração  $F_{2,3}$ , as famílias são avaliadas em experimentos com repetição. Desse modo, a seleção a ser efetuada, na geração  $F_{2,6}$  por exemplo será fundamentada no desempenho médio das famílias por 2 a 3 gerações, evidentemente, dando maior segurança ao melhorista na decisão de quais famílias deverão ser mantidas. Outra modificação adotada é o aumento gradativo do número de indivíduos e/ou famílias, visando diminuir o efeito de amostragem genética dentro das famílias (Fig 1).

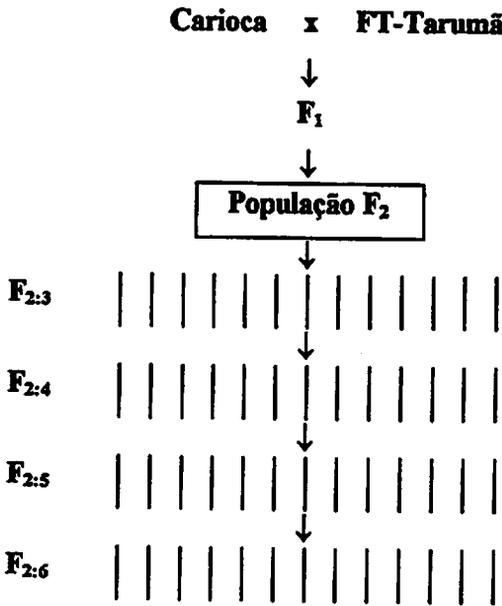


FIGURA 1. Esquema de condução de uma população segregante pelo método Bulk dentro de famílias F<sub>2</sub>.

## 2.2 Seleção Precoce

O termo seleção precoce é normalmente utilizado na literatura com duplo significado. Em certas situações, como os melhoristas obtêm várias populações segregantes, é realizada a seleção o mais cedo possível para identificar aquelas populações onde a seleção irá se concentrar. Neste caso, objetiva-se a identificação de populações promissoras o mais precoce possível. Em outro sentido, refere-se à seleção de indivíduos e/ou famílias dentro de uma mesma população em gerações iniciais. É com esse último significado que o tema será abordado neste trabalho.

Inicialmente, poder-se-ia indagar: Por que efetuar a seleção precoce ? Para responder a essa indagação, é preciso salientar que a maioria dos caracteres

de importância econômica são controlados por inúmeros genes, o que dificulta o sucesso dos melhoristas. Seja, por exemplo, um caso hipotético de um caráter controlado por 11 genes no feijoeiro, um por cromossomo, para que ocorra distribuição independente. Na geração  $F_2$ , originada de indivíduos heterozigotos para todos os 11 locos, é esperada apenas uma planta em 4.194.304, contendo todos os alelos favoráveis em homozigose. Fica fácil entender que, mesmo considerando esse pequeno número de genes, é praticamente impossível semear uma população dessa magnitude na geração  $F_2$  e, mais ainda, identificar um indivíduo contendo todos os alelos em homozigose. Contudo, se forem considerados os indivíduos homozigotos e heterozigotos, a probabilidade de ocorrer pelo menos uma planta contendo todos os alelos favoráveis é de  $(3/4)^{11}$ , ou seja, 1 em 24, o que é uma situação bem favorável.

Depreende-se, então, que a probabilidade para se obter pelo menos uma planta com todos os alelos favoráveis em  $F_2$ , mesmo com um número maior de locos segregando, é relativamente grande. O problema se agrava, com o avanço das gerações, isso porque a frequência de heterozigotos diminui e a de homozigotos aumenta. Voltando ao exemplo com 11 locos na geração  $F_3$ , a frequência de plantas com alelos favoráveis (homozigoto + heterozigoto) passa a ser a  $(5/8)^{11}$ , esse valor corresponde a 1 em 176. Em  $F_4$ , 1 em 560 e em  $F_5$ , 1 em 1052. Assim, a população de plantas deve ser incrementada com o decorrer das autofecundações para se manter a probabilidade de se obter pelo menos um indivíduo com todos os alelos favoráveis.

Como o número de genes é normalmente bem superior a esse, o número de indivíduos e/ou famílias a serem conduzidas em gerações avançadas, para se manter todos os alelos, deve ser muito grande, número esse, que na maioria dos casos, é tão grande que se torna-se proibitivo. Assim, a melhor alternativa é realizar a seleção precoce. Isto é, a partir da geração  $F_2$ , procurar identificar e

selecionar indivíduo(s) que contenham todos os alelos favoráveis e só avançar esses indivíduos. Deste modo, o sucesso com a seleção poderia ser ampliado. Para que isso ocorra, a seleção efetuada nas gerações iniciais tem que ser eficiente.

A seleção precoce, especialmente quando se utiliza o método genealógico, que é o mais freqüente, tem como único critério a identificação visual das famílias e/ou indivíduos superiores. Para que ela seja efetiva, é necessário que a seleção visual seja eficiente.

Trabalhos visando a avaliar a eficiência da seleção visual já foram conduzidos em várias oportunidades, tanto em plantas autógamas como alógamas, Lumpton e Whitehouse (1955); Boyce, Copp e Frankel (1947); Briggs e Shebeski (1970) em trigo; Cutrim Ramalho e Carvalho(1994) em arroz; Kwow e Torrie (1964); Hanson, Leffel e Johnson (1962) em soja; Atinks (1964) em cevada; Frey (1962) em aveia e Vargas (1996) em milho. Os resultados, de um modo geral, apontam que a seleção visual não foi eficiente para caracteres de baixa herdabilidade, especialmente a produção de grãos.

No caso específico do feijoeiro, o efeito da seleção visual já foi questionado em algumas ocasiões. Na Colômbia, Patiño e Singh (1989) verificaram o efeito da seleção visual para o caráter produtividade de grãos em gerações segregantes de nove cruzamentos de feijão. Eles avaliaram 15% das famílias superiores de cada cruzamento num total de 149 famílias, 18 misturas de plantas descartadas em  $F_2$  e  $F_3$ , os pais e mais seis testemunhas. Detectaram diferenças entre os pais e os cruzamentos. Mas, ao comparar as médias das famílias selecionadas com a média das famílias descartadas em  $F_2$  e  $F_3$  e a média dos pais, concluíram que a seleção visual para rendimento de grãos não foi efetiva para nenhum dos cruzamentos avaliados.

Na UFLA, Silva et al. (1994) desenvolveram um trabalho visando a avaliar o efeito da seleção visual realizada por diferentes avaliadores para produtividade de grãos, em populações segregantes de dois cruzamentos de feijão. As avaliações das gerações  $F_3$  e  $F_5$  foram efetuadas nas safras da seca de 1992 e 1993, respectivamente. Nas duas gerações foram avaliadas 100 famílias de cada cruzamento. Foi verificado que a seleção visual foi eficiente para identificar apenas 7,8% das famílias com melhor desempenho para um cruzamento, e 18,4% para o outro. A eficiência média entre os avaliadores da seleção visual variou de 5,5% a 30,5%. Não foi detectada associação da seleção visual com a experiência do selecionador com a cultura. Com base nestes resultados, os autores sugerem que sejam feitos experimentos com repetições.

Dada a importância da seleção precoce, a sua eficiência foi avaliada em algumas espécies utilizando vários métodos de condução das gerações, e também comparando sua eficiência em relação a métodos alternativos. Porém, considerando a baixa eficiência da seleção visual, a possibilidade de sucesso com a seleção precoce irá restringir-se ao método do Bulk dentro das famílias em experimentos com repetição. Um fator que pode reduzir a eficiência dessa seleção é a ocorrência de interação, especialmente no caso do feijoeiro, que é cultivado em várias épocas de semeadura durante o ano e sendo submetido a uma amplitude muito grande de condições ambientais (Ramalho, Santos e Zimmerman, 1993). Considerando essas condições nas quais o feijoeiro é cultivado, espera-se que a interação de genótipos por ambientes seja de grande relevância na manifestação fenotípica, uma vez que esta é um dos componentes do fenótipo.

De acordo com Fehr (1987), o teste em geração precoce, é uma técnica utilizada para aumentar a porcentagem de famílias com alto rendimento. Entretanto, apresenta as seguintes desvantagens: elevados custos, em decorrência dos testes de avaliação de famílias e o maior tempo gasto no desenvolvimento de

uma nova cultivar, quando comparado com o SSD, que permite o avanço de duas ou mais gerações por ano mesmo em condições não favoráveis. No entanto, vale ressaltar que para o feijoeiro esta principal vantagem do SSD não se aplica, visto que, na maioria dos estados brasileiros é possível a condução de até três gerações no mesmo ano, em condições de campo.

Uma dificuldade encontrada por ocasião da aplicação da avaliação em seleção precoce, é em relação à geração na qual a seleção deve ser iniciada, principalmente para caracteres quantitativos, tal como produção de grãos, pois estes são muito influenciados pelo ambiente. Porém, vários argumentos têm sido apresentados, justificando o início da seleção já a partir das gerações  $F_2$  ou  $F_3$ . No entanto, as estimativas do coeficiente de correlação entre o desempenho das famílias em gerações sucessivas têm sido maior em gerações sucessivas quando envolve gerações avançadas. Isto é devido ao grande número de locos em homozigose, sugerindo que a seleção em gerações tardias seja mais eficiente (Caligari e Bos, 1995).

Fasoulas (1973) relata que os esforços para conseguir eficiência na seleção para altos rendimentos de grãos na geração  $F_2$  têm falhado porque praticamente não há correlação entre a produtividade de plantas individuais em  $F_2$  e suas progênes na geração  $F_3$ . Um possível caminho para a eficiência da seleção no melhoramento do caráter rendimento de grãos, segundo Knott (1972), seria reduzir a variação ambiental na geração  $F_2$ . Isto possibilitaria o aumento da herdabilidade e, conseqüentemente, a eficiência na seleção para o referido caráter.

Visando a identificar famílias produtivas, Boerma e Cooper (1975) compararam os procedimentos SSD, pedigree e o bulk dentro de famílias  $F_2$ , em quatro populações sêgregantes de soja. As famílias foram obtidas no segundo método na geração  $F_4$  e nos outros dois métodos na geração  $F_5$ . Avaliaram a produtividade nas gerações  $F_6$  ou  $F_7$  e compararam os métodos na geração  $F_8$ .

Verificaram que a média de todas as famílias selecionadas, a média das cinco famílias mais produtivas e a média da família mais produtiva de cada população não mostraram diferença significativa entre os métodos. No entanto, o método SSD mostrou ser mais eficiente que os demais métodos, porque exige menos esforços para efetuar a seleção, possibilita rápido avanço das gerações segregantes e não efetua teste de rendimento em gerações precoces.

Quatro populações de trigo foram avaliadas por O'Brien, Baker e Evans (1978), para investigar a resposta da seleção para a produção na  $F_3$ . A seleção foi baseada no desempenho das famílias  $F_{2,3}$  e a resposta da seleção em cada cruzamento foi feita usando as gerações  $F_4$  e  $F_5$ . Os resultados mostraram que diferenças na capacidade de produção das famílias  $F_3$  persistiram com o avanço das gerações em dois dos quatro cruzamentos. A eficiência da seleção precoce para o caráter produção foi influenciada pela variação ambiental entre as gerações, pela variação entre os genótipos e pela interação genótipos por ambientes.

