



**SELEÇÃO DE LINHAS PURAS NA
CULTIVAR DE FEIJÃO CARIOCA**

PAULO SÉRGIO JOSÉ DOS SANTOS

2001

52432

MFN-37168

PAULO SÉRGIO JOSÉ DOS SANTOS

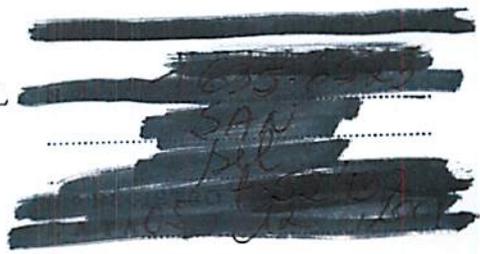
SELEÇÃO DE LINHAS PURAS NA CULTIVAR DE FEIJÃO CARIOCA

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



Orientadora
Pesq. Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu

LAVRAS
INAS GERAIS-BRASIL
2001



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

Santos, Paulo Sérgio José dos

Seleção de linhas puras na cultivar de feijão Carioca / Paulo Sérgio José dos Santos. -- Lavras : UFLA, 2001.

59 p. : il.

Orientadora: Ângela de Fátima Barbosa Abreu.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. *Phaseolus vulgaris* L. 2. Seleção de linhas puras. 3. Método de
melhoramento. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-635.6523

PAULO SÉRGIO JOSÉ DOS SANTOS

SELEÇÃO DE LINHAS PURAS NA CULTIVAR DE FEIJÃO CARIOCA

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 obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 23 de Julho de 2001

Prof. Dr. Magno Antônio Patto Ramalho

UFLA

Pesq. Dra. Flávia Maria Avelar Gonçalves

UFV


Pesq. Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu
EMBRAPA – Arroz e Feijão
(Orientadora)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

**À minha esposa, Mônica,
pelo amor, presença, apoio e dedicação.**

**Aos meus pais, José dos Santos (in memorian)
e Maria José, pela vida, incentivo, confiança
e constante torcida pelo meu sucesso.**

**Às minhas irmãs, Lenita e Lêda,
pelo carinho, incentivo e confiança.**

**Aos meus cunhados e sobrinhos,
pelo carinho e momentos felizes.**

**E, em especial, ao meu pai, José dos Santos,
que hoje, junto a Deus, vive em meu coração,
não somente hoje, mas sempre, eternamente...
“O que a memória ama fica eterno”**

Dedico este trabalho

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, professora Ângela de Fátima Barbosa Abreu, pela confiança, oportunidade de trabalho, ensinamentos e principalmente pela dedicada orientação.

Ao professor Magno Antônio Patto Ramalho, meu segundo orientador, pelo apoio, ensinamentos e dedicação.

Ao Departamento de Biologia e em especial ao setor de genética, pela oportunidade de realização deste curso.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À EPAMIG, pela disponibilização do campo experimental da Estação de Lambari e pela ajuda na condução do experimento.

À pesquisadora Flávia Maria Avelar Gonçalves, pela participação na defesa.

Aos professores, João Bosco, César Brasil e Samuel Carvalho, pelos conhecimentos transmitidos.

Aos colegas do Mestrado, cujos nomes não citarei para não correr o risco de esquecer alguém.

A todos os amigos que de alguma maneira me ajudaram a chegar até aqui e a realizar esse trabalho.

À minha esposa, Mônica, pela ajuda e, principalmente pela constante presença, amor e incentivo.

Aos meus pais, pelo sacrifício que fizeram para que eu pudesse chegar até aqui.

SUMÁRIO

Página

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	02
2.1 Sistema reprodutivo do feijoeiro.....	02
2.2 Métodos de melhoramento em feijão.....	03
2.3 Seleção de linhas puras.....	04
2.4 Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos.....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 Obtenção da amostra.....	19
3.2 Locais.....	19
3.3 Avaliação da amostra.....	19
3.4 Análise dos dados.....	21
4 RESULTADOS.....	28
5 DISCUSSÃO.....	41
6 CONCLUSÕES.....	47
7 REFERÊNCIAS IBLIOGRÁFICAS.....	48
ANEXOS.....	56

RESUMO

SANTOS, Paulo Sérgio José dos. Seleção de linhas puras na cultivar de feijão Carioca. Lavras: UFLA, 2001. 59p. (Dissertação – Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)*

Considerando a enorme área semeada com a cultivar Carioca por mais de trinta anos de cultivo sucessivos no Brasil, é esperado que ocorra grande variabilidade genética no material em uso pelos agricultores em função da ocorrência de mutação, dos bilhões de indivíduos cultivados anualmente e da reutilização da semente como grão. Esse trabalho teve por objetivo quantificar essa variabilidade em uma amostra de feijão 'Carioca', e ao mesmo tempo avaliar a possibilidade de se utilizar essa variabilidade na obtenção de novas linhagens de feijão que substituam com vantagem a cultivar original. Para isso foi utilizada uma amostra de plantas individuais tomadas ao acaso em uma lavoura de aproximadamente três hectares que deram origem às 289 linhas puras que foram avaliadas na safra de "inverno" de 1998 em Lavras, num látice simples 17 x 17 em parcelas de uma linha de 2 m. Na etapa seguinte, avaliaram-se as 98 melhores juntamente com duas testemunhas ('Carioca' e 'Pérola') na safra da "seca" de 1999, em dois locais (Lavras e Lambari), utilizando um látice 10 x 10 com três repetições e parcelas de duas linhas de 2 m. E finalmente, as 23 melhores linhas selecionadas mais as duas testemunhas utilizadas anteriormente foram avaliadas na safra de "inverno" de 1999 também em Lavras e Lambari, num látice 5 x 5 com três repetições em parcelas de duas linhas de 3 m. Constatou-se variabilidade entre as linhas puras não só para produtividade de grãos, como também para outros caracteres, especialmente aqueles relacionados ao tipo de grão como tamanho, forma e a tonalidade da cor creme do fundo e do marrom das estrias. O potencial das linhas puras ficou também evidenciado, haja vista que muitas linhas apresentaram desempenho superior ao da cultivar Carioca original. O método seleção de linhas puras mostrou ser uma estratégia que pode ser utilizada com sucesso em outros programas de melhoramento.

* Comitê Orientador: Ângela de Fátima Barbosa Abreu – Embrapa - Arroz e Feijão (Orientadora).

ABSTRACT

SANTOS, Paulo Sérgio José dos. Selection of pure lines for 'Carioca' bean. Lavras: UFLA, 2001. 59p. (Dissertation - Major in Genetics and Plant Breeding)*

There is a great genetic variability in the case of the 'Carioca' bean material used by the farmers in Brazil, mainly due to the mutation over a large amount of plants widely cultivated and the reuse of the same seed source along the years. Therefore, this research was aimed at quantifying this variability and evaluating the possibility of obtaining new improved lines of beans that could take over the 'Carioca' bean. A sample of plants was randomly taken from an area of approximately three hectares, which originated 289 pure lines that were evaluated for the 1998 "winter season harvest" at Lavras, MG, by using a 17 x 17 simple lattice design set in plots having one row of 2 m long. Then the best 98 lines plus two checks ('Carioca' and 'Pérola') were chosen and evaluated for the 1999 "dry season harvest" in two locations (Lavras and Lambari). A 10 x 10 lattice design with three replications set in plots having two rows of 2m long each, was used to evaluate this sample. Finally, 23 lines from the latter sample plus the two checks were selected and tested, for the 1999 "winter season harvest" (Lavras and Lambari), using a 5 x 5 lattice design with three replications set in plots of two rows of 3 m long each. The clear variability among the pure lines was shown in this work, not only concerning the grain yield, but also other characteristics, especially those related to the grain type such as size, shapes and the tonality of the cream color of the background and the brown color of the stripes. It was also demonstrated that the pure lines had higher yield than that of 'Carioca', thus being recommended for replacing it. Although it was found a high variability for most of the evaluated characteristics, nevertheless the response to *Phaeoisariopsis griseola*, a fungus which is the vector of the angular leaf spot of the common bean, all the lines were highly susceptible. Selection of pure lines showed to be a good method which should be used in others breeding programs.

* Advisor Committee: Pesq. Dr^a. Ângela de Fátima Barbosa Abreu - Embrapa - Arroz e Feijão (Advisor).

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o cultivo do feijoeiro na maioria das regiões produtoras do Brasil é realizado predominantemente com a cultivar carioca. É estimado que anualmente sejam cultivados mais de 2 milhões de hectares com feijões com esse tipo de grão. Embora a frequência de mutação por loco seja muito baixa, é esperado que a variabilidade nas cultivares em uso prolongado pelos agricultores seja grande devido ao grande número de locos que podem sofrer mutação, os bilhões de indivíduos que são cultivados anualmente e pelo fato dos agricultores reutilizarem os grãos colhidos como semente. Além do mais, com a ação da seleção natural devem permanecer apenas os alelos mutantes favoráveis à maior adaptação a região considerada. Muito embora grande parte dessa variação seja perdida devido ao fato de que apenas uma pequena amostra dos grãos colhidos são reutilizados como sementes, é esperado que permaneça variação suficiente para se ter sucesso com a seleção.

A utilização dessa variabilidade com sucesso é frequentemente relatada por diversos autores (Love, 1955; Santos et al., 1978; Ramalho et al., 1982; Fonseca, 1993). O exemplo mais marcante é a própria cultivar carioca, que foi proveniente da seleção de uma linha pura em uma lavoura comercial (Almeida, Leitão Filho e Miyasaka, 1971).

Pelas razões já apontadas, devido ao intensivo cultivo da cultivar carioca é esperado que seja possível a seleção de linhas puras mais promissoras em relação à cultivar original. Dessa forma, foi realizado o presente trabalho visando estimar a variabilidade genética em uma amostra de sementes da cultivar carioca reutilizada por várias gerações e verificar o potencial dessa amostra para a seleção de linhas puras que possam substituí-la com vantagens.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sistema reprodutivo do feijoeiro

A inflorescência do feijão é um rácimo – flores em cachos – que nasce nas axilas das folhas, partindo de gemas floríferas. As flores são papilionadas, sendo que cada uma é composta basicamente por: bractéolas, cálice, estandarte, asa, quilha, androceu e gineceu (Vilhordo et al., 1996).

As duas bractéolas se situam na base do pedúnculo floral e são iguais ou mais longas do que o cálice. Este é gamossépalo, curto-tubuloso, subdividido em três ou cinco dentes no ápice, verde ou antociano e coberto pelas bractéolas. A corola é composta de cinco pétalas, cuja coloração varia de branco a arroxeadado, conforme diferenças genéticas entre as cultivares, idade da flor e condições ambientais. A pétala mais externa, o estandarte, é maior e envolve as demais. Lateralmente encontram-se duas outras pétalas menores e mais estreitas, denominadas asas ou alas. As duas pétalas inferiores se fundem, formando a quilha, que protege os órgãos reprodutores androceu e gineceu.

O androceu é constituído de dez estames, sendo nove unidos e um livre. Este último fica em posição posterior, oposta a do estandarte. O gineceu é súpero, formado por um ovário linear, unicarpelar, pluriovulado e insere-se sobre um disco hipógino amarelado (Vilhordo et al., 1996). No ápice deste desenvolve-se o estilete que é encurvado e o estigma arredondado, podendo apresentar pêlos logo abaixo do mesmo, úteis para reter os grãos de pólen por ocasião da polinização.

Como as anteras estão situadas no mesmo nível do estigma e envolvidas completamente pela quilha, quando ocorre a deiscência das anteras (antese), os grãos de pólen caem diretamente sobre o estigma (Santos e Gavilanes, 1998). Portanto, o feijoeiro é uma planta tipicamente autógama, porque a taxa de

fecundação cruzada é normalmente inferior a 5%, como será comentado com mais detalhes posteriormente (Fehr, 1987).

