

ÂNGELA DE FÁTIMA BARBOSA ABREU

AVALIAÇÃO DE PROGÊNIES DE FEIJOEIRO DO CRUZAMENTO "CARIOCA 80" x "RIO TIBAGI" EM DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTIO

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do grau de MESTRE.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

LAVRAS - MINAS GERAIS

1989



ANGEL DE FATIMA BARBOSA ABRIL

AVALIACÃO DE PROGENIES DE FEIJOEIRO DO CRUZAMENTO "CARIOCA 80" x "RIO TIBAGI" EM DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTIO

Plantação experimental a nível superior de Agricultura de Lavras, com os dados existentes do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Genética e Melhoramento de Plantas para obtenção do grau de MESTRE.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

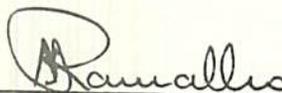
LAVRAS - MINAS GERAIS

1982

[REDACTED]

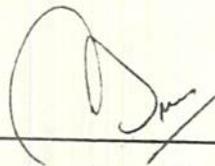
AVALIAÇÃO DE PROGENIES DE FEIJOEIRO DO CRUZAMENTO "CARIOCA 80" x  
"RIO TIBAGI" EM DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTIO

APROVADA:



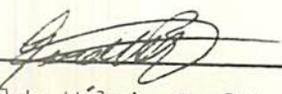
---

Magno Antonio Patto Ramalho



---

Isaías Olívio Geraldi



---

Geraldo Hécio Seoldo Rodrigues

Aos meus pais,

Francisco e Maria

Aos meus irmãos,

Alzira, Regina, Glória e Tarciso

Ao meu esposo Antônio Hamilton

Aos meus filhos Marcelo, Fernanda e  
Guilherme

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pela fé e perseverança concedida.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), por possibilitarem nossa participação no curso e pelo auxílio na execução dos experimentos.

À Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), pelo curso ministrado.

Ao Professor Magno Antonio Patto Ramalho, pela segura orientação, disponibilidade, estímulo e confiança demonstrados nesses anos de convivência.

Aos Professores João Bosco dos Santos e Isaías Olívio Geraldi, pela participação, críticas e valiosas sugestões apresentadas;

Ao Pesquisador Israel Alexandre Pereira Filho, pela participação e ajuda na condução dos experimentos.

Ao Pesquisador Geraldo Hércio Seoldo Rodrigues e ao colega Samuel Pereira de Carvalho, por suas contribuições nesse estudo.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida durante o curso.

À todos os professores do curso, pelos ensinamentos transmitidos.

Aos colegas da pós-graduação pelo convívio e amizade e em especial à Tida e João Marcos.

Aos técnicos agrícolas Vicente (EPAMIG - Fazenda Experimental de Patos de Minas), Julinho (EMBRAPA - Centro Nacional de Milho e Sorgo) e Mário Lúcio (EPAMIG - Centro Regional de Pesquisa do Sul de Minas), pelo auxílio na condução dos trabalhos de campo.

Aos funcionários da Biblioteca da ESAL pelo atendimento e correção das referências bibliográficas.

Ao meu esposo, pais e irmãos, pelo apoio e estímulo.

A todos que, de algum modo contribuíram para que o objetivo deste trabalho fosse alcançado com êxito.

## ÍNDICE

	Página
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	3
2.1. Densidade de Semeadura .....	3
2.2. Estimativa de Parâmetros Genéticos e Fenotípicos no Feijoeiro.	5
2.3. Interação Genótipo x Ambiente .....	8
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	11
3.1. Locais .....	11
3.2. Cultivares .....	11
3.3. Obtenção das Progenies .....	12
3.4. Avaliação das Progenies .....	12
3.4.1. Avaliação das Progenies $F_7$ .....	12
3.4.2. Reação das Progenies $F_8$ ao <u>Colletotrichum lindemuthianum</u> (agente causal da antracnose) .....	13
3.4.3. Avaliação das Progenies $F_8$ no Campo .....	14
3.5. Análise dos Dados .....	14
3.5.1. Análise de Variância das Progenies $F_7$ .....	14
3.5.2. Análise de Variância das Progenies $F_8$ .....	15
3.5.3. Análise da Variância Conjunta das Progenies $F_7$ e $F_8$ ...	16
3.6. Estimativa dos Parâmetros Genéticos e Fenotípicos .....	16

	Página
3.6.1. Estimativa dos Componentes de Variância .....	16
3.6.2. Estimativa da Correlação Genética entre as Progenies nas Gerações F7 e F8 .....	19
3.6.3. Estimativa da Correlação Genética entre as Progenies F8 nas Densidades de 8 e 16 Plantas por Metro .....	19
3.6.4. Decomposição da Interação Progenies x Gerações .....	20
3.6.5. Estimativa da Herdabilidade .....	20
3.6.6. Estimativa do Ganho Esperado com a Seleção .....	21
3.6.7. Herdabilidade Realizada .....	22
3.6.8. Eficiência da Seleção .....	22
4. RESULTADOS .....	23
4.1. Avaliação de Progenies .....	23
4.2. Estimativa dos Parâmetros Genéticos e Fenotípicos .....	32
5. DISCUSSÃO .....	37
6. CONCLUSÕES .....	43
7. RESUMO .....	44
8. SUMMARY .....	46
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	48
10. APÊNDICE .....	59

## LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Estimativa da herdabilidade no sentido amplo ( $h_a^2$ ) e restrito ( $h_s^2$ ) da produção de grãos obtidas por diferentes métodos em populações, locais e anos diferentes .....	8
2	Esquema das análises da variância utilizando o desempenho médio das progênies .....	17
3	Estimativa dos componentes de variância .....	18
4	Resumo da análise de variância combinada dos experimentos de avaliação das progênies $F_7$ para a produção de grãos (kg/ha). Patos de Minas (MG), 1987 .....	23
5	Resumo das análises de variância individuais e da análise conjunta dos experimentos de avaliação das progênies $F_8$ - produção de grãos (kg/ha). Sete Lagoas (MG), 1987 .....	26
6	Resumo da análise de variância conjunta da produção de grãos (kg/ha) das progênies nas gerações $F_7$ e $F_8$ .....	29
7	Produção média de grãos, em kg/ha, das vinte melhores progênies em cada geração e na média das gerações.....	31
8	Estimativas dos componentes de variância genética e fenotípica, a nível de médias, para a produção de grãos (kg/ha) .	33

Tabela	Página
9 Produção média em kg/ha das progênies selecionadas em F <sub>7</sub> e seu correspondente em F <sub>8</sub> .....	35
10 Estimativa dos parâmetros genéticos e fenotípicos a nível de médias, para a produção de grãos (kg/ha) .....	36

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Distribuição de frequência da produção de grãos, em kg/ha, para as progênies F <sub>7</sub> . Patos de Minas, 1987 .....	24
2 Distribuição de frequência da produção de grãos, em kg/ha, para as progênies F <sub>8</sub> e testemunhas na densidade de 8 plantas por metro. Sete Lagoas, 1987 .....	27
3 Distribuição de frequência da produção de grãos, em kg/ha, para as progênies F <sub>8</sub> e testemunhas na densidade de 16 plantas por metro. Sete Lagoas, 1987 .....	28
4 Distribuição de frequência da produção média de grãos nas duas densidades, em kg/ha, para as progênies F <sub>8</sub> e testemunhas. Sete Lagoas, 1987 .....	30

## 1. INTRODUÇÃO

Uma das limitações que ocorrem com a cultura do feijão é a colheita coincidindo com o período de chuvas, pois a maioria das cultivares disponíveis apresentam hábito de crescimento indeterminado, com guia longa e porte prostrado. Isto faz com que as vagens entrem em contato com o solo, havendo uma perda de grãos muito grande e depreciação da qualidade do produto.

Para solucionar esse problema a principal alternativa é utilizar cultivares de porte mais ereto, de tal modo que mesmo chovendo o material possa ser deixado no campo por mais tempo sem maiores prejuízos para o agricultor.

A obtenção de cultivares de porte ereto tem sido o objetivo de vários programas de melhoramento (9, 32, 43, 66). Apesar do sucesso alcançado nesses programas tem sido constatado que este tipo de material possui potencial produtivo menor em alguns ambientes, NIENHUIS & SINGH (43). Essa redução poderia ser compensada através do aumento da população de plantas. Porém, a resposta ao aumento da população também pode variar de acordo com o ambiente e com o genótipo, podendo até ocorrer mudanças no hábito de crescimento sob diferentes condições ambientais, CIAT (8) e KRETCHMER et alii (33).

No Brasil ainda não foi verificado o comportamento de materiais de porte ereto em diferentes densidades de plantio. Também ainda não foi identificada uma estratégia de melhoramento mais efetiva para a obtenção de plantas de porte ereto. Diante disto, conduziu-se o presente trabalho de avalia-

ção de progênies provenientes de pais de portes diferentes em diferentes densidades de plantio, com o objetivo de quantificar a interação progênies x densidade, bem como obter estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos que possam auxiliar o trabalho dos melhoristas.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Densidade de Semeadura

A princípio pode-se imaginar que quanto maior o número de plantas por unidade de área, maior será a produtividade de grãos. Entretanto, em 41 ensaios com a cultura do feijão, em que foram avaliadas populações variando de 40 mil a 2 milhões de plantas por hectare, em apenas 24,3% dos casos houve resposta positiva ao aumento da população, FERNANDES (22).

A diferença da resposta à densidade de plantas está relacionada a uma série de fatores, tais como fertilidade do solo, condições climáticas e o material genético envolvido. Resultados que confirmam esse último aspecto foram observados por WESTERMANN & CROTHERS (75). Verificaram que as cultivares de hábito indeterminado praticamente não tiveram a sua produtividade afetada pelas densidades de plantio. Por outro lado as cultivares de hábito determinado responderam positivamente aos aumentos na densidade. Os autores sugeriram, para explicar estes resultados, que as cultivares de crescimento determinado sofrem menor competição nas maiores densidades em relação às aquelas de crescimento indeterminado.

Mais recentemente NIENHUIS & SINGH (43) também constataram que o efeito da densidade de plantas é dependente do tipo de crescimento da cultivar utilizada. Observaram que nas maiores densidades, a produtividade das cultivar

res de hábito de crescimento determinado (tipo I) foi semelhante à das cultivares de hábito de crescimento indeterminado ereto (tipo II), o que evidencia uma maior adaptação das cultivares do tipo I ao aumento da densidade de plantas. Constataram também que nas menores densidades a produtividade dos materiais de hábito indeterminado foi maior que a dos materiais de hábito determinado, sendo semelhante àquela obtida nas maiores densidades. Isto ocorreu porque nas menores densidades há um aumento dos componentes primários da produção - número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso das sementes. Assim sendo os componentes primários da produtividade de grãos são suficientemente plásticos para promover os ajustes necessários em função da variação na densidade.

No Brasil, em trabalho utilizando cultivares de hábito de crescimento tipos II e III, com simulação de falhas nos estandes, observou-se que as plantas remanescentes conseguiram compensar a produtividade por área com até 50% de perda de plantas, FERNANDES (22). Foi evidenciado também neste trabalho, que esta compensação só foi possível devido à plasticidade dos componentes primários da produção, principalmente do número de vagens por planta. Observações semelhantes também foram feitas por outros autores (6, 36, 37, 74).

É importante salientar que em muitas outras oportunidades tem sido constatada a resposta positiva em termos de produtividade de grãos, das cultivares de hábito de crescimento tipo I, ao aumento da densidade de plantas (10, 11, 14, 19, 29, 34, 35, 38, 40).

No Centro Internacional de Agricultura Tropical (Colômbia), a tendência atual é o uso de genótipos de porte ereto procurando-se aumentar a produtividade de grãos destes através da adaptação a menores espaçamentos entre sulcos e a altas densidades de plantas. Os estudos realizados têm indicado melhores resultados com espaçamento de 0,3 metros entre sulcos ao invés de 0,6 m. Também a utilização de densidade de 30 plantas por metro tem proporcionado maior produtividade de grãos do que 20 plantas, CIAT (9).

Uma observação que vem confirmar com o que vem sendo realizado

no Centro Internacional de Agricultura Tropical foi obtida por ISASI & GARCIA (29), que verificaram uma tendência ao aumento da produtividade com a diminuição da distância entre plantas, em cultivares de hábito de crescimento indeterminado tipo II, porém eretas.

Quando se modifica a densidade de plantio outras características da planta também podem ser afetadas. O alongamento do ciclo da cultura é um fator indesejável que foi verificado por LUCAS (36) e por MAUK et alii (40) com o aumento da densidade.

Uma alteração que também foi observada por LUCAS (36), com o aumento do número de plantas por unidade de área, e que é desejável, refere-se à altura de inserção da primeira vagem. Esse autor verificou que a altura da primeira vagem correlaciona-se positivamente com a densidade de plantio, sendo que na densidade de 28 plantas por metro quadrado a altura foi 18% superior em comparação à densidade de 5 plantas. Esse aspecto traz grandes vantagens, principalmente no caso de ocorrência de chuvas por ocasião da colheita, pois evita as perdas e a depreciação dos grãos em decorrência do contato das vagens com o solo.

## 2.2. Estimativa de Parâmetros Genéticos e Fenotípicos no Feijoeiro

Uma das formas de estudar caracteres quantitativos como a produção de grãos baseia-se na estimativa de sua variância fenotípica. Essa variância é constituída de uma porção atribuída a um componente genético e outra atribuída ao ambiente. O conhecimento de quanto desta variabilidade refere-se às diferenças genéticas é de fundamental importância em qualquer programa de melhoramento, pois permite escolher qual o método de condução da população segregante será mais eficiente além de permitir a previsão do sucesso a ser obtido com a seleção, RAMALHO & VENCovsky (55).