Os métodos genealógico e o SSD foram comparados por Knott e Kumar (1975), em soja. Eles obtiveram correlação significativa, porém baixa (0,29 e 0,14), entre a produção de famílias  $F_3$  e famílias  $F_{3,5}$ . Foram comparadas 20% das famílias  $F_{3,5}$  mais produtivas pelo método genealógico, com 20% das famílias  $F_6$  mais produtivas derivadas do método SSD. Foi verificado que as famílias provenientes do SSD foram tão boas quanto as famílias derivadas do genealógico. Concluíram que os ganhos obtidos no teste de produção baseada em  $F_3$  podem não justificar o trabalho envolvido na avaliação das famílias. E definiram o SSD como o método de mérito considerável. Relataram ainda que o teste em gerações precoces tem sido realizado por diversos melhoristas com resultados conflitantes.

A relação entre as famílias das gerações  $F_3$ ,  $F_4$  e  $F_5$  de dois cruzamentos de trigo foi avaliada por Whan, Rathjem e Knight (1981), para os caracteres

produção de grãos e índice de colheita, utilizando o método genealógico. As famílias foram avaliadas em dois locais e em dois anos. Verificaram que a correlação entre famílias de uma geração e a média das famílias derivadas aumentou à medida que as gerações foram avançadas, sendo que a correlação entre as famílias  $F_2$  e  $F_3$  variou de 0,10 a 0,49\*, quando ambas as gerações foram avaliadas em um mesmo ambiente. Contudo, quando as famílias foram avaliadas em anos diferentes, as correlações foram de menor magnitude e freqüentemente não significativa. Verificaram também que a correlação entre as famílias de uma geração e a média das famílias derivadas aumentou com o avanço das gerações, sendo maior a correlação entre as gerações consecutivas do que entre gerações distanciadas. Concluíram que a seleção precoce para produção é eficiente, porém mencionaram a influência do efeito ambiental na sua eficácia.

Ntare et al. (1987) efetuaram um estudo semelhante em dois cruzamentos em Caupi. As famílias  $F_6$  foram comparadas em teste de produção. Verificaram que as estimativas da correlação entre o desempenho das famílias na geração  $F_3$  com as mesmas famílias nas gerações mais avançadas foram altas e significativas ( $r$  variando de 0,5 a 0,81).

Avaliando o efeito da seleção para o caráter produtividade em gerações segregantes de trigo, Whan, Rathjem e Knight (1982) avaliaram famílias na ausência e na presença de seleção, nas gerações  $F_3$ ,  $F_4$ ,  $F_5$  e  $F_6$  de dois cruzamentos. Foi comparada a produção das famílias selecionadas com a das famílias tomadas aleatoriamente. Foram utilizadas sementes remanescentes e todas as famílias das gerações foram testadas sob diferentes condições. Observaram que a resposta da seleção nas gerações  $F_3$ ,  $F_4$  e  $F_5$  não mostrou tendência clara, não permitindo concluir qual a geração ideal para iniciar a seleção. O marcante efeito das interações indicou que a seleção deve ser baseada em experimentos realizados em diferentes ambientes.

Visando atenuar o efeito do ambiente na seleção de plantas, Fasoulas (1973), propôs o arranjo em forma hexagonal-colmeia ("honeycomb"). Por esse arranjo, as plantas estão equidistantes, e uma é selecionada, tendo como referência as seis plantas (covas) situadas mais próximas a ela. A eficiência desse arranjo proposto por Fasoulas (1973) para produção em gerações precoces em trigo de primavera, foi avaliada por Lungu, Kaltsikes e Larter (1987). Foram utilizadas duas populações segregantes, e a seleção divergente para alta e baixa produtividade, efetuada nas gerações  $F_2$  e  $F_3$ . As famílias para alto e baixo rendimento e não selecionadas foram avaliadas na geração  $F_4$ . Observaram que, na média das duas populações, as famílias de maior produtividade em  $F_2$  e  $F_3$  superaram em 8,9% as de menor produtividade e em 14,4% as não selecionadas. Os autores inferiram que o arranjo em colmeia pode contribuir para melhorar a eficiência da seleção precoce.

Resultados semelhantes ao anteriormente relatado, foram obtidos com a cultura do feijão fava (*Vicia fava* L.), utilizando oito populações segregantes (Roupakias et al. 1997). Eles comentaram que a seleção precoce utilizando o arranjo em colmeia foi particularmente eficiente em baixa densidade de semeadura.

O procedimento Bulk dentro de famílias modificado foi utilizado na cultura da soja por Cooper (1990). Foi avaliado o desempenho das famílias  $F_{2,3}$ , para identificar os melhores cruzamentos, e na  $F_{2,4}$ , para identificar as melhores famílias dentro de cada cruzamento. As melhores famílias  $F_{2,4}$  foram avaliadas em  $F_{2,5}$  e em gerações subsequentes. Os resultados possibilitaram inferir que o Bulk dentro de famílias foi útil na identificação de famílias  $F_2$  com combinação genética desejável em gerações mais avançadas. O referido autor argumenta que, embora este não tenha sido comparado com outros métodos, mostrou ser uma alternativa para o avanço das gerações na cultura da soja.

A resposta da seleção foi estimada nas gerações  $F_3$ ,  $F_4$  e  $F_5$  de plantas selecionadas nas gerações  $F_2$  e  $F_3$  em um cruzamento em ervilha (Rana e Gupta, 1993). A resposta à seleção e à herdabilidade aumentaram nas sucessivas gerações. As plantas selecionadas na geração  $F_2$  não mostraram nenhuma correlação com as famílias nas gerações  $F_{2,3}$  e  $F_{2,4}$ , para todos os caracteres, exceto para a resistência ao míldio pulverulento, que mostrou-se constante nas gerações subsequentes. Porém, as plantas selecionadas nas gerações  $F_3$  mostraram correlação com as famílias  $F_{3,4}$  e  $F_{3,5}$  para os caracteres produção de grãos, vagens por planta, peso de 100 grãos, índice de colheita e reação ao míldio pulverulento. A resposta máxima foi observada na geração  $F_5$ , quando a seleção foi praticada na geração  $F_3$ . O estudo, além de revelar que a seleção para caracteres poligênicos deverá ser feita preferencialmente após a geração  $F_2$ , mostrou também que a seleção para caracteres poligênicos ou oligogênicos, como resistência ao míldio pulverulento, pode ser praticada na geração  $F_2$ .

Avaliando o caráter período de enchimento de grãos (PEG), Sharma (1994) utilizou o método genealógico em seis populações geneticamente divergentes de trigo. Observou que a seleção precoce para o caráter foi eficiente e contribuiu positivamente para expressão dos componentes primários da produção de grãos.

Em trabalho conduzido na Itália, com a cultura do feijoeiro, Ranalli et al. (1996) avaliaram a eficiência da seleção precoce utilizando o método Bulk dentro de famílias. Observaram que as estimativas das correlações entre o desempenho das famílias nas gerações  $F_3$  e  $F_5$ , embora significativas foram de pequena magnitude (0,20 e 0,25). Além do mais, as estimativas da herdabilidade realizadas foram de pequena magnitude nas diferentes intensidades de seleção simulada. Argumentaram também que a seleção precoce só é eficiente para

caracteres de maior herdabilidade, como número de vagens por planta e de sementes por vagens.

A eficiência da seleção em gerações segregantes para resistência a doenças foliares foi avaliada na cultura do amendoim (Bhat, Gowda e Abdul Khader, 1996). Plantas  $S_1$  selecionadas deram origem as famílias  $S_2$ , que foram avaliadas em experimentos com repetições na geração  $S_3$ , em ambas gerações. A seleção foi efetuada entre plantas  $S_1$  e famílias  $S_2$ , utilizando como critério a herdabilidade realizada e o ganho genético, com uma intensidade de seleção de 20%. Constataram que, de um modo geral, a seleção com base em famílias mostrou-se superior à seleção entre plantas para todos os caracteres. Concluíram também que a seleção precoce foi ineficiente especialmente para o caráter produtividade.

Visando a avaliar a eficiência do teste precoce na obtenção de linhagens de milho, Bernardo (1991) demonstrou teoricamente que ela deve ser eficiente. Ele demonstrou que a correlação genética  $r_{GnGn'}$  entre o desempenho das linhagens na geração  $F_n$  e na geração  $F_{n'}$  é função apenas do coeficiente de endogamia ( $I$ ) nas gerações  $n$  e  $n'$ , ou seja  $r_{GnGn'} = \left[ \frac{(1+I_n)}{(1+I_{n'})} \right]^{0.5}$ . Considerando a geração  $F_2$  como  $n$  ( $I_n=0$ ) e  $n'$  como a  $F_\infty$  ( $I_{n'}=1$ ), a correlação genética é  $r_{GnGn'} = \left[ \frac{(1+0)}{(1+1)} \right]^{0.5} = 0,71$ . Entre  $F_3$  e  $F_\infty$ , o valor passa a ser de 0,87. Assim, depreende-se que a correlação genética das gerações iniciais com a da  $F_\infty$  é bem alta. O problema é que, nas gerações iniciais, a seleção não é baseada no genótipo da planta ou família, mas sim no fenótipo. Por isso, obteve-se a expressão que possibilita estimar a correlação entre o fenótipo do indivíduo ou da família na geração  $F_n$  e o genótipo na geração  $F_\infty$ , ou seja  $r_{FnGn'} = r_{GnGn'} \cdot h_n$ . Essa correlação é função da correlação genética especificada anteriormente e a raiz quadrada da herdabilidade do caráter manifestada na geração  $n$ . Fica, assim, fácil

entender porque nos inúmeros trabalhos avaliando eficiência da seleção precoce, a mesma foi mais efetiva para caracteres de alta herdabilidade. A única restrição a essas expressões é que infelizmente elas não consideram o efeito da interação.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local

Este trabalho foi conduzido no Campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizada no município de Lavras, na região Sul do Estado de Minas Gerais, a 900 metros de altitude (21° 12' de latitude Sul e 45° 00' de longitude Oeste).

#### 3.2 Material experimental

Foram avaliadas famílias segregantes, oriundas do cruzamento entre os Cultivares Carioca ( $P_1$ ) e o FT-Tarumã ( $P_2$ ). O genitor Carioca possui hábito de crescimento tipo III, apresenta grãos pequenos, de tegumento bege com estrias marrom, com peso de 100 sementes variando de 22 a 25g, ciclo de 90 dias e é proveniente de Instituto Agronômico de Campinas. O outro genitor FT-Tarumã é oriundo do FT- Pesquisa e Sementes, possui hábito de crescimento tipo II, grãos pequenos de cor preta, flores violeta e ciclo de 90 dias.

#### 3.3 Método de obtenção das famílias

O cruzamento entre os cultivares Carioca e FT-Tarumã foi realizado em casa de vegetação no ano de 1995, utilizando a metodologia proposta por Ramalho, Santos e Zimmerman (1993). Também nessas condições e seguindo a mesma metodologia, obteve-se as sementes  $F_2RC_1$  ( $F_1 \times P_1$ ) e  $F_2RC_2$  ( $F_1 \times P_2$ ). Posteriormente, foram obtiveram as gerações  $F_2$ ,  $F_2RC_1$ ,  $F_2RC_2$ , sob condições de campo, quando então foram colhidas aleatoriamente plantas individuais que deram origem às famílias que foram avançadas em campo, por meio do método 'Bulk', dentro de famílias  $F_2$ .

### 3.4 Avaliação das famílias

Foram obtidas 64 famílias derivadas de plantas da geração  $F_2$ , 64 famílias do  $F_{2RC_1}$  e 64 do  $F_{2RC_2}$ , totalizando, portanto, 192 famílias, que foram avaliadas juntamente com os dois genitores e mais duas testemunhas ('Carioca-MG' e 'Pérola') na geração  $F_{2,3}$ , utilizando o delineamento látice simples 14 x 14. As parcelas foram constituídas de 1 linha de 1 metro, que foi semeada na safra da seca (fevereiro de 1997).