2.2 Métodos de melhoramento em feijão

No melhoramento do feijoeiro podem-se utilizar todos os métodos de melhoramento comuns às plantas autógamas, tais como: introdução de linhagens ou cultivares, seleção de linhas puras em populações heterogêneas e hibridação envolvendo dois ou mais genitores.

Desses métodos um dos que foram mais utilizados na cultura do feijoeiro no passado, foi a introdução de linhagens ou cultivares. No caso do feijoeiro, essas introduções foram realizadas especialmente de programas de melhoramento do México e América Central e, posteriormente, do CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). Os feijões grandes, do centro de domesticação andino, foram trazidos por imigrantes europeus e os meso-americanos, ao que tudo indica, pelos índios que vieram do México e América Central.

Entre as introduções de maior sucesso destaca-se a cultivar Rico-23. A história deste feijão é bem interessante e merece ser comentada. Vieira (1996) conta como foi obtida essa cultivar: quando foi contratado para atuar como professor assistente da UREMG, realizou uma faxina em uma das salas do Departamento de Agronomia onde seria instalada sua mesa de trabalho. Nesta ocasião, ele encontrou, sobre uma mesa grande, escondido sob um monte de papéis empoeirados, uma amostra de feijão preto com o nome de “rico”, que foi trazido da Costa Rica por Paulo de Tarso Alvim. Evidentemente, a amostra de feijão fora jogada sobre a mesa e esquecida. Este feijão, que foi chamado de “rico-23”, entrou nos ensaios comparativos de variedades e, após confirmada a sua superioridade, foi lançado em 1959 como nova variedade. De 1969 a 1972,

esta variedade foi recomendada para o plantio em sete estados, de modo que, por mais de dez anos ela foi muito plantada no Brasil.

Muitas outras introduções de sucesso foram realizadas posteriormente entre elas a milionário, EMGOPA-201-ouro, rudá, meia noite, rico-1735, EMCAPA 405-goytacazes, IPA9 e fortuna, a maioria do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

Com a diminuição da ênfase do CIAT na obtenção de novas linhagens de feijão e a lei de proteção de cultivares, é provável que o fluxo de germoplasma reduza. Conseqüentemente, o método de melhoramento por introdução deve diminuir de importância no futuro.

Outro método de melhoramento é a seleção de linhas puras para aproveitar a variabilidade natural disponível nas cultivares em uso pelos agricultores. Esse método será tratado com maiores detalhes neste trabalho, posteriormente.

A opção mais utilizada atualmente é o método da hibridação. Por ele, o melhorista gera variabilidade por meio de cruzamento e seleciona indivíduos e/ou famílias na descendência das populações híbridas. Neste caso, há pelo menos três decisões importantes: a escolha dos pais a serem cruzados, como proceder ao cruzamento e o procedimento que será adotado na seleção. Esses assuntos são amplamente tratados na literatura especializada e não serão comentados aqui. Maiores detalhes a esse respeito podem ser encontrados em Fehr (1987) e Vieira, Borém e Ramalho (1999).

2.3 Seleção de linhas puras

Como já mencionado, o método de seleção de linhas puras tem por objetivo utilizar a variabilidade natural existente nas cultivares utilizadas pelos agricultores há longo tempo. Por isso, antes da discussão do método propriamente

dito é necessário comentar quais são as fontes de variabilidade no germoplasma do feijoeiro.

A principal fonte de variabilidade, aliás a única capaz de originar novos alelos, é a mutação. A mutação é, em última instância, uma alteração nas seqüências de bases do DNA, modificando a informação do alelo preexistente e, por consequência, o seu produto, isto é, gera uma nova informação. Essas mutações ocorrem durante a replicação do DNA e, para serem herdadas, devem ocorrer em tecidos reprodutivos. Elas podem ser naturais ou induzidas. No caso das mutações naturais, a sua taxa é relativamente baixa: um mutante para 10.000 a um para 1.000.000 gametas, por loco. Contudo, considerando o número de genes que uma planta possui, superior a 50 mil e o número de plantas que é cultivado anualmente, a chance de que a cada safra ocorram novos alelos na descendência é enorme.

A mutação também pode ser induzida por meio de agentes físicos ou químicos. Embora esse não seja o objetivo primordial deste trabalho, é preciso salientar que a maioria das mutações é prejudicial, porém, algum sucesso tem sido obtido na sua utilização como “ferramenta” de melhoramento (Tulmann Neto, 1979; Al-Rubeai, 1982; Carneiro, 1986).

Retornando às mutações naturais, é preciso salientar que a maioria delas também é prejudicial, ou seja, não tem vantagens adaptativas. Como os agricultores reutilizam os grãos colhidos como sementes por alguns anos, a seleção natural irá se encarregar de eliminar os alelos não favoráveis. Assim, é esperado que só irão permanecer no germoplasma em uso pelos agricultores alelos mutantes com vantagem adaptativa.

O principal modo de ampliar essa variabilidade gerada pela mutação em plantas autógamias, são as hibridações naturais. Nesse contexto, vale salientar que embora o feijoeiro seja predominantemente de autofecundação, há uma certa taxa

de fecundação cruzada. Essa taxa de fecundação cruzada pode ser estimada utilizando alguns procedimentos. O mais empregado é por meio da semeadura lado a lado de linhagens distinguidas por meio de marcadores fenotípicos e/ou moleculares. Informações a esse respeito são frequentes na literatura.

A Tabela 1 apresenta uma síntese dos principais resultados. Observou-se que há ampla variação nas estimativas obtidas. Essas estimativas variam em função de fatores, tais como: umidade, temperatura, estação do ano, população e atividade dos insetos, distância de semeadura entre as cultivares, tamanho da flor, grau de proteção do estigma pela quilha, coincidência no período de florescimento e a duração do mesmo (Marques Júnior e Ramalho, 1995).

TABELA 1 Estimativas da taxa de polinização cruzada no feijoeiro relacionadas na literatura.

País	Taxa (%)	Fonte
USA	0 – 10	Emerson (1916)
Suécia	0 – 13	Kristofferson (1921)
USA	2 – 8	Barrons (1939)
Chile	0	Elgueta e Baillon (1944)
Brasil	0,4 – 1,4	Vieira (1960)
México	1,2 – 4,5	Crispin-Medina (1960)
Brasil	1,3	Pompeu (1963)
Costa Rica	0	Alan e Moh (1966)
Brasil	1,0	Junqueira Netto e Lasmar Filho (1971)
Brasil	9,0	Antunes et al., (1973)
México	1,4 – 3,7	Miranda-Colin (1974)
Venezuela	0,5	Ortega (1974)
Brasil	0,3	Vieira Pacova e Rocha (1975)
USA	0	Tucker e Harding (1975)
Brasil	1,0	Pereira e Cavariani (1984)
Etiópia	1 – 5	Stoetzer (1984)
Malásia	1 – 2	Martin e Adams (1985)
USA	0 – 85	Wells et al., (1988)
Porto Rico	0,2 – 39	Brunner e Beaver (1989)
Brasil	1,4	Marques Júnior e Ramalho (1995)
USA	6,9	Ibarra Perez et al., (1997)
Brasil	1,0	Royer et al., (1999)
USA	20 – 55	Gepts et al., (2000)

Pelos resultados apresentados na Tabela 1 pode-se inferir que, embora ocorra uma ampla variação nas estimativas obtidas, em média ela é inferior a 2%. Em princípio, isso poderia ser um argumento de que a variabilidade disponível seria pequena. Novamente deve ser ressaltado que só no estado de Minas Gerais são cultivados cerca de 400 mil hectares de feijão por ano, com aproximadamente 250 mil plantas por hectare. A maioria desses agricultores, não adquire sementes

anualmente. Assim, mesmo com uma pequena taxa de fecundação cruzada, o número de indivíduos envolvidos nessas hibridações deve ser enorme.

Martin e Adams (1987) observaram que, mesmo ocorrendo baixa frequência anual de hibridação natural (aproximadamente 1%) nos feijões utilizados pelos agricultores na Malásia, esta foi suficiente para manter uma alta variabilidade genética nestas cultivares.

Como se sabe, os agricultores normalmente não adquirem sementes para seus cultivos. Atualmente, no Brasil, a taxa de utilização de sementes melhoradas é muito baixa, situando-se em torno de 10%. No estado de Minas Gerais, de acordo com o Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA), a percentagem da área com sementes fiscalizada em 1998/99 era de 9,5%, com produção de 2.167,21 toneladas de sementes. A não adoção desta tecnologia segundo Lollato (1999), são: o preço das sementes, as dificuldades de obtenção, o tradicionalismo do agricultor e o caráter marginal da cultura do feijão no contexto da propriedade.

Há inúmeros levantamentos realizados no Brasil que comprovam esse fato (Loch, 1972; Rocha, 1972; Carnauba, 1976; Pimentel e Miranda, 1978). Assim é que, visando à obtenção de informações sobre as sementes de feijão utilizadas na Zona da Mata, em Minas Gerais, Walder et al. (1977) colheram amostras de 338 propriedades. Foi constatada pelos autores grande diversidade genética, pois as cultivares utilizadas pelos agricultores eram, em sua maioria, mesclas de genótipos, geralmente do mesmo tipo de feijão, embora, muitas vezes, houvesse nítida mistura de tipos diferentes. Neste caso, 90,6% dos agricultores utilizaram sementes próprias e, quando se viam na necessidade de comprá-las, davam preferência aos vizinhos (4,7%), seguido dos produtores de sementes (3,8%) e órgãos do governo (0,3%).

Para determinar o grau de mistura varietal das amostras, os autores utilizaram características das sementes, das plântulas e das plantas. Nas

sementes, observaram a cor, a forma, o tamanho e o brilho. Nas plântulas, obtidas em caixa de areia, anotaram a pigmentação do hipocótilo e dos cotilédones. As plantas foram observadas no campo, registrando-se quaisquer diferenças quanto à cor das flores, ao hábito de crescimento, à cor das vagens, à pigmentação do caule, à precocidade e outras características. Somente 16% das amostras eram aparentemente linhas puras. A maioria delas (60,6%) apresentou algum grau de mistura genotípica, proveniente de dois, três e quatro componentes. O restante das amostras (23,4%) apresentou número igual ou superior a cinco elementos, com valor máximo de 17 componentes, evidenciando assim o alto nível de mistura varietal. Em 70,8% dos casos, o componente mais importante representou 80% da mistura, enquanto que o segundo componente mais importante, em 75,1% dos casos, representou menos de 20% da mistura.

Em levantamento realizado sobre a qualidade das sementes de feijão utilizadas na região de Paracatu (MG), constatou-se que 85% dos agricultores produziram as suas próprias sementes. O fato mais expressivo é que no caso dos produtores que plantam de 1 a 3 ha, 100% deles fizeram uso das sementes próprias. Com relação às sementes fiscalizadas o percentual de utilização foi insignificante (1%) e aquelas adquiridas do vizinho ou do comércio corresponderam a 10% e 4%, respectivamente (Melo, 1980).

Silva (1982), estudando a situação e problemas da cultura do feijão em alguns municípios da Zona da Mata no estado de Minas Gerais, verificou, entre os 54 agricultores entrevistados, que apenas 17% deles forneceram amostras de feijões, utilizados como semente, aparentemente puras. A julgar pelas características dos grãos. As demais (83%) eram misturas de duas ou mais linhagens. Quando interrogados sobre o porquê da utilização de misturas de cultivares, as justificativas apresentadas foram as seguintes: 4% achavam que se uma cultivar não produzir, a outra produzirá; 9% disseram que melhora o

paladar; 2% achavam que, por causa do preço do feijão, não compensava separar as misturas e 22% disseram apenas que não é necessário separar os componentes das misturas. Dos 63% restantes que não apresentaram justificativas, 17% deles utilizavam sementes aparentemente puras, 9% desconheciam que havia mistura, 33% faziam “purificação” e 4% separavam apenas alguns componentes.

