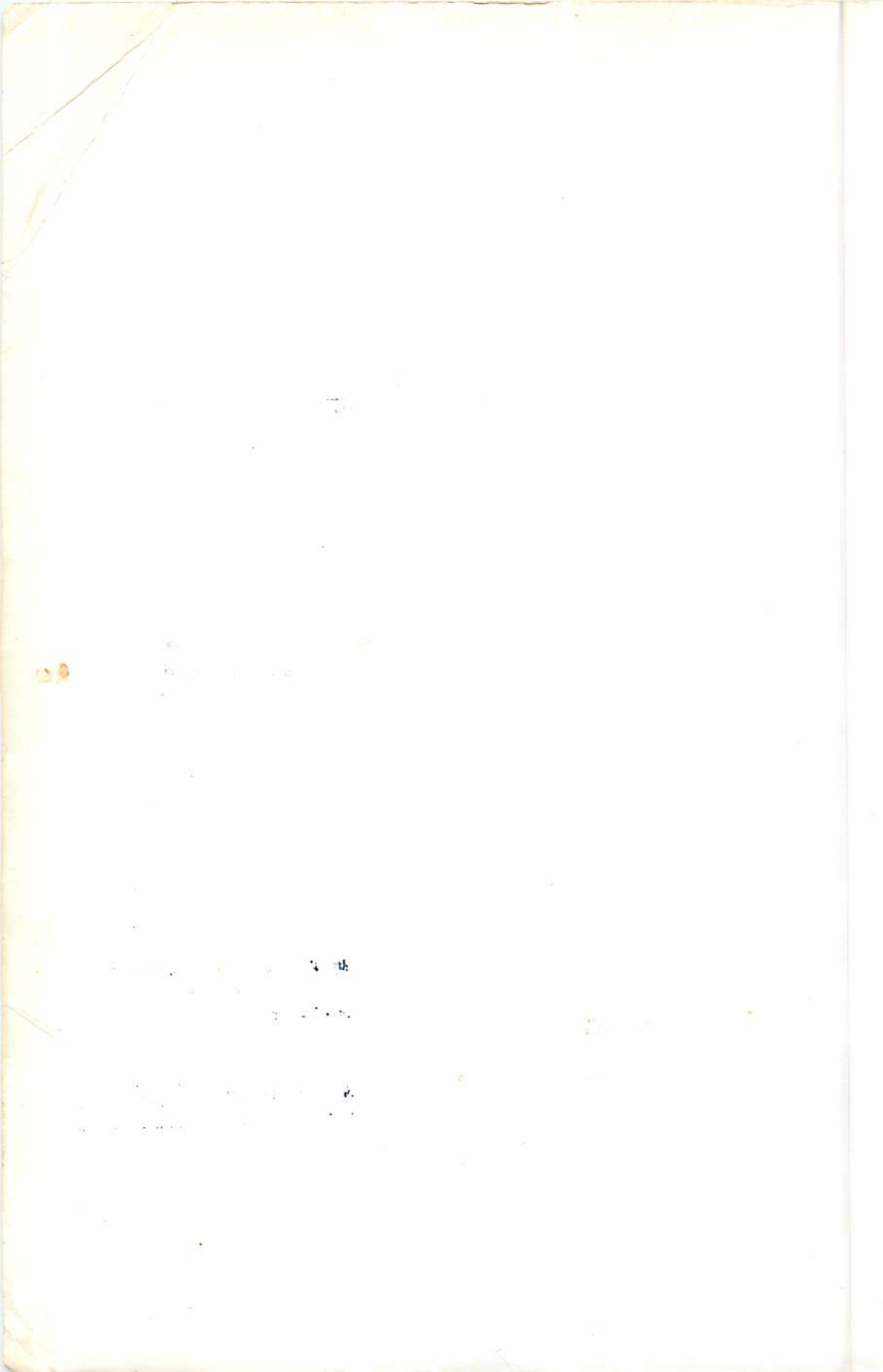




**COMPORTAMENTO DE CULTIVARES DE FEIJÃO TIPO CARIOCA
EM DIFERENTES POPULAÇÕES DE PLANTAS E ESPAÇAMENTOS
ENTRE LINHAS**

CLÁUDIO ROBERTO VALÉRIO

1998



CLÁUDIO ROBERTO VALÉRIO

**COMPORTAMENTO DE CULTIVARES DE FEIJÃO TIPO CARIOCA
EM DIFERENTES POPULAÇÕES DE PLANTAS E ESPAÇAMENTOS
ENTRE LINHAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal
de Lavras, como parte das exigências do Curso
de Graduação em Agronomia, área de
Conhecimento em Fitotecnia, para obtenção do título
de "Mestre".

Orientador:

Prof. Messias José Bastos de Andrade

CDD-632.622

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
1998

Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Classificação e Catalogação da
Biblioteca Central da UFLA

Valério, Cláudio Roberto

Comportamento de cultivares de feijão tipo carioca em diferentes
populações de plantas e espaçamentos entre linhas / Cláudio Roberto
Valério. -- Lavras : UFLA, 1998.

69 p. : il.

Orientador: Messias José Bastos de Andrade.

Dissertação (Mestrado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Feijão - Cultivar. 2. Espaçamento. 3. População. I. Universidade
Federal de Lavras. II. Título.

CDD-635.652

CLÁUDIO ROBERTO VALÉRIO

**COMPORTAMENTO DE CULTIVARES DE FEIJÃO TIPO CARIOCA
EM DIFERENTES POPULAÇÕES DE PLANTAS E ESPAÇAMENTOS
ENTRE LINHAS**

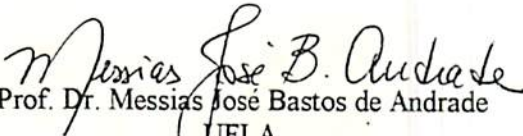
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 19 de fevereiro de 1998

Prof. Dr. Arnaldo Junqueira Netto UFLA

Prof. Dr. Carlos Alberto de Bastos Andrade UEM

Prof. Dr. Daniel Furtado Ferreira UFLA


Prof. Dr. Messias José Bastos de Andrade
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

A DEUS

Por ter me concedido a
vida e a possibilidade de
realizar este trabalho.

AGRADEÇO

Ao meu irmão **Sílvio Cesar Valério** (in
memorian), obrigado pelo apoio que me deu.
Aos meus pais **José Carlos Valério** e **Helena**
Cafalquio Valério e ao meu irmão **Luiz**
Carlos Valério, que souberam me apoiar nos
momentos difíceis...

Em especial à **Josiane Cecília Cândido**, com amor.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras pela oportunidade de realização deste curso;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa;

À Escola Estadual de Primeiro e Segundo Grau “Figueira de Toledo“, de Natividade da Serra-SP e ao Colégio Integrado Objetivo de Taubaté-SP, pelo incentivo à educação e companheirismo;

Ao professor Messias José Bastos de Andrade, pela orientação, apoio, amizade, conduta e profissionalismo exemplar;

Ao professor Arnaldo Junqueira Netto, pela grande amizade, exemplo de comportamento e conhecimento técnico transmitido;

Ao professor Carlos Alberto de Bastos Andrade, pela amizade e participação na banca;

Ao professor Daniel Furtado Ferreira pela orientação em estatística, amizade e participação na banca;

Aos funcionários Manguinho, João, Cipriano, Agnaldo, Correa e demais funcionários do Departamento de Agricultura da UFLA;

Ao colega doutorando Sebastião Ferreira de Lima pelo companheirismo nos trabalhos e no Atletismo;

Aos colegas de República Luiz Gustavo Rombola, Cristiano Pacheco Lustosa, Rodrigo (Digão) e Cassiano, pela amizade e apoio nos trabalhos;

E aos demais amigos do esporte, alunos de graduação e da pós-graduação que estiveram ao meu lado nesta jornada.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	xi
RESUMO.....	xv
ABSTRACT.....	xvii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 Espaçamento entre linhas.....	3
2.2 Distribuição linear de plantas.....	5
2.3 Espaçamento entre linhas x distribuição linear de plantas.....	6
2.4 Hábitos de crescimento.....	7
2.5 Componentes do rendimento.....	10
2.6 Superfícies de resposta.....	12
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1 Localização e caracterização das áreas experimentais.....	13
3.2 Delineamento estatístico e tratamentos.....	15
3.3 Detalhes das parcelas e subparcelas.....	17
3.4 Implantação e condução dos ensaios.....	17
3.5 Características avaliadas.....	18
3.6 Procedimentos estatísticos.....	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
4.1 Ensaio das águas 1996/97.....	20
4.1.1 Rendimento de grãos e seus componentes.....	20
4.1.2 Antracnose.....	36
4.2 Ensaio da seca 1997.....	40

4.3 Ensaio de inverno-primavera 1997.....	46
4.3.1 Rendimento de grãos e seus componentes.....	46
4.3.2 Outras características avaliadas.....	50
5 CONCLUSÕES.....	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Resultados de análises químicas de amostras dos solos utilizados nos experimentos. UFLA, Lavras-MG, 1996/97.....	15
2	Número médio de plantas por metro linear, após o desbaste, para obtenção das populações desejadas. UFLA, Lavras - MG, 1996/67.....	16
3	Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos dados relativos ao ensaio das águas. UFLA, Lavras-MG, 1996/97.....	21
4	Valores médios do rendimento de grãos, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso médio de cem grãos de feijão em função de espaçamento, cultivares e populações de plantas. UFLA, Lavras - MG, águas, 1996/97.....	22
5	Resumo da análise de variância da regressão para a característica peso médio de cem grãos. UFLA, Lavras - MG, águas, 1996/97.....	24

Tabela**Página**

6	Valores médios do peso de cem grãos (g) das cultivares Aporé, Carioca e Pérola, em função de espaçamentos entre linhas e populações de plantas. UFLA, Lavras - MG, águas, 1996/97.....	29
7	Resumo da análise de variância da regressão para a característica rendimento de grãos. UFLA, Lavras - MG, águas, 1996/97.....	30
8	Resumo da análise de variância da regressão para a característica rendimento de grãos dentro da cultivar Pérola. UFLA, Lavras-MG, águas, 1996/97.....	35
9	Valores do rendimento médio (kg/ha) das cultivares Aporé, Carioca e Pérola em função de espaçamentos entre linhas e populações de plantas. UFLA, Lavras-MG, águas, 1996/97...	35
10	Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos dados relativos à incidência de antracnose no ensaio das águas. UFLA, Lavras - MG, águas, 1996/97.....	36

11	Valores médios da severidade de antracnose (<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>) no ensaio das águas em função de espaçamentos entre linhas, cultivares e populações de plantas. UFLA, Lavras-MG, águas, 1996/97 (dados originais).....	37
12	Resumo da análise de variância da regressão para a característica severidade de antracnose. UFLA, Lavras - MG, águas, 1996/97.....	37
13	Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos dados relativos ao ensaio da seca. UFLA, Lavras-MG, 1997..	41
14	Valores médios do rendimento de grãos, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso de cem grãos do feijoeiro em função de espaçamentos, cultivares e populações de plantas. UFLA, Lavras-MG, seca, 1997.....	42
15	Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos dados relativos ao ensaio de inverno-primavera. UFLA, Lavras-MG, 1997.....	47

- 16 Valores médios do rendimento de grãos, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso de cem grãos do feijoeiro em função de espaçamentos, cultivares e populações de plantas. UFLA, Lavras-MG, inverno-primavera, 1997..... 48
- 17 Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos dados relativos a altura de planta (35 DAE), dias para o fechamento das linhas (DPF), acamamento de plantas - ACA (%) e reinfestação por invasoras - INF (%). UFLA, Lavras-MG, inverno-primavera, 1997..... 52
- 18 Valores da altura de plantas - ALT (cm), dias para o fechamento das linhas - DPF, acamamento de plantas - ACA (%) e reinfestação por invasoras - INF (%). UFLA, Lavras-MG, inverno-primavera, 1997..... 52

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Variação diária da precipitação pluvial (mm), da umidade relativa do ar (%) e da temperatura média (°C) durante a condução dos ensaios. UFLA, Lavras-MG. 1996/97.....	14
2	Equação de regressão entre número de vagens por feijoeiro e população de plantas. UFLA, Lavras-MG, águas, 1996/97....	23
3	Efeito de espaçamentos entre linhas e populações de plantas sobre o peso médio de cem grãos da cv. Carioca. UFLA, Lavras - MG, águas, 1996/97.....	25
4	Isoquantas do modelo selecionado para expressar o efeito de espaçamentos entre linhas e populações de plantas sobre o peso médio de cem grãos (g) da cv. Carioca. UFLA, Lavras - MG, águas, 1996/97.....	26
5	Efeito de espaçamentos entre linhas sobre o peso médio de cem grãos das cultivares Aporé e Pérola. UFLA, Lavras - MG, águas, 1996/97.....	28

6	Efeitos de espaçamentos entre linhas e populações de plantas sobre o rendimento de grãos da cv. Carioca. UFLA, Lavras - MG, águas, 1996/97.....	31
7	Isoquantas do modelo selecionado para expressar o efeito de espaçamentos entre linhas e populações de plantas sobre o rendimento de grãos (kg/ha) da cv. Carioca. UFLA, Lavras - MG, águas, 1996/97.....	32
8	Equação de regressão entre rendimento de grãos e espaçamento entre linhas. UFLA, Lavras - MG, águas, 1996/97.....	33
9	Equação de regressão entre rendimento de grãos e população de plantas. UFLA, Lavras - MG, águas, 1996/97.....	34
10	Efeito do espaçamento entre linhas e populações de plantas sobre a severidade de antracnose na cv. Carioca. UFLA, Lavras-MG, águas, 1996/97.....	38
11	Isoquantas do modelo selecionado para expressar o efeito do espaçamento entre linhas e populações de plantas sobre a severidade de antracnose da cv. Carioca. UFLA, Lavras-MG, águas, 1996/97.....	39

Figura**Página**

- 12 Equação de regressão entre o número de vagens por feijoeiro e população de plantas. UFLA, Lavras-MG, seca, 1997..... 44
- 13 Equação de regressão entre o rendimento de grãos e populações de plantas. UFLA, Lavras-MG, seca 1997..... 45
- 14 Equação de regressão entre o número de vagens por feijoeiro e população de plantas. UFLA, Lavras-MG, inverno-primavera, 1997..... 50
- 15 Equação de regressão entre a altura (cm) do feijoeiro aos 35 DAE e população de plantas. UFLA, Lavras-MG, inverno-primavera, 1997..... 54
- 16 Equações de regressão entre a época de fechamento das entre linhas (DPF), em dias após a emergência, e populações de plantas em diferentes cultivares. UFLA, Lavras-MG, inverno-primavera, 1997..... 55
- 17 Equações de regressão entre a época de fechamento das entre linhas (DPF), em dias após a emergência, e populações de plantas em diferentes espaçamentos. UFLA, Lavras-MG, inverno-primavera, 1997..... 56

Figura**Página**

- 18 Equações de regressão entre o percentual de acamamento, por ocasião da colheita, e espaçamentos entre linhas. UFLA, Lavras-MG, inverno-primavera, 1997..... 57
- 19 Equação de regressão entre o percentual de acamamento do feijoeiro por ocasião da colheita, e populações de plantas. UFLA, Lavras-MG, inverno-primavera, 1997..... 58
- 20 Equação de regressão entre a infestação de plantas daninhas (%) por ocasião da colheita e população de plantas. UFLA, Lavras-MG, inverno-primavera, 1997..... 59

RESUMO

VALÉRIO, Cláudio Roberto. Comportamento de cultivares de feijão tipo carioca em diferentes populações de plantas e espaçamentos entre linhas. Lavras, UFLA, 1998. 68p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia)*

Para investigar a existência de comportamento diferencial das novas cultivares Aporé e Pérola em relação à tradicional cv. Carioca, no que diz respeito à melhor combinação de espaçamento entre linhas e população de plantas, foram conduzidos três ensaios no município de Lavras, sul de Minas Gerais (safras das águas 1996/97, seca e inverno-primavera 1997). Os ensaios foram instalados em blocos casualizados, esquema parcelas subdivididas, com 3 repetições, estudando-se nas parcelas três espaçamentos entre linhas (40, 50 e 60 cm) e, nas subparcelas, um fatorial 3x4 envolvendo três cultivares (Aporé, Carioca e Pérola) e quatro populações de plantas por hectare (180, 220, 260 e 300 mil). Em todos os ensaios avaliaram-se o rendimento de grãos e seus componentes primários (peso de cem grãos, número de vagens por planta e número de grãos por vagem), avaliando-se também, no ensaio das águas, a severidade de antracnose; no inverno-primavera determinou-se ainda a altura da planta aos 35 dias após a emergência, o tempo para o fechamento das entrelinhas, o percentual de acamamento e infestação de invasoras por ocasião da colheita. Nas três safras, o rendimento de grãos da tradicional cultivar Carioca foi superado pelo das cv. Aporé (1ª colocada) e Pérola, novos materiais com grãos do mesmo tipo comercial. Nas safras da seca e inverno-primavera, o espaçamento entre linhas não influenciou o rendimento de grãos e seus componentes primários. Nestes ensaios, o aumento da população de plantas reduziu linearmente o número de vagens por feijoeiro, chegando a afetar também o rendimento de grãos na época da seca, quando o rendimento máximo foi obtido com aproximadamente 255 mil plantas por hectare, equivalentes a 12,75 plantas por metro. Na safra das águas, quando foi maior o crescimento vegetativo, houve influência dos

*Comitê Orientador: Messias José Bastos de Andrade - UFLA (Orientador), Arnaldo Junqueira Netto - UFLA, Carlos Alberto de Bastos Andrade - UEM e Daniel Furtado Ferreira - UFLA.

espaçamentos e densidades sobre o rendimento de grãos e peso de cem grãos, mas este efeito foi dependente das cultivares, provavelmente em função das diferenças de porte e agressividade entre elas. Embora, de maneira geral, na safra das águas, menores espaçamentos (40 a 50 cm) tenham levado a melhores resultados, a cv. Carioca foi mais produtiva em populações de 180 a 220 mil plantas/ha, enquanto nas cv. Aporé e Pérola os rendimentos foram crescentes com o aumento da população de plantas. A cv. Carioca foi a única a apresentar sintomas de antracnose, doença que ocorreu na safra das águas; nesta cultivar a severidade da doença foi crescente com o aumento da população e do espaçamento entre linhas. Em relação às demais cultivares, a Carioca apresentou menor altura de plantas e levou mais tempo para promover o completo fechamento das entrelinhas, resultando em maior acamamento e maior infestação por invasoras por ocasião da colheita. O aumento da população de plantas promoveu maior altura do feijoeiro, maior percentagem de acamamento, menor infestação de invasoras na colheita e maior rapidez no fechamento das entrelinhas. Na cv. Carioca, o aumento do espaçamento reduziu a percentagem de acamamento.