A densidade de semeadura foi de 15 sementes/metro. Foi realizada a adubação no momento da semeadura, com o equivalente a 400 kg/ha da fórmula 4-14-8 de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  e, em cobertura, foi aplicado o equivalente a 150 kg/ha de sulfato de amônio. A única aplicação de defensivos agrícola foi feita utilizando o inseticida Phorate no momento da semeadura. Quando houve deficiência hídrica a cultura recebeu irrigação suplementar por aspersão. O dado coletado foi a produção de grãos, em g/parcela.

Seguindo a mesma metodologia, as famílias foram novamente avaliadas por mais três gerações:  $F_{2,4}$  semeadura no inverno (julho de 1997),  $F_{2,5}$  semeadura nas águas (novembro de 1997) e  $F_{2,6}$  semeadura na seca (fevereiro de 1998). Nestas avaliações, apenas a dimensão da parcela diferiu do experimento de avaliação da geração  $F_{2,3}$ , sendo que, neste caso, a parcela utilizada foi de 2 linhas de 2 metros. Os tratos culturais foram idênticos aos relatados para a geração  $F_{2,3}$ .

### 3.5 Análise dos dados

Os dados relativos à produção de grãos em kg/ha foram submetidos à análise de variância de acordo com o seguinte modelo estatístico, considerando como fixo apenas o efeito da média:

$$Y_{qik} = m + t_k + r_q + b_{(q)l} + e_{qik}$$

$Y_{qik}$  : valor observado do tratamento  $k$ , no bloco  $l$ , dentro da repetição  $q$ ;

$m$  : média geral;

$t_k$  : efeito do tratamento  $k$ , sendo  $k=1, 2, \dots, 196$ ;

$r_q$  : efeito da repetição  $q$ , sendo  $q = 1, 2$ ;

$b_{(q)l}$  : efeito do bloco  $l$  dentro da repetição  $q$ ;

$e_{qik}$  : efeito do erro experimental da parcela que recebe o tratamento  $k$ , no bloco  $l$ , da repetição  $q$ , sendo  $e_{qik} \sim N(0, \sigma^2)$ .

O esquema de análise de variância do delineamento em látice, com as respectivas esperanças dos quadrados médios está apresentado na Tabela 1.

TABELA 1. Esquema de análise de variância e esperança dos quadrados médios [E(QM)] utilizado na análise de cada uma das gerações avaliadas.

Fonte de Variação	GL	QM	E(QM) <sup>1</sup>
Tratamentos	$gl_1$	$Q_{1i}$	$\sigma_{ei}^2 + r\sigma_{G_i}^2$
Erro efetivo	$gl_2$	$Q_{2i}$	$\sigma_{ei}^2$

em que:

$\sigma_{ei}^2$ : variância do erro experimental na geração  $i$ ;

$\sigma_{G_i}^2$ : variância genética entre famílias na geração  $i$ .

Posteriormente, efetuou-se a análise de variância conjunta, utilizando as médias ajustadas, com base no seguinte modelo estatístico. Foram considerados como fixos os efeitos da média e das gerações, e envolvendo todas as gerações inicialmente, e posteriormente, considerando as gerações duas a duas.

$$Y_{qik} = m + t_k + r_{q(i)} + g_i + (tg)_{ik} + e_{kq(i)}$$

$Y_{qik}$ : valor observado no tratamento k, no repetição q, dentro da geração i;

m : média geral;

$r_{q(i)}$ : efeito aleatório da repetição q dentro da geração i;

$t_k$  : efeito aleatório da tratamento k, sendo  $k=1, 2, \dots, 192$ ;

$g_i$  : efeito fixo da geração i, sendo  $i=1, \dots, 4$ ;

$(tg)_{ik}$  : efeito aleatório da interação tratamento k com a geração i;

$e_{kq(i)}$  : erro experimental médio associado a observação  $y_{kq(i)}$ .

Foi efetuado o teste de homogeneidade de variância. Como não houve homocedasticidade, foi utilizado o método de Cochran, citado por Pimentel Gomes (1985).

O esquema da análise de variância conjunta das gerações, juntamente com a esperança dos quadrados médios seguindo a metodologia de Schwarz (1993), está apresentado na Tabela 2.

TABELA 2. Esquema da análise de variância conjunta com os quadrados médios e suas respectivas esperanças matemáticas  $E(QM)$ .

FV	GL	QM	$E(QM)$
Blocos/local	$g(r-1)$		
Gerações	$g-1$		
Famílias (G)	$l-1$	$Q_3$	$\sigma_e^2 + r \sigma_{GE}^2 + r m \sigma_G^2$
Inter. GxE	$(g-1)(l-1)$	$Q_4$	$\sigma_e^2 + r \sigma_{GE}^2$
Erro efetivo médio	$f^1$	$Q_5$	$\sigma_e^2$

$f^1$  : corresponde a soma de graus de liberdade dos erros dos experimentos individuais.

Em que: r. n° de repetições

n: n° de gerações

$\sigma_e^2$ : variância do erro

$\sigma_G^2$ : variância genética entre as famílias

$\sigma_{GE}^2$ : variância da interação famílias x gerações (ambiente).

### 3.6 Estimativa dos parâmetros genéticos e fenotípicos

Utilizando as esperanças matemáticas apresentadas nas Tabelas 1 e 2, foram obtidas as seguintes estimativas:

a-Variância genética entre as famílias na geração  $F_{2i}$  ( $\hat{\sigma}_{G_i}^2$ )

$$\hat{\sigma}_{G_i}^2 = \frac{(Q_{1i} - Q_{2i})}{r}$$

b-Variância fenotípica entre média das famílias na geração  $F_{2i}$ .

$$\hat{\sigma}_{\bar{F}_i}^2 = \frac{Q_{1i}}{r}$$

c- Herdabilidade ( $h_i^2$ ) no sentido amplo na média das famílias .

$$h_i^2 = \frac{\sigma_{G_i}^2}{\sigma_{\bar{F}_i}^2} \times 100$$

Estimou-se também os limites inferior (LI) e superior (LS) das estimativas da ( $h_i^2$ ) na média das famílias pelas expressões apresentadas por Knapp, Stroup e Ross (1985), ou seja,

$$LI = \left\{ 1 - \left[ \left( \frac{Q_1}{Q_2} \right) F_{1-\alpha/2; gl_2; gl_1} \right]^{-1} \right\}$$

$F_{1-\alpha/2; gl_2; gl_1}$  : valor da distribuição de F para os graus de liberdade  $gl_1$  e  $gl_2$ , tal que a probabilidade de exceder este valor é de  $1-\alpha/2$ .

$$LS = \left\{ 1 - \left[ \left( \frac{Q_1}{Q_2} \right) F_{\alpha/2; gl_2; gl_1} \right]^{-1} \right\}$$

$F_{\alpha/2; gl_2; gl_1}$  : valor da distribuição de F para os graus de liberdade  $gl_1$  e  $gl_2$ , tal que a probabilidade de exceder este valor é de  $\alpha/2$ .

d - Variância genética entre média das famílias na análise conjunta.

$$\hat{\sigma}_G = \frac{Q_3 - Q_4}{r \times n}$$

e - Variância da interação famílias x gerações

$$\hat{\sigma}_{GE} = \frac{Q_4 - Q_5}{r}$$

f - Variância fenotípica entre média das famílias na análise conjunta.

$$\hat{\sigma}_F = \frac{Q_3 - Q_5}{r \times n}$$

g - Herdabilidade ( $h^2$ ) no sentido amplo na média das famílias utilizando a expressão de Ramalho, Santos e Zimmerman, 1993.

$$h^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_F^2} \times 100$$

A interação famílias x gerações das análises de variância conjunta duas a duas ( $\sigma_{GE_{ij}}^2$ ), foi decomposta por meio da seguinte expressão (Vencovsky (1987):

$$\sigma_{GE_{ij}}^2 = \frac{1}{2} (\sigma_{Gi} - \sigma_{Gj})^2 + \sigma_{Gi} \sigma_{Gj} (1 - r_{ij})$$

$r_{ij}$  : correlação genética entre o desempenho médio das famílias nas gerações i e j, obtida pela expressão:

$$r_{ij} = \frac{C\acute{o}v}{\sqrt{\sigma_{Gi}^2 \times \sigma_{Gj}^2}}$$

em que:

$C\acute{o}v_{ij}$  : Covariância genética entre o desempenho médio das famílias nas gerações i e j;

$\hat{\sigma}_{G_i}^2$ : variância genética entre famílias nas geração i;

$\hat{\sigma}_{G_j}^2$ : variância genética entre famílias na geração j;

A herdabilidade realizada ( $h_{ij}^2$ ) foi estimada utilizando o procedimento descrito por Fehr (1987) e Ramalho, Santos e Zimmerman (1993), por meio da

expressão:

$$h_{ij}^2 = \frac{GS_j / m_j}{ds_i / m_i}$$

em que:

$GS_j$ : Desempenho na geração j das famílias selecionadas na geração i, menos a média geral dos indivíduos da geração j;

$ds_i$ : diferencial de seleção, ou seja, a média dos indivíduos selecionados na geração i menos a média geral dos indivíduos dessa geração;

$m_i$  e  $m_j$ : médias das famílias selecionadas nas gerações i e j, respectivamente.

## 4 RESULTADOS

Os resumos das análises de variância do desempenho das famílias nas gerações  $F_{2:3}$ ,  $F_{2:4}$ ,  $F_{2:5}$  e  $F_{2:6}$  são apresentadas na tabela 3. Inicialmente, constata-se que, embora fossem avaliados um grande número de tratamentos, a eficiência do látice foi relativamente pequena. Em apenas um dos casos foi superior a 10%.

A precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação (CV) pode ser considerada média e variou de 17,6% na avaliação realizada na geração  $F_{2:6}$  a 25,2%, na  $F_{2:3}$ . Foi, inclusive, nessa geração, que o quadrado médio do erro foi bem superior aos demais, provavelmente porque foi utilizada uma parcela de menor dimensão, ou seja, uma linha de um metro. Nessa avaliação, o CV só não apresentou uma estimativa ainda maior, devido à média geral ter sido bem superior às demais (Tabela 3).

Constatou-se diferença significativa entre tratamentos em todas as gerações. Porém, quando da decomposição dessa fonte de variação, apenas entre tipos de famílias e entre as famílias derivadas do  $RC_2$  foi obtido teste de F significativo em todas as gerações. O desempenho das quatro testemunhas avaliadas não diferiu da média das famílias, exceto na geração  $F_{2:5}$ . O mesmo ocorreu, quando se avaliou o desempenho das testemunhas entre si (Tabela 3).

A produtividade média de grãos dos materiais variou acentuadamente entre as gerações. Como já mencionado, ela apresentou maior magnitude na geração  $F_{2:3}$  (3746 kg/ha) e menor na  $F_{2:5}$  (1509 kg/ha) (Tabela 3). A distribuição de freqüência das médias obtidas para as diferentes gerações avaliadas é mostrada nas Figuras 2, 3, 4 e 5, evidenciando o fato já comentado da variação entre as famílias. Veja que, na geração  $F_{2:3}$ , a maior amplitude de variação entre a produtividade média de grãos ocorreu entre as famílias do  $RC_2$ , amplitude esta 0,33% superior à média geral dessa geração (3746 kg/ha). Na avaliação da  $F_{2:4}$ , a

amplitude de variação da produtividade, ou seja, média de grãos, variou de 2219 kg/ha no (RC<sub>2</sub>) a 2576 kg/ha nas famílias (F<sub>2</sub>), tendo essa última representado 90,86% da média de grãos entre famílias, nessa geração. Proporcionalmente à média, a amplitude de variação no desempenho das famílias foi menor nas gerações F<sub>2:5</sub> e F<sub>2:6</sub>.