É importante também conhecer os componentes de variância genética, pois esta pode ser dividida em variância genética aditiva, variância genética de dominância e variância genética devido à interação, MATHER & JINKS (39). A variância aditiva, que é a variância dos valores genéticos, é a parte herdável, sendo a mais importante tanto para plantas autógamas como para alógamas, mas principalmente em plantas autógamas onde a seleção visa a obtenção de linhas puras, pois quando a homozigose completa é atingida, toda a variância genética presente é do tipo aditiva.

Apesar da importância da obtenção destes parâmetros, no caso específico do feijoeiro, as informações encontradas na literatura ainda são poucas quando comparadas a outras culturas como a da soja e do milho. Ainda assim, na maioria das vezes os parâmetros são estimados com o uso de  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $RC_1$ ,  $RC_2$ , linhas puras e dialelos, não se encontrando nenhum caso onde as estimativas foram obtidas com o uso de gerações segregantes mais avançadas, apesar destas poderem ser consideradas semelhantes às linhas puras.

Verifica-se também que os resultados encontrados na literatura em relação às ações gênicas principais, referentes à produção de grãos, são discordantes. De acordo com CHUNG & STEVENSON (12) usando plantas  $F_1$  e FOOLAD & BASSIRI (23) usando plantas  $F_1$  e  $F_2$ , o efeito de dominância foi o principal componente genético. No entanto, SANTOS et alii (62), trabalhando com plantas  $F_2$ , verificaram que a variância aditiva foi exclusiva no controle da produção de grãos em Lavras, enquanto que em Patos de Minas houve tendência à presença de dominância. A predominância de ação gênica aditiva no controle da produção de grãos foi também verificada por outros autores (17, 46, 72).

As prováveis causas das discrepâncias relatadas na literatura, são as interações das ações gênicas com o ambiente, SANTOS (58). Existem evidências de que a variância aditiva é o principal componente da variância genética, quando a avaliação dos materiais é feita sob condições de maior competição entre plantas numa densidade de plantio semelhante à utilizada normalmente na cultura (25, 26, 50, 62). Porém, em plantios com menores densidades e com-

petição entre plantas tem sido observada a predominância do efeito de dominância no controle de produção de grãos (3, 12, 23, 26, 64). Portanto, como afirmam HAMBLIN & ROSIELLE (27), é improvável que interpretações genéticas em pequenas densidades possam ser significativas em grandes densidades.

A partir das variâncias fenotípica e genética, uma estimativa que auxilia sobremaneira o trabalho dos melhoristas é a herdabilidade ( $h^2$ ). Esta mede a proporção da variância fenotípica que é atribuída a causas genéticas. A principal vantagem desta estimativa é que ela permite a comparação de trabalhos desenvolvidos em diferentes condições.

As estimativas da herdabilidade podem ser no sentido amplo ( $h_a^2$ ) e no sentido restrito ( $h_s^2$ ). A herdabilidade no sentido amplo envolve a variância genética total e no sentido restrito envolve apenas a variância genética aditiva. Desta forma a  $h_s^2$  é a mais importante, pois reflete a proporção da variância total presente que é herdável.

Algumas estimativas da herdabilidade para a produção de grãos são apresentadas na tabela 1, constatando-se uma ampla variação entre elas. Uma das causas para essa variação é a influência dos fatores ambientais, além das diferenças de variabilidade entre os materiais utilizados e do método empregado para a obtenção da estimativa.

No caso das estimativas da  $h_a^2$  a partir de linhagens em estádios avançados de endogamia, estas correspondem à  $h_s^2$ , pois a variação genética total entre as linhagens é toda aditiva.

Estimativas simultâneas para  $h_a^2$  e  $h_s^2$  foram obtidas apenas no trabalho de SANTOS et alii (62) (Tabela 1). A princípio pode-se considerá-las como sendo diferentes. Contudo, em estudos onde foram obtidos erros associados às estimativas, verifica-se que estes assumem valores de magnitudes elevadas, atingindo às vezes valores superiores à 50% da estimativa, RAMALHO et alii (51) e VELLO & VENCOVSKY (68). Essa comparação é importante porque permi

te predizer o tipo de ação gênica predominante. Sendo assim, é provável que a variância genética predominante seja a aditiva, conforme mostram muitos trabalhos com a cultura do feijão.

TABELA 1 - Estimativas da herdabilidade no sentido amplo ( $h_a^2$ ) e restrito ( $h_s^2$ ) da produção de grãos de feijão obtidas por diferentes métodos em populações, locais e anos diferentes.

Local	Método	$h_a^2$	$h_s^2$	Autor(es)
Colômbia	Linhagens $F_5$	17 e 56	-	CAMACHO et alii (7)
Estados Unidos	Regressão ( $F_2, F_3$ )	11	-	COYNE (13)
Índia	Linhagens puras	60	-	AGARWAL & SINGH (2)
Nova Zelândia	Dialélico	-	1	CHUNG & STEVENSON (12)
Costa Rica	$P_1, P_2, F_1, F_2, RC_1, RC_2$	-	25 e 30	PANIAGUA & PINCHINAT (46)
Inglaterra	Linhagens $F_4$	34	-	DAVIS & EVANS (16)
Lavras, MG	Linhagens puras	04 a 46	-	RAMALHO et alii (54)
Lavras, MG	Linhagens puras	28 a 45	-	RAMALHO et alii (51)
Lavras, MG	Dialélico	46	24	SANTOS et alii (62)
Patos de Minas, MG	Dialélico	71	52	SANTOS et alii (62)
Viçosa, MG	$P_1, P_2, F_1, F_2, RC_1, RC_2$	-	60	SANTOS et alii (63)
Itália		-	37	POLIGNANO (48)
Estados Unidos	$P_1, P_2, F_1, F_2, RC_1, RC_2$	21	-	ZIMMERMANN et alii (76)

### 2.3. Interação Genótipo x Ambiente

O feijoeiro no Brasil é cultivado nas mais variadas condições,

tanto de clima e solo quanto de sistema de plantio. Nestas condições, a interação genótipo por ambiente assume uma importância capital no programa de melhoramento.

A existência de interação é uma indicação de que a recomendação de cultivares deve ser feita para ambientes particulares ou que deve-se procurar materiais genéticos que sejam menos influenciáveis pelas variações ambientais, SANTOS (59).

A magnitude da interação é dependente de duas causas. A primeira refere-se à diferença de manifestação genotípica nos ambientes e a segunda à falta de correlação no desempenho dos materiais nos vários ambientes, VENCOVSKY (69). Esta última é uma parte complexa da interação e que evidentemente acarreta os maiores problemas ao melhorista uma vez que a seleção é normalmente realizada na média dos vários ambientes e portanto não são selecionados os melhores materiais para cada ambiente particular.

As interações de genótipos por ambientes podem afetar significativamente a confiabilidade das estimativas da variância genética, constituindo-se em uma das causas dos erros associados a elas e causando inflação em seus valores, MOLL & STUBER (42). Conseqüentemente, podem ocorrer discrepâncias entre o ganho realizado e o ganho esperado com a seleção já que o progresso esperado é calculado com base na estimativa da herdabilidade, que por sua vez é estimada com base na variância genética. Também a variância fenotípica que é o denominador da expressão da herdabilidade, é afetada pela interação genótipo por ambiente e esse efeito é tanto menor quanto maior for o número de ambientes em que o material for avaliado.

No caso específico do feijoeiro muito pouco tem sido realizado para atenuar os problemas advindos da interação. A maior ênfase tem sido dada à identificação de materiais mais estáveis a partir dos ensaios de cultivares (4, 5, 45, 47, 59).

Na interação genótipo x ambiente, normalmente têm sido considera

dos como ambientes diferentes, locais e anos, podendo-se também incluir outras causas como o nível de fertilizante empregado, o sistema de plantio e até mesmo a densidade de plantas. Neste último aspecto, o que já foi comentado anteriormente reforça os resultados obtidos por alguns autores, como por exemplo, REDDEN et alii (56). Estes avaliaram a produção de grãos de uma cultivar de feijão submetida a quatro espaçamentos entre fileiras e a duas densidades de plantio em quatro locais durante três anos. Verificaram que o efeito da densidade variou de acordo com os locais e com o espaçamento entre as fileiras. Nas menores populações de plantas a produtividade aumentou com a redução do espaçamento entre fileiras enquanto que nas maiores populações a resposta diferiu de acordo com os locais. Estes resultados sugerem que o efeito da interação é maior nas maiores populações e se deve, provavelmente, à competição mais acen- tuada entre plantas.

Como já foi comentado, cultivares de hábito de crescimento deter- minado têm a produtividade de grãos aumentada com o aumento da densidade de plantas. Entretanto, LUCAS (36) verificou que algumas cultivares como a "Con- tender", comportam-se melhor em baixas densidades, enquanto que outras como a "Early Gallatin" têm sua produtividade aumentada nas maiores densidades, mos- trando então a ocorrência de interação de genótipos por densidade de plantio. Chama a atenção para as implicações diretas deste tipo de interação para a for- ma em que são selecionadas as cultivares, desde que a seleção a baixas densida- des, usadas convencionalmente, especialmente nas gerações iniciais, contribui para a seleção de materiais com melhor performance em baixas densidades. Obser- vações semelhantes foram feitas por NIENHUIS & SINGH (43).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Locais

O cruzamento entre as cultivares que originaram as progênies utilizadas nos experimentos e a condução das gerações segregantes até F<sub>6</sub>, se deram no Campus da Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), localizada na região Sul do Estado de Minas Gerais, a 910 m de altitude, 21°14'S de latitude e 45°00'W de longitude.

A avaliação das progênies F<sub>7</sub> foi realizada na Fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), em Patos de Minas, na região do Alto São Francisco, a 856 m de altitude 18°36'S de latitude e 46°31'W de longitude.

As progênies F<sub>8</sub> foram avaliadas em Sete Lagoas, no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS - EMBRAPA), localizado na Zona Metalúrgica a 732 m de altitude, 19°29'S de latitude e 44°15'W de longitude.

#### 3.2. Cultivares

As progênies utilizadas nos experimentos foram selecionadas do

cruzamento entre as cultivares Carioca 80 e Rio Tibagi.

A cultivar Rio Tibagi, de hábito de crescimento do tipo II, possui porte ereto, sementes pretas e pequenas e é suscetível à antracnose.

Carioca 80 é resultante do cruzamento de Carioca 1030 com Cornell 49-242, POMPEU (49). Apresenta hábito de crescimento tipo III, porte prostrado, sementes de coloração creme com listras marrom escuro e halo alaranjado, sendo resistente à antracnose.

### 3.3. Obtenção das Progenies

O cruzamento entre Carioca 80 e Rio Tibagi foi realizado em 1984, de acordo com a metodologia proposta por VIEIRA (71).

A população obtida foi conduzida pelo método massal até a geração F<sub>5</sub>. Desta geração plantaram-se 2000 sementes (F<sub>6</sub>), todas com grãos tipo Carioca.

Das progenies obtidas selecionaram-se 200 que apresentaram porte mais ereto e que foram as progenies utilizadas no presente trabalho, nas gerações F<sub>7</sub> e F<sub>8</sub>.

### 3.4. Avaliação das Progenies

#### 3.4.1. Avaliação das Progenies F<sub>7</sub>

As 200 progenies F<sub>7</sub>, distribuídas em dois grupos de 100, foram avaliadas seguindo-se o delineamento látice simples 10 x 10, em experimento instalado em fevereiro de 1987.

As parcelas foram constituídas de uma linha de dois metros de comprimento, espaçadas de 0,5 metro entre si, colocando-se 15 sementes por metro linear o que corresponde a uma população de 300.000 plantas/ha.

Como adubação, utilizaram-se 400 kg/ha de fórmula 4-14-8 na semeadura e 150 kg/ha de sulfato de amônio em cobertura, 20 dias após a semeadura.

#### 3.4.2. Reação das Progênes F<sub>8</sub> ao Colletotrichum lindemuthianum (agente causal da antracnose)

Para a avaliação das progênes quanto a resistência a este patógeno, foi feita a inoculação das sementes empregando-se a metodologia utilizada por MINUSSI et alii (41). Para isso colocaram-se as sementes a embeber água durante 24 horas em temperatura ambiente para permitir a pré germinação e a retirada do tegumento. Em seguida imergiram-se essas sementes em uma suspensão de esporos do fungo com  $2,0 \times 10^6$  esporos por ml, obtidos de cultura de 10 dias. Após passados no mínimo dois minutos de imersão, as sementes, em número de cinco por progênie, foram semeadas em bandeja contendo solo esterilizado. Estas foram mantidas em sala de crescimento com temperatura entre 18 e 22°C, 12 horas de luz artificial intercaladas com 12 horas de escuro e 90% de umidade relativa. Como testemunhas utilizaram-se as cultivares parentais, para verificar a eficiência da inoculação.

Na avaliação consideraram-se resistentes as progênes cujas plântulas sobreviveram. Desta maneira obtiveram-se 44 progênes resistentes e 39 segregantes para resistência, totalizando 83.

### 3.4.3. Avaliação das Progênes F<sub>8</sub> no Campo

Avaliaram-se 97 progênes F<sub>8</sub>, das quais 83 foram as selecionadas com relação à antracnose e 14 que estiveram entre as de maior produtividade de grãos na geração F<sub>7</sub>, sendo, entretanto, suscetíveis ao patógeno.

Essas progênes, juntamente com três testemunhas (Carioca 80, Rio Tibagi e Carioca 1030) foram avaliadas em duas densidades de plantio, a 8 e 16 plantas por metro (160.000 e 320.000 plantas/ha, respectivamente), em experimento instalado em julho de 1987. Cada densidade de plantio constituiu um experimento, para o qual adotou-se o delineamento experimental látice simples 10 x 10.

As parcelas foram compostas de uma linha de 4 metros de comprimento, espaçadas 0,5 metro. Obtiveram-se as densidades desejadas colocando-se em torno de 30% a mais de sementes em cada parcela e fazendo-se desbaste posteriormente.