Os resultados encontrados na região de Governador Valadares por Façanha (1992) foram semelhantes aos da Zona da Mata. Neste caso, 76,61% dos agricultores utilizavam “sementes” próprias por ocasião do plantio; 8,77% adquiriam sementes de vizinhos e 5,85% de não vizinhos; 5,26% utilizaram grão normal do comércio e somente 3,51% optaram por sementes melhoradas. O autor atribui a baixa utilização de sementes melhoradas ao sistema e métodos de cultivos tradicionais, transferidos de geração em geração, aliados ao baixo nível cultural, econômico e administrativo da maioria dos cultivadores dessa leguminosa, que é constituída por mini, pequenos e médios agricultores. Semelhante ao que foi verificado por Walder et al. (1977), constatou-se grande diversidade quanto aos tipos de feijão cultivados na região estudada, sendo a preferência por cultivares do tipo “cores” (81,87%), com predominância da cultivar carioca (47,37%).

A presença de variabilidade genética no material dos agricultores também foi constatada pelo Embrapa – Arroz e Feijão que conduziu, durante o ano de 1989, expedição de coleta em 14 municípios do Sul de Minas Gerais. Fonseca (1993) avaliou esses materiais e comprovou que há enorme variabilidade entre os feijões em uso pelos agricultores da região. Essa variabilidade foi constatada tanto em caracteres qualitativos, tais como cor, brilho e tamanho dos grãos, cor das vagens, cor do hipocótilo e da flor, hábito de crescimento e pigmentação da haste principal, como também em caracteres quantitativos, como comprimento e número de vagens por planta, número de grãos por vagem, peso de 100 sementes,

produção por parcela, altura da planta, número de nós da haste principal, comprimento e largura do folíolo central e doenças.

Procurando verificar o tempo em anos que o agricultor permanece semeando a mesma cultivar de feijão, Façanha (1992) constatou que grande parte deles (61,4%) permaneceu com a mesma por um período acima de cinco anos e 31,58% a utilizam por mais de dez anos. Da mesma forma, Walder (1977) entrevistou 338 agricultores e observou que 8,7% reutilizaram os grãos colhidos como semente por mais de 10 anos. Houve alguns casos excepcionais, em que os produtores declararam semear a mesma cultivar por até 40 anos.

Vale salientar que, avaliando o efeito de sucessivas multiplicações sobre a qualidade das sementes de feijão, foram verificadas misturas varietais crescentes ao longo das gerações (Lollato 1999). Essa mistura variou com as cultivares, sendo maior na cultivar IAPAR 14 que, após a sexta geração, apresentou uma mistura de 143 sementes em uma amostra de 700 gramas. As outras cultivares, IAPAR 31, IAPAR 44 e carioca, apresentaram 15, 11 e 39 sementes em 700 gramas, respectivamente.

Vê-se por exemplo, que a tolerância para sementes fiscalizadas no Paraná é de, no máximo, dez sementes de outra cultivar por 700 gramas. É importante que se diga que a mistura mecânica é uma das causas mais frequentes de contaminação genética. Ela ocorre principalmente nas operações de plantio e no armazém, a partir do momento da colheita em diante. Segundo Bragantini (1996), a falta de limpeza de máquinas na colheita e dos equipamentos no beneficiamento são as principais causas dessa contaminação genética.

Finalmente, além dessas fontes convencionais de variação genética, Rasmusson e Phillips (1997) e Phillips (1999) destacam outros mecanismos que geram variabilidade. Os autores citam a recombinação intragênica, a permuta desigual, os transposons, a metilação do DNA, a paramutação, a amplificação

gênica e a epistasia decorrente de novos arranjos de alelos no genoma como alguns destes mecanismos envolvidos na geração dessa “nova variabilidade”. Isto sugere que a variabilidade disponível dentro de linhas puras, obtidas por autofecundações e mantidas por longos períodos sendo submetidas a diferentes tipos de estresses, é maior do que se imaginava.

Os comentários feitos anteriormente reforçam a possível existência de variabilidade em inúmeros caracteres, nas cultivares que são utilizadas pelos agricultores. A principal alternativa para utilizar essa variabilidade é a coleta de amostras de diferentes regiões e agricultores e a posterior seleção de linhas puras.

A teoria das linhas puras foi desenvolvida pelo botânico dinamarquês W. L. Johannsen, em 1903, que conduziu uma série de experimentos com a variedade de feijão ‘princess’. Johannsen utilizou um lote de sementes de diferentes tamanhos, no qual investigou o efeito da seleção sobre o peso médio das sementes nas progênies. Sua conclusão foi de que a seleção em uma população heterogênea pode ser efetiva para isolar linhas distintas entre si e que a seleção nestas linhas é ineficiente. Assim, ele estabeleceu três princípios com seus estudos: a) há variações herdáveis e variações causadas pelo ambiente; b) a seleção só é efetiva se recair sobre diferenças herdáveis e c) a seleção não gera variação. A partir desses trabalhos, o termo ‘linha pura’ foi utilizado para definir toda a descendência, por autofecundação, partindo de um único indivíduo homozigoto.

Outra definição de linha pura refere-se ao genótipo que possui alelos iguais em todos os genes, de modo que, com as sucessivas multiplicações das sementes, via autofecundação, não há alteração na sua constituição genética (Ramalho e Abreu, 1998). Portanto, a não ser que ocorra alguma mistura mecânica de sementes, mutações ou algum cruzamento com outras cultivares, essa linhagem ou linhagens podem ter sua constituição genotípica mantida indefinidamente.

O procedimento para obtenção de linhas puras começa com a seleção de plantas individuais com posterior teste das progênies. A população base onde será iniciada a seleção pode ser proveniente de um ou vários agricultores. O material colhido dos agricultores é semeado misturado na área experimental. Durante o cultivo, o melhorista acompanha o desenvolvimento das plantas, identificando as mais promissoras com relação à arquitetura e ocorrência de pragas e doenças. Na colheita, são observados caracteres dos grãos. As plantas são colhidas individualmente obtendo-se as famílias – linhas puras – que serão avaliadas na safra seguinte. Na avaliação, como o número de linhas puras é normalmente grande, é semeada uma linha com 2 a 3 m de comprimento de cada, colocando, a espaços regulares, uma testemunha, cultivar já recomendada. De modo análogo é realizada a seleção das melhores linhas puras, que pode ser visual ou utilizar-se de alguma medida na tomada de decisão. As linhas selecionadas são novamente colhidas individualmente e mais extensivamente avaliadas nas gerações seguintes, utilizando-se experimentos com repetições. No final do processo seletivo, o melhorista irá identificar uma ou algumas linhas puras. Nesse último caso, as linhas poderão ser mantidas isoladas ou misturadas para originar uma nova cultivar.

A seleção de linhas puras é utilizada no melhoramento de plantas autógamas há longo tempo. O trabalho mais expressivo foi conduzido com a cultura do arroz na Tailândia, em que a seleção iniciou-se a partir de mais de 100 mil linhas puras. Para a seleção era colocada, intercaladamente, uma linhagem testemunha (Love, 1955).

No caso da cultura do feijoeiro, a seleção de linhas puras é freqüentemente realizada, embora em apenas alguns casos os resultados sejam publicados. Nesse contexto, merece destaque o trabalho realizado para a seleção de linhas puras na cultivar de feijão roxo (Ramalho et al., 1982).

Para isso, foram avaliadas 85 amostras coletadas em propriedades de agricultores e chegou-se à conclusão de que havia uma ampla variação entre e dentro das amostras, principalmente para as características das sementes e produção por planta. Numa segunda etapa, visando a aproveitar esta variabilidade, avaliaram-se 485 progênies, oriundas de plantas superiores identificadas na etapa anterior. Posteriormente, as 100 melhores progênies desse ensaio foram novamente avaliadas e, finalmente, as 20 melhores foram comparadas em dois locais: Sete Lagoas (MG) e Patos de Minas (MG). Neste caso, os autores concluíram, baseados nas estimativas dos parâmetros genéticos e nas distribuições de frequência, que os genótipos de feijão roxo em uso pelos agricultores na região amostrada possuíam acentuada variabilidade genética. Portanto, esses genótipos constituíam-se um excelente germoplasma para os melhoristas de feijão.

Outro exemplo de seleção de linhas puras foi a realizada com amostras de feijão da cultivar Paraná, amplamente utilizada no sul de Minas Gerais, na década de 1960. Esse trabalho possibilitou a seleção de uma linhagem, a ESAL 1, que foi utilizada na região, e inclusive em outros estados. No caso do Espírito Santo, ainda hoje é semeada por alguns agricultores (Santos et al., 1978).

No programa de melhoramento da Embrapa - Arroz e Feijão, pelo menos no passado, esse método também foi amplamente utilizado (Costa e Zimmermann, 1988)

Contudo, o exemplo de maior sucesso na cultura do feijoeiro, não só no Brasil como de todo o mundo, foi a seleção de uma linhagem numa plantação de um agricultor do município de Palmital, estado de São Paulo, que originou a cultivar carioca (Almeida, Leitão Filho e Miyasaka, 1971). Um agricultor desse município encontrou em sua lavoura, em 1966, uma planta com sementes bem diferentes das que ele havia semeado. Colheu a planta separadamente e a levou a

um extensionista, que a enviou ao Instituto Agronômico de Campinas (IAC). No IAC, no mesmo ano, essa amostra foi multiplicada e, em seguida, a linhagem foi incluída nos campos de observação para comparação com outras cultivares. Apesar do seu excelente desempenho, inicialmente houve um temor por parte dos técnicos de que ela não fosse aceita no mercado pelo fato de possuir grãos de duas cores, creme com estrias marrons. Nessa época, os produtores e as donas de casa não estavam acostumados com feijões de duas cores nem rajados (A revolução do cariocinha, 2000). Contudo, em função de seu excelente desempenho, no final de 1969 foi recomendada, distribuindo-se amostras de sementes juntamente com um folheto que demonstrava as características da nova cultivar. A partir daí, a aceitação da nova cultivar foi tão grande que, por volta de 1976, já era a mais plantada e comercializada no estado de São Paulo (Almeida, 2000).

Nos anos seguintes, a nova linhagem foi incluída nos ensaios nacionais de competição de cultivares, conseguindo sempre sobressair-se em produtividade, sendo indicada para semeadura em outros estados brasileiros, principalmente Paraná e Minas Gerais. Também passou a ser incluída em todos os programas de melhoramento existentes no país, em virtude de seus ótimos valores fenotípicos. Em Minas Gerais, a cultivar carioca foi avaliada a partir de 1969, destacando-se em quase todos os experimentos. Como havia na região predominância dos grãos do tipo pardo, roxo e pintado, a sua aceitação pelos agricultores e consumidores, assim como no estado de São Paulo, foi inicialmente lenta. Entretanto, a partir de 1975, a sua adoção foi rápida.

Mais de trinta anos já se passaram e essa cultivar continua sendo amplamente utilizada em praticamente todo o território brasileiro, sendo, sem dúvida nenhuma, um dos casos de maior sucesso no melhoramento de uma planta cultivada. É preciso mencionar que, devido ao seu cultivo sucessivo durante todo

esse período, pelo exposto anteriormente, é esperado que ocorra variabilidade dentro dessa cultivar. Trata-se, portanto, de um germoplasma promissor para a seleção de linhas puras.

2.4 Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos

As estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos, como a variância fenotípica, variância genética e seus componentes, herdabilidade, ganho com a seleção, entre outros, auxiliam os melhoristas na tomada de decisões em várias etapas do programa de melhoramento. No caso específico do feijoeiro, inúmeras estimativas já foram obtidas e revisões sobre elas podem ser encontradas em algumas publicações (Singh, 1991; Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993).

Na obtenção dessas estimativas, várias metodologias têm sido empregadas, tais como a avaliação de linhas puras (Ramalho, Santos e Santa Cecília, 1979; Ramalho, Pinto e Santa Cecília, 1982; Pereira Filho, Ramalho e Ferreira, 1987), avaliação de famílias de populações segregantes provenientes da hibridação de dois ou mais genitores (Takeda, 1990; Collicchio, 1995; Ferreira, 1998) e os cruzamentos dialélicos analisados por diferentes procedimentos (Otubo, 1994; Abreu, 1997).