ABSTRACT

BEHAVIOR OF BEAN CULTIVARS CARIOCA TYPE IN DIFFERENT PLANT POPULATIONS AND ROW SPACINGS

To investigate the existence of differential behavior of the new cultivars Aporé and Pérola relative to the traditional cv. Carioca, as far as the best combination of row spacing and population of plants is concerned, three trials were conducted in the city of Lavras, south of Minas Gerais (1996/97 summer and 1997 summer-fall and winter-spring seasons). The trials were set up in randomized blocks, split-plot scheme with 3 replications, being studied in the plots, three row spacings (40, 50 and 60 cm) and in the sub plots, a 3x4 factorial involving three cultivars (Aporé, Carioca and Pérola) and four populations of plants/ha (180, 220, 260 and 300 thousand). In all the trials, the grain yield and its primary components (one hundred seeds weight, number of pods per plant and number of seeds per pod), also being evaluated in the summer trial, the severity of anthracnose; in winter-spring, the height of the plants at 35 days after emergence, time for closing rows, percent of lodging and weed infestation at harvest. In the three seasons, the grain yield of the traditional cultivar Carioca was outyielded by the cultivar Aporé (1st ranked) and Pérola, new materials with grains of the same commercial type. In the summer-fall and winter-spring crops, the row spacing did not influence grain yield and its primary components. In these trials, increased plant population linearly reduced the number of pods per bean plant coming to affect the grain yield in the time of drought too, when the maximum yield was achieved with about 255 thousand plants per hectare equivalent to 12.75 plants per meter. In the summer season, vegetative growth was greater, there was influence of both spacings and densities on grain yield and weight of one hundred seeds but this effect was dependent upon cultivars, probably in terms of size differences and aggressivity among them. Although, in general, in the summer season, smaller spacings (40 to 50) have led to best results, the cultivar Carioca was most yielding in the populations of 180 to 220 thousand plants/ha, while in the cultivars Aporé and Pérola the yield was growing with increased plant populations. Carioca cultivar was the only one to present

Guidance Committee: Messias José Bastos de Andrade - UFLA (Major Professor),
Arnoldo Junqueira Netto - UFLA, Carlos Alberto de Bastos Andrade - UFLA
e Daniel Furtado Ferreira - UFLA.

symptoms of anthracnose, disease which occurred in the summer season; in this cultivar, the disease severity was increasing with the rise of the population and row spacing. Relative to the other cultivars, Carioca presented smaller height of plants and took longer to promote the full closing of the rows resulting into greater infestation by weeds at harvest. The increase of the population promoted higher height of the bean plants, greater lodging percentage, less infestation by weeds at harvest and faster closing of the rows. In the cultivar Carioca, the increase of spacing decreased the lodging percentage.

1 INTRODUÇÃO

Para obtenção de maiores respostas a tecnologias que resultem em maiores rendimentos de grãos na cultura do feijão, o emprego de população adequada de plantas é um fator fundamental. A manipulação adequada do arrançamento espacial das plantas na lavoura pode apresentar, entre outras vantagens, maior eficiência na interceptação da radiação solar, uso mais efetivo da umidade e dos nutrientes do solo ou das adubações e menor competição radicular, além de representar método importante, e de baixo custo, no controle de invasoras e de diversas enfermidades do feijoeiro.

Para atender à preferência do mercado consumidor pelo feijão tipo "carioca", ou seja, de grãos bege com estrias marrons, a produção comercial da leguminosa foi, durante muitos anos, em grande parte, sustentada pela tradicional cultivar Carioca. Nos últimos anos, entretanto, novas cultivares com aquele tipo de grão estão sendo recomendadas, tornando-se necessária, para elas, a validação ou não das tecnologias atualmente recomendadas para a cultura, inclusive no que diz respeito ao melhor arrançamento espacial das plantas.

O objetivo do presente trabalho foi o de verificar se, comparativamente à tradicional cultivar Carioca, as novas cultivares Aporé e Pérola apresentam comportamento diferencial com relação à melhor combinação de espaçamento entre linhas e população de plantas, nas três safras da região de Lavras (águas, seca e inverno-primavera).

2 REVISÃO DE LITERATURA

A população de uma lavoura é normalmente definida como um conjunto de plantas que compõe o universo da área cultivada, podendo, neste sentido, também ser referida como densidade de plantas e expressa em número de plantas por área - hectare ou, às vezes, metro quadrado (Kranz, 1989). O efeito das populações, entretanto, não pode ser dissociado do efeito do arranjo espacial das plantas na área em questão (Willey e Heath, 1969), pois diversos trabalhos realizados, inclusive com o feijoeiro, permitiram constatar que em um dado nível populacional, ocorre maior eficiência em arranjos onde as plantas são dispostas de forma mais equidistante (Crothers e Westermann, 1976; Mack e Hatch, 1968; Pinchinat, 1974; Wahab, Dabbs e Baker, 1986), sendo provável que o principal fator ambiental envolvido seja a intensidade de luz (Brandes et al., 1973a e 1973b).

A produção de matéria seca por um cultivo, por ser consequência da transformação da energia solar em energia química, depende da percentagem de energia interceptada e da eficiência da utilização da mesma (Shibles e Weber, 1966). Segundo Thomé (1985), a aplicação de padrões particulares a uma comunidade vegetal, através da organização da distribuição das plantas em linhas ou outros arranjos, é o instrumento principal que o homem dispõe para manipular a estrutura do dossel vegetativo, com o objetivo principal de aumentar a interceptação de luz.

De acordo com Woolley e Davis (1991), um melhor arranjo espacial das plantas pode, além de aumentar a interceptação de luz, tornar mais efetivo o uso de nutrientes e minimizar a competição radicular. Para aqueles pesquisadores, a

dependem dos recursos disponíveis, razão pela qual sugerem que, sob estresse de baixa fertilidade ou seca, sejam utilizadas baixas densidades. Os autores ainda discutem que as práticas dos agricultores, de maneira geral, confirmam esta hipótese no caso de deficiência hídrica. Mas sob condições de baixa fertilidade e adequada umidade, os agricultores muitas vezes empregam altas densidade de plantas (como em Ruanda e Honduras), com o argumento de que maior número de plantas é necessário para preencher o espaço quando o crescimento é pequeno. Kranz (1989), entretanto, ressalta que neste último caso a densidade não deverá ser excessiva, devido à pressão de competição.

Para Kranz (1989), o descuido na obtenção de um estande perfeito na lavoura pode significar, além de dificuldades na realização dos tratos culturais e fitossanitários (que aumentam o custo de produção), menor retorno econômico pela menor resposta à utilização de insumos.

2.1 Espaçamento entre linhas

A identificação do espaçamento entre fileiras de feijoeiro, que resulta em maior produtividade de grãos, foi preocupação dos pesquisadores brasileiros já na década de 60, quando diversos trabalhos foram conduzidos com aquele objetivo. Vieira e Almeida (1965), comparando os espaçamentos de 30, 40, 50 e 60 cm entre linhas da cultivar Rico 23 (plantas eretas, hábito de crescimento tipo II), concluíram que o rendimento aumentou à medida que se reduziu a distância entre fileiras. Alguns anos depois, Vieira (1968), ao comparar os espaçamentos de 40 e 50 cm para a mesma cultivar Rico 23, verificou não haver diferenças em produtividade. No Estado de São Paulo, Mascarenhas et al. (1966) compararam os espaçamentos de 20, 30 e 40 cm entre linhas da cultivar Goiano Precoce (hábito tipo I) e observaram que, mantendo-se constante o número de plantas por metro linear, a produtividade não variou muito; verificaram ainda que a ligeira

vantagem dos menores espaçamentos em rendimento foi anulada pelo maior gasto de sementes e pela dificuldade e aumento de custo das capinas e tratamentos fitossanitários.

Após conduzirem vários experimentos na Bahia, Carvalho e Vieira (1972) concluíram que, na região de Irecê, o melhor intervalo entre linhas era de 40 a 50 cm, enquanto que, na região de Tucano, não verificaram diferenças significativas entre 55, 65 e 75 cm entre fileiras, independentemente da distribuição linear e cultivares utilizadas.

Trabalhando com a cultivar Carioca (hábito III, prostrado) no Estado de São Paulo, Almeida et al. (1975) não encontraram diferenças entre os espaçamentos de 30 e 40 cm entre fileiras, concluindo pela utilização do maior intervalo (40 cm) para diminuir os gastos com sementes e facilitar os tratos culturais. Da mesma forma, Ziver (1956), em três anos de ensaios no Chile, não encontrou diferenças significativas entre os espaçamentos de 40, 50 e 60 cm entre linhas, aplicados a três cultivares de feijão.

Outras pesquisas conduzidas nas décadas de 70 e 80, envolvendo diversos cultivares tradicionais como o Rico 23, Mulatinho Vagem Roxa, Mulatinho Favinha, Carioca, Vila Nova e Rosinha (Vieira, 1968; Carvalho, Mendes e Santos, 1974; Barbosa et al., 1975; Reis, Vieira e Bolsanello, 1978; Medrado e Sobral, 1981), parecem indicar que, de maneira geral, há a tendência de os menores espaçamentos entre linhas conduzirem a maiores rendimentos na cultura do feijão. Também, de acordo com Vieira (1983), esses intervalos não são recomendados porque dificultam os tratos culturais e exigem maiores gastos de sementes.

De fato, as recomendações atuais variam de 40 a 60 cm, tanto para o cultivo de sequeiro (Silva, 1996) como para o cultivo irrigado em terras altas

(Peloso et al., 1996), sendo ainda extrapoladas para as condições de várzeas, para as quais ainda existem poucas informações (Santos e Silveira, 1996).

Para alguns autores (Buss, 1970; Rogers, 1972), esta tendência de selecionar os espaçamentos em função da disponibilidade de máquinas agrícolas e de facilidade de manejo mecânico ou controle de problemas fitossanitários é errônea, e deverá ser revertida à medida que maior grau de tecnologia vá sendo incorporado pelos produtores. Uma vez a cultura não mais necessite de largos espaçamentos para permitir a passagem de máquinas, o feijoeiro passará a ser cultivado em espaçamentos que, numa dada condição edafoclimática, possibilite a obtenção efetiva de maiores produtividades (Rogers, 1976).

2.2 Distribuição linear de plantas

De acordo com Kranz (1989), aumentando-se o número de plantas por metro linear, os rendimentos crescem até atingir um máximo, decrescendo depois nas populações mais altas, quando é maior a tendência para acamamento. Com o acamamento, as vagens tocam o solo, deteriorando-se e predispondo as plantas a infecções, bem como propiciando a proliferação e propagação de doenças e pragas, devido ao microclima favorável (Faria, 1980). No caso de haver menor número de plantas por metro linear, ocorre maior desuniformidade na maturação, enquanto no outro extremo há maior gasto de sementes (Kranz, 1989).

No sistema de cultivo de linhas simples, como a população de plantas resulta da interação entre o espaçamento das fileiras e a distribuição linear de plantas, esses dois fatores não podem ser dissociados porque, em última análise, irão definir o arranjo espacial ou retangularidade da distribuição das plantas na área (Willey e Heath, 1969). De maneira geral, arranjos com distribuição equidistante das plantas permitem a obtenção de maiores rendimentos com o incremento da população (Rogers, 1976; Stang, Mack e Rowe, 1979).

2.3 Espaçamento entre linhas x distribuição linear de plantas

Em Viçosa-MG, Vieira e Almeida (1965) estudaram, na cv. Rico 23 (hábito II, porte ereto), os espaçamentos de 30, 40, 50 e 60 cm entre linhas e os efeitos da distribuição de uma semente a cada 10 cm, duas a cada 20 cm e três sementes a cada 30 cm. Os resultados mostraram que a produtividade de grãos aumentou com a redução do espaçamento e do número de sementes por cova, também sugerindo que arranjos mais equidistantes de plantas levam a melhores resultados.

Ainda em Minas Gerais, e com a cv. Rico 23, Vieira (1968) comparou o emprego de 10, 13, 20 e 40 sementes por metro linear, nos espaçamentos entre linhas de 40 e 50 cm, obtendo densidades que variaram de 200 mil a 1 milhão de plantas por hectare. O uso de 40 sementes por metro linear causou maior redução na densidade final de plantas e também reduziu o tamanho e o peso dos grãos. A maior produção foi obtida com 20 sementes por metro linear, que superou em 11% o tratamento com 10 sementes, apesar de requerer o dobro de sementes na semeadura. Vinte plantas por metro foi também a distribuição que proporcionou os maiores rendimentos de grãos da cv. Goiano Precoce (hábito I) nos espaçamentos de 20, 30 e 40 cm entre linhas no trabalho conduzido por Mascarenhas et al. (1966) no Estado de São Paulo. Estes resultados, bem como os de Cárdenas (1961), no México, e de Chung e Goulden (1971) na Nova Zelândia, parecem indicar que, no caso de cultivares de porte ereto, como os de hábito de crescimento I e II, maior número de plantas por metro linear leva à obtenção de maiores rendimentos de grãos.

Entretanto, condições edafoclimáticas parecem alterar este comportamento, já que na Bahia, Carvalho e Vieira (1972), trabalhando no espaçamento de 50 cm entre linhas com a cultivar Mulatinho Vagem Roxa Comum, não encontraram diferenças entre 10 e 20 plantas por metro linear na

região do município de Irecê e mesmo entre 5 e 20 plantas por metro na região do município de Tucano. Este mesmo ponto de vista é apresentado por Cárdenas (1961), para quem a densidade apropriada é determinada pela fertilidade do solo, pela disponibilidade de água durante o ciclo vegetativo e pelo hábito de crescimento da cultivar empregada.

2.4 Hábitos de crescimento

Com base no tipo de crescimento (determinado ou indeterminado) e em parâmetros como porte, número de nós na haste principal e padrão de ramificação, entre outros, o Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 1980) classificou o germoplasma de feijão em quatro tipos principais de hábitos de crescimento: Hábito I- crescimento determinado, de porte reduzido, ereto e ciclo precoce; Hábito II- crescimento indeterminado e porte ereto; Hábito III- crescimento indeterminado e porte prostrado; e Hábito IV- crescimento indeterminado e plantas volúveis. Devido às diferenças de porte e ramificação, os diferentes hábitos reagiriam diferentemente ao manejo da população de plantas.

Cultivares com hábito I, apesar das vantagens do ciclo curto e uniformidade de maturação, normalmente apresentam rendimentos menores e instáveis entre locais e épocas de cultivo. Por esta razão, os ideotipos indicados para o monocultivo pertenceriam aos hábitos II ou III, de acordo com o ambiente (CIAT, 1977 e CIAT, 1979 citados por Mariot, 1989). Em ambientes secos ou áreas com curta estação de cultivo, onde precocidade é importante, o ideal seriam plantas com hábito II, precoces e com habilidade de apresentar grandes produtividades e estabilidade de produção em altas densidades (25 plantas/m²). Para ambientes com adequado suprimento de água ou cultivo irrigado, o ideotipo seria um feijoeiro do tipo II, com floração tardia, resistente ao acamamento e alto potencial de rendimento. Finalmente, em monocultivos mais rústicos, materiais do

tipo III apresentariam produções satisfatórias e estáveis em baixas densidades de semeadura.

Procurando estabelecer, na Colômbia, os espaçamentos entre linhas mais apropriados às cultivares Diacol Calima (hábito I) e ICA - Huasano (hábito III), Agudelo, Hernández e Bastidas (1972) utilizaram os espaçamentos de 30, 40, 50 e 60 cm entre linhas e o intervalo de 10 cm entre plantas na linha, obtendo populações de 333, 250, 200 e 167 mil plantas por hectare, respectivamente. A cultivar ICA - Huasano não apresentou diferenças significativas no rendimento, enquanto na Diacol Calina houve redução significativa de produtividade com aumento do espaçamento entre linhas. Esta falta de resposta de cultivares de hábito de crescimento indeterminado em relação ao aumento da população de plantas também foi registrada por Pinchinat (1974), Crothers e Werstermann (1976) e Werstermann e Crothers (1977).

Silva (1978), estudando o comportamento das cultivares Manteigão Fosco 11 (hábito I), CNF 10 (hábito II) e Carioca (hábito III) em três densidades de semeadura (180, 260 e 340 mil plantas/ha), verificou que a produção de grãos nas cultivares com hábito I e II foi semelhante nas três densidades, enquanto a cultivar de hábito III alcançou maior produtividade da densidade intermediária. Este decréscimo no rendimento de cultivares com hábito III também havia sido observado por Lucas e Millbourn (1976) na Inglaterra, com densidade acima de 40 - 50 sementes por metro quadrado, em contraste com o comportamento de uma cultivar de hábito I, cuja relação produtividade / densidade foi assintótica.

Nienhuis e Singh (1985) também constataram que o efeito da densidade de plantas é dependente do tipo de hábito de crescimento da cultivar utilizada. Observaram que, em maiores densidades, a produtividade das cultivares de hábito I foi semelhante à das cultivares de hábito II, o que evidenciaria, segundo os autores, uma maior adaptação das primeiras ao aumento da densidade.

Constataram ainda que, nas menores densidades, a produtividade dos materiais de hábito II foi maior que a das cultivares de hábito I.

Essas diferenças, entretanto, nem sempre são significativas em todos os ambientes. Lemos, Fornasieri Filho e Pedroso (1993), em Jaboticabal-SP, verificaram que densidades populacionais de 150 a 300 mil plantas/ha não resultaram em diferenças significativas de rendimentos de grãos das cultivares Rio Negro (hábito II) e Carioca (hábito III). Da mesma forma, Almeida e Sangoi (1994) verificaram, em Lages-SC, em três safras, que o aumento da densidade de plantas de 100 até 300 mil plantas por hectare não afetou de modo marcante o rendimento de grãos das cultivares Iraí (hábito I) e BR-6 (hábito II), embora na densidade de 300 mil plantas por hectare a cultivar Carioca (hábito III) tenha apresentado rendimento reduzido.

No Estado do Paraná, Faria e Kranz (1982) conduziram oito experimentos envolvendo as cultivares Goiano Precoce (hábito I), Aroana (hábito II) e Carioca (hábito III), em espaçamentos de 30 a 80 cm entre linhas e densidades de 10, 15 e 20 plantas/m linear. As produtividades de cada cultivar não variaram significativamente em função das densidades nas fileiras, mas os autores detectaram comportamento diferencial das cultivares em relação ao espaçamento entre linhas. A cv. Goiano Precoce (tipo I) foi mais produtiva nos espaçamentos de 40 e 50 cm, que pouco diferiram de 30 e 60 cm. A cv. Aroana (II) foi superior no espaçamento de 50 cm, enquanto a Carioca (tipo III) comportou-se melhor nos intervalos de 40 e 50 cm, que foram superiores a 60 e 80 cm.

Por outro lado, ainda no Paraná, comparando as cv. Carioca (hábito III) e Catú (hábito II) no espaçamento de 50 cm entre fileiras, Kranz (1982) não observou diferenças significativas entre 10 e 15 sementes por metro e nem entre uma, duas, três ou quatro sementes por cova.