A adubação foi a mesma descrita para a avaliação das progênes F<sub>7</sub>. Foram feitas irrigações complementares e realizados os demais tratamentos culturais normais para a cultura.

A característica utilizada na avaliação foi a produção de grãos por parcela.

## 3.5. Análise dos Dados

### 3.5.1. Análise de Variância das Progênes F<sub>7</sub>

Das 97 progênes selecionadas, 45 pertenciam a um dos experimentos de avaliação das progênes F<sub>7</sub> e 52 ao outro. Desta maneira obteve-se uma análise de variância combinada da produção de grãos, utilizando procedimento

semelhante ao adotado por PACHECO (44). O esquema do resumo desta análise com as respectivas esperanças dos quadrados médios, considerando o efeito de progênies como aleatório, encontra-se na tabela 2.

### 3.5.2. Análise de Variância das Progênies $F_8$

As análises de variância da produção de grãos das progênies  $F_8$  foram realizadas, a princípio isoladamente, por densidade de plantio e considerando o delineamento em látice.

No resumo desta análise (Tabela 2) o QM das progênies corresponde à variância entre as médias ajustadas destas progênies, tendo-se excluído as três testemunhas. O erro experimental corresponde ao erro efetivo obtido na análise do látice, dividido por dois, por se estar trabalhando com média de duas repetições.

A seguir fez-se a análise de variância conjunta, considerando-se as duas densidades de plantio (Tabela 2). Esta análise foi feita considerando o delineamento como blocos casualizados, usando-se as médias ajustadas dos tratamentos e como erro a média dos erros efetivos dos látices, obtidas das análises de variância individuais.

A análise conjunta, considerando aleatório o efeito de progênies e fixo o efeito de densidades, seguiu o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ij} = m + p_i + d_j + (pd)_{ij} + e_{(ij)1}$$

onde:

$Y_{ij}$  : produção da progênie  $i$  na densidade  $j$

$m$  : média geral

$p_i$  : efeito da progênie  $i$ ;  $i = 1, 2, \dots, I$

$d_j$  : efeito da densidade  $j$ ;  $j = 1, 2, \dots, J$

$(pd)_{ij}$ : efeito da interação da progênie  $i$  com a densidade  $j$

$e_{(ij)l}$ : efeito do erro ambiental médio

### 3.5.3. Análise da Variância Conjunta das Progênies $F_7$ e $F_8$

Esta análise foi realizada usando-se as médias ajustadas das progênies em cada geração e como erro a média dos erros efetivos das análises dos látices individuais (Tabela 2).

O modelo matemático, considerando aleatório o efeito de progênies e fixo o efeito de gerações foi o seguinte:

$$Y_{ik} = m + P_i + g_k + (pg)_{ik} + e_{(ik)l}$$

onde:

$Y_{ik}$  : produção da progênie  $i$  na geração  $k$

$m$  : média geral

$P_i$  : efeito da progênie  $i$ ;  $i = 1, 2, \dots, I$

$g_k$  : efeito da geração  $k$ , o qual corresponde a ambientes;  $k = 1, 2, \dots, K$

$(pg)_{ik}$  : efeito da interação da progênie  $i$  com a geração  $k$

$e_{(ik)l}$  : efeito do erro ambiental médio

## 3.6. Estimativas dos Parâmetros Genéticos e Fenotípicos

### 3.6.1. Estimativa dos Componentes de Variância

Estas estimativas (Tabela 3) foram baseadas nas esperanças dos quadrados médios da tabela 2, as quais foram obtidas de acordo com a metodologia descrita por VIANNA & SILVA (70).

TABELA 2 - Esquema das análises da variância utilizando o desempenho médio das progênies.

F.V.	Gi	QV	E(QV)
Análise combinada das progênies F <sub>7</sub>			
Progênies F <sub>7</sub>	Q1	Q1	$\sigma_e^2/r + \sigma_{F_7}^2$
Erro combinado	Q2	Q2	$\sigma_e^2/r$
Análise das progênies F <sub>E</sub> (E e 1E plantas/m)			
Progênies F <sub>E</sub>	Q3	Q3	$\sigma_e^{2'}/r + \sigma_{F_E/E}^2$ ou $\sigma_e^{2'}/r + \sigma_{F_E/1E}^2$
Erro efetivo	Q4	Q4	$\sigma_e^{2'}/r$
Análise conjunta das progênies F <sub>E</sub>			
Progênies e Testemunhas (PeT)	(Q5)	Q5	-
Progênies (F <sub>F<sub>E</sub></sub> )	Q6	Q6	$\sigma_e^{2''}/r + J \sigma_{F_E}^2$
Testemunhas (T)	Q7	Q7	-
F <sub>F<sub>E</sub></sub> vs T	Q8	Q8	-
Densidades (D)	(Q9)	Q9	-
(PeT) x D	(Q10)	Q10	-
D/F <sub>F<sub>E</sub></sub>	Q11	Q11	$\sigma_e^{2''}/r + \sigma_{F_EC}^2 + \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J d_j^2$
D/T	Q12	Q12	-
D x F <sub>F<sub>E</sub></sub>	Q13	Q13	$\sigma_e^{2''}/r + \sigma_{F_EC}^2$
D x T	Q14	Q14	-
Erro efetivo médio	Q15	Q15	$\sigma_e^{2''}/r$
Análise conjunta das progênies F <sub>7</sub> e F <sub>E</sub>			
Progênies (P)	Q16	Q16	$\sigma_e^{2'''}/r + K \sigma_D^2$
Gerações (G)	Q17	Q17	$\sigma_e^{2'''}/r + \sigma_{P_E}^2 + \frac{1}{K-1} \sum_{k=1}^K g_k^2$
P x G	Q18	Q18	$\sigma_e^{2'''}/r + \sigma_{P_G}^2$
Erro efetivo médio	Q19	Q19	$\sigma_e^{2'''}/r$

onde:

$\sigma_e^2, \sigma_e^{2'}, \sigma_e^{2''}$  e  $\sigma_e^{2'''}$ : variâncias ambientais das análises realizadas

$\sum d_j^2$ : função quadrática dos efeitos das densidades

$\sum g_k^2$ : função quadrática dos efeitos das gerações

J: número de progênies = 97

J: número de densidades = 2

K: número de gerações = 2

r: número de repetições = 2

demais parâmetros: descritos na tabela 3

TABELA 3 - Estimativa dos componentes de variância

Componentes de variância	Estimativas
$\sigma_{F_7}^2$	Q <sub>1</sub> - Q <sub>2</sub>
$\sigma_{F_8/8}^2$ e $\sigma_{F_8/16}^3$	Q <sub>3</sub> - Q <sub>4</sub>
$\sigma_{F_8}^2$	Q <sub>6</sub> - Q <sub>15/J</sub>
$\sigma_{F_8d}^2$	Q <sub>13</sub> - Q <sub>15</sub>
$\sigma_p^2$	Q <sub>16</sub> - Q <sub>19/K</sub>
$\sigma_{pg}^2$	Q <sub>18</sub> - Q <sub>19</sub>
$\sigma_{F_7}^2$	Q <sub>1</sub>

onde:

$\sigma_{F_7}^2$  : variância genética entre as progênies F<sub>7</sub>

$\sigma_{F_8/8}^2$  e  $\sigma_{F_8/16}^2$  : variância genética entre as progênies F<sub>8</sub> nas densidades de 8 e 16 plantas por metro, respectivamente

$\sigma_{F_8}^2$  : variância genética entre as progênies F<sub>8</sub>

$\sigma_{F_8d}^2$  : variância da interação progênies F<sub>8</sub> x densidades

$\sigma_p^2$  : variância genética entre as progênies, independente da geração

$\sigma_{pg}^2$  : variância da interação progênies x gerações

$\sigma_{F_7}^2$  : variância fenotípica média das progênies F<sub>7</sub>

Os erros associados às estimativas das variâncias foram calculados de acordo com a metodologia proposta por VELLO & VENCovsky (68).

### 3.6.2. Estimativa da Correlação Genética entre as Progênes nas Gerações F<sub>7</sub> e F<sub>8</sub>

Obteve-se essa estimativa pela seguinte expressão:

$$r_{F_7/F_8} = \frac{COV_{F_7/F_8}}{\sqrt{\sigma_{F_7}^2 \cdot \sigma_{F_8}^2}}$$

onde:

$r_{F_7/F_8}$ : correlação genética entre as progênes F<sub>7</sub> e F<sub>8</sub>

$COV_{F_7/F_8}$  : covariância entre as médias das progênes F<sub>7</sub> e F<sub>8</sub> a qual é apenas de natureza genética por não existir correlação entre os ambientes onde as progênes foram avaliadas

$\sigma_{F_7}^2$  e  $\sigma_{F_8}^2$  : descritos anteriormente.

### 3.6.3. Estimativa da Correlação Genética entre as Progênes F<sub>8</sub> nas Densidades de 8 e 16 Plantas por Metro

$$r_{8/16} = \frac{COV_{8/16}}{\sqrt{\sigma_{F_8/8}^2 \cdot \sigma_{F_8/16}^2}}$$

onde:

$r_{8/16}$ : correlação genética entre as progênes F<sub>8</sub> nas duas densidades de plantio

$COV_{8/16}$  : covariância entre as médias das progênes F<sub>8</sub> nas duas densidades de plantio, a qual também é apenas de natureza genética por não existir correlação entre os efeitos ambientais das duas densidades

$\sigma_{F_8/8}^2$  e  $\sigma_{F_8/16}^2$  : descritos anteriormente

### 3.6.4. Decomposição da Interação Progênes x Gerações

A interação progênes x gerações foi decomposta em duas partes, sendo uma simples e outra complexa, através da seguinte expressão adaptada de VENCOVSKY (69):

$$\sigma_{pg}^2 = 1/2 (\sigma_{F7} - \sigma_{F8})^2 + \sigma_{F7} \cdot \sigma_{F8} (1 - r_{F7/F8})$$

onde:

a primeira parte,  $1/2 (\sigma_{F7} - \sigma_{F8})^2$  é devido à diferença de variabilidade genética das progênes nas duas gerações, ou seja, estima a parte simples da interação;

a segunda parte,  $\sigma_{F7} \cdot \sigma_{F8} (1 - r_{F7/F8})$  é devido à falta de correlação das progênes nas duas gerações, ou seja, estima a parte complexa da interação.

$\sigma_{F7}^2$ ,  $\sigma_{F8}^2$  e  $r_{F7/F8}$ : descritos anteriormente.

### 3.6.5. Estimativa da Herdabilidade

Como anteriormente foi realizada seleção para tipo de grão, arquitetura da planta e resistência à antracnose, não foi possível estimar a variância aditiva ( $\sigma_A^2$ ) e variância de dominância ( $\sigma_D^2$ ), pois nesse caso, é questionável se a frequência alélica nos locos segregantes continua sendo de 0,5, condição necessária para que essas variâncias possam ser estimadas, RAMALHO & VENCOVSKY (55). Dessa forma, como foi simulada a seleção na geração F7 e ganho na geração F8, estimou-se a herdabilidade ( $h^2$ ) pela seguinte expressão:

$$h^2 = \frac{COV_{F7/F8}}{\sigma_{F7}^2}$$

onde:

$COV_{F_7/F_8}$ : covariância entre as médias das progênes  $F_7$  e  $F_8$

$\sigma_{F_7}^2$ : variância fenotípica média das progênes  $F_7$

### 3.6.6. Estimativa do Ganho Esperado com a Seleção

Obteve-se essa estimativa por dois métodos. No primeiro em que foi utilizado o diferencial de seleção, o ganho esperado foi obtido pela seguinte expressão:

$$GS = ds \cdot h^2$$

onde:

GS: ganho esperado com a seleção

ds: diferencial de seleção ( $Ms_{F_7} - Mo_{F_7}$ )

$Ms_{F_7}$ : média das 14 melhores progênes  $F_7$

$Mo_{F_7}$ : média observada das 97 progênes  $F_7$

$h^2$ : herdabilidade

A outra estimativa foi obtida pela expressão que utiliza o diferencial de seleção padronizado (i), FALCONER (20):

$$GS = i \cdot \frac{COV_{F_7/F_8}}{\sqrt{\sigma_{F_7}^2}}$$

onde:

GS: ganho esperado com a seleção

i: diferencial de seleção padronizado - valor tabelado. Nesse caso, como a intensidade de seleção foi de 14%,  $i = 1,5754$ .

$COV_{F_7/F_8}$  e  $\sigma_{F_7}^2$ : descritos anteriormente.

### 3.6.7. Herdabilidade Realizada

Como as mesmas progênies foram avaliadas nas gerações F<sub>7</sub> e F<sub>8</sub>, pode-se simular uma seleção em F<sub>7</sub> e verificar o ganho que seria observado em F<sub>8</sub>. Isso possibilitou estimar também a herdabilidade realizada, utilizando o procedimento descrito por FEHR (21) em que:

$$h_r^2 = \frac{GSR}{ds}$$

onde:

$h_r^2$ : herdabilidade realizada

GSR: ganho realizado com a seleção ( $Ms_{F_8} - Mo_{F_8}$ )

$Ms_{F_8}$ : média em F<sub>8</sub> das 14 progênies selecionadas em F<sub>7</sub>

$Mo_{F_8}$ : média observada das 97 progênies F<sub>8</sub>

ds: diferencial de seleção; obtido como descrito anteriormente.

### 3.6.8. Eficiência da Seleção

Foi estimada segundo a expressão proposta por HAMBLIN & ZIMMERMANN (28), na qual:

$$E.S. = \frac{A - C}{B - C} \cdot 100$$

onde:

A: número de progênies comuns às duas gerações de seleção

B: número de progênies selecionadas

C: número esperado de progênies em comum nas duas gerações, unicamente devido ao acaso, que é igual a 10% de B.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Avaliação de Progênes

A análise da variância envolvendo as 97 progênes  $F_7$  mostrou teste de F altamente significativo para o efeito de progênes (Tabela 4). A precisão do ensaio avaliada pelo coeficiente de variação pode ser considerada boa, sendo de magnitude semelhante ao relatado para a produção de grãos em experimentos com a cultura do feijoeiro. Observou-se um bom desempenho das progênes, que apresentaram produtividade média de 1812 kg/ha, com uma amplitude de variação de 816 a 2687 kg/ha (Fig. 1), mostrando então o potencial produtivo de algumas delas.