Em praticamente todos os trabalhos, ênfase foi dada às estimativas de herdabilidade. Isso porque ela indica o potencial do material para a seleção e, conseqüentemente, permite ao melhorista avaliar suas chances de sucesso com a seleção. A herdabilidade corresponde à proporção da variância genética em relação à variância fenotípica total (Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993). Ela pode ser no sentido amplo, quando envolve toda a variância genética (aditiva e não aditiva) no numerador da expressão e no sentido restrito, quando contém apenas a variância aditiva no numerador da expressão. Vale ressaltar que, ao se avaliar em linhas puras ou famílias em elevado estágio de endogamia, a variância

genética entre as famílias é toda aditiva e, portanto, a herdabilidade obtida é no sentido restrito.

Algumas estimativas de herdabilidade obtidas utilizando experimentos de avaliação de linhas puras relacionadas na literatura são apresentadas na Tabela 2. Como se pode observar, há uma ampla variação para as estimativas obtidas. Essa variação é função da variância genética presente nos materiais e das condições ambientais em que foram avaliados. Vale salientar que os valores obtidos são muito semelhantes aos relatados na literatura envolvendo outros métodos de obtenção, conforme é apresentado no levantamento das estimativas de herdabilidade realizados por Gonçalves (2000) e Mendonça (2001). Do exposto, pelas estimativas apresentadas (Tabela 2) pode-se verificar que é possível afirmar que a liberação de variabilidade, quando se usa a seleção de linhas puras, é semelhante à obtida com outros métodos de melhoramento.

TABELA 2 Estimativas de parâmetros genéticos obtidos na avaliação de linhas puras de diferentes tipos de feijão em diferentes locais e anos.

Tipo de feijão	Ano	Local	Parâmetros				
			n	GS	σ^2_G	CVG	h^2
Paraná	1974/75	Lavras	40	6,01	0,4586	6,11	27,62
Pintado	1974/75	Lavras	200	2,37	0,7444	24,66	7,61
Pintado	1975/76	Lavras	60	12,22	2,3584	22,14	44,66
Pintado	1976/77	Lavras	20	0,86	0,0250	16,27	4,37
Roxo	1979	Patos de Minas	485		0,4942	14,76	30,57
Roxo	1980	Patos de Minas	100		0,3476	7,51	24,10

n : número de linhas avaliadas.

GS : ganho com a seleção em percentagem.

σ^2_G : variância genética entre linhas.

CVG : coeficiente de variação genético em percentagem.

h^2_r : herdabilidade no sentido restrito ao nível de médias.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Obtenção da amostra

Foi coletada uma amostra de 289 plantas tomadas ao acaso da cultivar carioca em uma lavoura de aproximadamente três hectares no município de Lavras, sul de Minas Gerais. Segundo informações da proprietária da lavoura (Maria Aparecida de Pádua), o material genético vinha sendo reutilizado por mais de dez gerações.

3.2 Locais

Os experimentos foram conduzidos em Lavras, na área experimental do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e em Lambari, na Fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG). Lavras está situada na região sul do estado de Minas Gerais, a 918 metros de altitude, 21° 41' de latitude e 40° 17' de longitude W. Lambari também está situada ao sul de Minas Gerais, a uma altitude de 895 metros, latitude 21° 58' e longitude 45° 23' W.

3.3 Avaliação da amostra

As sementes de cada planta que constituem uma linha pura foram avaliadas no Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras, na safra de “inverno” de 1998, semeadura em julho. O delineamento experimental utilizado para isso foi um látice simples 17x17. A parcela foi constituída por uma linha de dois metros de comprimento, com um espaçamento de meio metro entre linhas e colocando-se quinze sementes por metro linear.

Com base na seleção visual para tipo de grão dentro do padrão carioca e na produtividade, foram selecionadas 98 linhas. Juntamente com mais duas testemunhas, carioca e pérola, foram avaliadas em Lavras e Lambari na safra da “seca” de 1999, semeadura em fevereiro. Para isso, foi utilizado um látice 10x10 com três repetições, sendo cada parcela constituída de duas linhas de dois metros de comprimento, colocando-se quinze sementes por metro linear.

Finalmente, foram selecionadas as 23 melhores linhas. Essas linhas, juntamente com as duas testemunhas utilizadas na etapa anterior, foram avaliadas em Lavras e Lambari na safra de “inverno” de 1999, semeadura em julho. O delineamento experimental utilizado foi um látice 5x5 com três repetições, sendo a parcela constituída de duas linhas de três metros de comprimento, colocando-se quinze sementes por metro linear.

Em todos os experimentos a adubação utilizada foi o equivalente a 400kg/ha da formula 4-14-8 de N, P₂O₅ e K₂O e em cobertura foi aplicado o equivalente a 150kg/ha de sulfato de amônio. Realizou-se a irrigação por aspersão convencional e os demais tratos culturais foram os normais para a cultura.

A produtividade de grãos foi avaliada nas três safras e apenas na safra da seca de 1999, em Lambari, avaliou-se a severidade de mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*). Para isso, adotou-se a escala de notas de 1 a 9 proposta por Costa et al. (1990), em que: 1 = ausência de sintomas; 2 = 1% da área foliar com doença; 3 = 5% da área foliar com doença; 4 = 10% da área foliar com doença; 5 = 20% da área foliar com doença; 6 = 40% da área foliar com doença; 7 = 60% da área foliar com doença; 8 = 80% da área foliar com doença e 9 = 100% da área foliar com doença.

3.4 Análise dos dados

Inicialmente, os dados relativos à produtividade de grãos, em kg/ha, foram submetidos às análises de variância por local e safra, como preconizado por Ramalho, Ferreira e Oliveira (2000). O modelo estatístico foi:

$$Y_{ijk} = m + t_i + r_j + b_{(j)k} + e_{ijk},$$

em que:

Y_{ijk} : valor observado do tratamento i , no bloco k , dentro da repetição j ;

m : efeito da média geral;

t_i : efeito do tratamento i , sendo ($i : 1, 2, \dots, 289$), no caso do experimento conduzido em Lavras no “inverno” de 1998; ($i : 1, 2, \dots, 100$), nos experimentos conduzidos em Lavras e Lambari na “seca” de 1999 e ($i : 1, 2, \dots, 25$), nos experimentos conduzidos em Lavras e Lambari no “inverno” de 1999;

r_j : efeito da repetição j , sendo ($j : 1, 2$) no caso do experimento conduzido em Lavras no “inverno” de 1998 e ($j : 1, 2, 3$) nos experimentos conduzidos nas demais safras;

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

e_{ijk} : erro experimental associado à observação Y_{ijk} . Admite-se que os erros são independentes e normalmente distribuídos com média zero e variância σ^2 .

Utilizando as médias ajustadas da produtividade de grãos, os dados das duas últimas safras nos dois locais foram submetidos à análise conjunta por safra. Posteriormente, foi efetuada uma análise conjunta dos cinco ambientes, considerando as 23 linhas comuns a todos eles. O modelo adotado nas análises conjuntas foi o seguinte:

$$Y_{ijq} = m + t_i + r_{j(q)} + a_q + (pa)_{iq} + e_{ijq},$$

em que:

Y_{ijq} : valor observado do tratamento i , dentro da repetição j , no ambiente q ;

m : efeito da média geral;



t_i : efeito do tratamento i , sendo ($i : 1, 2, \dots, 100$), no caso dos experimentos conduzidos em Lavras e Lambari na “seca” de 1999 e ($i : 1, 2, \dots, 25$), nos experimentos conduzidos em Lavras e Lambari no “inverno” de 1999;

$r_{j(q)}$: efeito da repetição j dentro do ambiente q , sendo ($j : 1, 2, 3$);

a_q : efeito do ambiente q , sendo ($q : 1, 2$), no caso da análise conjunta por safra e ($q : 1, 2, \dots, 5$) para a análise conjunta de todos os ambientes;

$(pa)_{iq}$: efeito da interação do tratamento i com o ambiente q ;

e_{ijq} : erro experimental médio associado à observação Y_{ijq} .

Nas análises envolvendo as 289 ou 98 linhas foi considerada como fixa apenas a média e nas análises com as 23 linhas selecionadas, além da média, também foi considerado como fixo o efeito das linhas. As esperanças dos quadrados médios das análises de variância individuais e conjuntas encontram-se na Tabela 3 e os estimadores utilizados na obtenção das estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos na Tabela 4.

TABELA 3 Esquema de análise de variância por ambiente e conjunta.

Análises individuais (ambiente q)			
Fontes de variação ¹	G.L.	Q.M.	E(Q.M.) ²
Linhas	G.L.1	Q ₁	$\sigma_{e_q}^2 + r\sigma_{G_q}^2$
Erro	G.L.2	Q ₂	$\sigma_{e_q}^2$
Análise conjunta/ 98 linhas			
Linhas	G.L.3	Q ₃	$\sigma_e^2 + r\sigma_{GA}^2 + ra\sigma_G^2$
Linhas x ambientes	G.L.4	Q ₄	$\sigma_e^2 + r\sigma_{GA}^2$
Erro médio	G.L.5	Q ₅	σ_e^2
Análise conjunta/ 23 linhas			
Linhas	G.L.6	Q ₆	$\sigma_e^2 + r\frac{n}{n-1}\sigma_{GA}^2 + raV_G^2$
Linhas x ambientes	G.L.7	Q ₇	$\sigma_e^2 + r\frac{n}{n-1}\sigma_{GA}^2$
Erro médio	G.L.8	Q ₈	σ_e^2

¹ Foram colocadas apenas as fontes de variação em que foram estimados os componentes de variância.

² $\sigma_{G_q}^2$: variância genética entre as linhas no ambiente q.

$\sigma_{e_q}^2$: variância do erro no ambiente q.

σ_{GA}^2 : variância da interação linhas x ambientes.

σ_G^2 : variância genética entre as linhas na média dos ambientes.

σ_e^2 : variância do erro na média dos ambientes.

n: número de linhas

V_G^2 : desvio genético entre as linhas

TABELA 4 Estimadores utilizados na obtenção dos componentes da variância genética e fenotípica.

Componentes de variância	Estimador
Variância genética entre médias das linhas no ambiente q ($\sigma_{G_q}^2$)	$\frac{(Q_1 - Q_2)}{r}$
Variância fenotípica entre médias das linhas no ambiente q ($\sigma_{F_q}^2$)	$\frac{(Q_1)}{r}$
Variância genética entre as 98 linhas na média dos ambientes (σ_G^2)	$\frac{(Q_3 - Q_4)}{ra}$
Variância fenotípica entre as 98 linhas na média dos ambientes (σ_F^2)	$\frac{(Q_3)}{ra}$
Desvio genético entre as 23 linhas na média dos ambientes (V_G^2)	$\frac{Q_6 - Q_7}{ra}$
Desvio fenotípico entre as 23 linhas na média dos ambientes (V_F^2)	$\frac{Q_6}{ra}$
Variância da interação das 23 linhas x ambientes (σ_{GA}^2)	$\frac{(Q_7 - Q_8)}{r \frac{n}{n-1}}$

Estimaram-se também os erros associados às estimativas da variância genética entre as linhas utilizando as seguintes expressões (Ramalho, Ferreira e Oliveira, 2000):

$$\hat{\sigma}_{(\sigma_{G_1}^2)} = \sqrt{\left[\frac{2}{r^2} \left(\frac{Q_1^2}{G.L_1 + 2} + \frac{Q_2^2}{G.L_2 + 2} \right) \right]};$$

$$\hat{\sigma}_{(\sigma_{G_2}^2)} = \sqrt{\left[\frac{2}{(ra)^2} \left(\frac{Q_3^2}{G.L_3 + 2} + \frac{Q_4^2}{G.L_4 + 2} \right) \right]};$$

$$\sigma_{(\nu_6^2)}^2 = \sqrt{\left[\frac{2}{(ra)^2} \left(\frac{Q_6^2}{G.L_6 + 2} + \frac{Q_7^2}{G.L_4 + 2} \right) \right]};$$