2.5 Componentes do rendimento

O conceito de componentes do rendimento foi utilizado pela primeira vez por Engledow (1925) em trigo, para designar características relacionadas com a partição de assimilados e cujo produto resultaria na produção de grãos. Em feijão tem sido utilizadas diversas expressões, geralmente envolvendo o peso do grão, o número de grãos (por vagem, por planta ou por metro quadrado), o número de vagens e número de plantas ou a área considerada (White e Izquierdo, 1991). Uma das expressões mais utilizadas é: $W = x.y.z$, em que W é o rendimento de grãos por planta, x o número de vagens por planta, y o número de grãos por vagem e z o peso médio do grão (Chagas, 1994).

Chung e Goulden (1971), trabalhando na Nova Zelândia com cultivares de hábito de crescimento determinado e indeterminado, verificaram que o aumento da população afetou diferencialmente os componentes do rendimento. O número de vagens por planta reduziu com o aumento da população de plantas, mas, da mesma forma que o número de grãos por vagem, não se correlacionou significativamente com o rendimento, demonstrando não constituírem indicadores seguros da produtividade naquelas condições. O peso de cem grãos, ao contrário, foi negativa e significativamente correlacionado com o rendimento.

Via de regra, em maiores densidades de plantio é menor o número de vagens e o rendimento de grãos por planta (Ramos e Camacho, 1969; Agudelo, Hernández e Bastidas, 1972; Edje, Ayonoadu e Mughogho, 1974 e 1975), mas é superior o rendimento por área (Cárdenas, 1961; Ramos e Camacho, 1969; Agudelo, Hernández e Bastidas, 1972; Edje, Ayonoadu e Mughogho, 1974; Edje, Mughogho e Ayonoadu, 1975; Diaz e Aguilar, 1984; Valdes, Valdes-Saez e Garcia, 1985).

Outros autores, entretanto, consideram o número de vagens por planta como o componente que maior efeito exerce sobre o rendimento final, apesar de

ser altamente influenciado pelas variações do ambiente (Agudelo, Hernández e Bastidas, 1972; Duarte e Adams, 1977; Leakey, 1972; Bennett, Adams e Burga, 1977).

Para Adams (1967) e Bennett, Adams e Burga (1977), o número de vagens por planta, por ser o primeiro componente a ser definido na fase reprodutiva do feijoeiro, é o mais afetado por condições adversas do meio, inclusive aumento da população, seguido pelo peso do grão e do número de grãos por vagem.

A competição por luz é um dos principais fatores que impedem um crescente desempenho da cultura com aumento da população de plantas (Brandes et al., 1973a; 1973b) e se estabelece com maior intensidade durante a fase reprodutiva do feijoeiro (Bennett, Adams e Burga, 1977), refletindo-se sobre os componentes do rendimento. Neste aspecto, merece atenção uma razoável capacidade de compensação existente entre os diferentes componentes do rendimento. Levantamento realizado por Fernandes (1987) e que envolveu 41 trabalhos com o feijão, constatou que em apenas 24,3% das pesquisas houve efeito de populações, quase sempre por incluírem situações extremas; na grande maioria dos trabalhos o efeito não significativo em termos de produtividade de grãos evidenciou, para o referido autor, a existência de uma possível compensação entre os componentes do rendimento.

O aumento da população pode ocasionar também um aumento da altura da inserção da primeira vagem. Este efeito foi observado por Lucas (1987), para quem este aspecto é desejável no caso de ocorrência de chuvas por ocasião da colheita, por evitar perdas e depreciação dos grãos, comuns no contato das vagens com o solo. É provável que o efeito de maior altura de planta e primeira vagem em condições de maior competição por luz, comum em altas populações,

esteja relacionado com uma menor fotodegradação de auxinas (Taiz e Zeiger, 1991).

2.6 Superfície de resposta

Em virtude do grande número de fatores que influem nos fenômenos biológicos, não é possível trabalhar com todos eles, em conjunto. Por isto, costuma-se limitar o número de fatores em estudo (Alvarez V., 1985).

A grande maioria dos modelos normalmente utilizados se referem a uma variável independente, gerando o que se denomina uma curva de resposta (Braga, 1983). Entretanto, em algumas situações, pode ser interessante o ajuste dos dados experimentais em função de duas ou mais variáveis independentes e suas respectivas interações.

Quando são empregados dois fatores, o modelo pode ser representado por um gráfico tridimensional, no qual os níveis das duas variáveis independentes são apresentados em relação ao eixo da variável dependente. A figura assim obtida é denominada “superfície de resposta” (Braga, 1983; Alvarez V., 1985).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização das áreas experimentais

O presente trabalho constou de três ensaios de campo conduzidos no ano agrícola 1996/97, nas safras das águas, seca e inverno-primavera, respectivamente, no município de Lavras-MG. Os dois primeiros foram conduzidos na Fazenda Baumília e o terceiro, no Campo Experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras. As duas áreas são próximas (3 km, em linha reta) e distam cerca de 4 km do centro da cidade.

Lavras situa-se na região Sul de Minas Gerais, a 21°14' de latitude Sul e 45° de longitude Oeste, numa altitude média de 910 m sobre o nível do mar (FAO, 1985). A precipitação e a temperatura média anual são, respectivamente, 1411 mm e 19,3° C, enquanto a umidade relativa do ar alcança a média anual de 77,7% (Brasil, 1969; FAO, 1985). As variações diárias de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação pluvial ocorridas durante a condução dos experimentos são apresentadas na Figura 1.

Os solos utilizados foram classificados originalmente como Latossolo Roxo Distrófico de textura argilosa fase cerrado. Resultados da análise química de amostras desses solos são apresentados na Tabela 1.

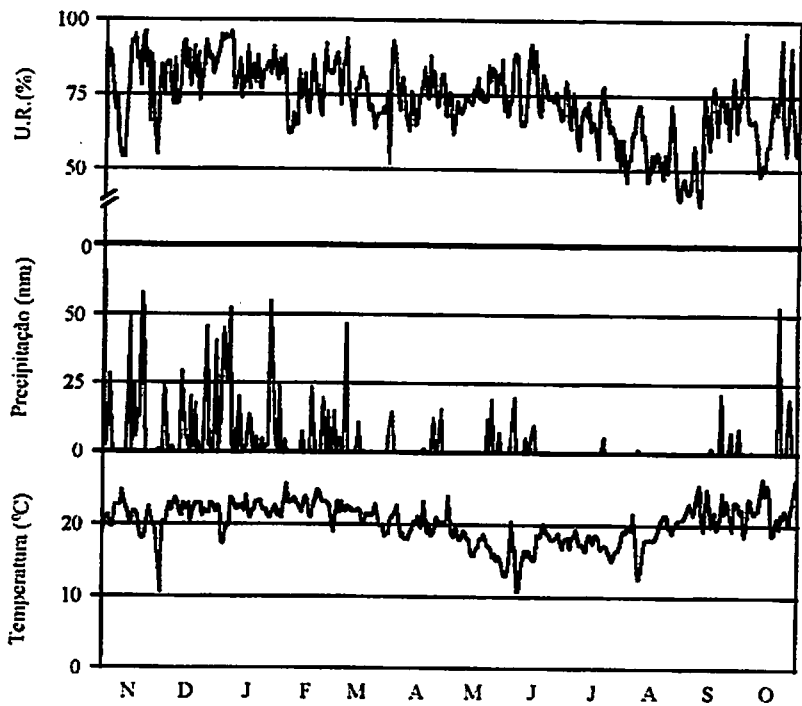


FIGURA 1. Variação diária da precipitação pluvial (mm), da umidade relativa do ar (%) e da temperatura média (°C) durante a condução dos ensaios. UFLA, Lavras-MG. 1996/97.

TABELA 1. Resultados de análises químicas de amostras dos solos utilizados nos experimentos. UFLA, Lavras-MG, 1996/97.^{1/}

Características	Valores/Interpretação	
	Fazenda Baunília ^{2/}	UFLA ^{3/}
pH em água	6,0 AcF	5,5 AcM
P (mg/dm ³)	34 A	6 B
K (mg/dm ³)	72 A	31 M
Ca (mmolc/dm ³)	38 A	26 M
Mg (mmolc/dm ³)	15 A	12 A
Al (mmolc/dm ³)	0 B	0 B
H + Al (mmolc/dm ³)	23 B	43 M
S (mmolc/dm ³)	55 A	39 M
t (mmolc/dm ³)	55 M	39 M
T (mmolc/dm ³)	78 M	84 M
V (%)	70 A	46 B

^{1/} Análises realizadas nos laboratórios do Departamento de Ciência do Solo (DCS) da UFLA e interpretação de acordo com a Comissão... (1989). AcF = acidez fraca, AcM = acidez média, A: teor alto, M = teor médio, B: teor baixo, S: soma de bases, t: CTC efetiva, T: CTC a pH 7,0 e V: Percentagem de saturação de bases da CTC a pH 7,0.

^{2/} Amostragem realizada por ocasião do preparo inicial do solo para o ensaio das águas.

^{3/} Amostragem realizada por ocasião do preparo inicial do solo para o ensaio de inverno-primavera.

3.2 Delineamento estatístico e tratamentos

O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com 3 repetições. Nas parcelas foram estudados três espaçamentos entre linhas (40, 50 e 60 cm) e, nas subparcelas, um fatorial 3x4 envolvendo três cultivares de feijão do tipo comercial carioca (Carioca, Aporé e Pérola) e quatro populações de plantas (180, 220, 260 e 300 mil plantas por hectare).

A cultivar Aporé (linhagem LR 720982, obtida no Centro Nacional de Pesquisa Arroz, Feijão - CNPAF da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA) possui grãos do tipo carioca, ou seja, bege com estrias marrons, mas apresenta halo amarelo; o hábito de crescimento é do tipo III (indeterminado prostrado), o ciclo é normal e apresenta resistência a antracnose, ferrugem, mancha-angular e mosaico-comum. A tradicional cultivar Carioca foi selecionada em lavoura comercial no Estado de São Paulo e, posteriormente, recomendada pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC); permanece na lista de recomendação desde 1980 e é considerada padrão de comercialização para o tipo de grão carioca; possui hábito III (indeterminado prostrado), ciclo normal e resistência ao mosaico-comum. A Pérola, também de grãos carioca, foi obtida no CNPAF/EMBRAPA (linhagem LR 720982 CPL 53) e recomendada a partir de 1994; possui hábito II / III (semi-ereto a prostrado), ciclo normal e resistência a ferrugem e mosaico-comum (EMBRAPA, 1997).

Para a obtenção das quatro populações desejadas (180, 220, 260 e 300 mil plantas por hectare), estimou-se a quantidade ideal de plantas por metro linear a ser utilizada em cada espaçamento, conforme a Tabela 2. Na semeadura utilizaram-se 25% de sementes a mais, realizando-se o desbaste aos 15 DAE (dias após a emergência).

TABELA 2. Número médio de plantas por metro, após o desbaste, para obtenção das populações desejadas. UFLA, Lavras-MG, 1996/97.

População desejada (mil/ha)	Espaçamento entre linhas (cm)		
	40	50	60
180	7,2	9,0	10,8
220	8,8	11,0	13,2
260	10,4	13,0	15,6
300	12,0	15,0	18,0

3.3 Detalhes das parcelas e subparcelas

As parcelas foram compostas de 12 subparcelas com 4 fileiras de 5 metros de comprimento, obtendo-se, portanto, subparcelas com 8, 10 e 12 m² de área total, respectivamente, nos espaçamentos de 40, 50 e 60 cm entre linhas. As avaliações foram realizadas nas duas fileiras centrais, obtendo-se as áreas úteis de 4, 5 e 6 m² por subparcela.

3.4 Implantação e condução dos ensaios

Nos três ensaios o preparo do solo constituiu-se de uma aração e duas gradagens. As sementeiras foram realizadas em 05/11/96, 19/02/97 e 17/07/97, respectivamente, nas safras das águas, seca e inverno-primavera.

A adubação de sementeira nos ensaios das águas e da seca foi realizada com 350 kg/ha do fertilizante formulado 04 - 30 - 16 e, no ensaio de inverno-primavera, além da calagem dois meses antes, empregou-se na sementeira 600 kg/ha da fórmula 04 - 14 - 08. Na sementeira utilizaram-se ainda 15 kg/ha do inseticida sistêmico granulado Granutox (forate), como preventivo de pragas iniciais do feijoeiro.

Em todos os ensaios, aos 20 DAE foi realizada uma adubação nitrogenada em cobertura, na base de 40 kg de N/ha, utilizando-se a uréia como fonte.

Optou-se por não efetuar o controle de doenças, visando possíveis avaliações em função dos tratamentos, o que, aliás, foi realizado na safra das águas. Com relação a pragas, nos ensaios das águas e seca ocorreram infestações por cigarrinha-verde (*Empoasca kraemeri* Ross & Moore) e vaquinha (*Diabrotica speciosa* Germar), controladas aos 15 dias após a emergência com uma aplicação do produto comercial Decis 25 CE, na dose de 300 ml/ha, através de pulverizador costal com bico tipo leque.

O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente, sendo necessárias duas capinas no ensaio das águas e apenas uma nos demais. Utilizou-se irrigação complementar no ensaio da seca, enquanto no inverno-primavera o ensaio foi conduzido sob irrigação, com turno de rega médio de 5 dias e lâminas brutas de aproximadamente 20 mm.

3.5 Características avaliadas

Avaliou-se, em cada ensaio, o rendimento de grãos e os seus componentes primários (peso médio de cem grãos, número de grãos por vagem e número de vagens por planta). Os componentes do rendimento foram determinados a partir de amostra aleatória de 10 plantas coletadas na área útil de cada subparcela; a determinação do número médio de vagens por planta foi realizada pela contagem do total de vagens das 10 plantas, determinando-se a seguir o número médio de grãos por vagem pela contagem do total de grãos. O peso de 100 grãos foi obtido a partir da pesagem de amostra aleatória de 300 grãos.

Determinou-se o rendimento de grãos pela pesagem dos grãos obtidos na área útil da subparcela, incluindo a amostra de 10 plantas. O peso obtido foi expresso em kg/ha, considerando-se as diferentes áreas, e corrigido para 13% de umidade, utilizando a expressão:

$$P = \frac{P_c (1 - U_o)}{1 - U_i} \quad (\text{Equação 1})$$

em que:

P = peso corrigido

P_c = peso de campo

U_o = umidade de campo

U_i = umidade de correção = 0,13 (13%)

No ensaio das águas, aos 55 dias após a emergência, avaliou-se a reação à antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.) Scrib.), utilizando uma escala arbitrária de 1 a 4, onde 1 significava ausência de sintomas, 2 ataque leve, 3 ataque médio e 4 ataque severo da doença.

No ensaio de inverno-primavera avaliou-se ainda o tempo para fechamento das linhas da cultura, a altura da planta (do nível do solo até a inserção da última folha, em cm) na pré-floração e o acamamento dos feijoeiros e a infestação de plantas daninhas no final do ciclo, antes da colheita.

3.6 Procedimentos estatísticos

Todos os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, empregando-se o sistema de análise SISVAR, versão 3.01. Nos casos de efeito significativo de cultivares, as médias foram comparadas através do teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Os efeitos dos espaçamentos, populações e de sua interação foram estudados, respectivamente, com base nos seguintes modelos:

$$\hat{y}_1 = B_0 + B_1E + B_2E^2 \quad (\text{Equação 2})$$

$$\hat{y}_2 = b_0 + b_1P + b_2P^2 + b_3P^3 \quad (\text{Equação 3})$$

$$\hat{y}_3 = \beta_0 + \beta_1E + \beta_2P + \beta_3EP + \beta_4E^{0.5}P + \beta_5EP^{0.5} + \beta_6(EP)^{0.5} + \beta_7EP^2 + \beta_8E^2P + \beta_9E^2P^2 \quad (\text{Equação 4})$$

em que \hat{y}_i corresponde à característica em estudo, E e P aos espaçamentos e populações, respectivamente, em B_n , b_n e β_n aos coeficientes de regressão. Para o ajuste dos modelos de resposta foi utilizado o procedimento PROGREG¹ do SAS (Statistical Analysis System), Versão 6.10 para Windows, sendo os coeficientes de regressão testados pelo teste t, ao nível de 5% de probabilidade.

¹FERREIRA, D.F. SISVAR. Sistema de Análise de Variância por Dados Balanceados. Versão 3.02. 1998. Softer não Publicado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ensaio das águas 1996/97

4.1.1 Rendimento de grãos e seus componentes

Um resumo da análise de variância dos dados obtidos nesta safra é apresentado na Tabela 3. Inicialmente deve ser observado que, a julgar pelos valores do coeficiente de variação (C.V. %), foi boa a precisão experimental com que foram estimadas as variáveis estudadas, mostrando-se compatível com a que se tem obtido normalmente na região (Abreu et al., 1994), exceto no que diz respeito à produção de grãos, cujo CV relativo à parcela mostrou-se elevado. De acordo com Gomes (1990), entretanto, esta menor precisão na avaliação dos tratamentos estudados na parcela é comum e constitui uma das desvantagens do esquema experimental de parcelas subdivididas, o qual, no presente estudo, foi de fundamental importância para facilitar a instalação dos ensaios no campo.

Observa-se ainda na Tabela 3 que o número de grãos por vagem foi a única característica que não se mostrou influenciada pelas fontes de variação. O número de vagens por planta foi significativamente afetado pelas cultivares e populações de plantas, enquanto o peso de cem grãos e o rendimento de grãos mostraram-se significativamente influenciados pela interação tripla dos fatores espaçamento, cultivar e população de plantas (Tabela 3).

Na Tabela 4 são apresentados os valores médios das características avaliadas em função dos espaçamentos, cultivares e populações de plantas. Em primeiro lugar, deve ser verificado que os valores do número de grãos por vagem apresentaram pequena variação, confirmando a hipótese de que se trata de um

TABELA 3. Resumo da análise da variância (quadrados médios) dos dados relativos ao ensaio das águas. UFLA, Lavras - MG, 1996/97.

Fontes de variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios			
		Rendimento de Grãos	Vagens por Planta	Grãos por Vagem	Peso Cem Grãos
Bloco	2	3 359 431,28	40,20	0,44	4,98
Espaçamento (E)	2	1 217 497,45	10,86	0,01	14,48**
Resíduo (a)	4	234 872,06	3,88	0,14	0,09
Cultivar (C)	2	3 768 868,50**	31,16**	0,05	73,80**
População (P)	3	21 612,52	38,62**	0,25	5,36**
E x C	4	42 795,87*	2,19	0,07	6,36**
E x P	6	34 602,60	3,72	0,11	4,60**
C x P	6	88 928,02**	1,19	0,06	3,66**
E x C x P	12	31 353,12*	3,19	0,08	3,83**
Resíduo (b)	66	17 036,82	3,85	0,13	0,49
C.V. (a) %		30,58	23,71	6,55	1,58
C.V. (b) %		8,23	23,61	6,34	3,69

* Significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

componente do rendimento menos afetado pelo ambiente (Chung e Goulden, 1971; Diniz, 1995) e indicando que, nesse ensaio, as cultivares exibiram equivalentes números de grãos por vagem.