TABELA 4 - Resumo da análise de variância combinada dos experimentos de avaliação das progênes  $F_7$  para a produção de grãos (kg/ha). Patos de Minas (MG), 1987.

FV	GL	QM
Progênes $F_7$	96	120331,0950 **
Erro efetivo combinado	162	58729,7750
Média (kg/ha)		1812,30
CV (%)		13,37

\*\* Teste F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

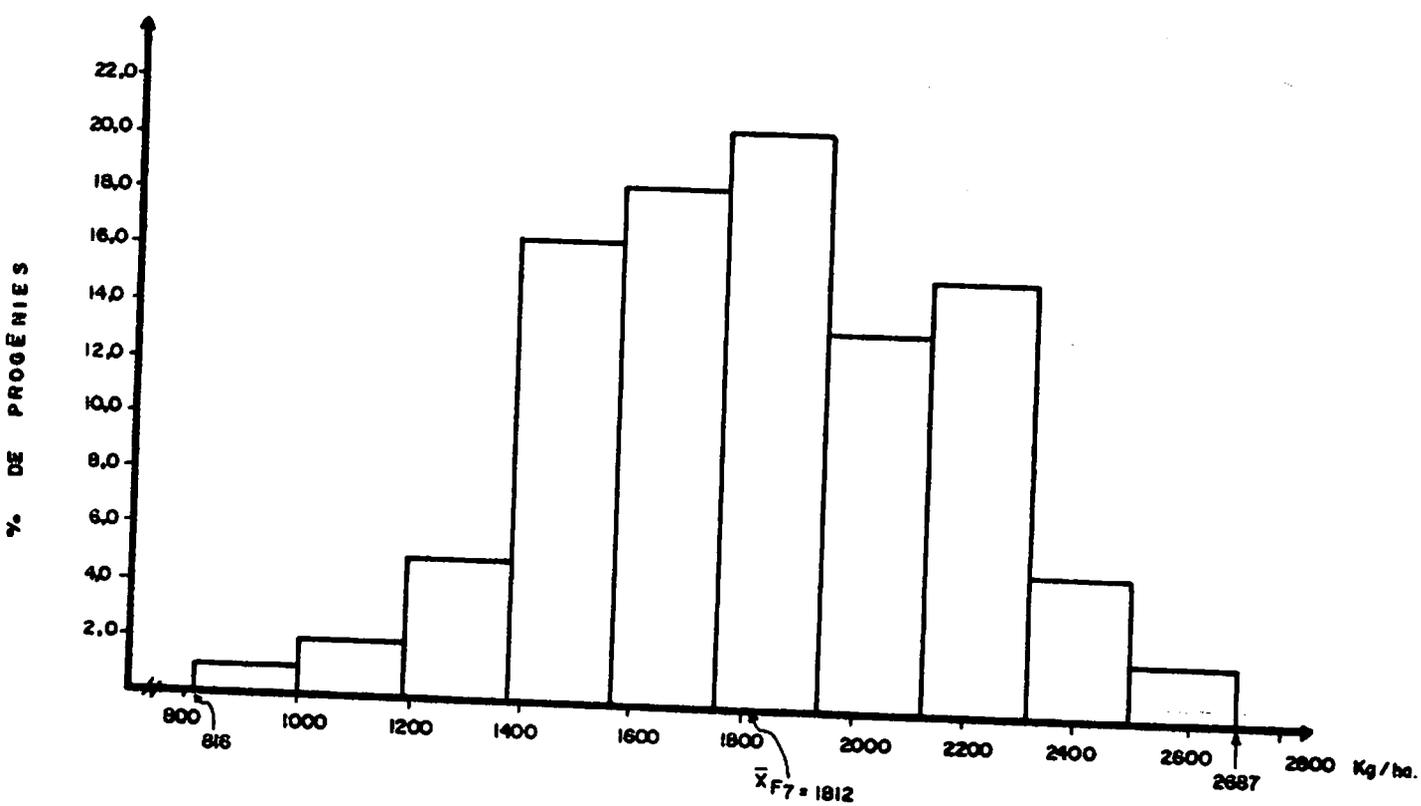


FIGURA 1 - Distribuição de frequência da produção de grãos, em kg/ha, para as progênies F7. Patos de Minas, 1987.

Os resultados obtidos evidenciaram que existe variação genética entre as progênies, o que permite antever possibilidade de sucesso com a seleção. É oportuno enfatizar também que dentre as 200 progênies avaliadas na geração F<sub>7</sub>, foram selecionadas e avaliadas 97 na geração F<sub>8</sub>, das quais 83 apresentaram um certo grau de resistência ao agente causal da antracnose nas inoculações realizadas no estágio de sementes pré-germinadas. As outras 14 progênies foram incluídas em função de seu potencial produtivo.

Na geração F<sub>8</sub>, quando as progênies foram avaliadas nas duas densidades de plantio (8 e 16 plantas/m), verificou-se que houve diferença entre elas somente na densidade de 8 plantas por metro (Tabela 5). Nas duas condições, a precisão experimental foi semelhante, embora o látice tenha sido mais eficiente no experimento relativo à menor densidade de semeadura.

A análise conjunta mostrou teste F altamente significativo para o efeito de progênies, densidades e também para o efeito de densidades dentro das progênies avaliadas (Tabela 5). Cabe salientar que não foi detectado efeito de densidade quando se compararam apenas as três cultivares testemunhas.

A interação progênies x densidades não foi significativa, o que mostra que o material genético se comportou coincidentemente nas duas densidades.

A produtividade média das progênies quando avaliadas na densidade de 8 plantas por metro variou de 822 a 2452 kg/ha com uma média de 1663 kg/ha. A produtividade média das três testemunhas foi 10% superior à média das progênies. Constatou-se contudo, que 24% das progênies, isto é, 23 delas, apresentaram produtividade acima da média das testemunhas (Figura 2).

Na avaliação realizada com 16 plantas por metro, a produtividade média das progênies foi 5% superior à obtida com 8 plantas por metro, porém a amplitude de variação foi semelhante à obtida na menor densidade. Nessa situação, apenas 15 progênies apresentaram produtividade superior à média das testemunhas (Figura 3).

TABELA 5 - Resumo das análises de variância individuais e da análise conjunta dos experimentos de avaliação das progêneses F<sub>8</sub> - produção de grãos (kg/ha). Sete Lagoas (MG), 1987.

FV	GL	QM	
Análise individual			
		8 plantas/m	16 plantas/m
Progêneses F <sub>8</sub>	96	85751,4275 **	71171,8400
Erro efetivo	81	45900,0375	67721,8750
Média (kg/ha)		1662,92	1752,73
CV (%)		12,88	14,85
Eficiência látice		121,32	102,07
Análise conjunta			
Progêneses e testemunhas (PeT) (99)		94081,5350 **	
Progêneses (P)	96	93660,9075 **	
Testemunha (T)	2	6177,6650	
P Vs T	1	310269,5750 *	
Densidades (D)	(1)	437112,8000 **	
(PeT) x D	(99)	61953,8000	
D/P	1	391180,2250 **	
D/T	1	67963,2175	
D x P	96	63262,3500	
D x T	2	19105,0725	
Erro efetivo médio	162	56810,9550	
Média geral (kg/ha)		1716,38	
Média P (kg/ha)		1709,50	
Média T (kg/ha)		1938,71	
CV (%)		13,89	

\* e \*\* Teste F significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

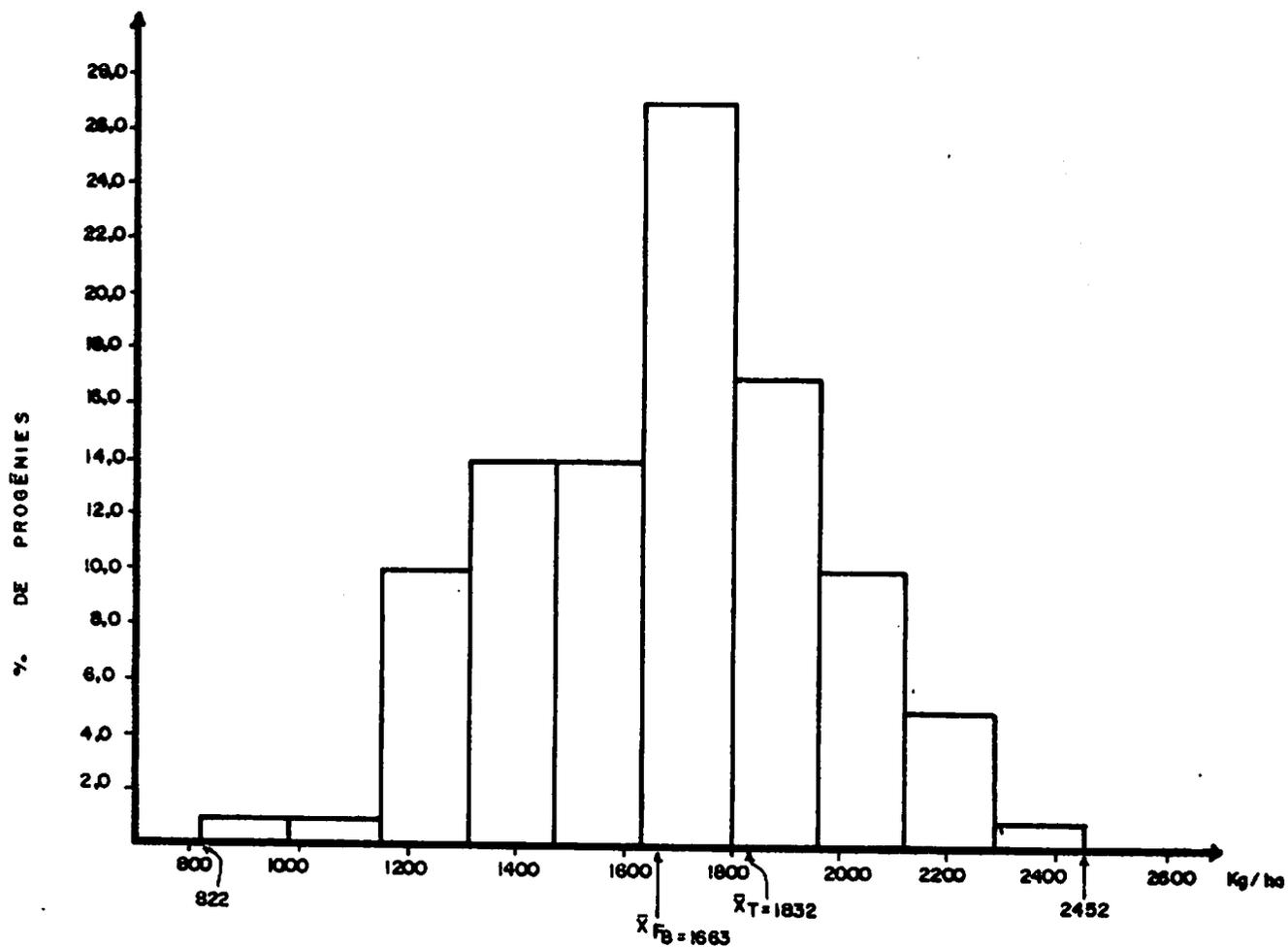


FIGURA 2 - Distribuição de frequência da produção de grãos, em kg/ha, para as progênies F<sub>8</sub> e testemunhas na densidade de 8 plantas por metro. Se te Lagoas, 1987.

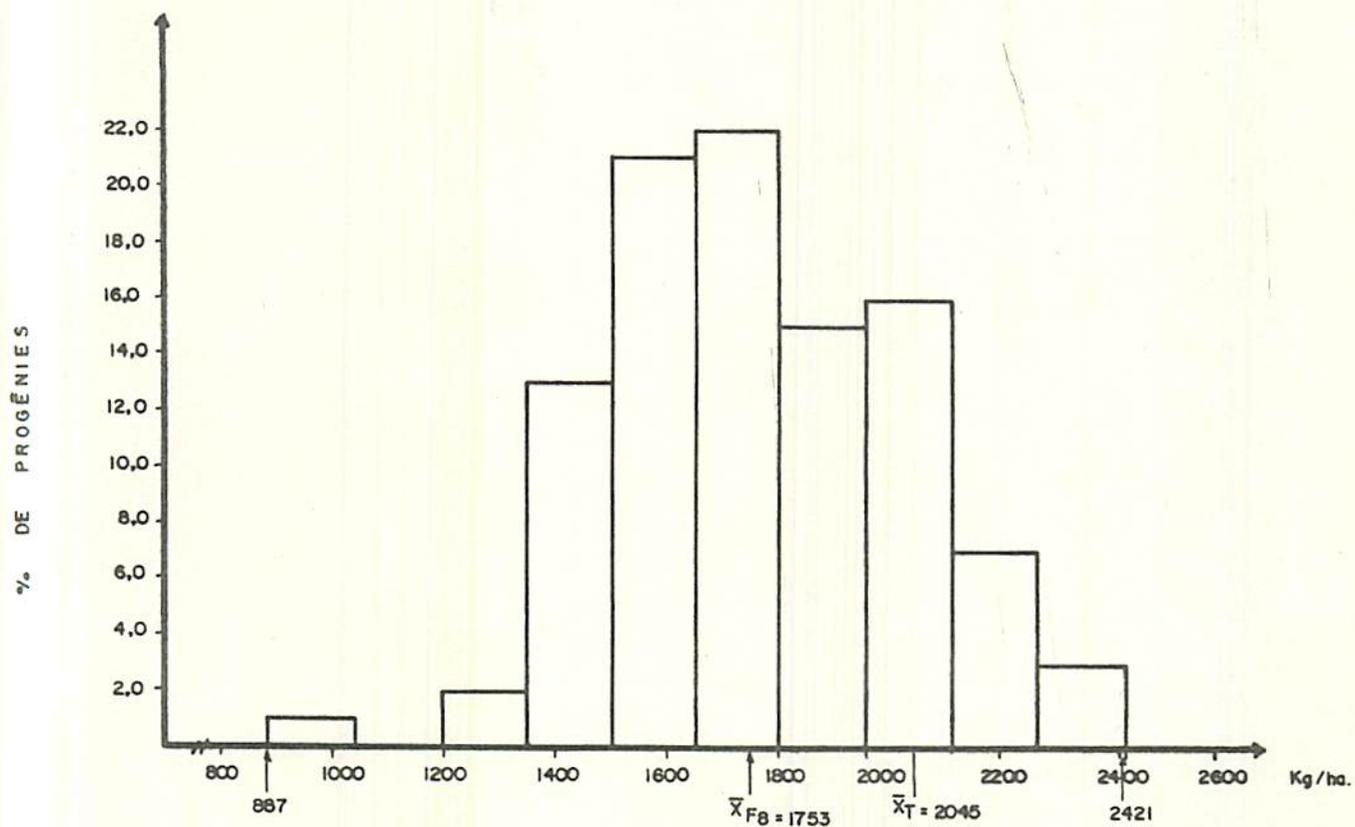


FIGURA 3 - Distribuição de frequência da produção de grãos, em kg/ha, para as progênes F8 e testemunhas na densidade de 16 plantas por metro. Se te Lagoas, 1987.