Com base nas variâncias encontradas utilizando-se a Tabela 4, obteve-se a herdabilidade no sentido restrito ao nível de média das linhas em cada ambiente (h_q^2) e na média dos ambientes (h^2), pelas expressões:

$$h_q^2 = \frac{\sigma_{G_q}^2}{\sigma_{F_q}^2} \times 100$$

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

Estimaram-se também os limites inferior (LI) e superior (LS) das estimativas da herdabilidade em cada ambiente e na média dos ambientes pela expressão apresentada por Knapp, Stroup e Ross (1985), adotando-se a probabilidade de $1-\alpha = 0,95$, ou seja:

Para cada ambiente:

$$LI = \left\{ 1 - \left[\left(\frac{Q_1}{Q_2} \right) F_{1-\frac{\alpha}{2}; g'_1, g'_1} \right]^{-1} \right\} \text{ e } LS = \left\{ 1 - \left[\left(\frac{Q_1}{Q_2} \right) F_{\frac{\alpha}{2}; g'_1, g'_1} \right]^{-1} \right\}$$

Na média dos ambientes:

$$LI = \left\{ 1 - \left[\left(\frac{Q_3}{Q_4} \right) F_{1-\frac{\alpha}{2}; g'_3, g'_3} \right]^{-1} \right\} \text{ e } LS = \left\{ 1 - \left[\left(\frac{Q_3}{Q_4} \right) F_{\frac{\alpha}{2}; g'_3, g'_3} \right]^{-1} \right\}$$

em que:

$F_{1-\frac{\alpha}{2}; g'_1, g'_1}$ e $F_{1-\frac{\alpha}{2}; g'_3, g'_3}$: valor da distribuição de F para os graus de liberdade g'_1 e g'_3 ou g'_1 e g'_3 , respectivamente, tal que a probabilidade de exceder este valor é de $1-\alpha/2$;

$F_{\frac{\alpha}{2}; g'_1, g'_1}$ e $F_{\frac{\alpha}{2}; g'_3, g'_3}$: valor da distribuição de F para os graus de liberdade g'_1 e g'_3 ou g'_1 e g'_3 , respectivamente, tal que a probabilidade de exceder este valor é de $\alpha/2$.

O desdobramento da variância da interação de linhas x ambientes foi feito de acordo com a expressão apresentada por Vencovsky (1987):

$$\sigma_{GE}^2 = \frac{1}{2} (\sigma_{Gq} - \sigma_{Gq'})^2 + \sigma_{Gq} \cdot \sigma_{Gq'} (1 - r_G), \text{ em que:}$$

σ_{Gq}^2 e $\sigma_{Gq'}^2$: variância genética entre as linhas no ambiente q e q', respectivamente;

r_G = é a correlação genética entre as médias das linhas, obtida pela expressão:

$$r_G = \frac{COV_{G_{xq} \times q'}}{\sigma_{Gq} \cdot \sigma_{Gq'}}, \text{ em que:}$$

COV_G : covariância genética entre médias das linhas nos ambientes q e q' , respectivamente.

Considerando a seleção das cinco melhores famílias em um ambiente e a resposta em outro, foram estimados a herdabilidade realizada ($h_{R_{qq'}}^2$) e o ganho realizado com a seleção ($GSR_{q'}$), de acordo com a expressão:

$$h_{R_{qq'}}^2 = \frac{(GSR_{q'} / m_{q'})}{(ds_q / m_q)}, \text{ em que:}$$

ds_q : diferencial de seleção, isto é, a média das linhas selecionadas no ambiente q (m_{sq}) menos a média das linhas dessa geração (m_q);

$GSR_{q'}$: ganho realizado no ambiente q' com a seleção no ambiente q , isto é, a média no ambiente q' das linhas selecionadas em q (m_{sq}) menos a média geral das linhas no ambiente q' ($m_{q'}$);

Também foi estimado o ganho esperado com a seleção (GS) das cinco melhores linhas avaliadas no “inverno” de 1998 e na “seca” de 1999, considerando a seleção em Lavras, Lambari e na média desses dois locais nessa última safra, de acordo com a expressão:

$$GS = ds.h^2, \text{ em que:}$$

ds : diferencial de seleção, ou seja, a diferença entre a média das linhas selecionadas e a média geral das linhas;

h^2 : herdabilidade no sentido restrito.

4 RESULTADOS

Os resumos das análises de variância da produtividade de grãos em kg/ha nas safras de “inverno” de 1998, em Lavras; “seca” de 1999, em Lavras e Lambari e “inverno” de 1999, em Lavras e Lambari encontram-se, respectivamente, nas Tabelas 1A, 2A e 3A. Inicialmente, constata-se que em quase todos os casos o delineamento em látice foi eficiente, a exceção apenas da safra de inverno de 1999 em Lambari.

A precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação (CV) pode ser considerada média e variou de 16,64 na avaliação realizada na safra de “inverno” de 1999, em Lavras a 29,09 na safra de “inverno” de 1998, também em Lavras. Na safra inicial, a menor precisão pode ser atribuída ao menor número de repetições e ao menor tamanho das parcelas.

Constatou-se diferença significativa entre tratamentos nas safras de inverno de 1998 e seca de 1999, em Lavras e inverno de 1999, em Lambari. A existência de variação entre as linhas puras pode ser melhor observada nas distribuições de frequência da produtividade de grãos apresentadas nas Figuras 1 e 2. Percebe-se que a maior amplitude de variação ocorreu na safra de “inverno” de 1998, o que já era esperado, uma vez que o número de famílias avaliadas foi muito maior, ou seja, 289. Nesse caso, a produtividade de grãos variou de 870 a 3.922 kg/ha.

Nas safras da “seca” e “inverno” de 1999, como utilizaram-se duas testemunhas, foi feito o desdobramento da fonte de variação tratamentos em linhas puras, testemunhas e o contraste linhas versus testemunhas. Verificou-se que houve diferença entre as linhas na “seca” de 1999, em Lavras e “inverno” de 1999, em Lambari, bem como foi significativo o contraste linhas puras versus

testemunhas. Já a fonte de variação testemunhas foi significativa apenas no “inverno” de 1999 em Lambari (Tabelas 2A e 3A).

A produtividade das 98 linhas avaliadas na “seca” de 1999, em Lavras, 1188 kg/ha, representou 65,2% da produtividade média das duas cultivares utilizadas como testemunhas (Tabela 2A e Figura 2). No “inverno” de 1999, nesse mesmo local, quando o número de linhas avaliadas passou a 23, a produtividade média foi de 3.125 kg/ha, ou seja, houve um melhor desempenho em relação às testemunhas, correspondendo a 93,6% em relação a média destas (Tabelas 3A e 5). Além disso, como o contraste linhas versus testemunhas foi não significativo (Tabela 3A), o desempenho das linhas pode ser considerado equiparável ao das testemunhas.

Resultados semelhantes ocorreram com os ensaios realizados em Lambari. Na safra da “seca” de 1999, as 98 linhas avaliadas tiveram produtividade de 80,5% em relação às testemunhas, enquanto que, no “inverno”, a média das linhas (1.312 kg/ha) superou a média das testemunhas (1.061 kg/ha) em 23,6% (Tabelas 2A, 3A, 5 e Figura 2).

Na safra da “seca” de 1999, em Lambari, como houve uma incidência expressiva de mancha angular, doença causada pelo fungo *P. griseola*, esta também foi avaliada. Observando-se o resumo da análise de variância verifica-se que houve diferença entre tratamentos (Tabela 2A). Contudo, ao se fazer o desdobramento, não houve diferença entre as linhas para esse caráter, ou seja, todas elas podem ser consideradas suscetíveis ao patógeno, conforme evidenciado pela nota média, que foi 6,34. Diferença marcante foi observada entre as duas testemunhas, carioca e pérola. A cultivar carioca se mostrou altamente suscetível, com média de 8,02, enquanto que a pérola foi resistente, com média de 2,84.

Na análise conjunta da produtividade de grãos dos experimentos envolvendo as safras da “seca” e “inverno” de 1999, a precisão experimental

pode ser considerada boa, com valores de 19,68% e 18,44%, respectivamente (Tabelas 6 e 7). Na safra da “seca”, apenas as fontes de variação tratamentos e linhas foram significativas (Tabela 6), indicando, que existe variação entre as famílias, condição essencial para que possa ser feita a seleção. Neste caso, como as interações envolvendo essas fontes de variação foram não significativas, fica evidenciado que o comportamento das famílias foi coincidente nos dois locais avaliados.

Na análise conjunta da safra de “inverno”, ao contrário do ocorrido na safra da “seca”, não foi constatada diferença significativa entre os tratamentos, nem entre as linhas (Tabela 7). Contudo, como as interações tratamento x locais e linhas x locais foram significativas, fica evidenciado que o comportamento das linhas não foi coincidente nos dois locais avaliados. Outra observação importante é que não houve diferença significativa entre as testemunhas em nenhum dos casos, sugerindo que elas apresentaram o mesmo potencial produtivo nessas safras.

Os resultados da análise conjunta envolvendo as 23 linhas avaliadas nos cinco ambientes encontram-se na Tabela 8. Nesse caso, não se constatou diferença significativa entre as linhas, nem interação linhas x locais.

TABELA 5 Produtividade média de grãos (kg/ha) obtida na avaliação das 23 linhas puras de feijão carioca e duas testemunhas na safra de “inverno” de 1999, em Lavras e Lambari.

Linhas	Lavras	Lambari ¹	Média
1	3562	1443 C	2503
2	2767	1998 D	1916
3	3257	966 B	2228
4	2979	1243 B	2233
5	2638	1487 C	2046
6	3325	1410 C	2204
7	3255	1321 C	2332
8	2638	1199 B	1980
9	3298	1066 B	2648
10	3150	1321 C	2235
11	3418	1576 C	2330
12	3087	1082 B	1943
13	2752	799 A	2275
14	3669	1110 B	2317
15	2828	1454 C	1980
16	3128	988 B	2263
17	2613	1532 C	1956
18	2982	1299 C	2279
19	3415	1132 B	2263
20	3010	1798 D	1788
21	3047	566 A	2017
22	3614	1399 C	2573
23	3449	1998 D	2723
Carioca	3311	722 A	2016
Pérola	3364	1399 C	2381
Média linhas	3125	1312	2207
Média testemunhas	3338	1061	2198

¹Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott e Knott ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 8 Resumo da análise de variância conjunta da produtividade de grãos.
(kg/ha) das 23 melhores linhas avaliadas em cinco ambientes.

Fontes de variação	G.L.	Q.M.
Repetição\ambientes	9	1202700,310**
Ambientes (A)	4	46110932,570**
Linhas (L)	22	300527,971
A x L	88	199003,983
Erro efetivo médio	682	268541,729
Média		2192,11
C.V. (%)		23,64

** : Teste de F significativo a 1% de probabilidade

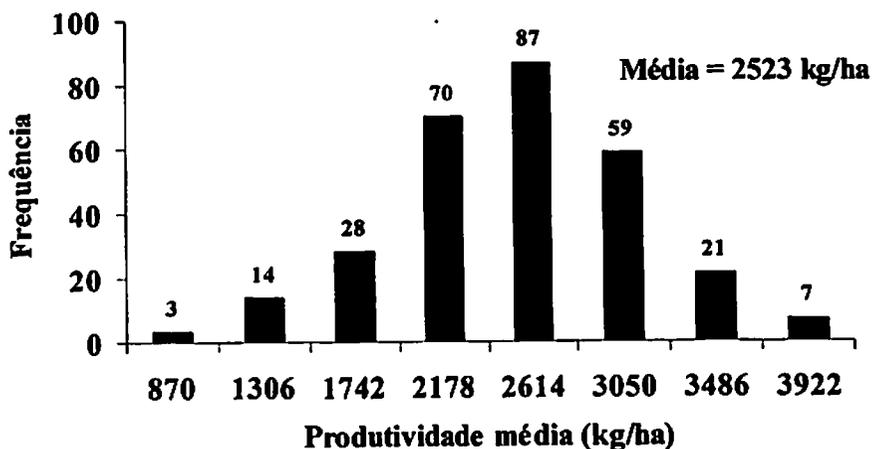


FIGURA 1 Distribuição de freqüência da produtividade média de grãos em kg/ha obtida na avaliação de 289 linhas puras de feijão carioca em Lavras-MG, na safra de "inverno" de 1998.