O comportamento das cultivares com relação ao número de vagens por planta (Tabela 4), por outro lado, foi distinto, mostrando que a cv. Aporé (9,4 vagens por planta) sobressaiu em relação a esta característica, superando as cultivares Carioca e Pérola (7,7 e 7,8 vagens por planta, respectivamente). O número de vagens por planta, inúmeras vezes mencionado como o componente de maior efeito sobre o rendimento de grãos (Agudelo, Hernandez e Bastidas, 1972; Duarte e Adams, 1977; Leakey, 1972; Santa Cecília, Ramalho e Silva, 1974; Bennett, Adams e Burga, 1977), foi responsável pela superioridade da cv. Aporé também em termos de produtividade (Tabela 4).

TABELA 4. Valores médios do rendimento de grãos, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso médio de cem grãos de feijão em função de espaçamento, cultivares e populações de plantas. UFLA, Lavras - MG, águas, 1996/97.

Tratamentos	Rendimento de Grãos (kg/ha)	Vagens por Planta (*)	Grãos por Vagem	Peso Cem Grãos (g)
Espaçamentos (cm):				
40	1794	9,1	5,7	19,70
50	1524	10,3	5,7	18,83
60	1447	7,8	5,7	18,81
Cultivares:				
Aporé	1938	9,4 a	5,7	18,76
Carioca	1302	7,7 b	5,7	17,76
Pérola	1514	7,8 b	5,6	20,56
Populações (plantas/ha):				
180 mil	1544	9,8	5,7	19,47
220 mil	1597	8,6	5,8	19,06
260 mil	1610	7,8	5,6	19,06
300 mil	1588	7,0	5,6	18,40
Médias	1585	8,3	5,7	18,99

* Médias seguidas por letras diferentes, diferem significativamente pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O aumento da população de plantas resultou em contínuo decréscimo no número final de vagens por feijoeiro (Tabela 4), resultando em uma relação linear entre as duas variáveis (Figura 2), com bom ajuste dos dados ($R^2 = 98,84\%$). Segundo Adams (1967) e Bennett, Adams e Burga (1977), o número de vagens por planta, por ser o primeiro componente do rendimento a ser definido na fase reprodutiva do feijoeiro, é o mais afetado por condições adversas do meio. Talvez por esta razão, os resultados ora obtidos concordem com diversos outros trabalhos nos quais o número de vagens por planta foi menor em presença de maiores populações de plantas (Ramos e Camacho, 1969; Agudelo, Hernández e Bastidas, 1972; Edje, Ayonoadu e Mughogho, 1974 e Edje, Mughogho e Ayonoadu, 1975). Estes resultados também podem

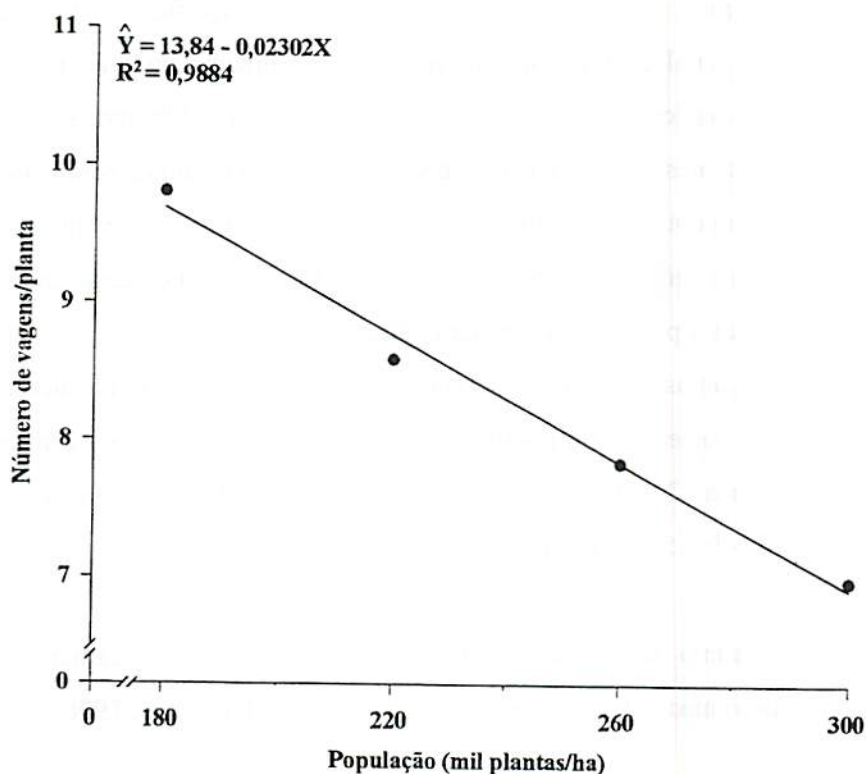


FIGURA 2. Equação de regressão entre número de vagens por feijoeiro e população de plantas. UFLA, Lavras - MG, águas, 1996/97.

ser tomados como uma evidência da plasticidade freqüentemente verificada na cultura (Fernandes, 1987) e traduzida como uma certa facilidade de compensação na produção de vagens pelo feijoeiro em baixas densidades de semeadura ou quanto ocorrem falhas no estande.

Tendo em vista que o peso médio de cem grãos foi influenciado pela interação tripla dos fatores estudados (Tabela 3), e com o intuito de melhor sistematizar a interpretação dos resultados, procedeu-se ao desdobramento dos

graus de liberdade para tratamentos na análise de variância da regressão, conforme a Tabela 5. Nesta análise somente foi detectada significância no caso da cv. Carioca, na qual o efeito dos fatores sobre o tamanho do grão pode ser expresso pela superfície de resposta apresentada na Figura 3. Observa-se que, de maneira geral, valores maiores e mais estáveis para o peso médio de cem grãos na cv. Carioca foram obtidos entre os espaçamentos de 40 e 50 cm entre linhas. Este fato pode também ser confirmado pela análise da Figura 4, onde estão plotadas isoquantas obtidas a partir do modelo da Figura 3.

As isoquantas da Figura 4 permitem ainda inferir que, nas condições do presente ensaio, somente seria possível produzir grãos da cv. Carioca com peso igual ou superior a 22 g/100 grãos com populações de até 260 mil plantas/ha, no espaçamento de 40 a 50 cm entre linhas.

TABELA 5. Resumo da análise de variância da regressão para a característica peso médio de cem grãos. UFLA, Lavras - MG, águas, 1996/97.

Fontes de Variação		Graus de Liberdade	Quadrados Médios
Tratamentos		(35)	
E x P d/ Carioca	Regressão	9	47,30**
	Desvio	2	4,03*
E x P d/ Aporé	Regressão	9	0,97
	Desvio	2	0,27
E x P d/ Pérola	Regressão	9	1,36
	Desvio	2	1,00
Resíduo		69	0,36

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

$$\hat{Y} = -7460,84 - 147,0648E + 18,4953P + 2182,4355E^{0,5} - 13,6307(E \cdot P)^{0,5} - 0,5899EP - 0,0353P^2 + 0,0012EP^2 + 0,0061E^2P - 0,000012E^2P^2$$

$$R^2 = 0,8979$$

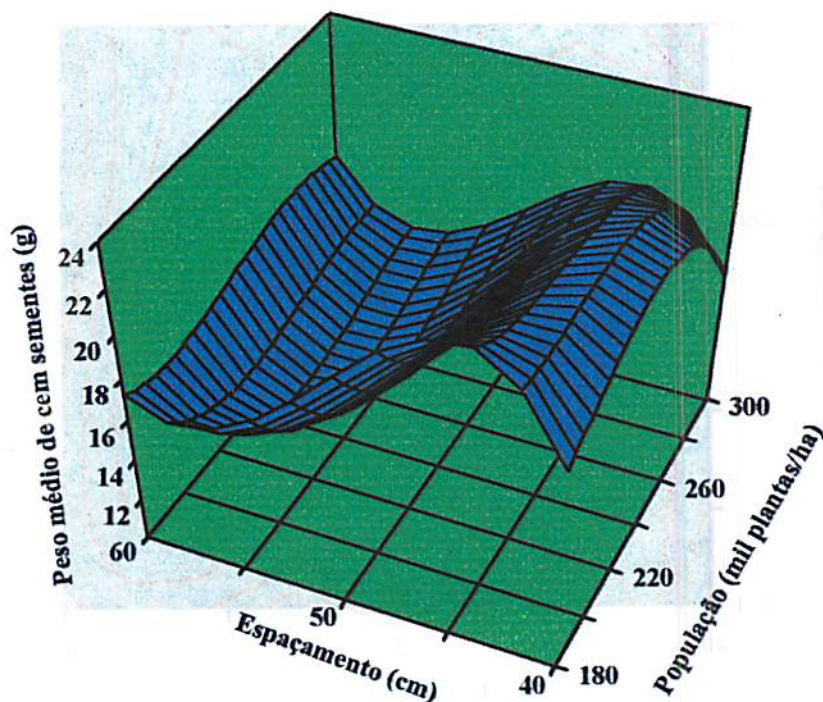


FIGURA 3. Efeito de espaçamentos entre linhas e populações de plantas sobre o peso médio de cem grãos da cv. Carioca. UFLA, Lavras - MG, águas, 1996/97.

$$\hat{Y} = -7460,84 - 147,0648E + 18,4953P + 2182,4355E^{0,5} - 13,6307(EP)^{0,5} - 0,5899EP - 0,0353P^2 + 0,0012EP^2 + 0,0061E^2P - 0,000012E^2P^2$$

$$R^2 = 0,9814$$

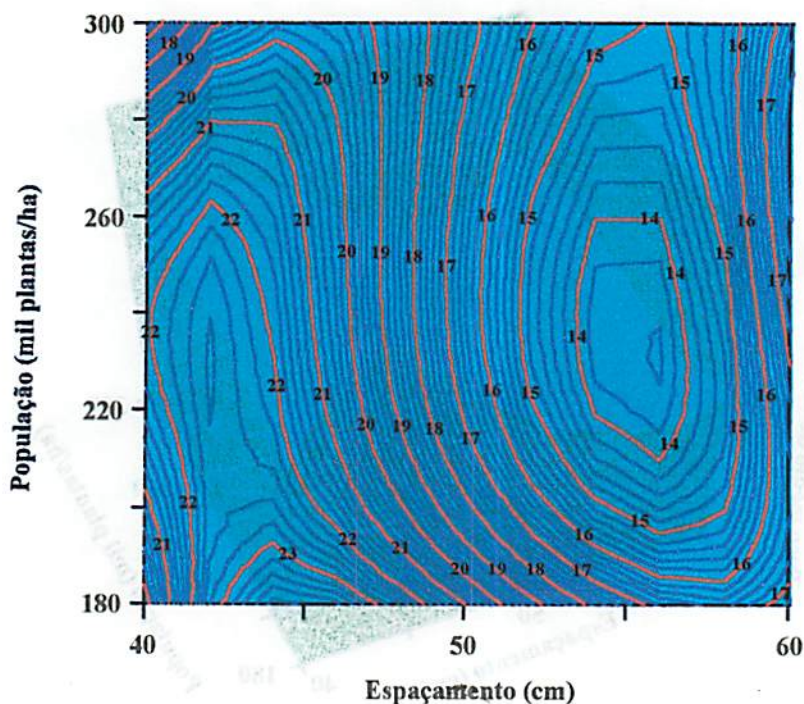


FIGURA 4. Isoquantas do modelo selecionado para expressar o efeito de espaçamentos entre linhas e populações de plantas sobre o peso médio de cem grãos da cv. Carioca. UFLA, Lavras - MG, águas, 1996/97.

No caso das cultivares Apuré e Pérola, devido a não significância na análise da Tabela 5, procedeu-se ao exame das interações duplas espaçamentos x

No caso das cultivares Aporé e Pérola, devido a não significância na análise da Tabela 5, procedeu-se ao exame das interações duplas espaçamentos x cultivares e populações x cultivares. Na Figura 5, obtida a partir da análise de regressão, observa-se que o efeito do espaçamento entre linhas, apesar de significativo na cultivar Pérola, foi de pequena magnitude; a cultivar Aporé apresentou peso médio de cem grãos igual a 18,69 g, sendo não afetado pelo espaçamento (Figura 5 e Tabela 6).

Os resultados do peso médio de cem grãos mostraram, portanto, que a cultivar Carioca, de hábito de crescimento do tipo III (e, portanto, de crescimento mais exuberante, principalmente no período das águas), foi a mais afetada pelos tratamentos. Maior tamanho de grãos foi obtido em espaçamento próximo de 45 cm, nas menores populações (Figuras 3 e 4). A cv. Pérola mostrou ligeira redução do tamanho de grão com aumento do espaçamento entre linhas no intervalo de 40 a 60 cm (Figura 5), mas apesar de significativa, foi de pequena magnitude; na cultivar Aporé esse efeito não foi significativo (Figura 5). As cultivares Aporé e Pérola não mostraram efeito significativo das populações de plantas, mas a Carioca mostrou decréscimo do peso médio de cem grãos com o aumento da população (Tabelas 4 e 6 e Figuras 3 e 4), possivelmente em função da maior competição intra-específica estabelecida nas maiores populações.

O rendimento médio de grãos do ensaio foi de 1.585 kg/ha (Tabela 4), superior às médias brasileiras (616 kg/ha em 1994, média das três safras, segundo Agroanalysis, 1995) e a mineira (520 kg/ha, safra das águas 1992/93, de acordo com Moura, Paiva e Resende, 1994).

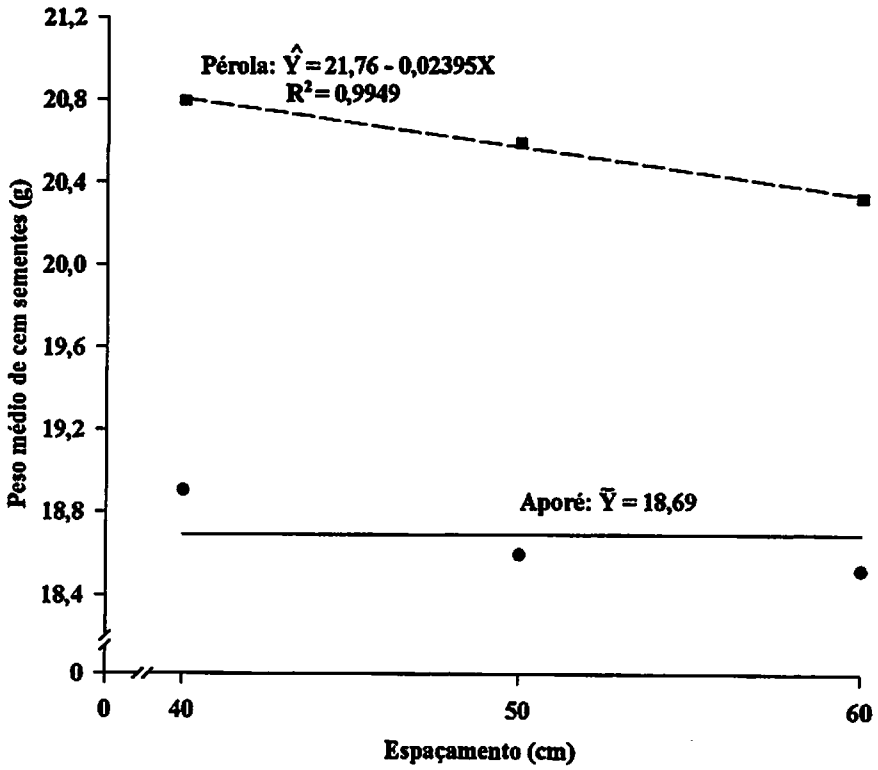


FIGURA 5. Efeito de espaçamentos entre linhas sobre o peso médio de cem grãos das cultivares Aporé e Pérola. UFLA, Lavras - MG, águas, 1996/97.

TABELA 6. Valores médios do peso de cem grãos (g) das cultivares Aporé, Carioca e Pérola, em função de espaçamentos entre linhas e populações de plantas. UFPA, Lavras - MG, águas, 1996/97.

Tratamentos	Cultivar		
	Aporé	Carioca	Pérola
Espaçamentos (cm):			
40	18,91	19,40	20,79
50	18,60	17,30	20,58
60	18,52	16,57	20,32
Populações (mil/ha):			
180	18,51	19,00	20,92
220	18,95	17,86	20,39
260	18,75	17,93	20,49
300	18,50	16,23	20,46
Médias	18,68	17,76	20,56

Da mesma forma que o peso médio de cem grãos, o rendimento médio de grãos também foi significativamente influenciado pela interação tripla dos fatores cultivares x espaçamentos x populações (Tabela 3), razão pela qual adotou-se, na análise de variância, o desdobramento apresentado na Tabela 7. Nesse caso, entretanto, a análise detectou significância no desdobramento da interação apenas nas cultivares Carioca e Aporé (Tabela 7). Com base nesta análise, o comportamento dessas duas cultivares, submetidas aos diferentes espaçamentos e populações de plantas, pode ser observado nas Figuras 6 a 9, apresentadas a seguir.

TABELA 7. Resumo da análise de variância da regressão para a característica rendimento de grãos. UFLA, Lavras - MG, águas, 1996/97.

Fontes de Variação		Graus de Liberdade	Quadrados Médios
Tratamentos		(35)	
E x P d/ Carioca	Regressão	5	379 538,30**
	Desvio	6	14 166,37
E x P d/ Aporé	Regressão	5	207 249,40**
	Desvio	6	26 466,46
E x P d/ Pérola	Regressão	5	93 649,34
	Desvio	6	23 742,50
Resíduo		5	89 648,57

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Nas Figuras 6 e 7 observa-se que houve efeito do espaçamento e da densidade sobre o rendimento de grãos da cultivar Carioca, indicando que maiores produtividades foram obtidas com espaçamento na faixa de 40 a 50 cm entre fileiras e 180 a 220 mil plantas por hectare. É conveniente lembrar que na cv. Carioca espaçamentos dessa magnitude produziram os maiores grãos. Por outro lado, o incremento da população através do aumento da densidade de semeadura conduziu a redução na produtividade, provavelmente em função da redução do número de vagens por planta, conforme Figura 2. Certamente esta grande sensibilidade ao aumento da população de plantas está relacionada à grande ramificação e exuberante crescimento vegetativo das plantas da cv. Carioca, que apresenta hábito de crescimento do tipo III (EMBRAPA, 1997).