Considerando a produtividade média nas duas densidades, foi estabelecida a distribuição de frequência apresentada na figura 4. A produtividade média das 97 progênies foi de 1709 kg/ha, a qual foi 12% inferior à média das testemunhas (1939 kg/ha). Porém, 16% das progênies mostraram-se superiores às testemunhas.

A análise de variância conjunta envolvendo as progênies F<sub>7</sub> e F<sub>8</sub> apresentou teste F altamente significativo para o efeito de progênies, gerações e interações progênies x gerações (Tabela 6). Isto evidencia mais uma vez que as progênies apresentam variação entre si e também que o desempenho dessas progênies não foi coincidente nas duas gerações. Esta interação significativa pode ser melhor visualizada quando se observa os resultados apresentados na tabela 7, onde se encontram as produtividades médias das 20 melhores progênies em cada geração. Constata-se que apenas em cinco casos o material seria selecionado em ambas as gerações de avaliação.

TABELA 6 - Resumo da análise de variância conjunta da produção de grãos ( kg/ha) das progênies nas gerações F<sub>7</sub> e F<sub>8</sub>.

FV	GL	QM
Progênies (P)	96	97007,5332 **
Gerações (G) = ambientes	1	513590,0600 **
P x G	96	70301,7177 **
Erro efetivo médio	324	43567,6288
Média (kg/ha)		1760,90
CV (%)		11,85

\*\* Teste F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

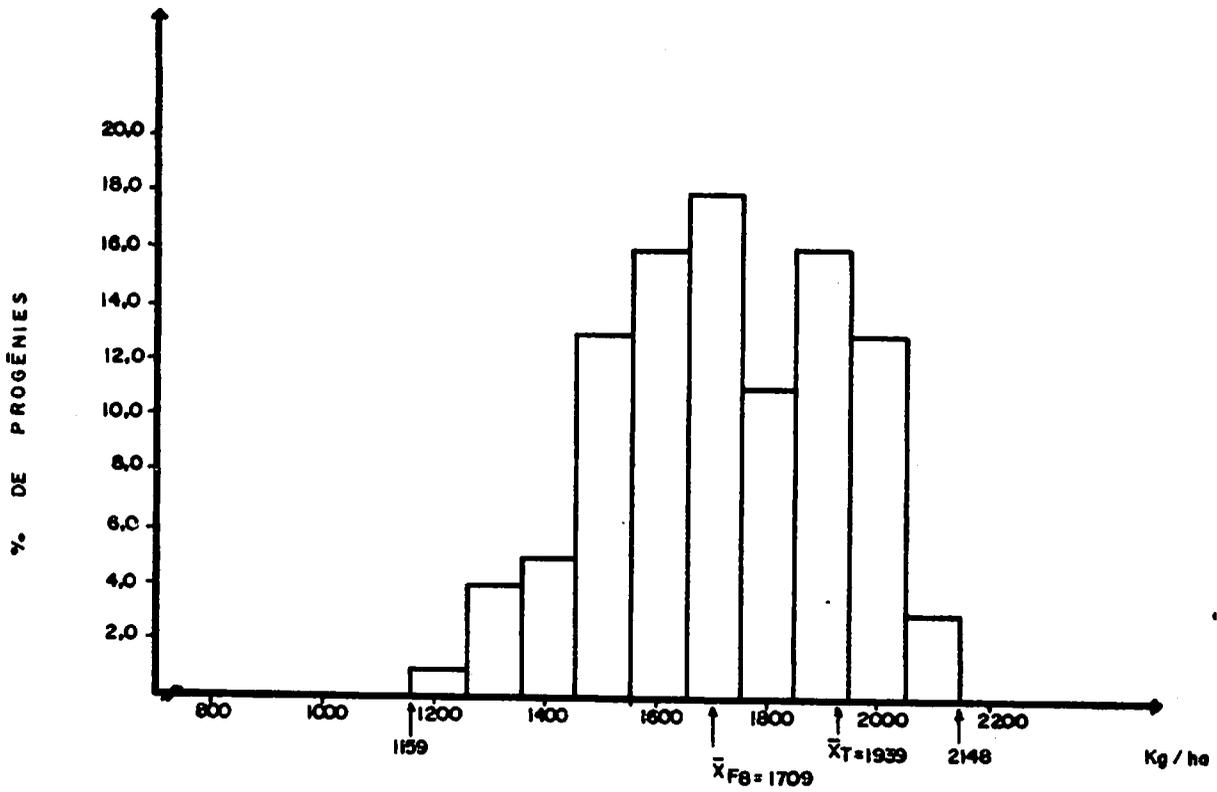


FIGURA 4 - Distribuição de frequência da produção média de grãos nas duas densidades, em kg/ha, para as progênies  $F_8$  e testemunhas. Sete Lagoas, 1987.

TABELA 7 - Produção média de grãos, em kg/ha, das vinte melhores progênie em cada geração e na média das gerações.

Geração F7		Geração F8		Média	
Progênie	Produção	Progênie	Produção	Progênie	Produção
6	2333	31	2031	6 <sup>1</sup>	2094
11	2333	68	1962	11 <sup>1</sup>	2037
17	2143	70	1964	31 <sup>2</sup>	2078
69	2163	84	1903	60	1951
70	2687	93	1961	70 <sup>1-2</sup>	2326
84	2154	125	2033	84 <sup>1-2</sup>	2029
87	2295	148	2113	93 <sup>2</sup>	1948
118	2207	204	1982	118 <sup>1</sup>	2036
123	2233	208	2039	148 <sup>2</sup>	1901
128	2244	221	1963	193 <sup>1</sup>	2068
193	2335	227	1969	208 <sup>2</sup>	1885
221	2532	240	1955	221 <sup>1-2</sup>	2248
227	2367	286	2142	227 <sup>1-2</sup>	2168
239	2158	303	1946	239 <sup>1</sup>	2005
299	2178	323	2148	286 <sup>2</sup>	1993
303	2171	358	1967	303 <sup>1-2</sup>	2059
309	2214	446	1910	323 <sup>2</sup>	1986
338	2442	458	1911	338 <sup>1</sup>	2075
476	2146	484	2048	458 <sup>2</sup>	1774
481	2194	485	1938	481	2040

1 e 2 - Progênie que consta da seleção realizada nas gerações F7 e F8, respectivamente.

#### 4.2. Estimativa dos Parâmetros Genéticos e Fenotípicos

As estimativas dos componentes da variância genética e fenotípica são apresentadas na tabela 8. Verifica-se que a variância genética entre as progênies  $F_7$  ( $\hat{\sigma}_{F_7}^2$ ) foi superior à obtida na geração  $F_8$ , independente da densidade de plantio ( $\hat{\sigma}_{F_8}^2$ ).

Quando se compara a estimativa da variância entre as progênies  $F_8$  na densidade de 8 plantas por metro com a de 16, observa-se uma grande variação. Na menor densidade as progênies  $F_8$  manifestaram uma maior variação genética. No caso de 16 plantas por metro, além da estimativa da variância genética ter sido pequena, o erro associado a ela foi elevado.

Observa-se também na tabela 8, que a variância genética entre as progênies independente da geração e da densidade de plantio ( $\hat{\sigma}_p^2$ ), foi semelhante à variância da interação progênies x gerações.

A partir da estimativa da covariância entre as progênies  $F_7$  e  $F_8$  estimou-se a herdabilidade ( $h^2 = 11,10\%$ ), a qual permitiu visualizar o percentual da variação total que foi devido a causas genéticas e portanto, passível de ser aproveitado com a seleção na geração  $F_7$ , possibilitando assim o ganho na  $F_8$ .

Como as mesmas progênies foram avaliadas nas gerações  $F_7$  e  $F_8$ , pode-se simular uma seleção entre médias de progênies  $F_7$  e verificar o desempenho desse mesmo material na geração  $F_8$  (Tabela 9). Consequentemente, foi possível estimar o ganho realizado, o qual correspondeu a 4,94%, valor este semelhante à estimativa do ganho esperado (3,15%) com a seleção das 14 melhores progênies  $F_7$  estimado pelo diferencial de seleção (Tabela 10).

Uma vez que a seleção realizada foi truncada, o diferencial de seleção pode também ser expresso em termos de unidades padrões de desvios fenotípicos, representado pela intensidade de seleção  $i$ , FALCONER (20). No pre-

TABELA 8 - Estimativas dos componentes de variância genética e fenotípica, a nível de médias, para a produção de grãos (kg/ha).

Componentes de variância	Estimativas
$\sigma_{F_7}^2$	61601,3200 $\pm$ 19372,934E
$\sigma_{F_E}^2$	16424,9763 $\pm$ 7366,968E
$\sigma_{F_E/6}^2$	39651,3900 $\pm$ 14193,420E
$\sigma_{F_E/16}^2$	3449,9650 $\pm$ 14624,918E
$\sigma_{F_E \times D}^2$	6451,3950 $\pm$ 11001,617E
$\sigma_c^2$	26719,9522 $\pm$ 7136,092E
$\sigma_p^2 = \text{COV}_{F_7/F_E}$	13352,9077 $\pm$ 8557,367E
$\sigma_{D_E}^2$	26734,0889 $\pm$ 10507,322E
$\sigma_{D_E}^2$ (simples)	6323,3447
$\sigma_{D_E}^2$ (complexa)	20346,633E
$\sigma_{F_7}^2$	123331,095E

onde:

$\sigma_{F_7}^2$ : variância genética entre as progêniez  $F_7$

$\sigma_{F_E}^2$ : variância genética entre as progêniez  $F_E$

$\sigma_{F_E/6}^2$  e  $\sigma_{F_E/16}^2$ : variância entre as progêniez  $F_E$ , nas densidades de 6 e 16 plantas por metro, respectivamente

$\sigma_{F_E \times D}^2$ : variância de interação progêniez  $F_E$  x densidades

$\sigma_c^2$ : variância genética entre as progêniez

$\sigma_p^2$ : variância genética entre as progêniez, livre de interação progêniez x gerações = covariância entre as progêniez nas gerações  $F_7$  e  $F_E$

$\sigma_{D_E}^2$ : variância de interação progêniez x gerações a qual foi dividida em parte simples e complexa

$\sigma_{F_7}^2$ : variância fenotípica média das progêniez  $F_7$

sente trabalho, considerando-se uma intensidade de seleção de 14% entre as progênies, observou-se que o ganho foi de 3,35% (Tabela 10), ou seja, o ganho esperado utilizando o diferencial de seleção padronizado também foi semelhante ao ganho realizado, mostrando que a produtividade média das progênies apresentou distribuição normal.

A partir da estimativa do ganho realizado pode-se obter a herdabilidade realizada, ou seja, aquela que foi realmente utilizada na seleção (Tabela 10). Comparando-se a herdabilidade ( $h^2$ ) com a herdabilidade realizada ( $h_r^2$ ), verifica-se que elas foram semelhantes, o que evidentemente mostra que  $h^2$  foi uma estimativa obtida com boa precisão.

A variância da interação progênies x gerações foi decomposta em duas partes a fim de ser melhor interpretada: uma simples causada pela diferença na variabilidade genética das progênies dentro dos ambientes e outra complexa, causada pela falta de correlação das progênies de um ambiente para o outro (Tabela 8). Verificou-se que 76,11% do seu valor foi referente à interação complexa, o que indica que de uma geração para outra o comportamento das progênies foi pouco concordante.

O efeito dessa baixa concordância entre o desempenho médio das progênies nas duas gerações, evidenciado na tabela 7, mostrou que apenas cinco progênies estiveram entre as mais produtivas nas duas gerações.

No caso da interação progênies x densidades de plantio não houve necessidade de decomposição, pois seu valor não foi significativo, demonstrando concordância no desempenho das progênies de uma densidade para outra. De fato, conforme pode ser visto na tabela 10, a correlação genética entre as progênies  $F_3$  nas densidades de 8 e 16 plantas por metro apresentou valor positivo e elevado. O fato dessa correlação ter sido superior a 1,0 é devido ao erro associado à sua estimativa.