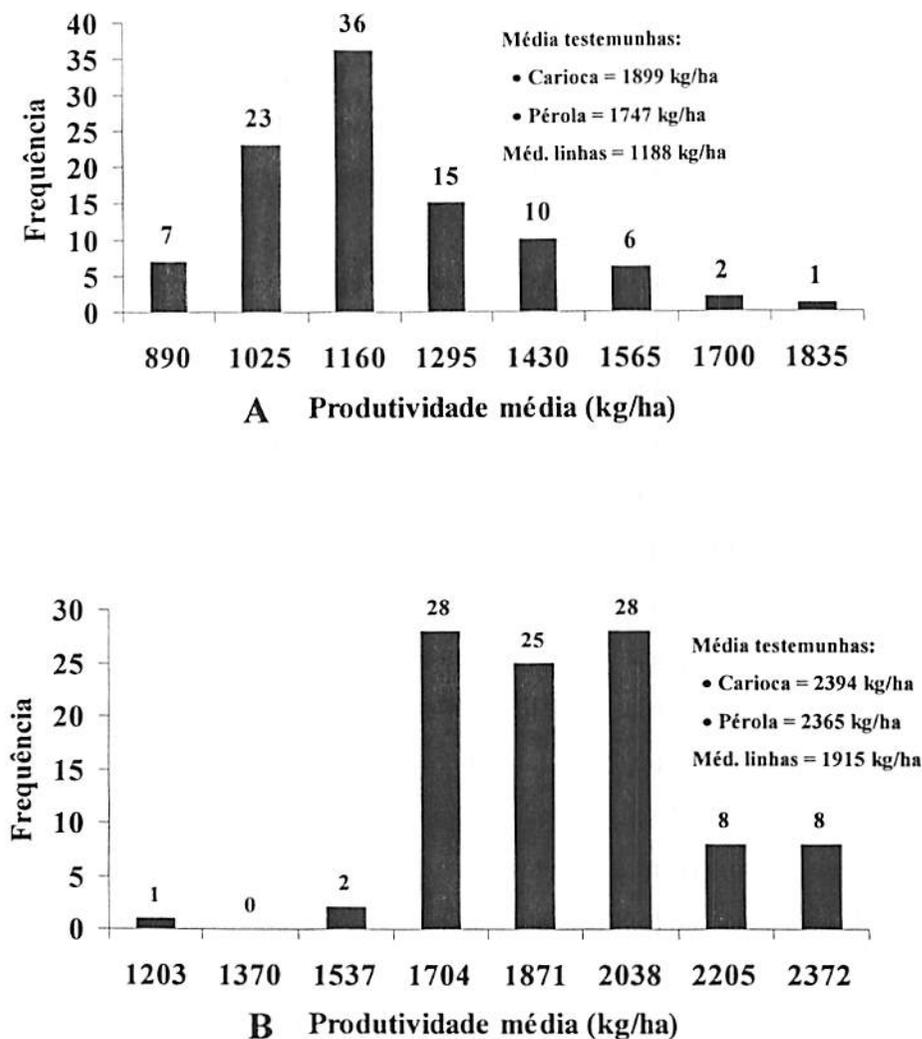


FIGURA 2 Distribuição de frequência da produtividade média de grãos em kg/ha obtida na avaliação de 98 linhas puras de feijão carioca mais duas testemunhas na safra da “seca” de 1999.

A. Lavras, MG. B. Lambari, MG.

As estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos relativos à produtividade de grãos em kg/ha, encontram-se nas Tabelas 9, 10, 11 e 12. Observa-se que a variância genética entre as linhas na safra do “inverno” de 1998 em Lavras foi muito superior à obtida nos demais locais e safras (Tabelas 9 e 10).

A estimativa da interação genótipos x ambientes, foi significativa no “inverno” de 1999 e superior à própria variância genética entre as famílias quando se considerou a média dos dois locais (Tabelas 7 e 10). Vale ressaltar que a parte complexa da interação, que ocorre em função da falta de correlação no desempenho das linhas nos dois ambientes, foi superior à parte simples.

As estimativas da herdabilidade no sentido restrito (h^2) variaram de 2,57, em Lambari, na “seca” de 1999 a 46,96 nessa safra em Lavras (Tabela 9). No “inverno” de 1998, apesar do maior número de famílias avaliadas e da maior variância genética entre elas, a h^2 foi inferior à observada na “seca” de 1999 em Lavras e na média dos dois locais também nessa safra (Tabela 9).

Considerando a seleção das cinco melhores famílias em um ambiente e a resposta em outro, foram estimados a herdabilidade realizada (h^2_R) e o ganho realizado com a seleção (GSR) (Tabelas 11 e 12). As estimativas da h^2_R variaram de 1,84% para a seleção em Lavras no “inverno” de 1998 e resposta em Lavras no “inverno” de 1999 à 70,83 % para a seleção em Lavras no “inverno” de 1999 e resposta em Lambari também nessa safra (Tabela 11). Concordante com essas observações também são as estimativas do GSR que também variaram de 0,74% para a seleção em Lavras no “inverno” de 1998 e resposta em Lavras no “inverno” de 1999 a 20,35% para a seleção no “inverno” de 1998 em Lavras e resposta em Lambari no “inverno” de 1999 (Tabela 12).

Também foi estimado o ganho esperado com a seleção (GS) das cinco melhores linhas avaliadas no “inverno” de 1998, na “seca” de 1999 em Lavras e

Lambari e na média desses locais (Tabela 9). Observa-se que os ganhos foram mais elevados no inverno de 1998 e na seca de 1999 em Lavras, o que está de acordo com a variabilidade existente entre as linhas nessas safras (Tabelas 1A e 2A). Na seca de 1999, em Lambari, quando não foi detectada diferença entre as linhas (Tabela 2A), o GS foi bem inferior (Tabela 9).

TABELA 9 Estimativa de parâmetros fenotípicos e genéticos relativos à produtividade de grãos, em kg/ha, das linhas puras de feijão carioca avaliadas em Lavras, na safra de “inverno” de 1998 e em Lavras e Lambari, na safra da “seca” de 1999.

Parâmetros	Inverno/98		Seca/99	
	Lavras	Lavras	Lambari	Média
n	289	98	98	98
σ^2_G	74141,303 ± 37121,641	15337,090 ± 5001,999	1207,155 ± 8292,644	8946,982 ± 4101,193
σ^2_F	343706,528	32661,056	46965,870	24380,225
h ² (%)	21,571	46,958	2,570	36,698
LI (%)	0,353	25,084	-37,610	14,048
LS (%)	38,166	63,098	32,216	54,709
GS (%)	12,816	16,087	0,629	8,371

TABELA 10 Estimativa de parâmetros fenotípicos e genéticos relativos à produtividade de grãos, em kg/ha, das linhas puras de feijão carioca avaliadas em Lavras e Lambari, na safra do “inverno” de 1999 e na média de todas as avaliações.

Parâmetros	Inverno/99			Média geral
	Lavras	Lambari	Média	
n	23	23	23	23
V_G^2	11584,056 ± 36298,548	99257,267 ± 34742,777	6894,461 ± 22728,280	7437,655 ± 6716,962
V_F^2	102763,275	119530,136	59013,119	22016,701
σ_{PG}^2	-	-	48511,272	-
σ_{PG}^2 - Simples	-	-	21511,943	-
σ_{PG}^2 - Complexa	-	-	26999,742	-

TABELA 11 Herdabilidade realizada (%) com a seleção no ambiente q e resposta no ambiente q'.

Ambiente q	Ambiente q'		Inverno/1999	
	Seca/1999		Lavras	Lambari
Inverno/1998 Lavras	34,94	31,73	1,84	50,87
Seca/1999 Lavras	-	2,90	27,09	25,58
Seca/1999 Lambari	62,73	-	10,26	34,59
Inverno/1999 Lavras	-	-	-	70,83
Inverno/1999 Lambari	-	-	8,43	-

TABELA 12 Ganho realizado (%) no ambiente q' com a seleção no ambiente q.

Ambiente q	Ambiente q'		Inverno/1999	
	Seca/1999		Lavras	Lambari
Inverno/1998 Lavras	13,97	12,69	0,74	20,35
Seca/1999 Lavras	-	0,99	9,28	8,76
Seca/1999 Lambari	15,07	-	2,46	8,31
Inverno/1999 Lavras	-	-	-	9,45
Inverno/1999 Lambari	-	-	3,01	-

5 DISCUSSÃO

O sucesso na condução de um programa de seleção de linhas puras é dependente de alguns fatores. O primeiro deles, e mais importante, é a existência de variabilidade entre as linhas. No presente trabalho, a população utilizada para a seleção das linhas foi oriunda da cultivar carioca. As sementes foram adquiridas pela proprietária há mais de dez anos e, anualmente, os grãos colhidos eram utilizados como sementes para a safra seguinte. A cada ano eram semeados mais de 10 ha, ou seja, considerando uma população de 250 mil plantas por hectare, eram cultivados anualmente cerca de 2,5 milhões de plantas. Nessa condição, mesmo considerando uma baixa frequência de mutação por loco, é esperada a ocorrência de muitos locos com novos alelos – mutantes. Assim, é natural que ocorra variabilidade entre as linhas puras. Esse fato ficou evidenciado neste trabalho, não só para produtividade de grãos, como será realçado posteriormente, como também para outros caracteres, especialmente aqueles relacionados ao tipo de grão, como tamanho, forma e a tonalidade da cor creme do fundo e do marrom das estrias.

Um segundo fator é utilizar, nas avaliações, uma amostra que represente bem a população. No presente caso, foram coletadas 289 plantas em uma área aproximada de 3 ha. Nessa coleta, realizada próximo à colheita, não foi efetuada nenhuma seleção consciente, exceto o descarte de plantas cujo número de sementes fosse inferior a 30, o que inviabilizaria a sua avaliação no experimento de campo.

Não há muita informação sobre o número ideal de plantas a ser utilizado. Em trabalho realizado com a cultura do arroz nas Tailândia, Love (1955) utilizou mais de 100 mil famílias, porém, o descarte era realizado visualmente ou utilizando experimentos sem repetição, com testemunha

intercalar. No feijoeiro, Ramalho et al. (1982) utilizaram, na primeira avaliação, cerca de 500 famílias. Já em trabalho conduzido na Embrapa Arroz e Feijão, o número utilizado foi inferior ao empregado no presente trabalho (Fonseca, 1993).

A precisão experimental na avaliação das linhas seria o terceiro fator para o sucesso. Especialmente na primeira avaliação, quando o número de linhas é maior e a disponibilidade de sementes é pequena, impossibilitando o emprego de parcelas maiores e de um maior número de repetições, é muito provável que a precisão seja baixa. Esse fato foi constatado no presente trabalho, cujo coeficiente de variação (C.V.) na avaliação inicial foi de 29,1% (Tabela 1A). Vale salientar que esse valor é inferior ao relatado por Ramalho et al. (1982) na avaliação de linhas puras de feijão roxo.

Após a primeira seleção, quando o número de linhas a serem avaliadas passa a ser menor e a disponibilidade de sementes aumenta, a precisão é bem maior. As estimativas de coeficientes de variação obtidas nas avaliações posteriores, realizadas nas safras da “seca” e do “inverno” de 1999, realçam esse fato (Tabelas 2A e 3A). Resultados semelhantes têm sido constatados em outros experimentos (Ramalho et al., 1982; Santos et al., 1978; Fonseca, 1993).