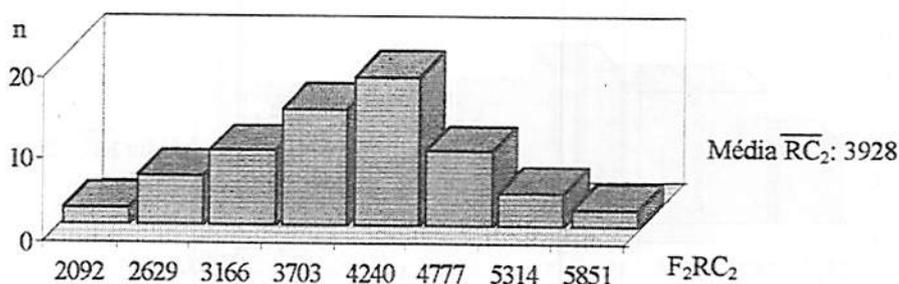
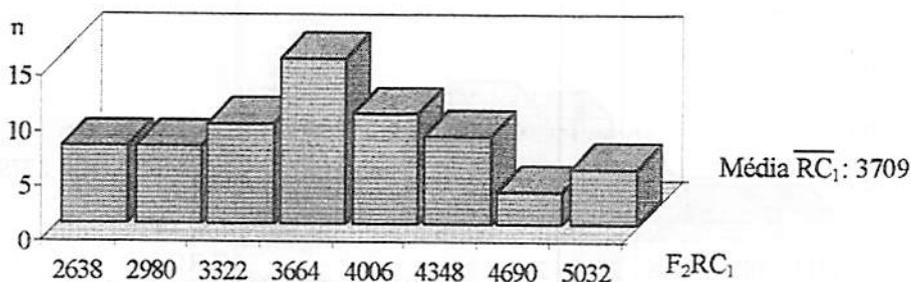
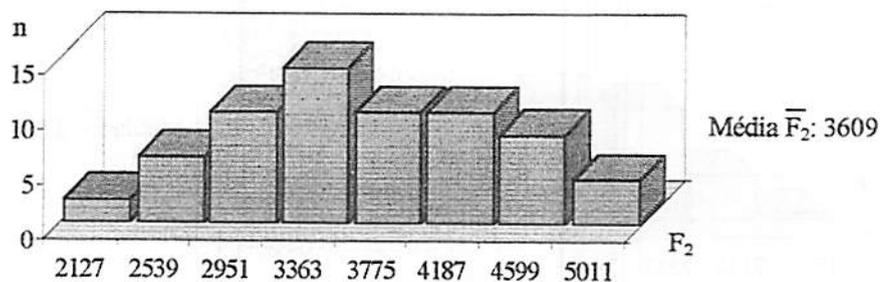
Um fato que chama atenção é que, exceto na geração F<sub>2:5</sub>, foram encontradas famílias com desempenho superior a ambos os parentais e também aos dois outros cultivares testemunha. Esses resultados evidenciam o potencial produtivo das famílias avaliadas e a possibilidade de sucesso com a seleção.

TABELA 3. Resumo das análises de variância para o caráter produtividade de grãos (kg/ha), obtidas na avaliação das famílias das gerações F<sub>2:3</sub>, F<sub>2:4</sub>, F<sub>2:5</sub> e F<sub>2:6</sub>, do cruzamento Carioca x FT-Tarumã, em Lavras, 1997/1998.

FV	GL	QM			
		F <sub>2:3</sub>	F <sub>2:4</sub>	F <sub>2:5</sub>	F <sub>2:6</sub>
Repetição	1	2496016,33	3010006,38**	18258061,22**	3511250,00**
Tratamentos	195	1237347,95*	504190,15**	186833,82**	394800,56**
Entre famílias F <sub>2</sub>	63	1216778,19	454777,14	196474,71**	348545,05*
Entre famílias RC <sub>1</sub>	63	944261,99	479840,59*	162805,94**	382718,46*
Entre famílias RC <sub>2</sub>	63	1543316,45**	568590,11**	166399,09**	422564,70**
Entre tipos de famílias	2	3404590,85*	1028391,00*	411027,37*	1904210,00**
Entre testemunhas	3	335046,83	158291,68	346328,18*	121620,67
Testemunhas vs famílias	1	93898,38	1083291,53	1453723,60**	121658,09
Erro efetivo	169	893521,95	336062,05	98100,76	241896,02
Média		3746,63	2834,82	1509,31	2788,52
CV%		25,23	20,45	20,75	17,64
Eficiência do látice		106,17	102,98	105,34	111,53

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

Testemunha	Média (kg/ha)
Carioca	2929
FT-Tarumã	3350
Pérola	3518



Produtividade (kg/ha)

FIGURA 2. Distribuição de frequência da produtividade média de grãos (kg/ha) das famílias derivadas de plantas F<sub>2</sub>, do F<sub>2</sub>RC<sub>1</sub> e F<sub>2</sub>RC<sub>2</sub>, avaliadas na geração F<sub>2,3</sub>.

Testemunha	Média (kg/ha)
Carioca	2930
FT-Tarumã	3351
Pérola	3518

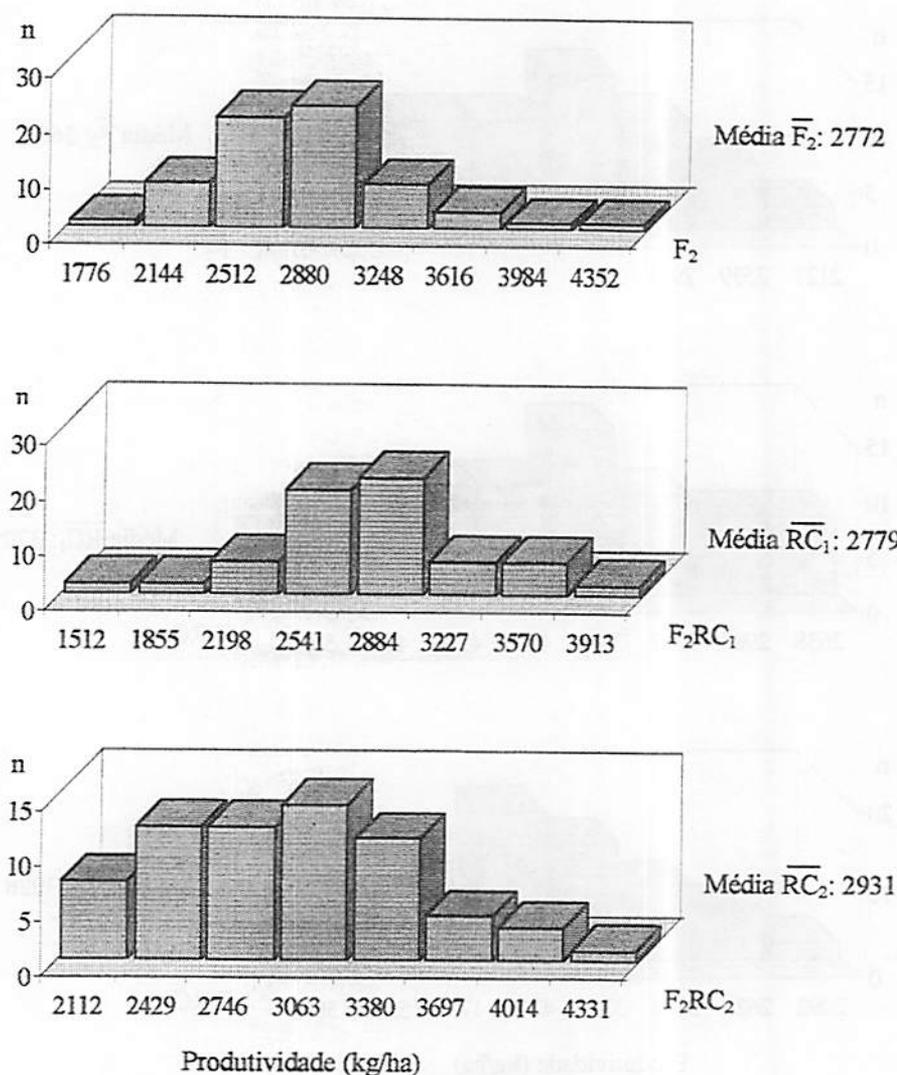
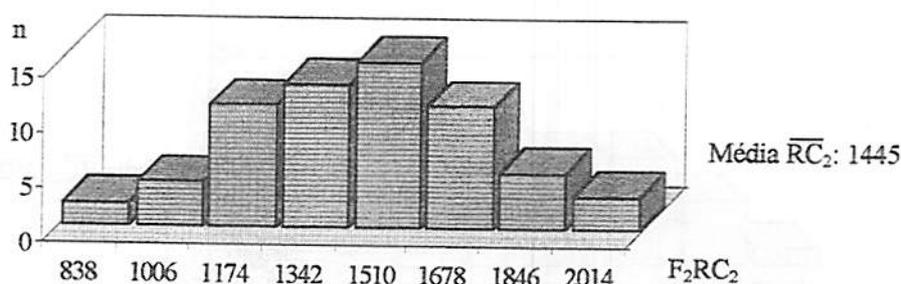
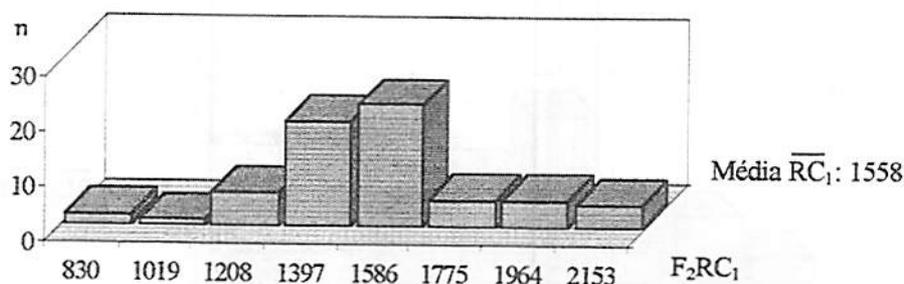
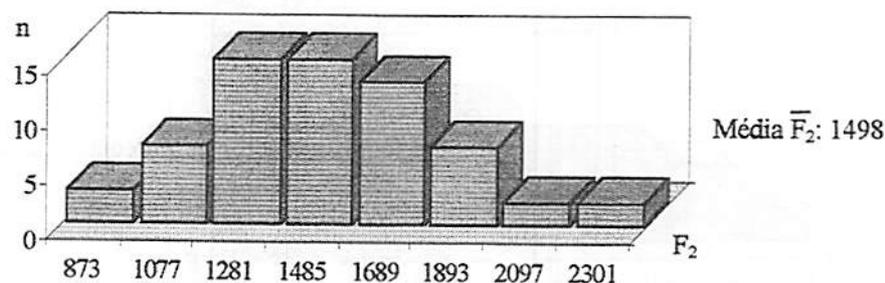


FIGURA 3. Distribuição de frequência da produtividade média de grãos (kg/ha) das famílias derivadas de plantas F<sub>2</sub>, do F<sub>2</sub>RC<sub>1</sub> e F<sub>2</sub>RC<sub>2</sub>, avaliadas na geração F<sub>2,4</sub>.

Testemunha	Média (kg/ha)
Carioca	1953
FT-Tarumã	1872
Pérola	2456



Produtividade (kg/ha)

FIGURA 4. Distribuição de frequência da produtividade média de grãos (kg/ha) das famílias derivadas de plantas  $F_2$ , do  $F_2RC_1$  e  $F_2RC_2$ , avaliadas na geração  $F_{2.5}$ .