TABELA 9 - Produção média em kg/ha das progênie selecionadas em F7 e seu correspondente em F8

Nº da progênie	F7	F8	
6	2332,53	1855,66	
11	2333,31	1740,20	
69	2163,25	1486,99	
70	2687,34	1964,14	
87	2295,52	1704,31	
118	2206,62	1866,37	
123	2233,14	1752,11	
128	2243,98	1754,39	
193	2334,50	1800,04	
221	2532,13	1963,11	
227	2366,61	1969,39	
309	2213,80	1639,78	
338	2441,70	1708,51	
481	2193,59	1886,00	
		%	%
Média selecionada	2327,00	128,4	1792,22 104,94
Média das 97 progênie	1812,30	100,00	1707,85 100,00

TABELA 10 - Estimativa dos parâmetros genéticos e fenotípicos a nível de médias, para a produção de grãos (kg/ha)

Parâmetros	Estimativas
$r_{F_7/F_8}$	0,40
$r_{8/16}$	1,30
$h^2$ (%)	11,10
$h_r^2$ (%)	17,39
GS (%)	3,15
GS' (%)	3,35
GSR (%)	4,94

onde:

$r_{F_7/F_8}$ : correlação genética entre as progênies nas gerações  $F_7$  e  $F_8$

$r_{8/16}$ : correlação genética entre as progênies  $F_8$  nas densidades de 8 e 16 plantas por metro

$h^2$ : herdabilidade

$h_r^2$ : herdabilidade realizada

GS: ganho esperado com a seleção usando o diferencial de seleção

GS': ganho esperado com a seleção usando o diferencial de seleção padronizado (i)

GSR: ganho realizado com a seleção

## 5. DISCUSSÃO

Um dos principais problemas da cultura do feijão é a colheita, quando esta coincide com o período chuvoso. Nessa condição normalmente ocorrem sérios problemas tais como dificuldades de manuseio do material colhido, pois há necessidade que ele seja colocado em local com boa aeração, o que exige grande espaço. Um segundo problema é que as vagens entrando em contato com o solo úmido promovem o início de um processo de apodrecimento, o que contribui para a produção de grãos manchados, de pior qualidade e conseqüentemente de menor cotação no mercado.

Como dificilmente pode-se prever a ocorrência de chuvas após a maturação fisiológica do feijoeiro, uma opção que pode atenuar o problema é o uso de cultivares que apresentem porte ereto. Dessa forma espera-se que as vagens não entrem em contato com o solo, possibilitando assim a permanência do material no campo durante o período de chuva, provavelmente com menores problemas para os grãos do que se o material fosse colhido e armazenado em ambiente que não permitisse boa aeração.

Na seleção das plantas na geração F<sub>6</sub>, procedeu-se uma avaliação visual do porte da planta, só sendo selecionadas aquelas que apresentassem porte bem ereto, maior altura de inserção da primeira vagem e que fossem vigorosas. Dessa forma as progênies avaliadas nas gerações F<sub>7</sub> e F<sub>8</sub> apresentaram um porte de maneira a atender às necessidades da cultura.

Nas duas últimas décadas tem sido dada ênfase à obtenção de plantas dentro de um ideotipo, visando a melhoria da eficiência fisiológica, em várias espécies de plantas (18, 30, 61). No caso específico do feijoeiro, ADAMS (1) sugere que para a planta ser eficiente fisiologicamente deve apresentar, entre outras características, uma haste única com inúmeros nós, poucos ramos, sendo estes eretos, com folhas em grande número e pequenas. As progênies obtidas, de um modo geral, apresentavam características semelhantes a essas, indicando que a seleção visual realizada na geração F<sub>6</sub> foi eficiente, sugerindo que essa característica deva apresentar herdabilidade alta. De fato SANTOS & VENCovsky (61) observaram valores elevados de herdabilidade para os componentes do porte da planta como altura de inserção da primeira vagem, comprimento da haste principal, número de internódios da haste principal e comprimento dos internódios.

A partir da geração F<sub>7</sub>, quando se iniciou a avaliação das progênies, considerou-se apenas a produção de grãos, pois de acordo com NIENHUIS & SINGH (43) o uso de características de arquitetura como critério de seleção para aumento de produção deve ser considerado cautelosamente, haja vista que não são independentes e a seleção para uma pode resultar em mudanças simultâneas na expressão de outras. Mas, no presente trabalho, como já enfatizado, até certo ponto o material se manteve dentro do padrão escolhido. Porém, convém lembrar que as progênies foram avaliadas em fevereiro, época considerada como da "seca", sem irrigação suplementar e em julho, no chamado plantio outono-inverno, com irrigação. Há necessidade, contudo, que sejam feitas avaliações especialmente durante o período das águas, quando há maior tendência de desenvolvimento vegetativo, para certificar se esses fenótipos favoráveis se expressam também nessas condições.

Um dos pais envolvidos no cruzamento para obtenção das progênies foi a cultivar Carioca 80, que possui o alelo Are, o qual confere resistência a algumas raças de Colletotrichum lindemuthianum, agente causal da antracnose, além de apresentar grãos tipo "Carioca" que é o preferido pelo consumidor, POM

PEU (49). A antracnose é uma das doenças fúngicas de maior importância para o feijoeiro, podendo causar a perda total da produção quando as condições ambientais são favoráveis ao desenvolvimento do fungo, SANTOS et alii (60). Por isto, após a avaliação das progênies F<sub>7</sub> a nível de campo, suas sementes foram submetidas a uma outra avaliação, com relação a essa doença, no estádio de plântula. Dessa forma, das 97 progênies selecionadas para serem avaliadas na geração F<sub>8</sub>, as 86% que se apresentaram resistentes provavelmente possuíam o alelo Are, tendo em vista que no método de inoculação usado, dificilmente ocorre escape. As demais progênies, supostas não possuírem o alelo Are, foram selecionadas em função de seu potencial produtivo.

Uma das limitações que ocorrem em ensaios de avaliação de progênies refere-se à quantidade disponível de sementes, que geralmente é pequena. Isto afeta diretamente o tamanho das parcelas e o número de repetições dos ensaios. Consequentemente, a precisão experimental também é afetada (24, 67, 73). Nas avaliações das progênies nas gerações F<sub>7</sub> e F<sub>8</sub>, de acordo com a disponibilidade de sementes, os tamanhos das parcelas foram, respectivamente, de um e dois metros quadrados, empregando-se apenas duas repetições. Apesar disso, os coeficientes de variação experimental obtidos foram considerados normais para este tipo de experimento, variando de 11,85% a 14,85%, mostrando então que a precisão experimental foi de magnitude semelhante a obtida em experimentos onde foram utilizadas parcelas maiores e maior número de repetições (4, 15, 31, 52, 54, 57, 65).

Observou-se resposta positiva ao aumento da densidade de 8 para 16 plantas por metro nas progênies F<sub>8</sub> e ausência de resposta nas testemunhas (Tabela 5). Isto vem corroborar os resultados obtidos pelo CIAT (9) e por ISA SI & GARCIA (36), que verificaram tendência ao aumento da produtividade com a diminuição da distância entre plantas em cultivares de hábito de crescimento indeterminado tipo II, porém eretas. Entre as três testemunhas, duas são de hábito de crescimento indeterminado tipo III (Carioca 80 e Carioca 1030), podendo então a ausência de resposta nestas ser explicada pela compensação que ocorre na produtividade por área em plantas com este tipo de crescimento, devi

do à plasticidade dos componentes primários da produção, principalmente do número de vagens por planta, conforme observado por FERNANDES (22) e por NIENHUIS & SINGH (43).

O potencial produtivo de algumas progênies F<sub>8</sub> pode ser verificado tanto na menor quanto na maior densidade de plantio, quando 24% e 15% das progênies, respectivamente, ultrapassaram a média de produção das testemunhas. Este fato indica a possibilidade de selecionar progênies mais produtivas que as testemunhas e que além disso apresentem o porte ereto e resistência à antracnose.

De acordo com NIENHUIS & SINGH (43), a existência de interações entre genótipos e densidades de plantio tem um interesse particular para o melhoramento de plantas, uma vez que a seleção de plantas individuais é comumente praticada em densidades menores que aquelas usadas em plantios comerciais. No presente trabalho a interação progênies x densidades de plantio não foi significativa (Tabela 5) indicando que é possível selecionar progênies com bom desempenho tanto em baixa quanto em alta densidade. Deve ser enfatizado, contudo, que nesse trabalho a interação não foi significativa, devido provavelmente às progênies avaliadas terem sido previamente selecionadas para o tipo de porte e a interação só deve ocorrer se existir variabilidade para essa característica.

Ao contrário do que se observou para o efeito de densidade, a interação progênies x gerações foi altamente significativa (Tabela 6). É importante lembrar que como efeito de gerações estão incluídos outros fatores ambientais, como épocas de plantio e locais, já que as gerações foram conduzidas em épocas e locais diferentes. Existem indicações na literatura de que populações segregantes não interagem com gerações desde que as gerações desde que as gerações sejam avaliadas na mesma época e local de plantio, RAMALHO et alii (53). É provável então que a interação das progênies com gerações seja atribuída, nesse caso, aos efeitos ambientais envolvidos e não à geração per si.

A decomposição do componente de interação progênes x gerações ( $\hat{\sigma}_{pg}^2$ ), apresentada na tabela 8, mostrou que 76,11% da interação foram devido a parte complexa, isto é, foi advinda da falta de correlação entre os desempenhos médios das progênes nas duas gerações. A existência dessa interação complexa é realçada pela baixa estimativa da correlação genética entre as progênes nas gerações F<sub>7</sub> e F<sub>8</sub> (Tabela 10). Como consequência, verificou-se que entre as 20 melhores progênes F<sub>7</sub>, apenas cinco estiveram também entre as melhores na geração F<sub>8</sub> (Tabela 7) e utilizando-se a expressão de HANBLIM & ZIMMERMANN (28), a eficiência da seleção (E.S.) seria de apenas 16,7%.

A ocorrência de interação progênie por geração, entre outras implicações, reflete diretamente na intensidade da seleção a ser usada, isto é, se em cada avaliação for aplicada uma forte intensidade de seleção, será obtido material específico para aquela geração e conseqüentemente o ganho obtido com a seleção será reduzido nas gerações seguintes, conforme foi visto anteriormente. Desta forma, a ocorrência de interação mostra para o melhorista a necessidade de avaliar as progênes no maior número possível de ambientes e não aplicar uma seleção muito rigorosa em cada geração.

Pelo exposto, o melhor critério para a seleção das progênes, é o desempenho médio das mesmas nas várias condições de ambiente. Nesse trabalho observa-se que selecionando as 20 melhores progênes na média das duas gerações, há uma coincidência de 12 progênes com a geração F<sub>7</sub> e igual número na geração F<sub>8</sub> (Tabela 7). Isso corresponde a uma eficiência de seleção média de 55,6%, ou seja, cerca de três vezes a obtida se a seleção fosse aplicada em F<sub>7</sub> e o ganho observado em F<sub>8</sub>.

Neste trabalho foram obtidas duas estimativas de herdabilidade (Tabela 10). Uma delas, foi estimada a partir da covariância genética entre as progênes nas gerações F<sub>7</sub> e F<sub>8</sub> ( $COVF_7/F_8$ ) e variância fenotípica média das progênes F<sub>7</sub> ( $\hat{\sigma}_{F_7}^2$ ). A outra, herdabilidade realizada ( $h_r^2$ ), foi obtida através do ganho observado com a seleção, isto é, foi simulada uma seleção em F<sub>7</sub> e estimado o ganho em F<sub>8</sub>, conforme sugerido por FEHR (21). Constatou-se que as

duas estimativas foram semelhantes, mostrando que a  $h^2$  é um bom indicativo da herdabilidade que é realizada. Pode-se verificar entretanto, que a estimativa de  $h^2$  foi de magnitude inferior à normalmente relatada na literatura (Tabela 1). Porém, essas diferenças nas estimativas de herdabilidade são esperadas, uma vez que elas dependem da variância genética aditiva existente, da variância fenotípica e conseqüentemente da precisão experimental com que o material foi avaliado, FALCONER (20). Nesse caso o baixo valor para  $h^2$  pode ser atribuído à magnitude da variância genética entre as progênies pois como os dois pais eram bem adaptados, provavelmente a população criada possuía uma menor variabilidade. Além do mais, a seleção prévia realizada para tipo de grão, porte e resistência à antracnose deve ter contribuído para reduzir ainda mais essa variabilidade.

As estimativas do ganho esperado com a seleção via diferencial de seleção e diferencial de seleção padronizado foram equivalentes, respectivamente, a 64 e 68% do ganho realizado (Tabela 10), reforçando o fato de que a estimativa dos parâmetros genéticos através dos componentes de variância é uma poderosa ferramenta a auxiliar os melhoristas.

A estimativa obtida para o ganho esperado com a seleção, inferior a 5%, pode ser considerada baixa, quando comparada com outros valores encontrados na literatura, PANIAGUA & PINCHINAT (46) e RAMALHO et alii (51). Apesar disso, deve ser salientado que algumas progênies apresentaram produtividades superiores aos pais, que são cultivares já recomendadas para o Estado de Minas Gerais. É importante lembrar também que aliada a essa boa produtividade, as progênies obtidas possuíam ainda, porte ereto, resistência à antracnose e tipo de grão de acordo com as exigências do consumidor.

## 6. CONCLUSÕES

1. As progênies avaliadas responderam positivamente ao aumento da densidade de plantio e como foram previamente selecionadas para porte, a interação progênies x densidades foi não significativa e de pequena magnitude.
2. As estimativas dos parâmetros genéticos mostraram que a herdabilidade ( $h^2$ ) foi semelhante a herdabilidade realizada ( $h_r^2$ ). Do mesmo modo, o ganho esperado com a seleção (GS) foi próximo do ganho realizado (GSR). Estes resultados reforçam o fato de que a estimativa dos parâmetros genéticos através dos componentes de variância é uma poderosa ferramenta para auxiliar os melhoristas.
3. A seleção realizada foi eficiente, uma vez que 10% das progênies apresentaram produtividade de grãos superior à média das cultivares parentais, além de possuírem porte ereto, resistência à antracnose e grão tipo "carioca" que é o aceitável no mercado.