Examinando a Figura 8, verifica-se que a cv. Aporé apresentou um comportamento diferente da 'Carioca', visto que o efeito das populações foi linear. Verifica-se ainda, pela Figura 9, que o espaçamento de 40 cm entre linhas apresentou os melhores resultados para rendimento de grãos, com incremento da população de plantas. Neste aspecto, o comportamento da cv. Aporé não diferiu da Carioca, sendo mais produtiva nas maiores populações (Figura 9).

$$\hat{Y} = 7444,01 - 244,142E + 1,7371E^2 + 5,4755P - 0,0356936P^2 + 0,201659EP$$

$$R^2 = 0,9571$$

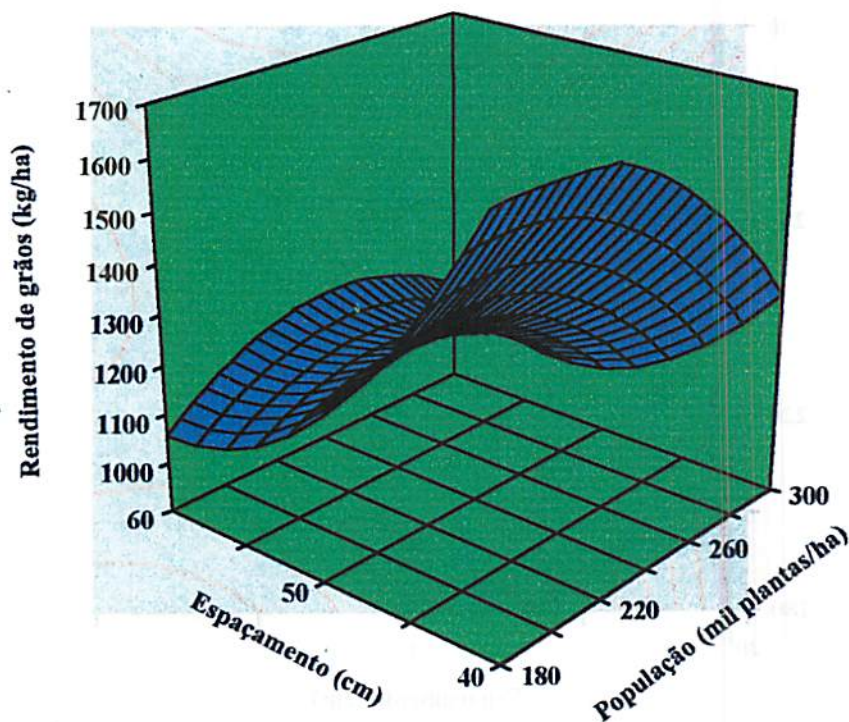


FIGURA 6. Efeitos de espaçamentos entre linhas e populações de plantas sobre o rendimento de grãos da cv. Carioca. UFLA, Lavras - MG, águas, 1996/97.

$$\hat{Y} = 7444,01 - 244,142E + 1,7371E^2 + 5,4755P - 0,0356936P^2 + 0,201659EP$$

$$R^2 = 0,9571$$

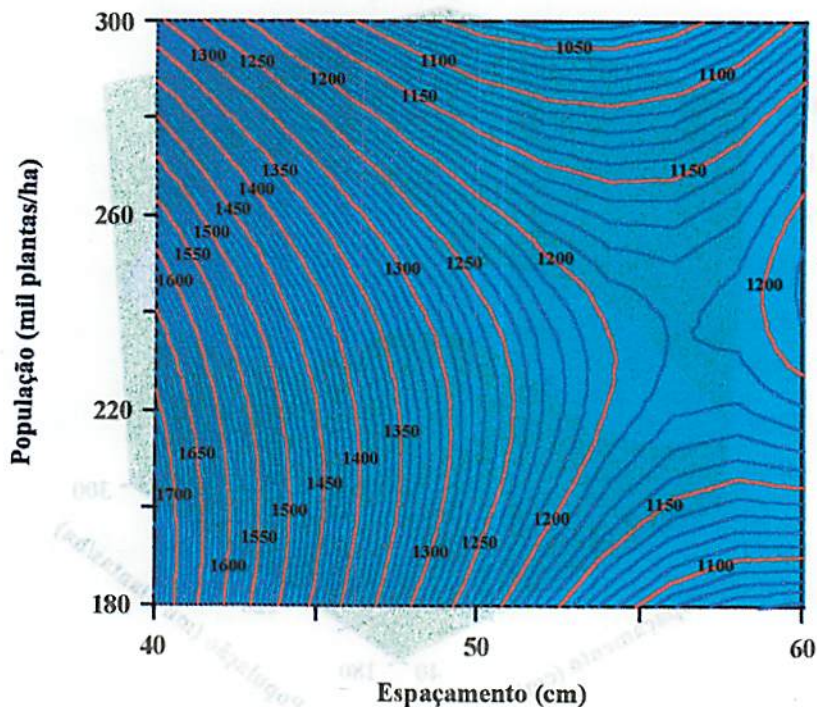


FIGURA 7. Isoquantas do modelo selecionado para expressar o efeito de espaçamentos entre linhas e populações de plantas sobre o rendimento de grãos (kg/ha) da cv. Carioca. UFLA, Lavras - MG, águas, 1996/97.

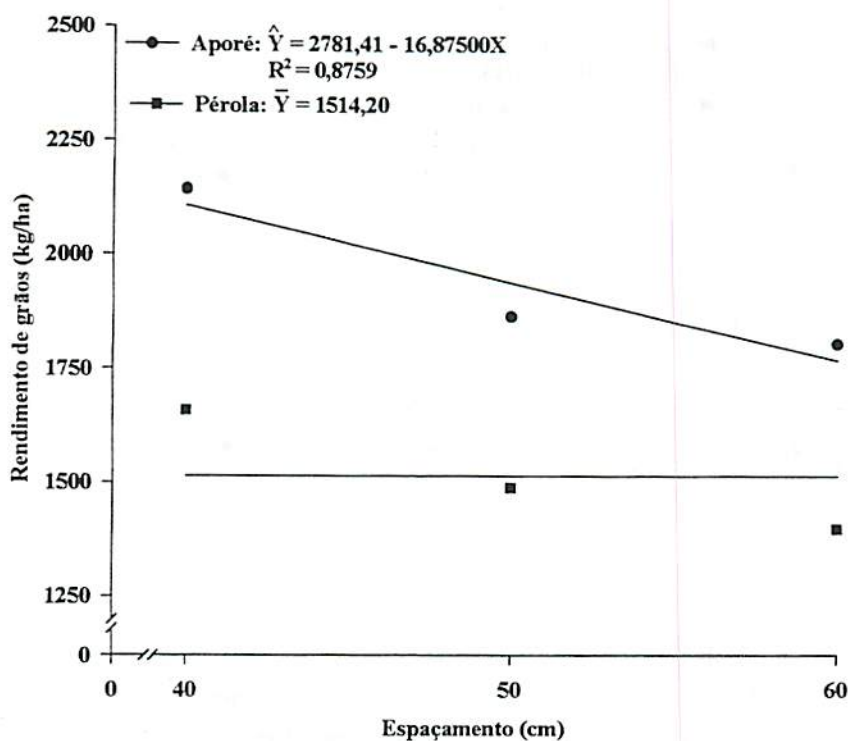


FIGURA 8. Equação de regressão entre rendimento de grãos e espaçamento entre linhas. UFLA, Lavras - MG, águas, 1996/97.

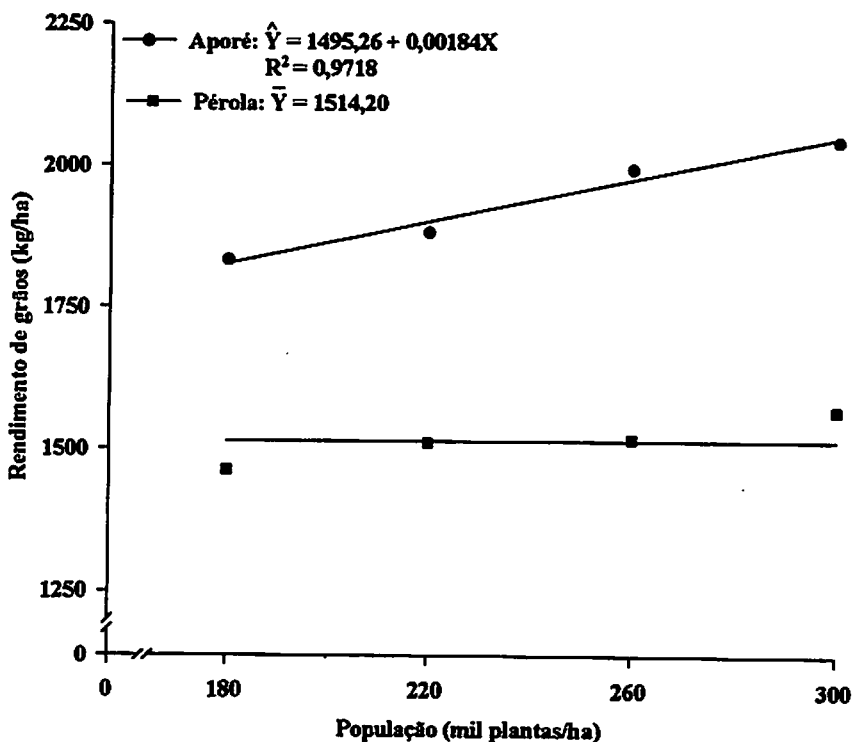


FIGURA 9. Equação de regressão entre rendimento de grãos e população de plantas. UFLA, Lavras - MG, águas, 1996/97.

No caso da cv. Pérola, devido à não significância na análise da Tabela 7, procedeu-se ao exame dos efeitos individuais dos espaçamentos e das densidades, conforme Tabelas 8 e 9. Considerando grau de significância de até 5%, verifica-se que as análises de regressão da cv. Pérola não revelaram efeito significativo dos espaçamentos e das densidades (Tabela 8). Conforme já mencionado, esta menor sensibilidade da cv. Pérola aos tratamentos (Tabela 9) pode estar

relacionada às diferenças de hábito de crescimento e porte, principalmente em relação à cv. Carioca.

TABELA 8. Resumo da análise de variância da regressão para a característica rendimento de grãos dentro da cultivar Pérola. UFLA, Lavras-MG, águas, 1996/97.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios
Espaçamento d/ cv. Pérola		
Linear	1	407 422,04
Quadrática	1	11 883,68
Resíduo	5	89 648,57
População d/ cv. Pérola		
Linear	1	46 304,27
Quadrática	1	30,25
Cúbica	1	3 200,45
Resíduo	66	17 036,82

TABELA 9. Valores do rendimento médio (kg/ha) das cultivares Aporé, Carioca e Pérola em função de espaçamentos entre linhas e populações de plantas. UFLA, Lavras-MG, águas, 1996/97.

Tratamentos	Cultivar		
	Aporé	Carioca	Pérola
Espaçamentos (cm):			
40	2 143	1 580	1 657
50	1 864	1 186	1 488
60	1 805	1 139	1 396
Populações (mil/ha):			
180	1 833	1 336	1 462
220	1 881	1 398	1 509
260	1 992	1 319	1 516
300	2 042	1 153	1 567
Médias	1 938	1 302	1 514

4.1.2 Antracnose

Pode ser visto na Tabela 10 um resumo da análise de variância dos dados relativos à severidade da antracnose nas cultivares neste ensaio. Verifica-se que ocorreu significância em todas as interações de segunda ordem (ExC, Exp e CxP) e de terceira ordem (ExCxP). Observando-se as Tabelas 11 e 12, verifica-se que a cultivar Cartoca foi praticamente a única atacada pelo fungo, confirmando a sua maior susceptibilidade ao *Colletotrichum lindemuthianum*.

As médias gerais obtidas (Tabela 11) mostraram uma tendência de maior severidade da doença em maiores espaçamentos entre linhas e maiores densidades de plantas, o que ocorreu significativamente no caso da cv. Cartoca (Tabela 12). Pelos resultados das Figuras 10 e 11 verifica-se que à medida que se aumentou a população de plantas e o espaçamento entre linhas, elevou-se a severidade da doença.

TABELA 10. Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos dados relativos à severidade de antracnose no ensaio das águas. UFLA, Lavras - MG, águas, 1996/97.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios
Bloco	2	0,03
Espaçamento (E)	2	1,86**
Resíduo (a)	4	0,06
Cultivar (C)	2	16,36**
População (P)	3	1,29**
ExC	4	1,97**
ExP	6	0,29**
CxP	6	1,05**
ExCxP	12	0,50**
Resíduo (b)	66	0,09
C.V. (a) %		16,64
C.V. (b) %		20,78

** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 11. Valores médios da severidade de antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) no ensaio das águas em função de espaçamentos entre linhas, cultivares e populações de plantas. UFLA, Lavras-MG, águas, 1996/97.

Tratamentos	Severidade de Antracnose ^{1/}
Espaçamentos:	
40	1,17
50	1,47
60	1,61
Cultivares:	
Carioca	2,19 a
Aporé	1,00 b
Pérola	1,05 b
Populações (plantas/ha):	
180 mil	1,11
220 mil	1,44
260 mil	1,48
300 mil	1,63
Média	1,42

^{1/} Escala de 1 a 4, em que 1 significa ausência de sintomas e 4, ataque severo da doença.

TABELA 12. Resumo da análise de variância da regressão para a característica severidade de antracnose. UFLA, Lavras - MG, águas, 1996/97.

Fontes de Variação		Graus de Liberdade	Quadrados Médios
Tratamentos		(35)	
E x D: d/ Carioca	Regressão	5	4,31**
	Desvio	6	1,24**
E x D: d/ Aporé	Regressão	5	0,00
	Desvio	6	0,00
E x D: d/ Pérola	Regressão	5	0,04
	Desvio	6	0,06
Resíduo		70	0,08

** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

$$Y = -21,67 + 0,4999E - 0,003332E^2 + 0,073332P - 0,000086P^2 - 0,0004166EP$$
$$R^2 = 0,7432$$

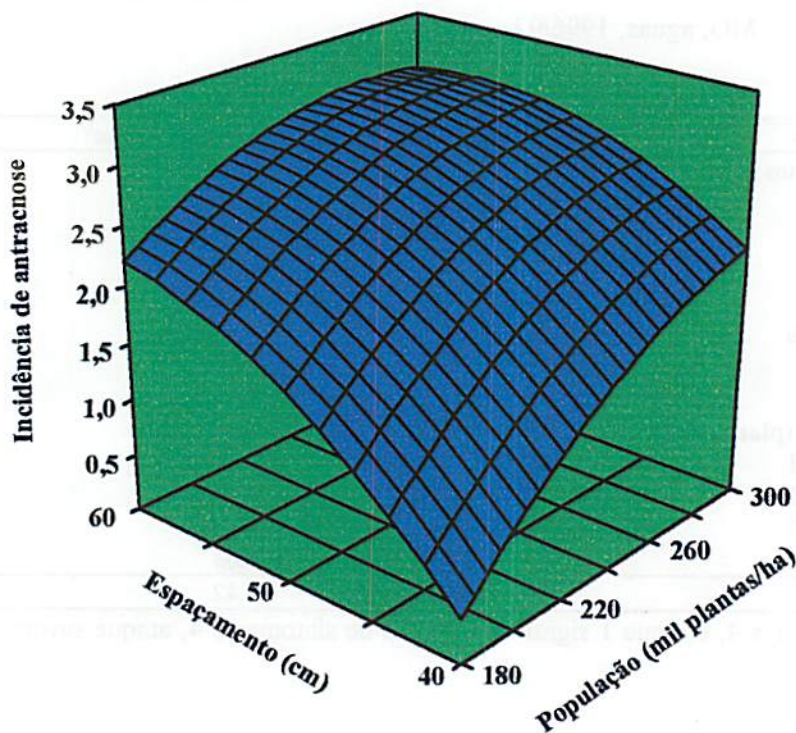


FIGURA 10. Efeito do espaçamento entre linhas e populações de plantas sobre a severidade de antracnose na cv. Carioca. UFLA, Lavras-MG, águas, 1996/97.

$$Y = 21,67 + 0,4999E - 0,00333E^2 + 0,07333P - 0,000086P^2 + 0,0004166EP$$

$$R^2 = 0,7432^{**}$$

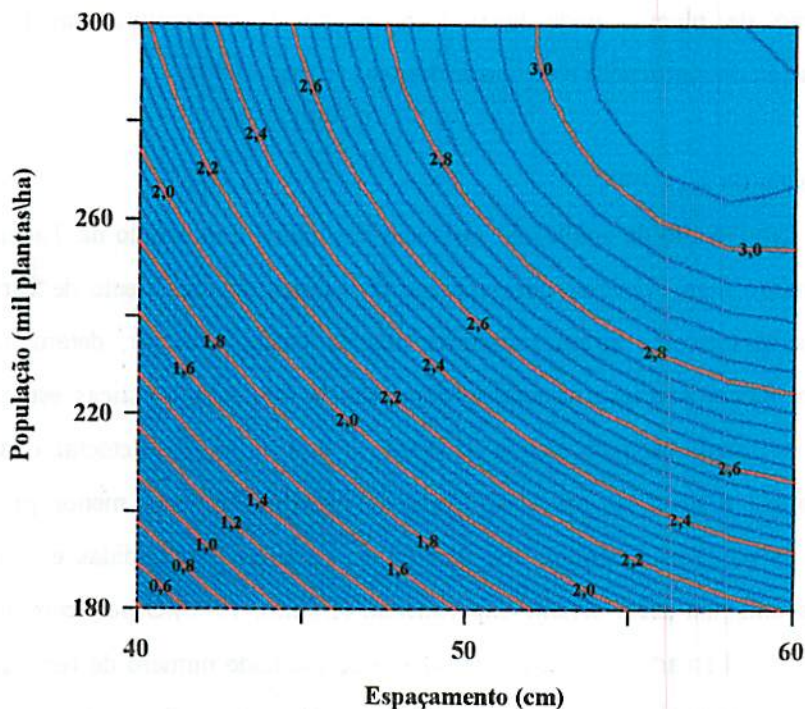


FIGURA 11. Isoquantas do modelo selecionado para expressar o efeito do espaçamento entre linhas e populações de plantas sobre a severidade de antracnose da cv. Carioca. UFLA, Lavras-MG, águas, 1996/97.

É possível que maiores espaçamentos possam permitir maior massa foliar, além de favorecer a disseminação local do inóculo pelo vento (Araya Fernandes, Dhingra e Kushalapa, 1986), principalmente durante chuvas ou irrigação, causando epidemia (Schwartz, 1991); já na linha de plantio, maior população de plantas pode levar à formação de microclima favorável à proliferação da antracnose e de outras doenças (Faria, 1980).

4.2 Ensaio da seca 1997

Um resumo da análise de variância dos dados é mostrado na Tabela 13. Em primeiro lugar, deve-se observar que os valores do coeficiente de variação relativos às parcelas foram superiores aos do ensaio anterior, determinando, portanto, menor precisão da análise de variância das características estudadas. Talvez isto explique, pelo menos em parte, o fato de não se detectar qualquer significância a nível de parcelas. Como já mencionado, esta menor precisão relativa às parcelas é comum nos ensaios em parcelas subdivididas e constitui uma desvantagem desse arranjo experimental (Gomes, 1990). O pequeno número de graus de liberdade neste esquema, aliado ao reduzido número de repetições e ao pequeno intervalo entre os espaçamentos empregados podem ter contribuído para que não se detectasse diferenças significativas.