Testemunha	Média (kg/ha)
Carioca	2396
FT-Tarumã	2604
Pérola	2991

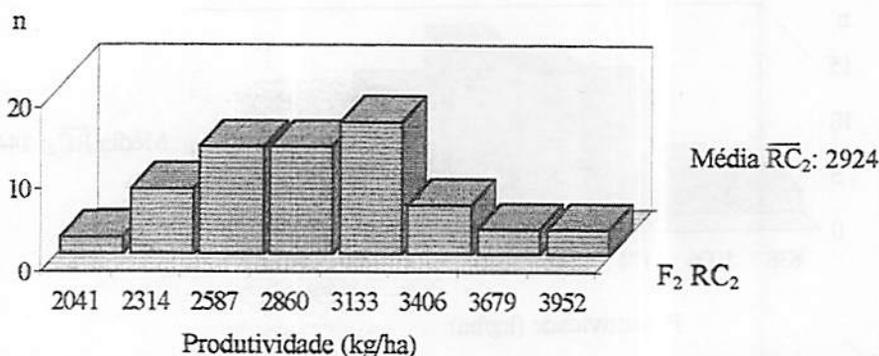
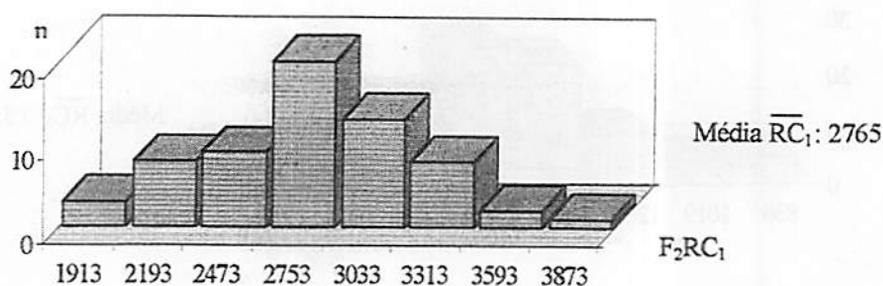
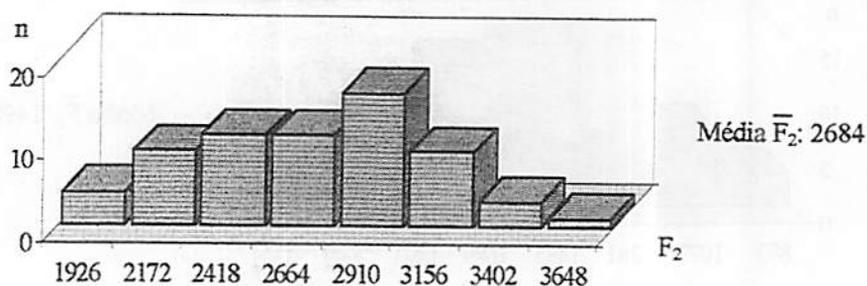


FIGURA 5. Distribuição de frequência da produtividade média de grãos (kg/ha) das famílias derivadas de plantas F<sub>2</sub>, do F<sub>2</sub>RC<sub>1</sub> e F<sub>2</sub>RC<sub>2</sub>, avaliadas na geração F<sub>2.6</sub>.

É oportuno salientar também que, em todas as avaliações, novamente exceto na geração  $F_{2.5}$ , a produtividade média das famílias do  $RC_2$ , ou seja, oriunda da população contendo 75% dos alelos do pai FT - Tarumã, foi a que apresentou maior produtividade média de grãos. Observa-se também que em média, as famílias do  $RC_1$  foram superiores às da geração  $F_2$ , em todas as avaliações, porém em alguns casos a diferença não foi expressiva.

As estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos, obtidas a partir das análises realizadas nas diferentes avaliações, estão apresentadas na Tabela 4. Verifica-se que a maior estimativa da variância genética foi observada na  $F_{2.3}$  e a menor em  $F_{2.5}$ . Quanto à herdabilidade no sentido amplo, constata-se que esta variou de 28,94% na geração  $F_{2.3}$  a 44,8% na  $F_{2.5}$ . Pode se constatar, também, que a precisão das estimativas da  $h^2$  foi variável. A amplitude de variação entre os limites inferior e superior de  $h^2$  variou de 146,47% da estimativa no caso da  $F_{2.3}$  a 73,5% de na  $F_{2.5}$ . Com relação ao coeficiente de variação genético (CVg %), o maior valor foi obtido em  $F_{2.5}$  (CVg 13,29 %) e o menor em  $F_{2.6}$  (CVg 10,09 %).

A análise conjunta, apresentada na Tabela 5, mostra que ocorreu diferença significativa entre as seguintes fontes de variação: gerações, tratamentos e interação tratamentos x gerações. Quando da decomposição do efeito de tratamentos, como já ocorrera nas análises individuais, observou-se diferenças significativas entre as famílias derivadas de plantas da geração  $F_2$  e de ambos os retrocruzamentos. Analogamente, detectou-se diferenças também no desempenho médio dos três tipos de famílias. Contudo, não se constatou teste de F significativo entre as testemunhas e o desempenho médio das testemunhas e das 192 famílias avaliadas.

TABELA 4. Estimativas da variância genética ( $\hat{\sigma}_G^2$ ), da variância fenotípica entre média de famílias ( $\hat{\sigma}_F^2$ ), do coeficiente de variação genético (CVg %) e da herdabilidade no sentido amplo ( $h^2$ ) obtido na geração i (F<sub>2:3</sub>, F<sub>2:4</sub>, F<sub>2:5</sub> e F<sub>2:6</sub>) em Lavras, 1997/1998.

Gerações	$\hat{\sigma}_G^2$	$\hat{\sigma}_F^2$	$h^2$	CVg (%)
F <sub>2:3</sub>	181992,03	628753,00	28,94 (4,56 ; 46,95) <sup>1</sup>	11,38
F <sub>2:4</sub>	85264,50	253295,53	33,66 (10,90 ; 50,47)	10,33
F <sub>2:5</sub>	39797,47	88847,84	44,79 (25,85 ; 58,78)	13,29
F <sub>2:6</sub>	79312,72	200260,72	39,60 (18,88 ; 54,91)	10,09

<sup>1</sup> Limite Inferior e Limite Superior respectivamente.

Na decomposição da variação tratamentos x gerações, observou-se que ela só foi significativa quando envolveu as famílias derivadas das plantas da geração F<sub>2</sub> e RC<sub>1</sub> e entre os tipos de progênies. Chama atenção o fato de que entre as famílias derivadas do RC<sub>2</sub>, embora sempre fosse detectada diferença significativa, o comportamento foi coincidente nas sucessivas gerações, evidenciando que esse tipo de família não interagiu com o ambiente.

TABELA 5. Resumo da análise de variância conjunta para o caráter produtividade de grãos (kg/ha), obtida na avaliação das famílias das gerações F<sub>23</sub>, F<sub>24</sub>, F<sub>25</sub> e F<sub>26</sub> do cruzamento Carioca x FT-Tarumã em Lavras, 1997/1998.

FV	GL	QM
Gerações (E)	3	331582464,20**
Tratamentos (G)	195	843533,00**
Entre famílias F <sub>2</sub>	63	701614,07*
Entre famílias RC <sub>1</sub>	63	737309,92*
Entre famílias RC <sub>2</sub>	63	1017048,64**
Entre tipos de famílias	2	3604324,50**
Entre testemunhas	3	640335,15
Testemunhas vs Famílias	1	633052,00
Interação (GE)	420 <sup>L</sup> (585)	4932004,06**
Entre famílias F <sub>2</sub> x Gerações	135 (189)	504957,52*
Entre famílias RC <sub>1</sub> x Gerações	135 (189)	561274,09**
Entre famílias RC <sub>2</sub> x Gerações	135 (189)	410775,08
Entre tipos de famílias x Gerações	4 (6)	1047964,66*
Entre testemunhas x Gerações	6 (9)	106977,93
Testemunhas vs famílias x Gerações	2 (3)	708276,11
Erro médio	425 (676)	392395,19
Média		2719,82
CV%		23,03

<sup>L</sup>Graus de liberdade estimado pelo método de Cochran.  
 \*\* Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

A estimativa da variância genética na análise conjunta, associada ao valor obtido para a herdabilidade no sentido amplo ( $h^2 = 41,24\%$ ), reforça a observação da existência de variabilidade entre as famílias (Tabela 6). Essa variabilidade também pode ser constatada na distribuição de frequência

apresentada na Figura 6. Verifica-se que a maior amplitude de variação entre a produtividade média de grãos ocorreu entre as famílias do RC<sub>2</sub>, (1631kg/ha). A produtividade média das famílias do RC<sub>2</sub> foi 3,8% superior à do RC<sub>1</sub> e 6,3% a da F<sub>2</sub>, evidenciando, como já comentado anteriormente, o maior potencial produtivo das famílias contendo 75% dos alelos do pai FT-Tarumã.

Como era esperado, a amplitude de variação, diferença entre os limites superior e inferior da  $h^2$ , foi menor que o relatado para as análises individuais. Mesmo assim, a amplitude ainda correspondeu a 69,56% do valor da herdabilidade.

TABELA 6. Estimativas da variância genética ( $\hat{\sigma}_G^2$ ) do coeficiente de variação genético (CVg%), variância genética da interação famílias x gerações ( $\hat{\sigma}_{GF}^2$ ) e da herdabilidade no sentido amplo ( $\hat{h}^2$ ) obtidas com base na média das gerações F<sub>2:3</sub>, F<sub>2:4</sub>, F<sub>2:5</sub> e F<sub>2:6</sub> em Lavras, 1997/1998.

Parâmetros	Estimativas
$\hat{\sigma}_G^2$	43707,96
$\hat{h}^2$	41,24 (25,46 ; 54,15) <sup>1</sup>
CVg (%)	7,69
$\hat{\sigma}_{GF}^2$	52883,86

<sup>1</sup> Limite Inferior e Limite Superior respectivamente.