## 7. RESUMO

### AVALIAÇÃO DE PROGÊNIES DE FEIJOEIRO DO CRUZAMENTO "CARIOCA 80" x "RIO TIBAGI" EM DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTIO

Autor: Ângela de Fátima Barbosa Abreu

Orientador: Prof. Dr. Magno Antonio Patto Ramalho

As progênies utilizadas no presente trabalho, nas gerações F<sub>7</sub> e F<sub>8</sub>, foram provenientes do cruzamento entre as cultivares Carioca 80 e Rio Tibagi. Na geração F<sub>7</sub>, foram avaliadas 200 progênies em Patos de Minas, em dois látices simples 10 x 10. Na geração F<sub>8</sub>, antes de serem avaliadas no campo, as progênies foram submetidas a avaliação com relação a reação ao Colletotrichum lindemuthianum, agente causal da antracnose, obtendo-se 44 progênies resistentes e 39 segregantes para resistência. Essas 83 progênies, juntamente com as 14 que se apresentaram mais produtivas na geração F<sub>7</sub>, sendo entretanto, suscetíveis ao patógeno e três testemunhas (Carioca 80, Rio Tibagi e Carioca 1030), foram avaliadas com relação à produtividade de grãos, em duas densidades de plantio, 8 e 16 plantas por metro (160.000 e 320.000 plantas/ha), no município de Sete Lagoas. Cada densidade de plantio constituiu um experimento para o qual adotou-se o delineamento experimental látice simples 10 x 10. Os objetivos foram: verificar se o aumento na densidade compensaria a redução na produção, que segundo alguns autores, ocorre em cultivares de porte ereto; verifi -



car a existência de interação progênes x densidades e obter estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos que auxiliem o trabalho dos melhoristas. Diante dos resultados obtidos concluiu-se que: 1. As progênes avaliadas responderam positivamente ao aumento da densidade de plantio e como foram previamente selecionadas para porte, a interação progênes x densidades foi de pequena magnitude. 2. As estimativas dos parâmetros genéticos mostraram que a herdabilidade ( $h^2$ ) foi semelhante à herdabilidade realizada ( $h_R^2$ ). Do mesmo modo, o ganho esperado com a seleção (GS) foi próximo do ganho realizado (GSR). Estes resultados reforçam o fato de que a estimativa dos parâmetros genéticos, através dos componentes de variância, é uma poderosa ferramenta a auxiliar os melhoristas. 3. A seleção realizada foi eficiente, uma vez que 16% das progênes apresentaram produtividade de grãos superior à média das cultivares parentais, além de possuírem porte ereto, resistência à antracnose e grão tipo "Carioca" que é o aceitável no mercado.

## 8. SUMMARY

### EVALUATION OF COMMON BEAN (Phaseolus vulgaris, L.) PROGENIES UNDER DIFFERENT DENSITY RATES

Author: Ângela de Fátima Barbosa Abreu

Thesis Adviser: Prof. Dr. Magno Antonio Patto Ramalho

Progenies accessed in this work were F<sub>7</sub> and F<sub>8</sub> generations derived from "Carioca 80" x "Rio Tibagi" crosses. Two hundred F<sub>7</sub> progenies were tested at Patos de Minas (MG) using two simple 10 x 10 lattice designs. F<sub>8</sub> progenies, on the other hand, were evaluated at Sete Lagoas (MG) and, prior to field experiments they were screened for resistance to antracnose (Colletotrichum lindemuthianum) under greenhouse conditions. Forty four populations were identified as resistant and 39 as segregant to the disease fungus. These 83 progênies plus 14 ones characterized as the most productive in F<sub>7</sub> (susceptible to antracnose, though) and three test populations (Carioca 80, Rio Tibagi, and Carioca 1030 cultivars) comprised the treatments which were cultivated in two different density rates: 8 and 16 plants per linear meter (160,000 and 320,000 plants/ha, respectively). Each density rate provided a distinct experiment statistically analysed through a simple 10 x 10 lattice design. Objectives were to: (i) verify if increased density rate would compensate yield reduction in upright bean cultivars according to same researchers; (ii) determine progeny x

density interactions; and (iii) estimate genetic and phenotypic parameters which are valuable informations to bean breeders. Results led to the following conclusions: (i) progenies positively responded to density rate and progeny x density interactions were not significant; (ii) genetic parameters estimates showed that heritability value was closed to the realized one, and that expected and observed genetic gains were of similar magnitudes (these results reenforce the fact that genetic parameters estimation through variance components is a powerful tool to plant breeders); and (iii) selection was efficient once 16% of the progenies yielded higher than the average of both parents in addition to bear favorable characteristics such as an upright growth habit, antracnose resistance, and a marketable seed type configuration.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADAMS, M.W. Arquitetura vegetal y eficiencia fisiologica de la planta de frijol. In: CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. El potencial del frijol y otras leguminosas de grano comestible en America Latina. Cali, 1973. p.181-9.
2. AGGARWAL, V.D. & SINGH, T.P. Genetic variability and interrelation in agronomic traits in kidney-bean (Phaseolus vulgaris L.). The Indian Journal Agricultural Science, New Delhi, 43(9):845-8, Sept. 1973.
3. ALBUQUERQUE, M.M. & VIEIRA, C. Manifestações da heterose em Phaseolus vulgaris L. Revista Ceres, Viçosa, 21(114):148-66, mar./abr. 1974.
4. BARTHOLO, G.F. Adaptabilidade e estabilidade de comportamento de doze cultivares de feijão (Phaseolus vulgaris L.) em quinze ambientes em Minas Gerais. Viçosa, UFV, 1978. 27p.
5. BEAVER, J.S.; PANIAGUA, C.V.; COYNE, D.P. & FREITAS, G.F. Yield stability of dry bean genotypes in the Dominican Republic. Crop Science, Madison, 25(6):923-6, Nov./Dec. 1985.

6. BRANDES, D.; VIEIRA, C.; MAESTRI, M. & GOMES, F.R. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.). I. Mudanças morfológicas e produção de matéria seca. Experientiae, Viçosa, 14(1):1-49, jul. 1972.
7. CAMACHO, L.H.; CARDONA, C. & OROZCO, S.H. Variâncias genéticas y heredabilidad en caracteres cuantitativos del frijol. In: CONGRESSO NACIONAL DE INGENIEROS AGRÓNOMOS, 3., Manizales, Colômbia, 1965. Memórias... Manizales, Ministério da Agricultura, 1965. p.86-7.
8. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Bean program; annual report, Cali, 1979. 228p.
9. \_\_\_\_\_. Informe anual 1986; programa de frijol. Cali, 1987. p.118-9.
10. \_\_\_\_\_. Sistemas de produccion de frijol. Cali, 1975. 64p.
11. CHUNG, J.H. & GOULDEN, D.S. Yield components of haricots beans (Phaseolus vulgaris L.) grown at different plant densities. New Zeland Journal of Agricultural Research, Wellington, 14:227-34, 1971.
12. \_\_\_\_\_ & STEVENSON, E. Diallel analyses of the genetic variation in some quantitative characters in dry beans. New Zeland Journal of Agricultural Research, Wellington, 16:223-31, May 1973.
13. COYNE, D.P. Correlation, heritability, and selection of yield components in field beans, Phaseolus vulgaris. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, Madison, 93(5):388-96, Sept./Oct. 1968.

14. CROTHERS, S.E. & WESTERMANN, D.T. Plant population effects on the seed yield of Phaseolus vulgaris L. Agronomy Journal, Madison, 68:958-60, Nov./Dec. 1976.
15. CUNHA, J.M. da; SILVA, C.C. da & KAKIDA, J. Competição regional entre cultivares de feijão. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. Projeto Feijão; relatório 76/77. Belo Horizonte, 1978. p.31-7.
16. DAVIS, J.H.C. & EVANS, A.M. Selection indices using type characteristics in navy beans (Phaseolus vulgaris L.). The Journal of Agricultural Science, Cambridge, 89(2):341-8, Aug./Dec. 1977.
17. DICKSON, M.H. Diallel analyses of seven economic characters in snap beans. Crop Science, Madison, 7(2):121-4, Mar./Apr. 1967.
18. DONALD, C.M. The breeding of crop ideotypes. Euphytica, Wageningen, 17: 385-403, 1968.
19. EDJE, O.T.; MUGHOCHO, L.K. & AYONODU, U.W.U. Bean yield and yield components as affected by fertilizer and plant population. Turrialba, Costa Rica, 25(1):79-84, ene./mar. 1975.
20. FALCONER, D.S. Introdução à genética quantitativa. Viçosa, UFV, 1981. 279p.
21. FEHR, W.R. Heritability. In: \_\_\_\_\_. Principles of cultivar development; theory and technique. New York, Macmillan Pub. Co., 1987. v.1, cap.7, p.95-105.
22. FERNANDES, M.I.P.S. Efeito da variação de estande nos experimentos com a cultura do feijoeiro. Lavras, ESAL, 1987. 73p. (Tese MS).

23. FOOLAD, M.R. & BASSIRI, A. Estimates of combining ability, reciprocal effects and heterosis for yield and yield components in a common bean diallel cross. The Journal of Agricultural Science, Cambridge, 100(1): 103-8, Feb. 1983.
24. GOMES, F.P. Curso de estatística experimental. 10.ed. São Paulo, Nobel, 1982. 430p.
25. HAMBLIN, J. & EVANS, A.M. The estimation of cross yield using early generation and parental yields in dry beans (Phaseolus vulgaris L.). Euphytica, Wageningen, 25(2):515-20, June 1976.
26. \_\_\_\_\_ & MORTON, J.R. Genetic interpretations of the effects of bulk breeding on four populations of beans (Phaseolus vulgaris L.). Euphytica, Wageningen, 26(1):75-83, Feb. 1977.
27. \_\_\_\_\_ & ROSIELLE, A.A. Effect of intergenotypic competition on genetic parameter estimation. Crop Science, Madison, 18(1):51-4, Jan./Feb. 1978.
28. \_\_\_\_\_ & ZIMMERMANN, M.J. de O. Breeding common bean for yield in mixtures. Plant Breeding Reviews, Connecticut, 4:245-72, 1986.
29. ISASI, E.M. & GARCIA, I.B. Influencia de la distancia entre plantas en el rendimiento de variedades de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) con distinto habito de crecimiento. Ciencias de la Agricultura, Havana, (23):127-9, 1985.
30. JENNINGS, P.R. Plant type as rice breeding objective. Crop Science, Madison, 4(1):13-5, Jan./Feb. 1964.

31. JUNQUEIRA NETTO, A.; SILVA, C.C. da; VIEIRA, C. & VOYSEST, O. Viveiro internacional de rendimento e adaptação de feijão. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. Projeto Feijão; relatório 76/77. Belo Horizonte, 1978. p.53-4.
32. KELLY, J.D. & ADAMS, M.W. Phenotypic recurrent selection in ideotype breeding of pinto beans. Euphytica, Wageningen, 36(1):69-80, 1987.
33. KRETCHMER, P.J.; LAING, D.R. & WALLACE, D.H. Inheritance and morphological traits of a phytochrome - controlled single gene in bean. Crop Science, Madison, 19(4):605-7, July/Aug. 1979.
34. LEAKEY, C.L.A. The effect of plant population and fertility level on yield and its components in two determinate cultivars of Phaseolus vulgaris (L.) Savi. The Journal of Agricultural Science, Cambridge, 79(2):259-67, Oct. 1972.
35. LUCAS, E.O. & MILBOURN, G.M. The effect of density of planting on the growth of two Phaseolus vulgaris varieties in England. The Journal of Agricultural Science, Cambridge, 87(1):89-99, Aug. 1976.
36. LUCAS, J.M.V. Influência da densidade de população sobre a produção em variedades de feijão de vagem (Phaseolus vulgaris L.) de porte baixo. Piracicaba, ESALQ, 1987. 69p. (Tese MS).
37. MACK, H.J. & HATCH, D.L. Effects of plant arrangement and population density on yield of bush snap beans. Journal of the American Society for Horticultural Science, Michigan, 92(3):418-25, May 1968.
38. MASCARENHAS, H.A.A.; IGUE, T.; ALVES, S. & VEIGA, A. de A. Espaçamento para o feijão Goiano Precoce. Bragantia, Campinas, 25:51-3, 1966. (Nota 12).

39. MATHER, K. & JINKS, J.L. Efeitos aditivos e dominantes. In: \_\_\_\_\_. Introdução à genética biométrica. Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Genética, 1984. Cap.3, p.31-68.
40. MAUK, C.S.; BREEN, P.J. & MACK, H.J. Yield response of major pod-bearing nodes in bush snap beans to irrigation and plant population. Journal of the American Society for Horticultural Science, Michigan, 108(6):935-9, Nov. 1983.
41. MINUSSI, E.T.; NETO, A. & KIMATI, H. Reação de 60 variedades de feijão (Phaseolus vulgaris L.) à raça BA-1 (grupo-alfa) de Colletotrichum lindemuthianum. Revista do Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, 5:275-80, 1975.
42. MOLL, R.H. & STUBER, L.W. Quantitative genetics empirical results relevant to plant breeding. Advances in Agronomy, New York, 26:277-313, 1974.
43. NIENHUIS, J. & SINGH, S.P. Effects of location and plant density on yield and architectural traits in dry beans. Crop Science, Madison, 25(4): 579-84, July/Aug. 1985.
44. PACHECO, C.A.P. Avaliação de progênies de meios-irmãos da população de milho CMS-39 em diferentes condições de ambiente - 2º ciclo de seleção. Lavras, ESAL, 1987. 109p. (Tese MS).
45. PACOVA, B.E.V.; CANDAL NETO, J.F.; GUIDONI, A.L.; SANTOS, A.F. dos; VARGAS A.A.T. & DESSAUNE FILHO, N.D. Adaptação e estabilidade fenotípica de cultivares de feijão preto no Estado do Espírito Santo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 22(5):491-500, maio 1987.