Verifica-se ainda na Tabela 13 que houve efeito significativo de cultivares sobre todas as características estudadas, bem como das populações sobre o rendimento de grãos e sobre o número de vagens por parcela. Não foram significativos os efeitos de quaisquer interações (Tabela 13).

Da mesma forma que no ensaio anterior, o número de grãos por vagem pouco variou em função dos espaçamentos e populações (Tabela 14), confirmando resultados anteriores a respeito da menor influência ambiental sobre este componente do rendimento (Chung e Goulden, 1971; Diniz, 1995). Neste

ensaio, embora tenha sido possível detectar diferenças significativas entre cultivares no que diz respeito ao número de grãos por vagem, elas foram de pequena magnitude (Tabela 14).

TABELA 13. Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos dados relativos ao ensaio da seca. UFLA, Lavras-MG, 1997.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios			
		Rendimento de Grãos	Vagens por Planta	Grãos por Vagem	Peso Cem Grãos
Bloco	2	1 334 672,44	7,48	1,00	12,30
Espaçamento (E)	2	870 804,86	20,80	0,35	0,45
Resíduo (a)	4	2 232 541,34	26,29	0,82	4,56
Cultivar (C)	2	1 284 925,52**	37,19**	1,32**	228,83**
População (P)	3	333 212,50*	40,94**	0,46	0,10
E x C	4	97 227,88	2,01	0,31	2,27
E x P	6	169 361,03	7,09	0,05	0,79
C x P	6	96 571,14	3,78	0,15	0,85
E x C x P	12	151 590,39	5,04	0,31	1,67
Resíduo (b)	66	114 452,57	3,75	0,20	1,09
C.V. (a) %		76,65	55,71	14,61	9,46
C.V. (b) %		17,35	21,05	7,24	4,64

**Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

* Significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Na presente safra, o peso de cem grãos (Tabela 14) foi superior ao do ensaio anterior (Tabela 4), o que, de certa forma, indica que houve boa disponibilidade de água na etapa R₈ - enchimento de grãos, confirmada pela suficiente precipitação pluvial observada (Figura 1). É possível que esta boa disponibilidade de água, associada a um menor crescimento vegetativo em relação à época das águas, tenha resultado em menor competição intraespecífica, reduzindo, desta forma, a influência dos espaçamentos e populações sobre o peso do grão (Tabela 14). Por outro lado, o comportamento das cultivares em relação a esta característica foi semelhante ao do ensaio das águas, pois a cv. Pérola apresentou o maior tamanho de grãos e a cv. Carioca o menor, situando-se a 'Aporé' em posição intermediária (Tabela 14). Deve ser observado que, de

'Aporé' em posição intermediária (Tabela 14). Deve ser observado que, de acordo com esses resultados, apenas a cv. Pérola atenderia à nova tendência de exigência do mercado de feijão, quanto ao peso de grãos, o qual está em torno de 25 g/cem grãos (Ramalho, M.A.P.* - informação pessoal).

Da mesma forma que no ensaio anterior, o maior número de vagens por planta foi apresentado pela cv. Aporé, mas neste ensaio ele não diferiu do obtido com a cv. Carioca (Tabela 14), tendo ambos superado o número médio da cv. Pérola (8,0 vagens por planta).

TABELA 14. Valores médios do rendimento de grãos, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso de cem grãos do feijoeiro em função de espaçamentos, cultivares e populações de plantas. UFLA, Lavras-MG, seca, 1997.

Tratamentos	Rendimento de Grãos (kg/ha)	Vagens por Planta	Grãos por Vagem	Peso Cem Grãos (g)
Espaçamentos (cm):				
40	1901	8,4	6,1	22,70
50	2124	9,2	6,3	22,51
60	1823	9,7	6,2	22,47
Cultivares (*):				
Aporé	2078 a	10,0 a	6,4 a	22,49 b
Carioca	1732 b	9,6 a	6,2 ab	20,09 c
Pérola	2037 a	8,0 b	6,0 b	25,13 a
Populações (plantas/ha):				
180 mil	1805	10,8	6,4	22,59
220 mil	1980	9,4	6,2	22,61
260 mil	2058	8,7	6,2	22,48
300 mil	1954	7,9	6,1	22,60
Médias	1949	9,2	6,2	22,57

(*) Em cada coluna, médias seguidas por letras diferentes diferem significativamente pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

* Professor Magno Antonio Patto Ramalho, DS, Depto. de Biologia da UFLA.

A Figura 12 ilustra o efeito das populações de plantas sobre o número de vagens por feijoeiro. Observa-se, que o número de vagens por planta decresceu linearmente com o aumento de população, com bom ajuste dos dados à equação ($R^2 = 98,03\%$). A exemplo do que ocorreu no ensaio das águas, este resultado confirma diversos trabalhos anteriores (Ramos e Camacho, 1969; Agudelo, Hernández e Bastidas, 1972; Edje, Ayonoadu e Mughogho, 1974 e Edje, Mughogho e Ayonoadu, 1975), em que o aumento da densidade populacional reduziu o número de vagens por planta.

O rendimento médio de grãos do ensaio da seca foi de 1949 kg/ha (Tabela 14), superando o obtido no ensaio das águas (Tabela 4) e a média brasileira (616 kg/ha em 1994, média das três safras, segundo Agroanalysis, 1995). Esse melhor desempenho da safra da seca em relação à das águas tem sido comum em Minas Gerais (Moura, Paiva e Resende, 1994), provavelmente em função das condições climáticas adversas por ocasião da colheita do feijão das águas (Andrade, Abreu e Ramalho, 1992).

Observa-se, nas Tabelas 13 e 14, que o rendimento de grãos não foi significativamente influenciado pelo espaçamento entre linhas, nem mesmo através das interações, da forma verificada no ensaio das águas. A maior influência dos espaçamentos na semeadura de verão, com certeza está relacionada à maior exuberância das plantas, em função de umidade do solo e temperatura altamente favoráveis ao crescimento vegetativo e que resulta em maior competição intraespecífica.

Confirmando os resultados das águas, também na seca a cv. Carioca foi a menos produtiva (Tabela 14), fato que ressalta o acerto do lançamento e recomendação das cultivares Aporé e Pérola como novas opções de plantio de feijão tipo carioca. Observa-se ainda na Tabela 14 que, aparentemente, o peso de cem grãos contribuiu decisivamente para a definição dos rendimentos, pois a cv.

Carioca teve o menor peso de grãos, enquanto a Pérola, apesar do baixo número de vagens, apresentou alto rendimento em função do maior tamanho de grãos.

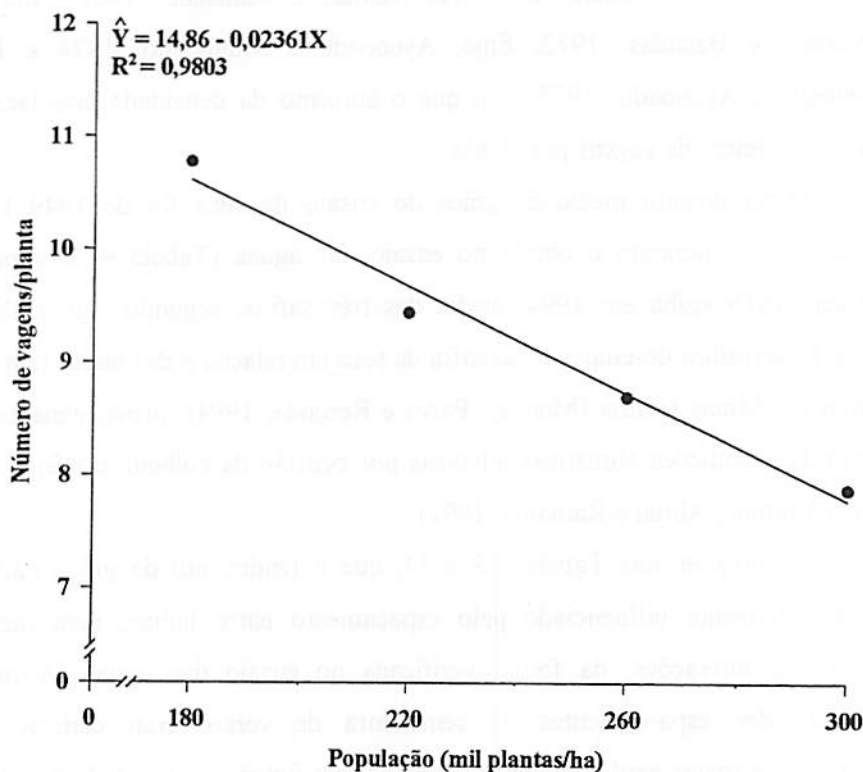


FIGURA 12. Equação de regressão entre o número de vagens por feijoeiro e população de plantas. UFLA, Lavras-MG, seca, 1997.

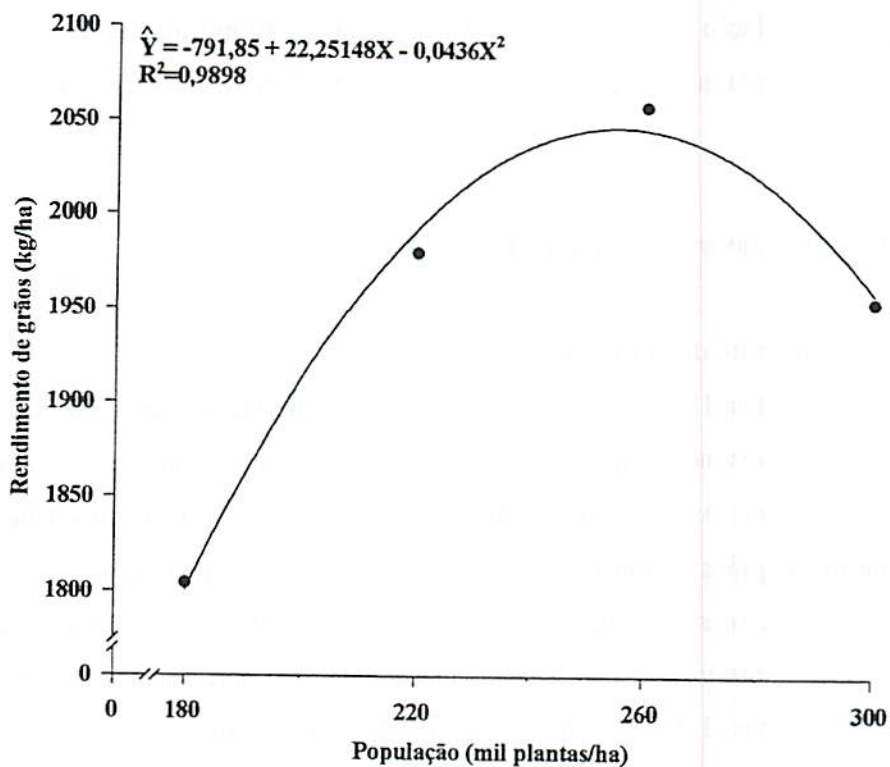


FIGURA 13. Equação de regressão entre o rendimento de grãos e população de plantas. UFLA, Lavras-MG, seca, 1997.

Nesta safra, o efeito das populações de plantas sobre o rendimento de grãos foi independente de cultivares e espaçamentos e pode ser observado na Figura 13, onde se verifica que houve uma relação quadrática entre as variáveis,

com bom ajuste da equação selecionada ($R^2 = 98,98\%$). De acordo com esta equação, a produtividade máxima foi estimada com uma população aproximada de 255 mil plantas/ha, o que significaria, no espaçamento de 50 cm entre linhas, 12,75 plantas viáveis por metro linear. Este resultado aproxima-se bastante da atual recomendação para o estado de Minas Gerais, 240 mil plantas/ha, ou 12 plantas por metro, no espaçamento de 50 cm entre fileiras (Andrade e Ramalho, 1995).

4.3 Ensaio de inverno-primavera 1997

4.3.1 Rendimento de grãos e seus componentes

Na Tabela 15 é apresentado um resumo da análise de variância dos dados desta safra. Novamente deve ser observado que os coeficientes de variação (CV %) relativos às parcelas mostraram-se elevados para as características rendimento de grãos e número de vagens por planta, sendo pertinente, também nesse caso, a discussão apresentada nos dois ensaios anteriores, a respeito do esquema experimental de parcelas subdivididas, que pode apresentar esse tipo de problema (Gomes, 1990). Os demais valores do C.V. mostraram-se dentro dos valores normalmente obtidos na região com o feijoeiro (Abreu et al., 1994).

Verifica-se ainda na Tabela 15 que, à semelhança do ensaio anterior, não houve efeito significativo dos espaçamentos sobre as características avaliadas e que esta não significância não pode ser creditada exclusivamente ao erro experimental relativo às parcelas, pois ele foi de pequena magnitude nos casos do número de semente por vagem e do peso de cem sementes. É provável que nas safras da seca e do inverno-primavera, devido às condições edafoclimáticas prevalescentes, as plantas tenham tido um menor crescimento vegetativo, com redução da competição entre plantas situadas em linhas contíguas, em relação à

TABELA 15. Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos dados relativos ao ensaio de inverno-primavera. UFLA, Lavras-MG, 1997.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios			
		Rendimento de Grãos	Vagens por Planta	Grãos por Vagem	Peso Cem Grãos
Bloco	2	1 885 778,69	13,11	0,61	17,51
Espaçamento (E)	2	5 345 351,19	34,95	0,82	2,13
Resíduo (a)	4	977 254,88	17,79	0,27	0,30
Cultivar (C)	2	922 789,19**	2,90	0,31	218,13**
População (P)	3	101 037,87	24,89**	0,46	0,82
E x C	4	62 914,88	1,00	0,61	3,32
E x P	6	57 909,99	1,96	0,31	1,16
C x P	6	90 622,47	2,04	0,09	0,34
E x C x P	12	54 641,20	3,77	0,19	1,41
Resíduo (b)	66	61 394,36	2,91	0,29	1,62
C.V. (a) %		70,09	71,17	9,25	2,60
C.V. (b) %		17,57	28,77	9,68	6,00

** Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

safras das águas, onde o espaçamento entre linhas parece ter afetado as características estudadas, pelo menos através de interações (Tabela 3).

Os efeitos significativos nesta safra resumiram-se, portanto, ao efeito de cultivares sobre o rendimento de grãos e peso de cem grãos e ao efeito das populações sobre o número de vagens por planta (Tabela 15). Os valores médios obtidos são mostrados na Tabela 16.

Da mesma forma que nos ensaios anteriores, o número de grãos por vagem mostrou-se menos variável que os demais componentes do rendimento (Tabela 16), confirmando a hipótese de que se trata de característica pouco influenciada pelo ambiente (Chung e Goulden, 1971; Diniz, 1995). No presente ensaio as cultivares também não diferiram quanto a este componente do rendimento (Tabela 16).

TABELA 16. Valores médios do rendimento de grãos, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso de cem grãos do feijoeiro em função de espaçamentos, cultivares e populações de plantas. UFLA, Lavras-MG, inverno-primavera, 1997.

Tratamentos	Rendimento de Grãos (kg/ha)	Vagens por Planta	Grãos por Vagem	Peso Cem Grãos (g)
Espaçamentos (cm)				
40	1 851	6,9	5,7	21,15
50	1 241	5,8	5,6	20,96
60	1 138	5,0	7,0	21,45
Cultivares (*)				
Aporé	1 536 a	5,6	6,0	21,51 b
Carioca	1 230 c	5,9	7,3	18,58 c
Pérola	1 464 b	6,2	5,5	23,48 a
Populações (plantas/ha)				
180 mil	1 446	7,3	7,9	20,85
220 mil	1 319	6,0	5,6	21,44
260 mil	1 440	5,3	5,6	20,99
300 mil	1 437	5,2	5,4	20,91
Médias	1 410	5,9	6,1	21,19

* Em cada coluna, médias seguidas por letras diferentes diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O peso de cem grãos não se mostrou afetado, nesta safra, pelos espaçamentos e populações, mas, à semelhança dos demais ensaios, variou com as cultivares (Tabelas 15 e 16). Coerentemente com os ensaios anteriores, a cv. Pérola apresentou maior peso médio dos grãos, justificando sua maior preferência atualmente no mercado, que busca peso de cem grãos próximo de 25 g, como já discutido; a cv. Carioca, dentre as três estudadas, foi a de menor tamanho de grão (Tabela 16).

O número de vagens por planta não foi significativamente influenciado pelos espaçamentos e as cultivares tiveram igual comportamento quanto a este componente do rendimento (Tabela 16). À semelhança do ensaio de seca, a não influência dos espaçamentos sobre as características avaliadas pode ser creditada

ao crescimento vegetativo menos exuberante em relação às 'águas', diminuindo a competição entre plantas de fileiras contíguas. É provável também que em condições mais extremas, ou seja, na presença de espaçamentos mais distintos que os empregados (40, 50 e 60 cm), as diferenças seriam significativas também naquelas épocas.

Em relação às populações, entretanto, o comportamento do número de vagens por planta foi diferenciado e marcado por uma relação linear, conforme pode ser observado na Figura 14, com o número de vagens reduzindo-se à medida que a população de plantas foi aumentada. Note-se que esta relação linear também havia sido obtida nas safras das águas (Figura 2) e da seca (Figura 12).

O rendimento médio de grãos neste ensaio (1 410 kg/ha), contrariando a expectativa, foi o menor observado no estudo (Tabela 16). No estado de Minas Gerais, o rendimento médio obtido nesta safra tem sido superior a 1 700 kg/ha (Moura, Paiva e Resende, 1994). Como causas dessa baixa produtividade pode ser apontada a menor fertilidade do solo empregado nesta safra (Tabela 1) e um manejo deficiente da irrigação durante pelo menos duas semanas na etapa de enchimento do grão (R_s), devido a defeito na rede elétrica utilizada para o sistema de irrigação.

Da mesma forma que nos ensaios anteriores, a cv. Aporé foi a que apresentou maior rendimento, seguida pela Pérola e, finalmente, pela 'Carioca' (Tabela 16).