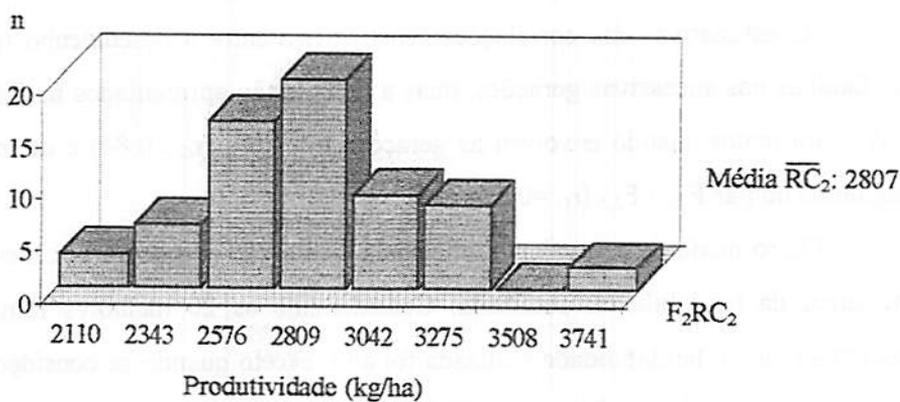
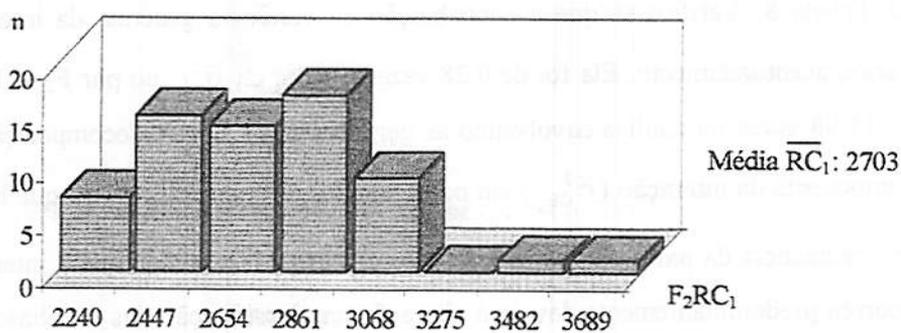
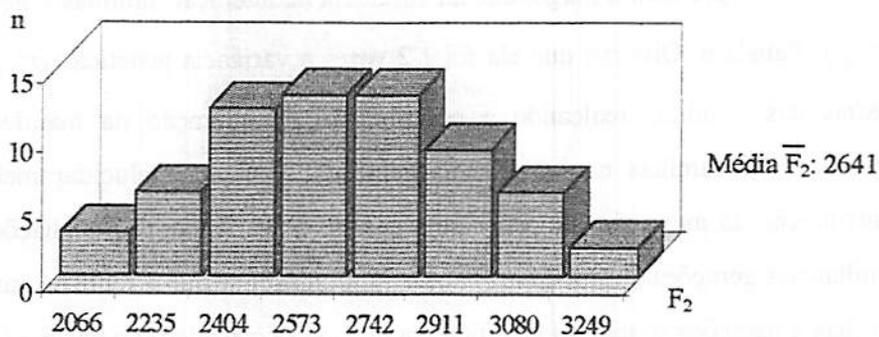


FIGURA 6. Distribuição de frequência da produtividade média de grãos (kg/ha) das famílias derivadas de plantas  $F_2$ , do  $F_2RC_1$  e  $F_2RC_2$ , avaliadas nas gerações  $F_{2,3}$ ,  $F_{2,4}$ ,  $F_{2,5}$  e  $F_{2,6}$ .

Foi expressiva a magnitude da variância da interação famílias x gerações ( $\hat{\sigma}_{GF}^2$ ), Tabela 6. Observe que ela foi 1,2 vezes a variância genética ( $\hat{\sigma}_G^2$ ) entre médias das famílias, realçando a contribuição da interação na manifestação genética das famílias nas sucessivas gerações. Visando a elucidar melhor a contribuição da interação, procedeu-se a análise de variância das avaliações das famílias nas gerações duas a duas (Tabela 7). Constata-se que a fonte de variação famílias x gerações só não foi significativa quando se considerou o par  $F_{2,3} / F_{2,4}$ .

As estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos estão apresentados na Tabela 8. Verifica-se que a contribuição da variância genética da interação variou acentuadamente. Ela foi de 0,28 vezes o valor da  $\hat{\sigma}_G^2$  no par  $F_{2,3} / F_{2,4}$  e de 11,98 vezes na análise envolvendo as gerações  $F_{2,3} / F_{2,5}$ . A decomposição do componente da interação ( $\hat{\sigma}_{GF_i}^2$ ) em parte simples e complexa, mostra que houve predominância da parte complexa em todos os casos. Isso indica que a interação ocorreu predominantemente devido à alteração na classificação das famílias entre as gerações.

As estimativas das correlações genética ( $r_G$ ) entre o desempenho médio das famílias nas sucessivas gerações, duas a duas, estão apresentados na Tabela 8. A  $r_G$  foi maior quando envolveu as gerações  $F_{2,3} / F_{2,4}$  ( $r_G = 0,84$ ) e de menor magnitude no par  $F_{2,3} / F_{2,5}$  ( $r_G = 0,10$ ).

Outro modo de se avaliar a eficiência da seleção precoce é por meio da estimativa da herdabilidade realizada. Considerando as 20 melhores famílias, observa-se que a herdabilidade realizada foi alta, exceto quando se considerou a geração  $F_{2,3}$  e o ganho em  $F_{2,5}$  ou  $F_{2,6}$  (Tabela 9).

TABELA 7. Resumo das análises de variância conjunta, para o caráter produtividade de grãos(kg/ha), obtida nas avaliações das famílias, considerando as diferentes gerações duas a duas, do cruzamento Cartoca x FT-Tarumã em Lavras, 1997/1998.

FV	GL	QM					
		Par de gerações					
		$F_{2,3}/F_{2,6}$	$F_{2,4}/F_{2,5}$	$F_{2,4}/F_{2,5}$	$F_{2,3}/F_{2,6}$	$F_{2,3}/F_{2,6}$	$F_{2,3}/F_{2,6}$
Gerações (E)	1	163086169,66**	970570737,59**	176138329,00**	337951808,05**	251192,12	319775728,31**
Famílias (G)	191	1091415,18**	734682,78	961756,18*	388023,35*	523511,53**	338578,01**
Interação(G x E)	191	672683,04	700518,98**	696271,33*	296263,62**	3 83600,91**	239639,09**
Erro médio	338	614792,00	495811,35	567708,99	217081,40	288979,03	169998,39
Média		3288,05	2624,69	3269,96	2163,88	2809,15	2145,79
CV(%)		17,64	22,55	18,04	17,79	15,59	16,13

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

TABELA 8. Estimativas dos componentes da variância genética ( $\hat{\sigma}_G^2$ ) e da variância da interação famílias x gerações ( $\hat{\sigma}_{GE}^2$ ), e decomposição em parte simples e complexa, estimativas das correlações genética ( $r_G$ ), obtidas na avaliação das famílias, considerando as diferentes gerações duas a duas, do cruzamento Carioca x FT-Tarumã, em Lavras, 1997/1998.

Gerações	Estimativas			Parte Simples		Parte Complexa		$r_G$
	$\hat{\sigma}_G^2$	$\hat{\sigma}_{GE}^2$	$\hat{\sigma}_{GE}^2 / \hat{\sigma}_G^2$	Estimativas	%	Estimativas	%	
F <sub>23</sub> F <sub>24</sub>	104683,03	28945,52	0,28	9014,54	0,31	19930,98	0,69	0,84
F <sub>23</sub> F <sub>25</sub>	8541,17	102353,82	11,98	25759,58	0,25	76594,24	0,75	0,10
F <sub>23</sub> F <sub>26</sub>	66371,21	64281,17	0,97	10457,28	0,16	53823,89	0,84	0,55
F <sub>24</sub> F <sub>25</sub>	22939,93	39591,11	1,72	4232,17	0,10	35358,94	0,90	0,39
F <sub>24</sub> F <sub>26</sub>	34977,65	47310,94	1,35	26,11	0,01	47284,83	0,99	0,42
F <sub>25</sub> F <sub>26</sub>	24734,73	34820,35	1,41	3358,31	0,10	31462,04	0,90	0,44

TABELA 9. Estimativas da herdabilidade realizada (%) considerando a seleção na geração i e resposta à seleção na geração j, UFLA-Lavras 1997/1998.

Geração i	Geração j		
	F <sub>24</sub>	F <sub>25</sub>	F <sub>26</sub>
F <sub>23</sub>	31,00	0,00	9,55
F <sub>24</sub>		26,00	31,00
F <sub>25</sub>			16,00

Para verificar a eficiência da seleção precoce, foi também simulada a seleção divergente, isto é, foram identificadas as 20 famílias mais produtivas e as menos produtivas nas gerações mais precoces  $i$  e acompanhado o desempenho das mesmas nas gerações sucessivas  $j$ . Estimou-se o ganho com a seleção (GS), em percentagem, pela expressão  $GS(\%) = [(m\u00e9dia\ das\ 20\ fam\u00edlias\ mais\ ou\ menos\ produtivas,\ selecionadas\ na\ gera\u00e7\u00e3o\ i,\ avaliadas\ na\ gera\u00e7\u00e3o\ j - m\u00e9dia\ geral\ das\ fam\u00edlias\ avaliadas\ na\ gera\u00e7\u00e3o\ j) \div (m\u00e9dia\ geral\ das\ fam\u00edlias\ da\ gera\u00e7\u00e3o\ j) \times 100]$ . Considerando a gera\u00e7\u00e3o  $F_{2,3}$ , verifica-se que, se fosse efetuada a sele\u00e7\u00e3o das fam\u00edlias mais produtivas nessa gera\u00e7\u00e3o, haveria ganho em todas as situa\u00e7\u00f5es, exceto no caso da gera\u00e7\u00e3o  $F_{2,5}$ . Veja, por exemplo, que a sele\u00e7\u00e3o efetuada em  $F_{2,3}$  contribuiu para um ganho de 3,5% na gera\u00e7\u00e3o  $F_{2,6}$ , no sentido de aumentar a produtividade e de -5,3% para a redu\u00e7\u00e3o na express\u00e3o do car\u00e1ter. Quando a sele\u00e7\u00e3o foi efetuada em  $F_{2,4}$ , o ganho, especialmente no sentido de aumento de produtividade, foi mais expressivo, ou seja, superior a 9%. Verifica-se tamb\u00e9m que os ganhos mostraram-se inferiores sempre que o processo envolveu a gera\u00e7\u00e3o  $F_{2,5}$ , a que provavelmente mais contribuiu para a intera\u00e7\u00e3o (Tabela 10).

TABELA 10. Médias das 20 famílias mais produtivas (Prod +) e das 20 menos produtivas (Prod-), nas gerações de seleção i e desempenho das mesmas famílias nas gerações sucessivas j, do cruzamento Carioca x FT-Tarumã em Lavras, 1997/1998.

Geração de Seleção (i)	Desempenho das famílias na Geração j					
	F <sub>2:4</sub>		F <sub>2:5</sub>		F <sub>2:6</sub>	
	Prod+	Prod-	Prod +	Prod -	Prod +	Prod -
F <sub>2:3</sub>	3146	2654	1496	1460	2888	2641
GS (%)	(11,28) <sup>1</sup>	(-6,12)	(-0,27)	(-2,67)	(3,47)	(-5,37)
F <sub>2:4</sub>			1636	1448	3087	2642
GS (%)			(9,06)	(-3,47)	(10,60)	(-5,34)
F <sub>2:3</sub> + F <sub>2:4</sub>			1566	1385	2995	2454
GS (%)			(4,4)	(-7,66)	(7,35)	(-12,07)
F <sub>2:5</sub>					2954	2762
GS (%)					(5,84)	(-1,04)
F <sub>2:6</sub>					3587	2042
GS (%)					(28,52)	(-26,84)
Média Geral	F <sub>2:4</sub> = 2827		F <sub>2:5</sub> = 1500		F <sub>2:6</sub> = 2791	

GS (%) = [(média das 20 famílias mais ou menos produtivas, selecionadas na geração i, avaliadas na geração j - média geral das famílias avaliadas na geração j) ÷ (média geral das famílias da geração j) x 100].

## 5 DISCUSSÃO

Entre os fatores que afetam a eficiência da seleção, um dos principais é a precisão com que as famílias são avaliadas nas gerações iniciais. Nesse trabalho, a precisão experimental foi avaliada por meio do coeficiente de variação (CV%). As estimativas variaram de 17,6% a 25,20%. Esses valores, estão dentro dos limites das estimativas de CV que são relatadas, com a cultura do feijoeiro na região (Marques Júnior, 1997).

Constatou-se que a menor precisão foi da avaliação realizada com as famílias da geração  $F_{2,3}$ . Nessa geração, a pequena disponibilidade de sementes possibilitou apenas a utilização de parcelas de 1 linha de 1 metro. Há relatos na literatura de que é possível utilizar microparcelas na cultura do feijoeiro (Bertolucci, 1995). Contudo, os autores desse trabalho realçaram que experimentos mais precisos, com menor estimativa do CV, estiveram sempre associados ao emprego de 2 linhas na parcela ao invés de uma. Na presente situação, esse fato também foi evidenciado, a precisão foi maior quando as famílias passaram a ser avaliadas com 2 linhas por parcela.