Como o desafio é a melhoria da eficiência da seleção, é necessário procurar alternativas para vencer esse desafio. Uma das estratégias para identificar as alternativas mais viáveis é o uso de simulação. Com esse objetivo, Wricke e Weber (1986) simularam o número ideal de repetições para se obter maior ganho com a seleção, partindo de um número determinado de parcelas a serem avaliadas. Para isso, partiram do ganho de seleção padronizado e chegaram à seguinte expressão: $GS = i \sqrt{\frac{1}{1 + c/r}}$ em que: i é o índice de seleção padronizado; c é a relação entre a variância ambiental (σ_e^2) e a variância genética entre as linhas (σ_G^2) e r o número de repetições. Assim, com base em

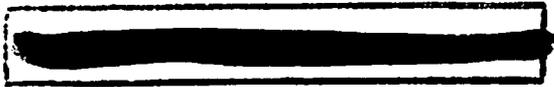


TABELA 13 Ganho com a seleção (GS) para vários números de linhas (g) e repetições (r) considerando $g.r = 578$ parcelas e $\sigma^2/\sigma^2_G = 7,27$.

r	g	GS
1	578	0,487
2	289	0,650
3	193	0,757
4	144	0,834
5	116	0,894
6	96	0,941
7	83	0,980
8	72	1,013
9	64	1,041
10	58	1,065

A existência de variabilidade entre as linhas puras para a produtividade de grãos é evidenciada pelas distribuições de freqüência da produtividade média de grãos obtidas nas diferentes avaliações (Figuras 1 e 2). A amplitude de variação foi alta e, na primeira avaliação, correspondeu a 121% da média. O potencial das linhas puras ficou também evidenciado, haja vista que muitas linhas apresentaram desempenho superior à cultivar carioca e até mesmo à pérola, que é atualmente a mais utilizada entre as cultivares recomendadas.

Quando se avaliam linhas puras em experimentos com repetição, é possível estimar a herdabilidade (h^2). Em realidade, essa herdabilidade é toda no sentido restrito, pois toda a variância genética entre as linhas, genótipos homocigóticos, é aditiva (Ramalho, Santos e Zimmerman, 1993).

No presente caso, as estimativas de h^2 obtidas (Tabela 9) reforçam a observação anterior da existência de variação entre as linhas avaliadas. Observa-se que, na maioria dos casos, as estimativas podem ser consideradas de média alta. É oportuno enfatizar que, mesmo nos experimentos com menor precisão experimental, o intervalo de confiança da estimativa foi positivo, evidenciando que, com 95% de probabilidade, a herdabilidade entre as linhas seria diferente de zero.

As estimativas de herdabilidade obtidas nas avaliações foram de magnitudes semelhantes às que têm sido relatadas para a seleção entre famílias de populações segregantes obtidas por hibridação, conforme apresentado em levantamento realizado por Mendonça (2001). Esse fato evidencia ser possível, com a seleção de linhas puras, obter o mesmo sucesso de quando se utiliza hibridação. Como muitas linhas (23 delas) foram avaliadas em vários ambientes, foi possível obter a herdabilidade realizada. Nesse caso, é uma estimativa de h^2 mais útil para o melhorista, pois desconsidera a interação, ou seja, reflete a parte da variação genética que é efetivamente transmitida para a próxima geração.

As grandes flutuações nas estimativas de h^2 realizadas (Tabela 11) e a diferença na magnitude em relação às estimativas relacionadas na Tabela 9, reforçam a observação da ocorrência de interação na avaliação das linhas em diferentes ambientes. Porém, o seu efeito é variável, de acordo com o par de ambientes envolvido. A existência de interação famílias e/ou cultivares x ambientes na cultura do feijão é frequentemente relatada por diversos autores (Ramalho, Abreu e Santos, 1998; Rosal et al., 2000; Santos et al., 2001). As estimativas dos ganhos realizados (Tabela 12) servem para comprovar todas essas observações e, principalmente, para mostrar que, com a seleção de linhas puras, é possível, na maioria dos casos, obter progressos genéticos expressivos.

Finalmente, merece ser comentado que, embora tenha sido encontrada variabilidade para a maioria dos caracteres avaliados, no caso da reação ao

fungo *P. griseola*, agente causal da mancha angular do feijoeiro, todas as linhas se mostraram altamente suscetíveis (Tabela 2A). Não foi encontrada nenhuma linha com nível de resistência equivalente ao da cultivar pérola. A justificativa para a não constatação de variabilidade para a resistência a *P. griseola* pode ser atribuída à não ocorrência de mutação nos locos envolvidos no controle genético da resistência.

Embora não haja consenso entre os pesquisadores, algumas vezes é relatado que o controle genético da resistência é monogênico (Santos Filho, Ferraz e Vieira, 1976; Singh e Saini, 1980) o que seria uma condição favorável para a ocorrência de mutação, haja vista, como já comentado, a grande quantidade de indivíduo que é semeada anualmente. A outra opção é que a mutação tenha ocorrido, porém, como as condições ambientais nas diferentes épocas de semeadura nem sempre são favoráveis à manifestação da doença, não houve vantagem seletiva dos indivíduos contendo alelos de resistência e, provavelmente, foram eliminados.

Fica fácil depreender que a seleção de linhas puras apenas identifica as diferenças genéticas já existentes. Assim, ela não cria variabilidade e, portanto, numa situação como a relatada para a mancha angular, ela não é uma opção para o melhorista solucionar o problema.

6 CONCLUSÕES

1- Ficou evidenciada a existência de variabilidade entre as linhas puras não só para produtividade de grãos, como também para outros caracteres, especialmente aqueles relacionados ao tipo de grão como tamanho, forma e a tonalidade da cor creme do fundo e do marrom das estrias.

2- Foram obtidas linhas puras mais produtivas que a cultivar Carioca original.

3- As 23 linhas superiores foram misturadas originando uma “nova cultivar”, sendo entregue a proprietária para substituir a cultivar original.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A revolução do carioquina. *Informação Apta*, São Paulo, v.1, n.1, p.3-5, maio/jun. 2000.
- ABREU, A. de F.B. **Predição de potencial genético de populações segregantes do feijoeiro utilizando genitores inter-raciais**. Lavras: UFLA, 1997. 79p. (Tese – Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- ALAN, J.J.; MOH, C.C. Determinacion del porcentaje de cruzamiento natural en el frijol comun (*Phaseolus vulgaris* L.) en Alajuela, Costa Rica. *Turrialba*, San José, v.16, n.2, p.156-158, abr./jun. 1966.
- ALMEIDA, L.D.A.L.; LEITÃO FILHO, H.F.; MIYASAKA, S. Características do feijão Carioca, um novo cultivar. *Bragantia*, Campinas, v.30, p.33-38, abr. 1971.
- ALMEIDA, L.D'A. de. **O feijão carioca: reflexos de sua adoção**. Campinas: IAC, 2000. n.p.
- AL-RUBEAI, M.A.F. Radiation-induced mutations in *Phaseolus vulgaris* L. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, v.5, n.3, p.503-515, set. 1982.
- ANTUNES, I.F.; COSTA, J.G.C.; OLIVEIRA, E.A. Natural hybridization in *Phaseolus vulgaris* in Pelotas, RS, Brasil. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v.16, p.61-62, 1973.
- BARRONS, K.C. Natural outcrossing in beans at different degrees of isolation. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, New York, v.33, p.637-640, 1939.
- BRAGANTINI, C. Produção de sementes. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J. de O. (eds). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p.639-667.
- BRUNNER, B.R.; BEAVER, J.S. Estimation of outcrossing of the common bean in Puerto Rico. *Horticultural Science*, Stuttgart, v.24, p.669-671, 1989.
- CARNAUBA, L. de A. **Qualidade de sementes de feijão no estado de Alagoas**. Maceió: FITPAL, 1976. 17p. (Boletim Informativo, 1).

- CARNEIRO, J.E. de S. **Indução de mutações em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) por radiação gama e etil-metanossulfonato.** Viçosa: UFV, 1986. 56p. (Dissertação – Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- COLLICCHIO, E. **Associação entre o porte da planta do feijoeiro e o tamanho dos grãos.** Lavras: UFLA, 1995. 98p. (Dissertação – Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- COSTA, J.G.C. da; RAVA, C.A.; SARTORATO, A.; PURÍSSIMO, J.D. **Catálogo de linhagens de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) do CNPAF: reação às principais doenças e avaliação de características agrônomicas.** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1990. 31p. (EMBRAPA-CNPAF. Documento 32).
- COSTA, J.G.C. da; ZIMMERMANN, M.J. de O. **Melhoramento Genético.** In: ZIMMERMANN, M.J. de O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. de. **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade.** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fosfato, 1988. 589p.
- CRISPIN-MEDINA, A. **Cruzamiento natural en frijol. Agricultura Tecnica en Mexico, México, v.11, n.1, p.38-39, 1960.**
- ELGUETA, M.; BAILLON, L. **Ensayo de fecundacion ajena en frejoles. Agricultura Tecnica, Santiago, v.4, n.1, p.38-40, 1944.**
- EMERSON, R.A. **A genitic study of plant height in *Phaseolus vulgaris*. Research Bulletin Nebraska Agricultural Experimental Station, Lincoln, n.7, 1916.**
- FACANHA, J.B. **Avaliação da qualidade das sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) utilizadas pelos agricultores da região administrativa da EMATER-MG de Governador Valadares.** Lavras: ESAL, 1992. 91p. (Dissertação – Mestrado em Fitotecnia).
- FEHR, W.R. **Principles of cultivar development.** New York: MacMillan, 1987. 525p.
- FERREIRA, W.D. **Implicações do número de famílias no processo seletivo na cultura do feijoeiro.** Lavras: UFLA, 1998. 66p. (Dissertação – Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).

- FONSECA, J.R. **Emprego da análise multivariada na caracterização de germoplasma de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Lavras: UFLA, 1993. 123p. (Tese – Doutorado em Fitotecnia).
- GEPTS, P.; GONZALEZ, A.; PAPA, R.; ACOSTA, J.; WONG, A.; DELGADO SALINAS, A. Outcrossing in Mexican wild and domesticated population of common bean. **Annual Report Bean Improvement Cooperative**, Cali, v.43, p.23-24, Jan. 2000.
- GONÇALVES, F.M.A. **Seleção natural em populações segregantes do feijoeiro**. Lavras: UFLA, 2000. 98p. (Tese – Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- IBARRA-PEREZ, F.J.; EHDAIE, B.; WAINES, J.G. Estimation of outcrossing rate in common bean. **Crop Science**, Madison, v.37, n.1, p.60-65, Jan./Feb. 1997.
- JOHANNSEN, W.L. **Veber erblichkeit in populationen and in reinen leinem**. Jena: Gustav. Fischer, 1903.
- JUNQUEIRA NETTO, A.; LASMAR FILHO, J. Taxa de alogamia do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) em Lavras, Minas Gerais. **Agros**, Lavras, v.1, n.1, p.19-21, 1971.
- 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.
- KRISTOFFERSON, K.B. Spontaneous crossing in the gerden bean, *Phaseolus vulgaris*. **Hereditas**, Lund, v.2, p.395-400, 1921.
- LOCH, C.A. Aspectos gerais da produção do feijoeiro no Estado de Santa Catarina. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE FEIJÃO, 1., 1971, Campinas. **Anais...** Viçosa: UFV. Imprensa Universitária, 1972. v.2, p.435.
- LOLLATO, M.A. Efeitos do número de gerações sobre a produção e qualidade de sementes de feijão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO - RENAPE, 6., 1999, Salvador, BA. **Resumos expandidos...** Goiânia : Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p.561-563.
- LOVE, H.H. **Report on rice investigations, 1950-54**. Bangkok: United States Operations Mission to Thailand, 1955. 148p.