46. PANIAGUA, C.V. & PINCHINAT, A.M. Critérios de selección para mejorar el rendimiento de grano en fríjol (Phaseolus vulgaris L.). Turrialba, Costa Rica, 26(2):126-31, abr./jun. 1976.
47. PARK, S.J. Cultivar by environment interactions, yield stability and grouping of test locations for field bean cultivar trials in Ontario. Canadian Journal Plant Science, Ottawa, 67:653-9, July 1987.
48. POLIGNANO, G.B. Heritable of some agronomic traits in Phaseolus vulgaris L. Genética Agrária, Roma, 87(1/2):69-82, 1983.
49. POMPEU, A.S. Catu. Aeté-3, Aroana 80, Moruna 80, Carioca 80 e Aysó, novas cultivares de feijoeiro. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1, Goiânia, 1982. Anais... Goiânia, EMBRAPA-CNPAP, 1982. p.38-40.
50. QUINONES, F.A. Relationships between parents and selections in crosses of dry beans. Crop Science, Madison, 9(5):673-5, Sept./Oct. 1969.
51. RAMALHO, M.A.P.; ANDRADE, L.A. de B. & TEIXEIRA, N.C.S. Correlações genéticas e fenotípicas entre caracteres do feijão (Phaseolus vulgaris L.). Ciência e Prática, Lavras, 3(1):63-70, jan./jun. 1979.
52. \_\_\_\_\_; SANTA CECÍLIA, F.C.; SANTOS, J.B. dos; ANDRADE, M.A. de & LIMA, L.A. de P. Competição entre cultivares de feijão na região sul de Minas Gerais. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. Projeto Feijão; relatório 76/77. Belo Horizonte, 1978. p.37-44.

53. RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos & PEREIRA FILHO, I.A. Choise of parents for dry bean (Phaseolus vulgaris L.) breeding. I. Interaction of mean components by generation and location. Revista Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, 11(2):39-400, June 1988.
54. \_\_\_\_\_; SANTOS, J.B. dos; SANTA CECÍLIA, F.C. & ANDRADE, M.A. de. Seleção de progênie no feijão "Pintado" e estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos. Ciência e Prática, Lavras, 3(1):51-7, jan./jun. 1979.
55. \_\_\_\_\_ & VENCOVSKY, R. Estimação dos componentes da variância genética em plantas autógamas. Ciência e Prática, Lavras, 2(2):117-40, jul./dez. 1978.
56. REDDEN, R.J.; USHER, T.; YOUNGER, D.; MAYER, R.; HALL, B.; FERNANDES, A. & KIRTON, D. Response of navy beans to row width and plant population density in Queensland. Australian Journal of Experimental Agriculture, Austrália, 27(3):455-63, 1987.
57. SANTA CECÍLIA, F.C.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos & ABREU, A. de F. B. Comportamento de cultivares de feijão (Phaseolus vulgaris L.) na região Sul do Estado de Minas Gerais, período das águas de 1984/1985. Ciência e Prática, Lavras, 9(2):216-21, jul./dez. 1985.
58. SANTOS, J.B. dos. Controle genético de caracteres agronômicos e potencialidades de cultivares de feijão (Phaseolus vulgaris L.) para o melhoramento genético. Piracicaba, ESALQ, 1984. 223p. (Tese doutorado).
59. \_\_\_\_\_. Estabilidade fenotípica de cultivares de feijão (Phaseolus vulgaris L.) nas condições do Sul de Minas Gerais. Piracicaba, ESALQ, 1980. 110p. (Tese MS).

60. SANTOS, J.B. dos; RAMALHO, M.A.P. & MACHADO, J. da C. Reação de linhagens e cultivares de feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) à raça BA-2 de Colletotrichum lindemuthianum (Sacc. & Magn.) Scrib. (Agente causal da antracnose). Ciência e Prática, Lavras, 11(1):85-91, jan./jun. 1987.
61. \_\_\_\_\_ & VENCovsky, R. Controle genético de alguns componentes do porte da planta em feijoeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 21(9):957-63, set. 1986.
62. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_ & RAMALHO, M.A.P. Controle genético da produção de grãos e de seus componentes primários em feijoeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 20(10):1203-11, out. 1985.
63. SANTOS, P.C. dos; CARDOSO, A.A.; VIEIRA, C. & SILVA, J.C. Herdabilidade e correlações do rendimento com seus componentes, em dois cruzamentos de feijão. Revista Ceres, Viçosa, 33(189):404-12, set./out. 1986.
64. SARAFI, A. A yield component selection experiment involving american and iranian cultivars of the common bean. Crop Science, Madison, 18(1):5-7, Jan./Feb. 1978.
65. SILVA, C.C. da; VIEIRA, C. & ROJAS, R.A.M. Comportamento de cultivares de feijão (Phaseolus vulgaris L.) na Zona da Mata de Minas Gerais. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. Projeto Feijão; relatório 77/78. Belo Horizonte, 1979. p.39-52.
66. SILVA, E.G.; RAMALHO, M.A.P. & SANTOS, J.B. dos. Avaliação de progênies de feijoeiro do cruzamento ESAL 501 x Rio Tibagi. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA ESAL, 3., Lavras, 1988. Programa e Resumos ... Lavras, Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1988. p.2.

67. STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics. 2. ed. New York, McGraw-Hill, 1980. 633p.
68. VELLO, N.A. & VENCOVSKY, R. Variâncias associadas às estimativas de variância genética e coeficiente de herdabilidade. In: RELATÓRIO CIENTÍFICO DE 1974. Piracicaba, ESALQ, 1974. p.238-48. (Relatório, 8).
69. VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PETERNIANI, E. & VIEGAS, G. P. Melhoramento e produção do milho no Brasil. Campinas, Fundação Cargill, 1987. Cap.5, p.135-215.
70. VIANNA, R.T. & SILVA, J.C. Comparações de três métodos estatísticos de análises de variância em experimentos em "lattice" em milho (Zea mays L.). Experientiae, Viçosa, 24(2):21-41, fev. 1978.
71. VIEIRA, C. O feijoeiro-comum; cultura, doenças e melhoramento. Viçosa, Imprensa Universitária, 1967. 220p.
72. VOYSEST, O.V. Efecto de heterosis en rendimiento y sus componentes primarios en frijol, Phaseolus vulgaris L. Investigaciones Agropecuarias, Lima, 3(1):10-6, ene./jun. 1972.
73. \_\_\_\_\_. Tamaño de parcela. In: LÓPEZ, M.; FERNÁNDEZ, F. & SCHOONHOVEN, A. van, eds. Frijol; investigation y producción. Cali, CIAT, 1985. p.409-17.
74. WAHAB, M.N.I.; DABBS, D.H. & BAKER, R.J. Effects of planting density and design on pod yield of bush snap bean (Phaseolus vulgaris L.). Canadian Journal Plant Science, Ottawa, 66:669-75, 1986.

75. WERSTERMANN, D.T. & CROTHERS, S.E. Plant population effects on the seed yield components of beans. Crop Science, Madison, 17(4):493-6, July/Aug. 1977.
76. ZIMMERMANN, M.J.O.; ROSIELLE, A.A.; WAINES, J.G. & FOSTER, K.W. A heritability and correlation study of grain yield, yields components, and harvest index of common bean in sole crop and intercrop. Field Crops Research, 9:109-18, 1984.

APÉNDICE

Produção média, em kg/ha, das progênieis do cruzamento "Carioca 80" x "Rio Tibagi"

Nº da progênie	Geração F <sub>7</sub>	Geração F <sub>8</sub>		
		8 plantas/m	16 plantas/m	Média
3	1904,22	1779,89	1950,73	1865,31
5	1930,74	1531,55	1558,25	1544,90
6	2332,53	1938,02	1773,31	1855,66
7	1971,10	1644,66	1691,75	1668,21
10	2091,58	1609,88	2003,88	1806,88
11	2333,14	1868,27	1612,12	1740,20
13	1576,52	1493,36	1921,34	1707,35
17	2143,40	1635,05	1717,22	1676,14
21	1213,25	1180,34	1473,78	1327,06
24	1928,31	1758,39	1519,41	1638,90
27	1884,94	1415,12	1525,24	1470,18
29	1539,16	1353,41	1591,26	1472,34
31	2124,09	1641,34	2421,12	2031,23
32	815,65	1305,16	1578,38	1441,77
37	1737,34	1661,63	1577,68	1619,65
38	1675,91	1227,28	1897,56	1562,42
39	1940,44	1291,70	1744,17	1517,94
40	1909,03	1040,57	1707,75	1374,16
41	1865,04	1250,71	2231,32	1741,02
42	1643,40	1814,00	1989,80	1901,90
45	2078,90	1174,14	2160,43	1667,29
52	1691,06	1218,62	2018,21	1618,42
53	1517,24	1251,84	1439,80	1345,82
57	1524,70	2027,79	1668,21	1848,00
60	2003,01	2093,18	1705,56	1899,87

Continuação

Nº da progênie	Geração F <sub>7</sub>	Geração F <sub>8</sub>		
		8 plantas/m	16 plantas/m	Média
68	1243,96	1849,64	2075,24	1962,44
69	2163,25	1376,39	1597,58	1486,99
70	2687,34	2139,68	1788,60	1964,14
84	2154,22	2127,88	1677,68	1902,78
87	2295,17	1668,09	1740,53	1704,31
90	1524,09	1744,84	1487,88	1616,36
91	2015,65	2069,93	1572,34	1821,14
93	1934,94	1801,04	2120,87	1960,95
98	1885,54	1429,89	1607,28	1518,59
102	1537,34	1490,04	1630,85	1560,44
106	2134,36	1553,32	1539,33	1546,33
109	1719,28	1541,52	2020,89	1781,20
118	2206,62	1703,86	2028,88	1866,37
121	1598,20	1702,19	1496,36	1599,28
123	2233,14	1979,45	1524,76	1752,11
125	1674,70	2036,18	2030,59	2033,39
128	2243,98	1889,59	1619,20	1754,39
148	1689,76	2161,27	2066,06	2113,16
163	1794,59	1576,57	2193,94	1885,26
193	2334,96	1704,45	1895,63	1800,04
204	1521,30	1678,41	2285,69	1982,05
208	1731,50	1739,86	2337,36	2038,61
221	2532,13	1938,38	1987,85	1963,11
227	2366,61	2020,11	1918,68	1969,39
231	1864,72	1810,50	1707,03	1758,76
234	1924,91	1638,38	1602,89	1620,63

Continuação

Nº da progênie	Geração F7	Geração F8		
		8 plantas/m	16 plantas/m	Média
239	2157,67	2030,07	1673,78	1851,92
240	1670,22	1851,48	2057,52	1954,50
244	1925,54	1755,52	1663,58	1709,55
251	1982,13	1400,36	1430,33	1415,34
256	2010,66	1773,70	1560,20	1666,95
259	2136,83	1728,23	1679,86	1704,05
265	1979,78	1740,21	1684,70	1712,46
286	1843,38	2451,84	1832,75	2142,30
287	1534,94	1447,12	1564,31	1505,72
299	2178,31	1857,18	1449,51	1653,34
303	2170,85	1759,43	2133,25	1946,34
309	2213,80	1797,98	1481,58	1639,78
314	1380,87	1851,13	1854,14	1852,63
323	1823,83	2199,47	2096,62	2148,04
338	2441,70	1608,13	1803,90	1708,51
349	1748,28	1821,41	1485,69	1653,55
357	1895,94	1521,06	887,38	1204,22
358	1754,06	2067,73	1866,75	1967,24
365	1564,26	2066,07	1734,23	1900,15
374	1859,56	1378,05	1550,00	1464,03
376	1471,48	1388,20	1423,57	1405,88
380	1126,17	1516,79	1510,93	1513,86
381	1349,37	1396,50	1965,30	1830,90
397	1850,63	1693,18	1228,41	1460,79
404	1701,26	1560,23	1726,22	1643,23
421	1462,54	1830,07	1692,97	1761,52
423	1735,74	1546,50	1649,04	1597,77

Continuação

Nº da progênie	Geração F7	Geração F8		
		8 plantas/m	16 plantas/m	Média
430	1423,65	1263,46	1359,96	1311,71
435	1183,85	1457,00	1673,05	1566,02
445	1734,48	1816,61	1834,70	1825,66
446	1295,94	1656,64	2163,86	1910,25
447	1741,06	821,75	1496,10	1158,93
448	1369,59	1531,91	1869,67	1700,79
454	1488,72	1688,11	1732,05	1710,08
458	2037,46	1759,79	2061,42	1910,60
464	1349,37	1595,20	1478,15	1536,67
466	1442,33	1166,79	2002,66	1584,72
476	2145,94	1376,93	1426,22	1401,58
478	1500,63	1638,55	1936,63	1787,59
481	2193,59	2110,14	1661,87	1886,00
484	1398,74	2186,89	1909,21	2048,05
485	1058,94	1800,18	2075,24	1937,71
488	1691,70	1312,16	1232,99	1272,57
489	1804,24	1688,91	1955,33	1822,12
490	1859,56	1429,30	1868,68	1648,99
500	1716,15	1387,84	1558,01	1472,93
Carioca 1030	-	1876,48	1932,05	1904,26
Carioca 80	-	1786,98	2218,66	2002,82
Rio Tibagi	-	1833,39	1984,70	1909,04
$\bar{X}$ geral	-	1668,00	1761,39	1716,38
$\bar{X}$ prog.	1812,30	1662,92	1752,61	1709,50
$\bar{X}$ test.	-	1832,28	2045,14	1938,71
Erro efetivo	58729,78	45900,04	67721,88	56810,96