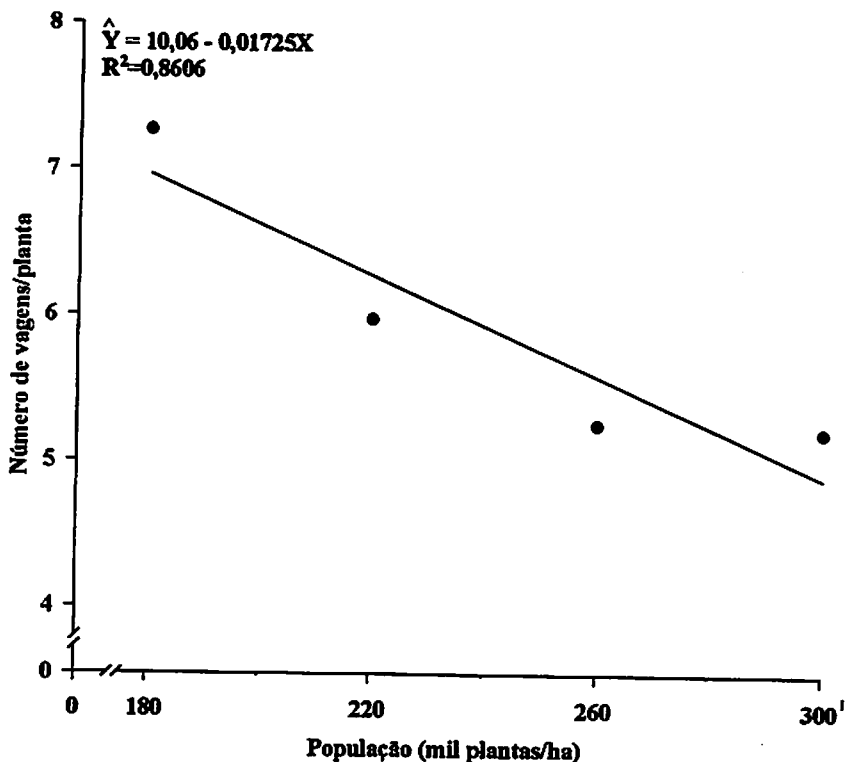


FIGURA 14. Equação de regressão entre o número de vagens por feijoeiro e população de plantas. UFLA, Lavras-MG, inverno-primavera, 1997.

4.3.2 Outras características avaliadas

Na Tabela 17 é apresentado um resumo da análise de variância dos dados relativos às demais características avaliadas neste ensaio. Verifica-se que em todos os casos houve significância de cultivares (C) e de populações (P). Os espaçamentos (E) influenciaram significativamente apenas a percentagem de acamamento, enquanto a interação E x C foi significativa para acamamento e

reinfestação de invasoras por ocasião da colheita. As demais interações de segunda ordem (ExP e CxP) somente foram significativas no caso da variável dias para o fechamento. A interação de terceira ordem não foi significativa em quaisquer dos casos (Tabela 17).

Observando-se os dados da altura de plantas, verifica-se que a cultivar Carioca diferiu das demais, apresentando uma menor altura aos 35 DAE, ou seja, as cv. Aporé e Pérola foram, em média, 3 cm mais altas que a primeira (Tabela 18). Verifica-se ainda, na Figura 15, que a altura de plantas cresceu linearmente com o aumento da população de plantas. Efeito semelhante havia sido registrado por Lucas (1987) para altura da inserção da primeira vagem e, conforme já discutido, o fato pode estar relacionado a uma menor fotodegradação de auxinas em populações mais elevadas (Taiz e Zeiger, 1991).

As cultivares diferiram também no que diz respeito ao número de dias necessários para o fechamento das linhas (Tabelas 17 e 18). A cv. Aporé apresentou, em média, fechamento mais rápido, seguida das cultivares Pérola e Carioca, mas estas diferenças foram de pequena monta, de no máximo três dias. Deve ser ressaltado, entretanto, que pelas informações da Figura 16, o efeito das populações foi dependente da cultivar, sendo que na cv. Carioca a redução do período para o completo fechamento das entrelinhas, em função do aumento da população, foi mais drástico. Na população de 180 mil plantas por hectare a cv. Carioca foi a de fechamento mais lento, levando 58 dias para o fechamento das entrelinhas, enquanto na população de 300 mil plantas/ha este período sofreu a maior redução verificada, cerca de 10 dias (Figura 16). Nas três cultivares, entretanto, como era de se esperar, o período para fechamento reduziu-se com o incremento da população (Figura 16), de maneira similar para os três espaçamentos estudados (Figura 17).

TABELA 17. Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos dados relativos a altura de planta (35 DAE), dias para o fechamento das linhas (DPF), acamamento de plantas-ACA (%) e reinfestação por invasoras-INF (%). UFLA, Lavras-MG, inverno-primavera, 1997.

Fontes de variação	G L	Quadrados Médios			
		Altura (cm) aos 35 DAE	DPF	ACA	INF
Bloco	2	1,87	0,36	1921,06	7357,17
Espaçamento (E)	2	2,69	87,44	459,25**	5147,45
Resíduo (a)	4	1,24	2,43	32,87	5433,56
Cultivar (C)	2	112,10**	57,86**	8886,34**	2400,23**
População (P)	3	115,17**	398,99**	1205,16**	580,86**
E x C	4	0,68	2,01	1351,27**	466,20**
E x P	6	0,31	4,28*	269,75	72,76
C x P	6	0,41	8,70*	256,09	50,54
E x C x P	12	0,48	1,22	307,13	84,10
Resíduo (b)	66	0,77	1,27	224,38	161,63
C.V. (a) %		3,87	3,42	17,53	190,09
C.V. (b) %		2,08	2,05	43,34	33,02

* Significativo pelo teste F ao nível de 5%.

** Significativo pelo teste F ao nível de 1%.

TABELA 18. Valores da altura de plantas - ALT (cm), dias para o fechamento das linhas- DPF, acamamento de plantas - ACA (%) e reinfestação por invasoras - INF (%). UFLA, Lavras-MG, inverno-primavera, 1997.

Tratamentos	ALT (cm)	DPF	ACA (%)	INF (%)
Espaçamentos (cm):				
40	36	50	38	32
50	36	51	33	39
60	36	53	32	45
Cultivares:				
Aporé	37 a	50 a	32 b	32 b
Carioca	34 b	53 c	51 c	48 b
Pérola	37 a	52 b	20 a	36 a
Populações (plantas/ha):				
180 mil	34	56	31	45
220 mil	35	53	29	39
260 mil	37	49	34	34
300 mil	38	47	44	35
Médias	36	51	34	39

* Médias seguidas por letras diferentes, diferem significativamente pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Com relação ao acamamento, verificou-se que a cv. Carioca foi a que mais acamou, já que, em média, 51% das plantas mostraram-se acamadas por ocasião da colheita (Tabela 18). A cv. Pérola, por outro lado, foi a mais ereta, apresentando apenas 20% de acamamento, enquanto a 'Aporé' apresentou comportamento intermediário. Essas diferenças podem, com certeza, ser explicadas pelas características ligadas ao porte e hábito de crescimento: a Carioca apresenta uma planta típica do tipo III, ou seja, com ramos longos e porte prostrado, enquanto as plantas das outras duas são do tipo II/III, com haste e ramos mais resistentes ao acamamento (EMBRAPA, 1997). É provável que estes fatores também tenham sido responsáveis pelo efeito diferenciado das cultivares em relação aos espaçamentos (Figura 18).

Como era de se esperar, o aumento da população contribuiu para maior acamamento, independentemente da cultivar utilizada (Figura 19). Este aspecto foi salientado por Kranz (1989), podendo inclusive predispor as plantas a maior infecção, proliferação e propagação de doenças e pragas (Faria, 1980).

A cultivar Carioca foi a que apresentou maior infestação por invasoras por ocasião da colheita (Tabela 18). Para isto, devem ter contribuído, entre outros fatores, o fato de ter fechado as entrelinhas ligeiramente mais tarde que as outras duas cultivares (Tabela 18) e também a menor duração de área foliar, associada a doenças foliares (EMBRAPA, 1997). Deve ser acrescentado que apesar da significância da interação E x C na análise de variância (Tabela 17), não se obteve significância na análise de regressão que visou o desdobramento daquela interação. O efeito das populações, por sua vez, pode ser observado na Figura 20, na qual, apesar pequeno ajuste dos dados ($R^2 = 66,32\%$), verifica-se que a infestação tendeu a decrescer com o aumento do número de plantas por hectare. Para Cobucci, Ferreira e Silva (1996), o aumento da densidade de semeadura,

assim como a redução do espaçamento, pode contribuir para a redução da interferência das plantas daninhas sobre a cultura do feijão.

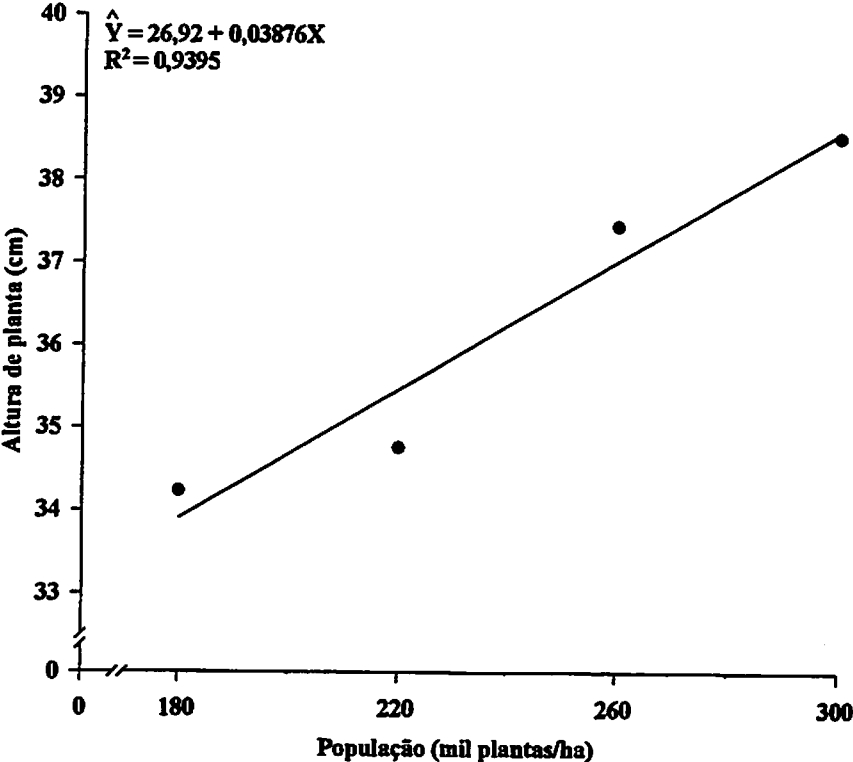


FIGURA 15. Equação de regressão entre a altura (cm) do feijoeiro aos 35 DAE e população de plantas. UFLA, Lavras-MG, inverno-primavera, 1997.

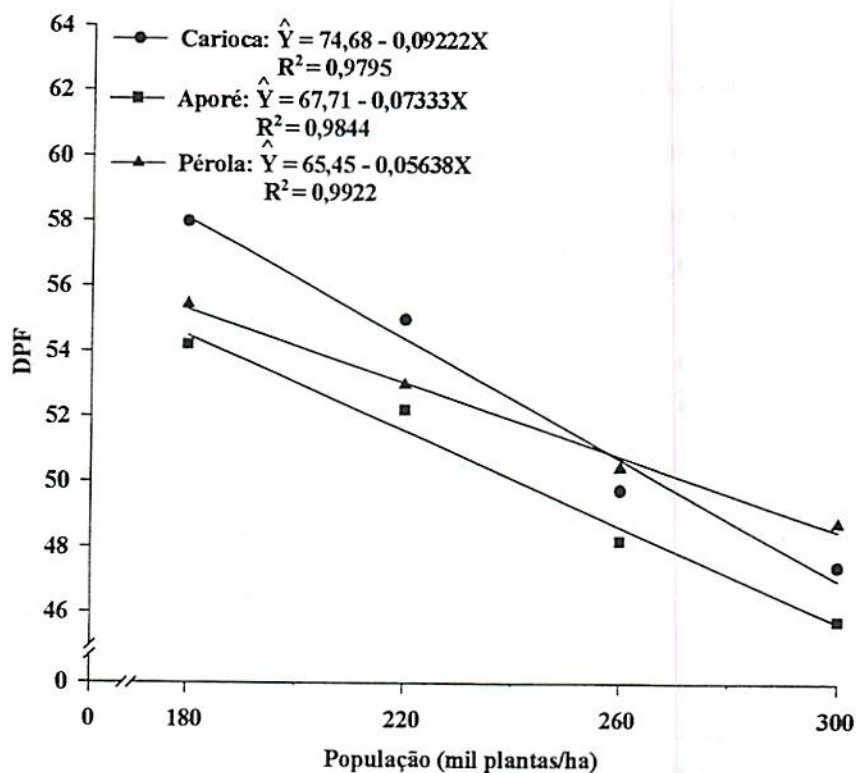


FIGURA 16. Equações de regressão entre a época de fechamento das entre linhas (DPF), em dias após a emergência, e populações de plantas em diferentes cultivares. UFLA, Lavras-MG, inverno-primavera, 1997.

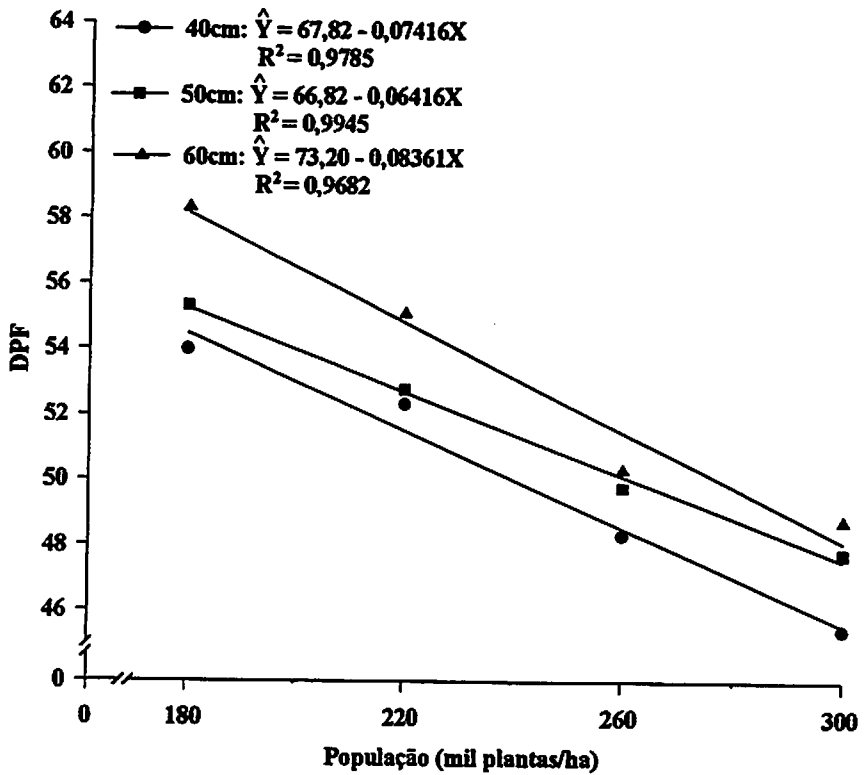


FIGURA 17. Equações de regressão entre a época de fechamento das entre linhas (DPF), em dias após a emergência, e populações de plantas em diferentes espaçamentos. UFLA, Lavras-MG, inverno-primavera, 1997.

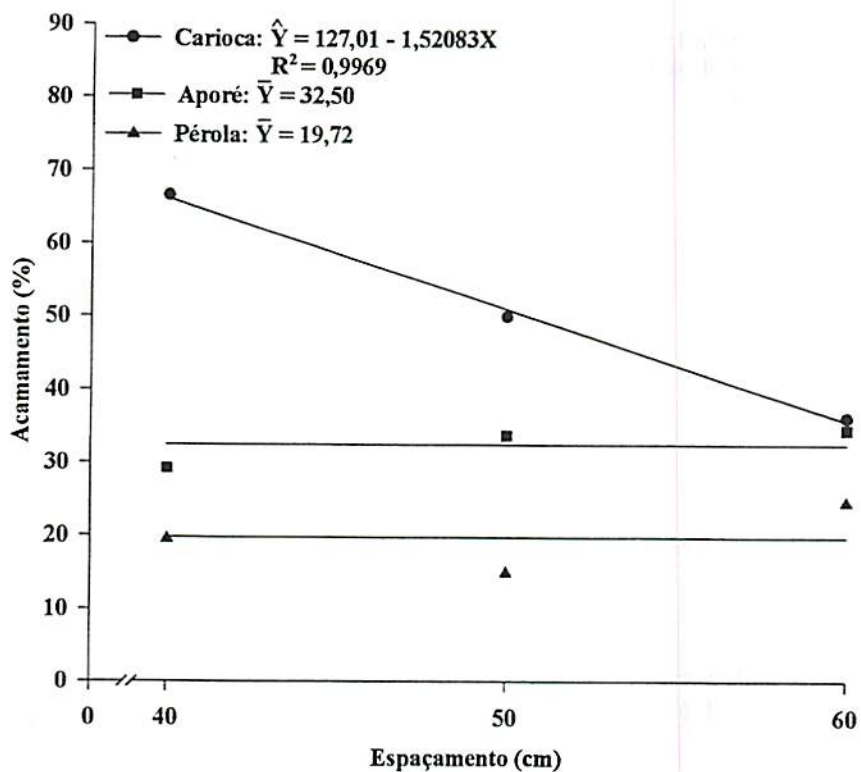


FIGURA 18. Equações de regressão entre o percentual de acamamento, por ocasião da colheita, e espaçamentos entre linhas. UFLA, Lavras-MG, inverno-primavera, 1997.

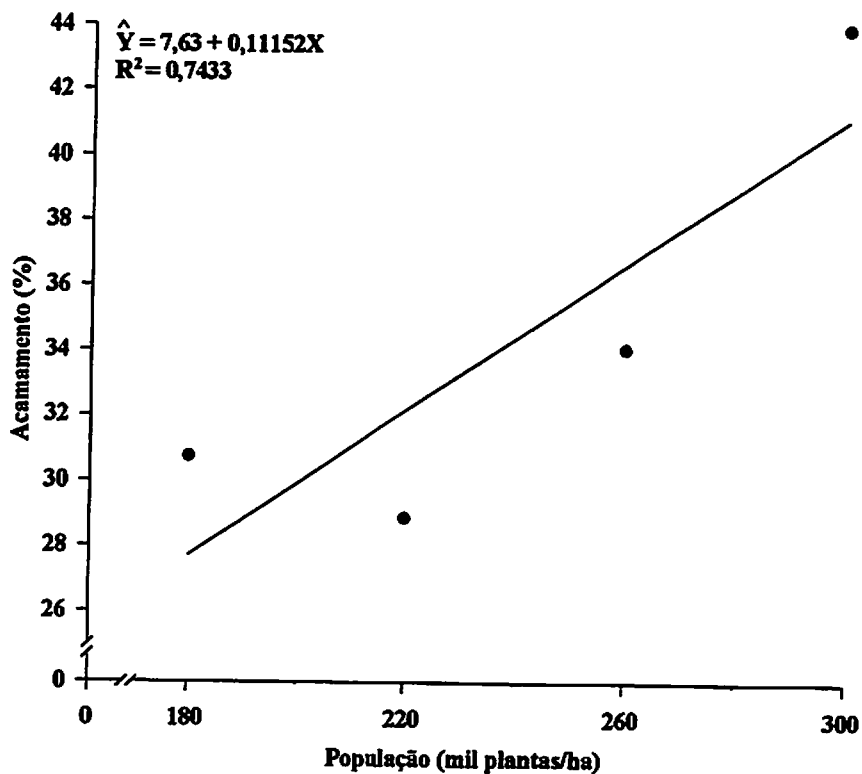


FIGURA 19. Equação de regressão entre o percentual de acamamento do feijoeiro por ocasião da colheita, e populações de plantas. UFLA, Lavras-MG, inverno-primavera, 1997.