- MARQUES JÚNIOR, O.G.; RAMALHO, M.A.P. Determinação 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.
- MARTIN, C.B.; ADAMS, M.W. Landraces of *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae) in northern Malawi. II. Generation and maintenance of variability. *Economic Botany*, Bronx, v.41, n.3, p.204-215, July/Sept. 1987.
- MARTIN, G.B.; ADAMS, M.W. The role of outcrossing in the generation of variability in Malawian bean landraces. *Annual Report of the Bean Improvement Cooperative*, Cali, v.28, p.49-50, 1985.
- MELO, B. de. Qualidade das sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) utilizadas pelos agricultores da região de Paracatu, Estado de Minas Gerais. Lavras: ESAL. 1980. 64p. (Dissertação – Mestrado em Fitotecnia).
- MENDONÇA, H.A. de. Escolha de populações segregantes de feijoeiro utilizando parâmetros genéticos, fenotípicos e marcadores RAPD. Lavras: UFLA, 2001. 100p. (Tese – Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- MIRANDA-COLIN, S. Cruzamiento natural en frijol. *Campo*, Buenos Aires, v.49, n.986, p.34-40, 1974.
- ORTEGA, S.V. Polinización cruzada de la caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) en Venezuela. *Agronomía Tropical*, Maracay, v.24, n.1, p.27-32, ene./feb. 1974.
- OTUBO, S.T. Controle genético da tolerância do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) a baixas temperaturas na fase de germinação. Lavras: UFLA, 1994. 50p. (Dissertação – Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- PEREIRA FILHO, I.A.; CAVARIANI, C. Taxa de hibridação natural do feijoeiro comum em Patos de Minas, Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.19, n.10, p.1181-1183, out.1984.
- PEREIRA FILHO, I.A.; RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, S. Avaliação de progênies de feijão e estimativas de parâmetros genéticos na região do alto São Francisco em Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.22, n.9/10, p.987-993, set./out. 1987.

- PHILLIPS, R.L. Unconventional sources of genetic diversity: de novo variation and elevated epistasis. In: BLOWORK II – PLANT BREEDING IN THE TURN OF THE MILLENNIUM. Viçosa: UFV, 1999. p.103-131.
- PIMENTEL, M. de L.; MIRANDA, P. Qualidade física das sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e (*Vigna unguiculata* L. Walp.) no estado de Pernambuco. *Pesquisa Agropecuária Pernambucana*, Recife, v.2, n.1, p.28-36, jun. 1978.
- POMPEU, A.S. Polinização cruzada natural no feijoeiro. *Bragantia*, Campinas, v.22, n.5, p.53-57, jan. 1963.
- RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A. de F.B. Cultivares. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J. de; BORÉM, A. *Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais*. Viçosa: UFV, 1998. Cap.14, p.435-449.
- 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 Paranaíba em Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.22, n.2, p.176-181, abr./jun. 1998.
- RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D.F.; OLIVEIRA, A.C. de. *Experimentação em genética e melhoramento de plantas*. Lavras : UFLA, 2000. 326p.
- RAMALHO, M.A.P.; PINTO, C.A.B.P.; SANTA CECÍLIA, F.C. Avaliação de amostra de cultivares de feijão roxo e seleção de progênes. *Ciência e Prática*, Lavras, v.6, n.1, p.35-43, jan./jun. 1982.
- RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos; SANTA CECÍLIA, F.C. Seleção de progênes no feijão Pintado e estimativa dos parâmetros genéticos e fenotípicos. *Ciência e Prática*, Lavras, v.3, n.1, p.51-57, jan./jun. 1979.
- RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos; ZIMMERMAN, M.J. de O. *Genética quantitativa em plantas autógamas: Aplicações ao melhoramento do feijoeiro*. Goiânia. Universidade Federal de Goiás. 1993. 271p.
- RASMUSSEN, D.C.; PHILLIPS, R.L. Plant breeding progress and genetic diversity from de novo variation and elevated epistasis. *Crop Science*, Madison, v.37, n.2, p.303-310, Mar./Apr. 1997.

- ROCHA, A.C.M. Aspectos gerais da produção de feijão no Estado do Rio de Janeiro e Espírito Santo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FEIJÃO, 1., 1971, Campinas. Anais... Viçosa: UFV. Imprensa Universitária, 1972. v.2, p.441.
- ROSAL, C.J. de S.; RAMALHO, M.A.P.; GONÇALVES, F.M.A.; ABREU, A. de F.B. Seleção precoce para a produtividade de grão do feijoeiro. *Bragantia*, Campinas, v.59, n.2, 2000.
- ROYER, M.R.; VIDIGAL, M.C.G.; SCAPIM, C.A. Hibridação natural em feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) em Maringá, Paraná. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO – RENAFE, 6., 1999, Salvador, BA. Resumos expandidos.... Goiânia : Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p.376-378.
- SANTOS, J.B. dos; ANDRADE, M.A. de; RAMALHO, M.A.P.; SANTA CECILIA, F.C.; LIMA, L.A. de P. Seleção de progênies e estimativa de parâmetros genéticos em variedade local de feijoeiro. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUARIA DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Projeto feijão: relatório anual 73/75. Belo Horizonte, 1978. p.58-60.
- SANTOS, J.B. dos; GAVILANES, M.L. Botânica. In: VIEIRA, C.; PAULA JR, T.J. de; BOREM, A. (eds). Feijão: aspectos gerais e culturais no Estado de Minas. Viçosa: UFV, 1998. p.55-81.
- SANTOS, V.S. da. Implicações da seleção precoce para tipo de grão no melhoramento genético do feijoeiro comum. Lavras: UFLA, 2001. 57p. (Dissertação – Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- SANTOS FILHO, H.P.; FERRAZ, S.; VIEIRA, C. Resistência a mancha angular (*Isariopsis griseola* Sacc.) no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Ceres*, Viçosa, v.23, n.127, p.226-230, maio/jun. 1976.
- SILVA, C. C. da. Situação e problemas da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em quatro municípios da microregião homogênea 192 (Zona da Mata, Minas Gerais). Viçosa: UFV, 1982. 74p. (Dissertação de Mestrado).
- SINGH, A.X.; SAINI, S.S. Inheritance of resistance to angular leaf spot (*Isariopsis griseola* Sacc.) in French bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Euphytica*, Wageningen, v.29, n.1, p.175-176, Feb. 1980.

- SINGH, S.P. Bean genetics. In: SCHOONHOVEN, A. van; VOYSEST, O. (eds). **Common beans: research for crop improvement**. Wallingford: CAB International/CIAT, 1991. Cap.7, p.199-286.
- STOETZER, H.A.I. Natural cross-pollination in bean in Ethiopia. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Cali, v.27, p.99-100, 1984.
- TAKEDA, C. **Avaliação de progênies de feijoeiro do cruzamento "ESAL 501 x A 354" em diferentes ambientes**. Lavras: ESAL, 1990. 82p. (Dissertação – em Genética e Melhoramento de plantas).
- TUCKER, C.L.; HARDING, J. Outcrossing in comun bean *Phaseolus vulgaris* L. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Fort Collins, v.100, n.3, p.283-285, May 1975.
- TULMANN NETO, A. **Obtenção de resistência ou tolerância ao vírus do mosaico dourado do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) através de indução de mutação**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1979. 119p. (Tese Livre Docência).
- VENCOVSKY, R. Herança Quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.P. **Melhoramento e produção do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.137-214.
- VIEIRA, C. **O feijão e eu. Memórias de um ex-aluno da ESAV**. Viçosa: UFV. Imprensa Universitária e Associação dos Ex-alunos da Universidade Federal de Viçosa, 1996. 178p.
- VIEIRA, C. Sobre a hibridação natural em *Phaseolus vulgaris* L. **Revista Ceres**, Viçosa, v.11, n.63, p.103-107, jul./dez. 1960.
- VIEIRA, C.; BORÉM, A.; RAMALHO, M.A.P. Melhoramento do feijão. In: BORÉM, A. (ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. p.273-349.
- VIEIRA PACOVA, B.S.; ROCHA, A.C. de M. Hibridação natural no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em Linhares, Espírito Santo. **Revista Ceres**, Viçosa v.22, n.120, p.157-158, mar./abr.1975.

- VILHORDO, B.W.; MIKUSINSKI, O.M.F.; BURIN, M.E.; GANDOLFI, V.H. Morfologia. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMAN, M.J. de O. **Cultura de feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p.71-99.
- WALDER, V.L.M.S.; VIEIRA, C.; SILVA, C.M. da; DUARTE, A. de O. Algumas informações sobre as sementes de feijão, utilizadas na Zona da Mata, Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v.24, n.131, p.94-99, jan./fev. 1977.
- WELLS, W.C.; ISOM, W.H.; WAINES, J.G. Outcrossing rates of six common bean lines. **Crop Science**, Madison, v.28, n.1, p.177-178, Jan./Feb. 1988.
- WRICKE, G.; WEBER, W.E. **Quantitative genetics and selection in plant breeding**. Berlin: Walter of gruyter, 1986. 406p.

ANEXOS

ANEXO A

Página

TABELA 1A	Resumo da análise de variância para produtividade de grãos, em kg/ha, das 289 linhas puras de feijão carioca avaliadas em Lavras-MG, na safra de “inverno” de 1998.	57
TABELA 2A	Resumo das análises de variância da produtividade de grãos (kg/ha) e de mancha angular (notas de 1 a 9) obtidas na avaliação de 98 linhas puras de feijão carioca em Lavras e Lambari-MG, na safra da “seca” de 1999.	58
TABELA 3A	Resumo da análise de variância da produtividade de grãos (kg/ha) obtida na avaliação de 23 linhas puras de feijão carioca, em Lavras e Lambari-MG, na safra de “inverno” de 1999.	59

TABELA 1A Resumo da análise de variância para produtividade de grãos, em kg/ha, das 289 linhas puras de feijão carioca avaliadas em Lavras-MG, na safra de “inverno” de 1998.

Fontes de variação	G.L.	Q.M.
Repetição	1	6758217,993
Tratamento	288	687413,055 *
Erro	256	539130,449
Média		2523,36
C.V. (%)		29,09
Eficiência do látice (%)		103,38

*: Teste de F significativo a 5% de probabilidade.

TABELA 2A Resumo das análises de variância da produtividade de grãos (kg/ha) e da mancha angular (notas de 1 a 9) obtidas na avaliação de 98 linhas puras de feijão Carioca em Lavras e Lambari-MG, na safra da “seca” de 1999.

Fontes de variação	G.L.	Q.M.		
		Prod. - Lavras	Prod. - Lambari	M. angular - Lambari
Repetição	2	467442,750	206514,583	15,763
Tratamento	99	120267,470 **	150877,311	1,594 **
Linhas	97	97983,169 **	140897,609	1,161
Testemunhas	1	34901,762	1286,417	40,295 **
Linhas v.s. Test.	1	2367208,056 **	1268509,744 **	4,859 *
Erro	171	51971,899	137276,143	0,959
Média geral		1201,05	1924,33	6,32
Média linhas		1188,36	1915,04	6,34
Média test.: carioca		1899,13	2394,16	8,02
pérola		1746,59	2364,87	2,84
C.V. (%)		18,98	19,25	15,48
Eficiência do látice (%)		112,36	111,26	105,61

** e * : Teste de F significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 3A Resumo da análise de variância da produtividade de grãos (kg/ha) obtida na avaliação de 23 linhas puras de feijão carioca, em Lavras e Lambari-MG, na safra de “inverno” de 1999.

Fontes de variação	Lavras		Lambari	
	G.L.	Q.M.	G.L.	Q.M.
Repetição	2	1339564,909	2	19520,155
Tratamento	24	293117,765	24	372014,714 **
Linhas	22	308289,824	22	358590,408 **
Testemunhas	1	4266,293	1	687696,615 **
Linhas v.s.Test.	1	248183,937	1	351667,911 **
Erro	36	273537,657	48	60818,608
Média geral		3142,19		1292,26
Média linhas		3125,23		1312,45
Média test.: carioca		3310,60		721,50
pérola		3363,93		1398,60
C.V. (%)		16,64		19,08
Eficiência do látice (%)		104,53		

** : Teste de F significativo a 1% de probabilidade