É interessante comentar que a eficiência do látice em relação aos blocos ao acaso foi inferior a 12% em todos os casos, indicando, pelo menos em princípio, que a heterogeneidade do solo e da distribuição de água, quando os experimentos foram irrigados, não foi grande, e que, provavelmente, no caso específico do feijoeiro, outros fatores afetaram a precisão experimental, tal como o manuseio do material pós-colheita (Souza, 1997). Isso ocorre especialmente nos experimentos envolvendo muitas parcelas pequenas, como é o caso da avaliação de famílias em gerações precoces. Todos esses fatores devem estar sempre sob observação dos melhoristas, pois para se ter sucesso com a seleção, como já foi mencionado, é indispensável melhorar a precisão experimental.

Um outro fator na eficiência da seleção precoce é a existência de variabilidade entre as famílias, que deve se manifestar logo nas gerações iniciais. Esse fato foi comprovado em todas as gerações, uma vez que foi detectada diferença significativa ( $P \leq 0,01$ ) em todas as avaliações (Tabela 3). As estimativas da herdabilidade (Tabela 4) também realçaram esse fato, pois elas foram sempre superiores a 29% e estando dentro dos limites das estimativas que foram obtidas utilizando também famílias, em experimentos conduzidos na UFLA, cuja média de  $h^2$ , em 21 avaliações, foi de 38,6% (Marques Júnior, 1997).

Vale ressaltar que os erros associados às estimativas da herdabilidade na cultura do feijoeiro, quando se avaliam famílias, são normalmente grandes e com amplitude de variação superior ao observado neste trabalho (Souza, 1997). Nesse caso merece consideração o fato de que os limites inferiores das estimativas de  $h^2$  foram sempre positivos, indicando que ela deve ser diferente de zero. Isto realça, mais uma vez, a presença de variabilidade genética (Tabela 4).

As avaliações das famílias, nas sucessivas gerações, foram conduzidas nas três épocas de semeadura que são comuns na região: a “época das secas”- semeadura em fevereiro, a do outono-inverno - semeadura em julho e a “das águas”- semeadura em novembro. Essas três épocas apresentam diferenças marcantes nas condições climáticas, especialmente precipitação e temperatura. Na época das secas, as temperaturas são altas e ocorrem precipitações esporádicas, havendo em certas ocasiões necessidade de irrigação complementar. No outono-inverno, as temperaturas são menores, a umidade relativa é baixa e a cultura necessita de irrigação durante todo o ciclo. Nas águas, a umidade e temperatura são elevadas e normalmente a precipitação é superior às necessidades da planta. Essas diferenças nas condições ambientais refletiram no desempenho das famílias nas sucessivas gerações. A produtividade média foi inferior às demais na geração  $F_{2,5}$ , que foi conduzida na época das águas. A maior

produtividade foi obtida na geração  $F_{2:3}$ , conduzida no período das secas. Destarte, a ocorrência de diferença na produtividade do feijoeiro nas diferentes épocas de semeadura é frequentemente relatada na literatura. (Takeda, Santos e Ramalho, 1991).

A interação famílias x gerações (ambiente) foi expressiva, inclusive o componente de variância da interação das famílias x gerações ( $\sigma^2_{GE}$ ) foi superior à estimativa da variância genética ( $\sigma^2_G$ ). A ocorrência de interação famílias x ambientes é freqüente na literatura com a cultura do feijoeiro (Takeda, Santos, Ramalho, 1991; Abreu et al., 1990; Gonçalves, 1995). Quando se estuda a interação, o importante não é apenas estimar a sua magnitude, mas sobretudo verificar a sua causa da interação (Vencovsky, 1987). Isto é, verificar se ela é de natureza simples, devido à diferença na manifestação genotípica nos diferentes ambientes, ou se é complexa, advinda de um comportamento não coincidente nos ambientes avaliados. No presente caso, em todos os pares de ambientes avaliados, houve predominância da interação complexa. Nessa situação, é esperado que ela afete a eficiência da seleção precoce, pois indica que o desempenho relativo das famílias é modificado com as alterações de ambiente.

Na maioria dos trabalhos apresentados na literatura, visando avaliar a eficiência da seleção precoce, o parâmetro utilizado é a estimativa da correlação genética entre o desempenho das famílias na geração  $i$  e  $i + x$ , em que  $x$  pode assumir o valor de 1, 2, 3, ou às vezes, até mais gerações. Pelos resultados comentados anteriormente, a eficiência da seleção precoce, avaliada pela estimativa da correlação genética, seria de baixa eficiência no caso da seleção efetuada na geração  $F_{2:3}$  com resposta em  $F_{2:5}$ . Veja contudo, que, em relação à última geração avaliada,  $F_{2:6}$ , a correlação foi de 0,55 ( $F_{2:3} / F_{2:6}$ ). Quando se considerou a geração  $F_{2:4}$ , a estimativa da correlação com a geração  $F_{2:6}$  foi de 0,42.

Há, na literatura, estimativas da correlação do desempenho entre famílias em gerações sucessivas, considerando a produtividade de grãos, que são inferiores às relatadas nesse trabalho. Com a cultura da soja, Knott e Kumar (1975) estimaram a correlação entre famílias  $F_{2,3}$  e  $F_{2,5}$  encontrando valores variando de 0,14\*\* a 0,29\*\*. Em trigo, Whan, Rathjen e Knight (1981), estimaram a correlação entre famílias  $F_{2,3}$  e  $F_{2,5}$ , tendo obtido valores entre 0,10 a 0,49. No caso específico do feijoeiro, Ranalli et al. (1996) estimaram a correlação entre famílias  $F_{2,3}$  e  $F_{2,5}$ , tendo obtido  $r = 0,20$  a  $0,25$ .

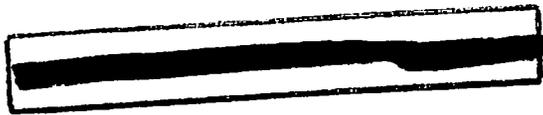
A estimativa de eficiência da seleção precoce pode ser obtida também por meio da correlação ( $r_{FGj}$ ) entre o fenótipo das famílias na geração precoce (geração  $F_i$ ) e o genótipo destas na geração mais avançada ( $G_j$ ). Bernardo (1991) mostra que essa correlação é obtida pela expressão  $r_{FGj} = r_{GGj} \sqrt{h_i^2}$ , em que:  $r_{GGj}$  é a correlação genética ( $r_{GGj}$ ) e que é função apenas do coeficiente de endogamia ( $I$ ) nas gerações consideradas, isto é,  $r_{GGj} = \sqrt{\frac{(1+I_i)}{(1+I_j)}}$ ;  $h_i^2$  é a herdabilidade do caráter na geração  $i$ , quando é efetuada a seleção.

As estimativas de  $r_{GGj}$  nas sucessivas gerações de endogamia de uma planta autógama são de alta magnitude. Na Tabela 11, pode-se observar que o menor valor foi de 0,88, quando se consideraram as gerações  $F_{2,3}$  e  $F_{2,6}$ . Com esses valores da correlação genética e as herdabilidades apresentadas na Tabela 4, foi obtida a estimativa da eficiência da seleção precoce pela correlação entre o fenótipo da família na geração precoce e o genótipo das mesmas na geração avançada (Tabela 12). Observe que ela foi superior a 50% em todos os casos, exceto quando envolveu a geração  $F_{2,3}$  e considerando a resposta a partir de  $F_{2,5}$ . Resultados que são bem coerentes com os relatados anteriormente para as estimativas da correlação genética (Tabela 8).

Quanto às estimativas da herdabilidade realizada, observa-se, que de um modo geral, foram altas, exceto quando se considerou a geração  $F_{2,3}$  e o ganho em  $F_{2,5}$  ou  $F_{2,6}$  (Tabela 9). Vale realçar, como já comentado, que a precisão na avaliação das famílias  $F_{2,3}$  foi menor, o que deve ter contribuído para reduzir a estimativa de herdabilidade realizada nessa condição. Além do mais, a geração  $F_{2,5}$  foi avaliada no período “das águas”, quando as condições ambientais são bem distintas das demais, sendo a que mais contribuiu para a interação.

Como no presente trabalho as 192 famílias foram avaliadas simultaneamente em todas as gerações, pode-se avaliar a eficiência da seleção precoce por meio do ganho observado na seleção divergente. O ganho obtido é apresentado na Tabela 10. Os valores obtidos foram menores que os relatados pela metodologia de Bernardo (1991), isso deve ter ocorrido principalmente devido ao efeito de interação genótipos por ambientes, que não é considerado na proposta de Bernardo (1991) e foi muito expressiva na avaliação das famílias.

Na literatura, há vários relatos de pequena eficiência na seleção precoce. Isso ocorre principalmente porque, nesses trabalhos, foi considerada, em muitos casos a seleção visual dos indivíduos ou famílias. Havendo a avaliação das mesmas em experimentos com repetição, de preferência por duas gerações, para atenuar os efeitos da interação é possível ter eficiência na seleção precoce que justifique o trabalho envolvido nas avaliações. A estimativa da herdabilidade, quando da seleção, se obtida da avaliação em apenas um ambiente, ela é inflacionada pela interação, o que superestima a estimativa da correlação entre o fenótipo das famílias na geração  $i$  e o genótipo na geração  $j$  (Bernardo, 1991). A obtenção de  $h^2$  em experimentos conduzidos por pelo menos duas gerações, como já enfatizado, reduz o efeito da interação e dá condições para que a seleção precoce seja mais efetiva.



Nesse trabalho, foram avaliadas famílias com diferentes contribuições dos alelos dos dois genitores envolvidos. No caso das famílias derivadas da  $F_2$ , a contribuição dos pais é idêntica, 50% de cada. Nas famílias do  $RC_1$ , 75% dos alelos são provenientes do cultivar Carioca ( $P_1$ ) e 25% do FT-Tarumã ( $P_2$ ). Nas derivadas do  $RC_2$  ocorreu o inverso. Em termos da produtividade média, o melhor desempenho ocorreu entre as famílias derivadas do  $RC_2$  e o pior na  $F_2$ . Entretanto, a diferença não foi muito acentuada, uma vez que a superioridade da média do  $RC_2$  em relação a  $F_2$  foi de 6,8%. Isso pode ser explicado, considerando que, exceto nas avaliações que envolveram as famílias  $F_{2,5}$ , o desempenho do cultivar FT-Tarumã utilizado como testemunha, foi superior ao Carioca (Figuras 2, 3, 4 e 5). Assim, a maior proporção dos alelos desse cultivar pode ter contribuído para o melhor desempenho das famílias do  $RC_2$ . É importante enfatizar também que, entre as 20 melhores famílias na geração  $F_{2,6}$ , 11 são provenientes do  $RC_2$ , 5 do  $RC_1$  e 4 da  $F_2$ .

TABELA 11. Estimativas das correlações genóticas ( $r_{G_iG_j}$ ) para o caráter produtividade de grãos entre as famílias nas sucessivas gerações de endogamia, do cruzamento Carioca x FT-Tarumã, segundo a metodologia de Bernardo (1991), em Lavras 1997/1998.