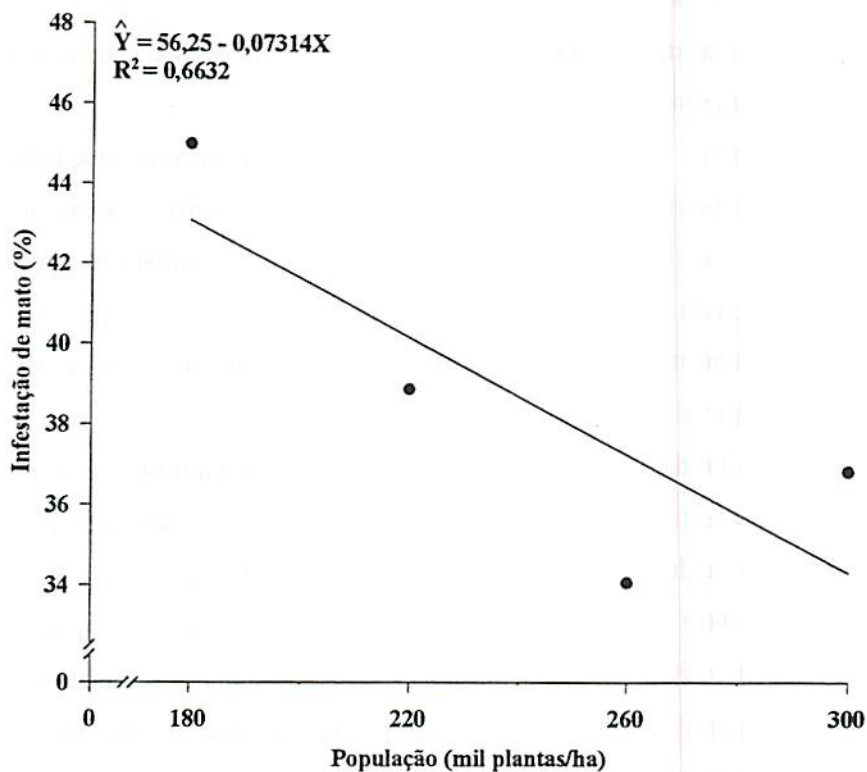


FIGURA 20. Equação de regressão entre a infestação de plantas daninhas (%) por ocasião da colheita e população de plantas. UFLA, Lavras-MG, inverno-primavera, 1997.

5 CONCLUSÕES

Nas três safras avaliadas, o rendimento de grãos da tradicional cultivar Carioca foi superado pelo das cv. Aporé (1ª colocada) e Pérola, novos materiais com grãos do mesmo tipo comercial.

Nas safras da seca e inverno-primavera, o espaçamento entre linhas não influenciou o rendimento de grãos e seus componentes primários. Nesses ensaios, o aumento da população de plantas reduziu linearmente o número de vagens por feijoeiro, chegando a afetar também, o rendimento de grãos na época da seca, quando o rendimento máximo foi obtido com aproximadamente 255 mil plantas por hectare, equivalentes a 12,75 plantas por metro.

Na safra das águas, houve influência dos espaçamentos e densidades sobre o rendimento de grãos e peso de cem sementes, mas este efeito foi dependente das cultivares, provavelmente em função das diferenças de porte e agressividade entre elas. Embora, de uma maneira geral, menores espaçamentos (40 a 50 cm) tenham levado a melhores resultados, a cv. Carioca foi mais produtiva em populações de 180 a 220 mil plantas/ha, enquanto nas cv. Aporé e Pérola os rendimentos foram crescentes com o aumento da população de plantas.

A cv. Carioca foi a única a apresentar sintomas de antracnose, doença que ocorreu na safra das águas. Nesta cultivar, a severidade da doença foi crescente com o aumento da população e do espaçamento entre linhas.

Em relação às demais cultivares, a Carioca apresentou menor altura de plantas e levou mais tempo para promover o completo fechamento das entrelinhas, resultando em maior acamamento da cultura e maior infestação de invasoras por ocasião da colheita.

O aumento da população de plantas promoveu maior altura dos feijoeiros, maior percentagem de acamamento, menor infestação por invasoras na colheita e maior rapidez no fechamento das entrelinhas. Na cultivar Carioca, o aumento do espaçamento reduziu a percentagem de acamamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A.F.B.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; MARTINS, L.A. Progresso do melhoramento genético do feijoeiro nas décadas de setenta e oitenta nas regiões Sul e Alto Paranaíba em Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.23, n.1, p.105-112, jan. 1994.
- ADAMS, M.W. Basis of yield component compensation in crop plants with special reference to the field bean, *Phaseolus vulgaris* L. *Crop Science*, Madison, n.7, p.505-510, 1967.
- AGROANALYSIS. Rio de Janeiro: FGV, v.15, n.4, 1995.
- AGUDELO, D.O.; HERNÁNDEZ, L.A.; BASTIDAS, R.G. Efecto de la densidad de poblacion en el rendimiento y otros caracteristicos agronomicos del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de crecimiento voluble y arbustivo. *Acta Agronomica*, Palmira, v.22, n.39-50, 1972.
- ALMEIDA, L.D.; BULISANI, E.A.; MIYASAKA, S.; SORDI, G.; ALOISI SOBRINHO, J.; ALVES, S. Efeito da incorporação de massa vegetal, da adubação e do espaçamento na produção do feijoeiro, *Bragantia*, Campinas, v.34, n.1, p.43-47, 1975.
- ALMEIDA, M.L.; SANGOI, L. Manejo de cultivares de feijão de diferentes hábitos de crescimento no Planalto Catarinense. I - Rendimento de grãos. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.24, n.3, p.513-517, 1994.
- ALVAREZ V., V. H. Avaliação da fertilidade do solo: superfícies de resposta - modelos aproximativos para expressar a relação fator-resposta. Viçosa: UFV, 1985. n.228, 75p.
- ANDRADE, M.J.B.; ABREU, A.F.B.; RAMALHO, M.A.P. **Recomendações para a cultura do feijoeiro em Minas Gerais**. Lavras: ESAL, 1992. 12p. (Circular, 6).

- ANDRADE, M.J.B.; RAMALHO, M.A.P. Cultura do feijoeiro. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Curso de atualização técnica dos engenheiros agrônomos do Banco do Brasil, módulo sudeste. Sete Lagoas, 1995. 97p. (Mimeografado).
- ARAYA FERNANDEZ, C.M.; DHINGRA, O.D.; KUSHALAPPA, A.C. Influence of primary inoculum on bean anthracnose prevalence. *Seed Science e Technology*, Heredia, v.14, n.1, p.435-45. 1986.
- BARBOSA, E.H.O.; SANTOS E.S.; CALDAS, R.C.; MACHADO, R.C.R. Efeito do tamanho de semente e espaçamento sobre duas cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Salvador: EMBRAPA. 1975. 9p. (Comunicado Técnico).
- BENNETT, J.P.; ADAMS, M.W.; BURGA, C. Pod yield component variation and intercorrelation in *Phaseolus vulgaris* L. on affected by planting density. *Crop Science*, Madison, v.17, n.73-75, 1977.
- BRAGA, J.M.; Avaliação da fertilidade do solo: ensaios de campo. Viçosa: UFV, 1983. n.156, 101p.
- BRANDES, D.; MAESTER, M.; VIEIRA, C.; GOMES, F.R. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). II - Análise de crescimento. *Experientiae*, Viçosa, v.15, n.1, p.1-21, jan. 1973a.
- BRANDES, D.; MAESTER, M.; VIEIRA, C.; GOMES, F.R. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). III - Interceptação de luz e eficiência de conversão de energia solar. *Experientiae*, Viçosa, v.15, n.1, p.23-30, jan. 1973b.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Normas climatológicas. Rio de Janeiro 1969. 99p.
- BUSS, A. Fitotecnia. In: BUSS, A.; RAMOS, M.; ARAÚJO, I.D.de; ROMAN, J.L.; PEREIRA, L.A.G. Cultura do feijão. Curitiba: IPEAME, 1970. p.8-19. (Circular, 5).
- CÁRDENAS, R.F. La densidad de siembra influye en el rendimiento del frijol. *Agricultura Técnica em México*, México, D.F., n.12, p.6-8, 1961.

- CARVALHO, B.C.A.de; MENDES, J.E.S.; SANTOS, D.L.dos. Estudos sobre intervalo e densidade de plantio do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) na zona do Nordeste, Estado da Bahia. Salvador: Secretaria da Agricultura, 1974. p.103-115. (Projeto Feijão).
- CARVALHO, B.C.L.; VIEIRA, C. Ensaio sobre espaçamento de plantio do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) nas regiões de Irecê e Tucano, Estado da Bahia. *Revista Ceres*, Viçosa, v.19, n.105, p.358-66, 1972.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Descriptive catalogue of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) germoplasm. Cali, 129 p. 1980.
- CHAGAS, J.M. Considerações sobre a cultura do feijão de inverno em Minas Gerais. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.17, n.178, p.5-8, 1994.
- CHUNG, J.H.; GOULDEN, D.S. Yield components of haricot beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown at different plant densities. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, Wellington, n.14, p.227-234, 1971.
- COBUCCI, T.; FERREIRA, F.A.; SILVA, A.A.da. Controle de plantas daninhas. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.T.; ZIMMERMANN, M.G.O. (eds.). *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: POTAFÓS, 1996. p.433-464.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais; 4a Aproximação*. Lavras, 1989. 159p.
- CROTHERS, S.F.; WESTERMANN, D.T. Plant population effects on the seed yield of *Phaseolus vulgaris* L. *Agronomy Journal*, Madison, v.38, n.6, p.68: 958-960, Nov./Dec. 1976.
- DIAZ, F.; AGUILAR, E. Efecto de la densidad de siembra en la distribución de materia seca en la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Turrialba*, Turrialba, v.34, n.1, p.63-67, 1984.
- DINIZ, A.R. Resposta da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à aplicação de nitrogênio (semeadura e cobertura) e de molibdênio foliar. Lavras: UFLA, 1995. 60p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).

- DUARTE, R.A.; ADAMS, M.W. A path coefficient analysis of some yield component interrelations in field beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Crop Science**, Madison, v.12, n.579-582, 1977.
- EDJE, O.T.; AYONOADU, U.W.U.; MUGHOGHO, L.K. Response of indeterminate beans to varying plant population. **Turrialba**, Turrialba, v.24, n.1, p.100-103, 1974.
- EDJE, O.T.; MUGHOGHO, L.K.; AYONOADU, U.W.U. Bean yield and yield components as affected by fertilizer and plant population. **Turrialba**, Costa Rica, v.25, n.1, p.79-84, 1975.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. Cultivares de feijão recomendadas para plantio no ano agrícola 1996/97. **Informativo Anual das Comissões Técnicas Regionais de Feijão**, Goiânia, n.4, 24p., 1997.
- ENGLEDOW, E.L. Investigations on yield in the Cereals II: a spacing experiment with wheat. **Journal of Agriculture Science (Camb.)**. 15: p.125-146, 1925.
- FAO. **Agroclimatological data for latin America and Caribbean**. Roma, 1985. (Coleção FAO: Produção e Proteção Vegetal. v.24).
- FARIA, R.T. Espaçamento e densidade. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cultura do feijão no estado do Paraná**. Londrina, 1980. p.25-26. (Circular Técnica, 18).
- FARIA, R.T.; KRANZ, W.M. Determinação de espaçamento e densidades adequadas para as cultivares de diferentes portes. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1, Goiânia, 1982. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA - CNPAF, 1982. p.118-119.
- FERNANDES, M.I.P.S. **Efeito da variação de estande dos experimentos com a cultura do feijoeiro**. Lavras: ESAL, 1987. 73p. (Tese - Mestrado).
- GOMES, P.F. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: ESALQ, 1990. 460p.
- KRANZ, W.M. População de plantas. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **O Feijão no Paraná**. Londrina, 1989. 303p. (Circular, 63).

- [REDACTED]
- KRANZ, W.M. Feijão. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Relatório Técnico Anual**, 1981. Londrina, 1982. p.105-121.
- LEAKEY, C.L.A. The effect of plant population and fertility level on yield and its componets in two determinate cultivars of *Phaseolus vulgaris* L. savi. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, n.79, p.259-267, 1972.
- LEMOS, L.B.; FORNASIERI FILHO, D.; PEDROSO, P.A.C. Comportamento de cultivares de feijoeiro com distintos hábitos de crescimento em diferentes populações, em semeadura de inverno. **Científica**, São Paulo, v.31, n.1, p.113-120, 1993.
- 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 - Mestrado Agronomia).
- LUCAS, E.O.; MILLBOURN, G.M. The effect of density of planting on the growth of two *Phaseolus vulgaris* varieties in England. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.87, p.89-90, 1976.
- MACK, H.J.; HATCH, D.L. Effects of plants arrangenent and population density on yield of bush snap beans. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Michigan, v.92, n.3, p.418-425, May 1968.
- MARIOT, E.J. Ecofisiologia do feijoeiro. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **O feijão no Paraná**. Londrina, 1989. 303p. (Circular, 63).
- MASCARENHAS, H.A.A.; IGUE, T; ALVES, S.; VEIGA, A.A. Espaçamento para o feijão Goiano Precoce. **Bragantia**, Campinas, v.25, n.41, p.51-53, 1966.
- MEDRADO, M.J.S.; SOBRAL, C.A.M. **Influência do espaçamento e densidade sobre feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Rosinha) em Rondônia**. Porto Velho: EMBRAPA, UEPAE de Porto Velho. 1981.
- MOURA, P.A.M.; PAIVA, B.M.; RESENDE, L.M.A. Aspectos Econômicos da cultura do Feijão. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte: EPAMIG, v.17, n.178, p.67-72, 1994.

- NIENHUIS, J.; SINGH, S.P. Effects of location e plant density on yield and architectural traits in dry beans. **Crop Science**, Madison, v.25, n.4, p.579-584, July/Aug. 1985.
- PELOSO, M.J.D.; SILVEIRA, P.M.; SILVA, C.C.; MOREIRA, J.A.A. Cultivo irrigado em terras altas. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (ed.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFÓS, 1996. p.571-588.
- PINCHINAT, A.M. Rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) según la densidad y la distribución espacial de siembra. **Turrialba**, Turrialba, v.24, n.2, p.173-175, Apr./June 1974.
- RAMOS, G.B.; CAMACHO, L.H. Competencia entre plantas y su efecto en el rendimiento y otras características del frijol "caraota" (*Phaseolus vulgaris* L.). **Acta Agronomica**, Palmira, v.19, n.2, p.69-88, 1969.
- REIS, M.S.; VIEIRA, C.; BOLSANELLO, J. Efeitos de populações de plantas sobre cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) de crescimento determinado. **Revista Ceres**, Viçosa, v.26, n.474-480, 1978.
- ROGERS, I.S. Practical considerations on the use of systematic spacing designs. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, Melbourne, v.12, n.306-309, 1972.
- ROGERS, I.S. The effect of plant density on the yield of three varieties of French beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Horticultural Science**, Maesstone, v.51n.481-488, 1976.
- SANTA CECÍLIA, F.C.; RAMALHO, M.A.P.; SILVA, C.C. Efeitos da adubação NPK na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na zona sul de Minas Gerais. **Agros**, Lavras, v.4, n.2, p.3-10, 1974.
- SANTOS, A.B.; SILVEIRA, P.M. Cultivo em várzeas. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.T.; ZIMMERMANN, M.J.O. (eds.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFÓS, 1996. p.589-617.
- SCHWARTZ, H.F. Anthracnose. In: HALL (ed.). **Compendium of bean diseases**. St. Paul: APS, 1991. p.16-17.

- SHIBLES, R.M.; WEBER, C.R. Interception of solar radiation e dry matter production by various soybean planting patterns. *Crop Science*, Madison, 6: 55-9. 1966.
- SILVA, C.C. Cultivo de sequeiro. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (eds.). *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: POTAFÓS, 1996. p.563-570.
- SILVA, M.A.da. Efeito da lâmina de água e da adubação nitrogenada sobre a produção de feijão-de-corda (*Vigna sinensis* L. Savi), utilizando o sistema de irrigação por "aspersão em linha". Viçosa: UFV, 1978. 53p. (Tese - Mestrado em Agronomia).
- STANG, J.R.; MACK, H.J.; ROWE, K.E. Quantitative relation of bush snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) yield to plant population density. *Journal American Society Horticultural Science*, Michigan, v.104, n.6, p.872-875, 1979.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Growth and tropisms. In: _____. *Plant physiology*. Redwood City: The Benjamin/Cummings, 1991. p.407-412.
- THOMÉ, V.M.R. Crescimento, desenvolvimento e rendimento de grãos de um cultivar de feijoeiro de hábito de crescimento arbustivo determinado, em função de época de semeadura, espaçamento entre linhas e densidade de plantas. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, 139p., 1985. (Tese - Mestrado em Agronomia).
- VALDES, J.L.; VALDES-SAEZ, M.A.; GARCIA, M.J. Influencia de la densidad de población sobre los rendimientos y sus principales componentes en el cultivo de frijol negro (variedade ICA-Pijao). *Centro Agrícola*, Santa Clara, v.12, n.1, p.117-126, 1985.
- VIEIRA, C. *Cultura do feijão*. 2.ed., Viçosa: UFV, 1983. 146p.
- VIEIRA, C. Efeitos da densidade de plantio sobre a cultura do feijoeiro. *Revista Ceres*, Viçosa, v.15, n.83, p.45-53, 1968.
- VIEIRA, C.; ALMEIDA, L.A. Experimento de espaçamento da semeadura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Ceres*, Viçosa, v.12, n.70, p.219-228, 1965.

- WAHAB, M.N.I.; DABBS, D.H.; BAKER, R.J. Effects of planting density and densign on pod yield of bush snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Canadian Journal Plant Science**, Ottawa, n.66, p.669-675, 1986.
- WESTERMANN, D.T.; CROTHERS, S.E. Plant population effects on the seed yield components of beans. **Crop Science**, Madison, v.17, n.4, p.493-496, July/Aug. 1977.
- WHITE, J.W.; IZQUIERDO, J. Physiology of yield potential and stress tolerance. In: SCHOONHOVEN, A. van, VOYSEST, O. (ed.). **Common beans: research for crop improvement**. Melkshan, Wiltshire, UK: Redwood Press Ltda., 1991. p.287-382.
- WILLEY, R.W.; HEATH, S.B. The qualitative relationship between plant population and crop yield. **Advances in Agronomy**, New York, n.21, p.281-321, 1969.
- WOOLLEY, J.; DAVIS, J.H.C. The agronomy of intercropping with beans. SCHOONHOVEN, A. van; VOYSEST, O. (ed.). **Common beans: Research for crop improvement**. Melksham, Wiltshire, UK: Redwood Press Ltd., 1991. p.707-735.
- ZIVER, A. Distância de siembra y cantidad de semilla en porotos. **Agricultura Técnica en Chile**, Santiago, 16: p.36-42, 1956.