Geração i	I	Geração j			
		$F_{2,4}$	$F_{2,5}$	$F_{2,6}$	$F_{2,\infty}$
$F_{2,3}$	0,5	0,93	0,89	0,88	0,87
$F_{2,4}$	0,75		0,97	0,95	0,93
$F_{2,5}$	0,875			0,98	0,97
$F_{2,6}$	0,9375				0,98

I - coeficiente de endogamia

TABELA 12. Estimativas das correlações entre os valores fenotípicos das famílias na geração precoce i e o valor genético na geração avançada j, do cruzamento Carioca x FT-Tarumã, seguindo a metodologia de Bernardo (1991), em Lavras, 1997/1998.

Geração i	Geração j				
	I	F <sub>2,4</sub>	F <sub>2,5</sub>	F <sub>2,6</sub>	F <sub>2,∞</sub>
F <sub>2,3</sub>	0,5	50,03	47,87	47,34	47,00
F <sub>2,4</sub>	0,75		56,26	55,11	53,95
F <sub>2,5</sub>	0,875			65,58	64,91
F <sub>2,6</sub>	0,9375				61,66

I - coeficiente de endogamia

## 6 CONCLUSÕES

1) Constatou-se que a maior frequência de famílias com melhor desempenho foi observada nas derivadas da população com 75% dos alelos do cultivar FT- Tarumã, provavelmente devido à maior proporção de alelos favoráveis no FT-Tarumã.

2) A seleção precoce foi eficiente, principalmente visando a eliminação das famílias com pior desempenho, reduzindo assim o trabalho dos melhoristas em gerações avançadas.

3) A interação genótipos x ambientes afeta a seleção precoce; para melhorar a sua eficiência, as famílias devem ser avaliadas por pelo menos duas gerações.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A. F.B. ; RAMALHO, M.A.P., SANTOS, J.B. dos; PEREIRA FILHO, I. A. Effects genotype x environment interaction on estimations of genetic and phenotypic parameters of common beans. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, v. 13, n. 1, p. 75-82, mar. 1990.
- ATKINS, R.E. Visual selection for grain yield in barley. *Crop Science*, Madison, v. 4 , n. 2, p.494-497, March/April, 1964.
- BERNARDO, R. Correlation between tests cross performance of lines at early and last selfing generation. *Theoretical Applied Genetics*, Berlin, v. 82, p. 17-21, May, 1991.
- BERTOLUCCI, F.L.G. Alternativas de tamanho e forma de parcelas para avaliação de progênies do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ciência e Prática*, Lavras, v15, n.3 p. 295-305, 1995.
- BHAT, R.S.; GOWDA, M.V.C.; ABDUL KHADER, K.M. Early generation selection for late leaf spot resistance and productivity in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Indian Journal Genetics and Plant Breeding*, New Delhi, v. 53, n.3, p. 352-356, Aug. 1996.
- BLISS, F.A. Common bean. In: FERH, W.R.; HADLEY, Eds. *Hybridization of crop plants*. Madison : American Society of Agronomy, 1980, p. 273-282.
- BOERMA, H.R.; COOPER, R.L. Effectiveness of early-generation yield selection of heterogeneous lines in soybeans. *Crop Science*, Madison, v.15, n. 3, p.313-315, May./Jun. 1975.
- BORÉM, A . *Melhoramento de plantas*, Viçosa : UFV, 1997. 547 p.
- BOYCE, S.W.; COPP, L.G.; FRANKEL, O.H. The effect of selection for yield in wheat. *Heredity*: Edinburg, v. 1, n. 5, p. 222-233, 1947.
- BRIGGS, R.G.; SHEBESKI, L.H. Visual selection for yielding ability of F<sub>3</sub> lines in a hard red spring wheat breeding program. *Crop Science*, Madison, v. 10, n. 4, p. 400-402, Jan. 1970.

- CALIGARIP, ; BOS, I. Selection methods in plant breeding. Chapman, Hall. Londres. 1995. 347p.
- COOPER, R.L. Modified early generation testing procedure for yield selection in produce for yield selection in soybeans. *Crop Science*, Madison, , v. 30, n. 2, p. 417-419, Mar-Apr. 1990.
- CUTRIM, V. dos A.; Ramalho, M.A.P. ; CARVALHO, A.M. Eficiência da seleção visual na produtividade de grãos de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 32, n. 6, p. 601-606, jun. 1997.
- FASOULAS, A. A new approach to breeding superior yielding varieties. Thessaloniki : Aristotelian University of Thessaloniki / Dept. of Genetics and Plant Breeding, n. 3, 1973, 42 p.
- FEHR, W. R. Principles of cultivar development: theory and technique. New York: Macmillan Publishing, 1987, v.1.
- FREY, K.J. The use o F<sub>2</sub> lines in predicting the performance of F<sub>3</sub> selections in two barley crosses. *Agronomy Journal*, Madison, v. 46, n. 12, p. 541-544, Dec. 1954.
- FREY, K. J. Effectiveness of visual selection upon yield in oat crosses. *Crop Science*, Madison, v. 2, n. 1, p. 102-105, 1962.
- GONÇALVES, P.R. Obtenção de linhagens de feijoeiro (*Phaseolus vulgares* L.) com grão tipo carioca e resistente a antracnose e mancha angular. LAVRAS: UFLA, 1995.65 p.(Dissertação-Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas.)
- HANSON, W.D; LEFFIL, R.C.; JOHNSON, H.W. Visual discrimination for yield among soybean phenotypes. *Crop Science*, Madison, v. 2, n. 2, p. 93-96, Jun. 1962.
- KNAPP, S.J.; STOUP, W.W.; ROSS, W.M. Exact confidence intervals for heritability on a progeny mean basis. *Crop Science*, Madison, v. 25, n. 1, p. 192-194, Jan-Feb. 1985, n. 1.

- KNOTT, D. R. Effects of selection for F<sub>2</sub> plant yield on subsequent generations in wheat. *Canadian Journal Plant Science*, Canada, v. 74, n.1, p. 721-726, 1972.
- KNOTT, D. R.; KUMAR, J. Comparison of early generation yield testing and a single seed descent procedure in wheat breeding. *Crop Science*, Madison, v. 15, n. 3, p. 295-299, May/Jun, 1975.
- KWOW, S.H.; TORRIE, J.H. Visual discrimination for yield in two soybean populations. *Crop Science*. v. 4, n. 2, p. 287-290, May/Jun, 1964.
- LUNGU, D.M.; KALTSIKES, P.J.; LARTER, E.N. Honeycomb selection for yield in early generations of spring wheat. *Euphytica*, Wageningen, v. 36, p. 840-843, Apr, 1987.
- LUPTON, F.G.H.; WHITEHOUSE, R.N.H. Selection methods in the breeding of high yielding wheat varieties. *Heredity*, Edinburg, v. 9, p. 150-151. 1955. (Abstract).
- MARQUES JÚNIOR, O.G.; RAMALHO, M.A.P. Deterioração da taxa de fecundação cruzada de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) nas diferentes épocas de semeadura em Lavras-MG. *Ciência e Prática*, Lavras, v.19, n.3, p.339-341, jul./set. 1995.
- MARQUES JÚNIOR, O.G. Eficiência de experimentos com a cultura do feijão. Lavras:UFLA. 1997. 80 p., (Tese de Doutorado em Genética e Melhoramento de plantas).
- NTARE, B.R.; AKENÓVA.M.E; REDDEN, R.J.; SINGH, B.B. The effectiveness of early generation (F<sub>3</sub>) yield testing and the single seed descent procedure in two cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) Crosses *Euphytica*; Wageningen; v. 3, p. 535-547, Aug. 1987.
- O'BRIEN, L.; BAKER, R.J.; EVANS, L.E. Response to selection for yield in F<sub>3</sub> of four wheat cross. *Crop Science*, Madison, v. 18, n. 6, p. 1029-1033, nov./dec. 1978.

- PATINO, H.; SINGH, S. P. Respuesta a la selección visual para rendimento en generations  $F_2$  e  $F_3$  en frijol, *Phaseolus vulgaris* L. Cali: 1989. p. 417. (Temas actuales en el mejoramiento genético del frijol comum, CIAT Documento 47).
- PEREIRA FILHO, T. A.; CAVARANI, C. Taxa de hibridação natural do feijoeiro comum em Patos de Minas, Minas Gerais. Pesquisa A gropecuária Brasileira, Brasília, v. 19, n. 9, p. 1181-1183, Set. 1984.
- PIMENTEL GOMES, F. Curso de estatística experimental. 5ªed. Piracicaba: Nobel, 1985. 466p.
- RAMALHO, M.A.P., SANTOS, J.B. dos, ZIMMERMANN, M. J.O. Genética quantitativa em plantas autógamias: aplicações no melhoramento do feijoeiro, Goiânia: UFG, 1993. 271 p.
- RANA, J.C.; GUPTA, V.P. Response to selection and early generation evaluation in Pea. Indian Journal Genetics and Plant Breeding, New Delhi, v. 53, p.269- 27, Sept, 1993.
- RANALLI, P.; RUARO, G.; DEL RE, P.; FAETI, V. Comparasion of early generation yield testing and a single seed descent procedure in two bean (*Phaseolus vulgaris* L.) crosses. Journal Genet & Breed, Italy. v. 50, n. 2, p. 103-108, Jun. 1996.
- ROUPAKIAS, D.; ZESOPOULOU, A.; KAZOLEA. S.; DALKALITSES, G.; MAVROMATIS, A.; LAZARIDOU, T. Effectiveness of early generation selection under two plant densities in Faba bean (*Vicia faba* L.). Euphytica, Wageningen, v. 93, n. 1, p. 63-70, 1997.
- SHARMA, R. C. Early generation selection for grain-filling period in wheat. Crop Science, Madison, v. 34, n.. 4, p. 945-948, Jul/Aug. 1994.
- SILVA, H.D.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A. de F.B.; MARTINS, L.A. Efeito da seleção visual para produtividade de grãos em populações segregantes do feijoeiro. II seleção de famílias. Ciência e Prática, Lavras, v. 18, n. 2, p. 181-185, Abr./Jun. 1994.

- SOUZA, E.A.** Alternativas experimentais na avaliação de progênies no melhoramento genético vegetal. Piracicaba: ESALQ/USP. 122p. 1997. (Tese de Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- SCHWARZ, C.** The mixed model ANOVA: the truth, the computer package, the books. *Journal of the Am. Stat. Ass.* V. 47, n. 1, p. 48-59. 1993.
- TAKEDA, C. ; SANTOS, J.B dos; RAMALHO, M. A. P.** Choice of parental lines for common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) breeding. II. Reaction of cultivars and of their segregant populations to variations in different environments. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, v.14, n. 2, p.455-465, Jun. 1991.
- VARGAS, M. A.** Eficiência da seleção visual e determinação do tamanho de parcela e do número de repetições, para avaliação da produtividade de grãos em famílias  $S_1$  e  $S_2$  de milho (*Zea mays* L.) Lavras: UFLA. 1996. 92 p.(Dissertação de Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- VENCOVSKY, R.** Herança quantitativa. In: **PATTERNIANI, E. e VIÉGAS, G. P.** , ed. Melhoramento e produção de milho. 2 ed., Campinas: Fundação Cargill. 1987. v. 1, cap. 5, p. 137-214.
- WHAN, B.R.; RATHJEN, A.J.; KNIGHT, R.R.** The relation between wheat lines derived from the  $F_2$ ,  $F_3$ ,  $F_4$ , and  $F_5$  generations for grain yield and harvest index. *Euphytica*, Wageningen. v. 30, n. 2, p. 419-430, Jul. 1981.
- WHAN, B.R.; RATHJEN, A.J.; KNIGHT, R.R.** Response to selection for grain yield and harvest index in  $F_2$ ,  $F_3$  and  $F_4$  derived lines of two wheat crosses. *Euphytica*, Wageningen. V. 31, p. 139-150, Jul. 1982.