

**POPULAÇÕES DE PLANTAS, NÍVEIS DE
ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA O
FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.) NUM SOLO
DE BAIXA FERTILIDADE**

ANTONIO BARBARA DE SOUZA

2000

ANTONIO BARBARA DE SOUZA

POPULAÇÕES DE PLANTAS, NÍVEIS DE ADUBAÇÃO E
CALAGEM PARA O FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.) NUM SOLO
DE BAIXA FERTILIDADE

Tese 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 "Doutor"

Orientador

Prof. Dr. Messias José Bastos de Andrade

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

2000

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

Souza, Antonio Barbara da

Populações de plantas, níveis de adubação e calagem para o feijoeiro
(*Phaseolus vulgaris* L.) num solo de baixa fertilidade / Antonio Barbara de Souza.

-- Lavras : UFLA, 2000.

69 p. : il.

Orientador: Messias José Bastos de Andrade.

Tese (Doutorado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Feijão. 2. Adubação. 3. Calagem. 4. Solo de baixa fertilidade. 5. População.
6. Custo de produção. 7. Insumo – Baixo uso. I. Universidade Federal de Lavras.
II. Título.

CDD-635.652891

ANTONIO BARBARA DE SOUZA

**POPULAÇÕES DE PLANTAS, NÍVEIS DE ADUBAÇÃO E
CALAGEM PARA O FEJJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.) NUM SOLO
DE BAIXA FERTILIDADE**

Tese apresentada à Universidade Federal
de Lavras, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Agronomia, área de concentração
Fitotecnia, para obtenção do título de
"Doutor"

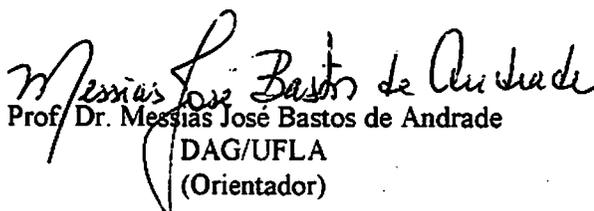
APROVADA em 10 de março de 2000

Dra. Elizita Maria Teófilo
Univ. Federal do Ceará

Pesq. Dr. Francisco Dias Nogueira
EPAMIG

Prof. Dr. João Batista Donizeti Corrêa
DAG/UFLA

Prof. Dr. Joel Augusto Muniz
DEX/UFLA


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

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Ponta Grossa-PR, (UEPG) e ao Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do curso;

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Agricultura pela minha formação;

À Comissão de Aperfeiçoamento do Ensino Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos;

Ao professor Messias José Bastos de Andrade, pela orientação, pelos conhecimentos transmitidos, compreensão e, principalmente, pela amizade;

Ao professor Ricardo Pereira Reis, pela orientação na realização da análise econômica;

Aos professores da UFLA, em especial, João Batista Donizeti Corrêa, Joel Augusto Muniz, Luiz Henrique de Aquino e Samuel Pereira de Carvalho pela atenção, pelas sugestões e ensinamentos que contribuíram muito para a minha formação e aperfeiçoamento deste trabalho.

À Dra. Elizita Maria Teófilo (UFC) e ao Dr. Francisco Dias Nogueira (EPAMIG) pelas sugestões;

Aos amigos Telde Natel Custódio, pela ajuda nas análises estatísticas e, Vandeir Gregório Alves pelo auxílio na elaboração das figuras;

A todos os funcionários do Departamento de Agricultura, em especial ao Manguinho, João, Agnaldo e Correia pela ajuda;

Aos colegas de curso: Tadeu, Humberto, Berildo, Kikuti, João Roberto, Haroldo, Cláudio Roberto e demais colegas do Departamento de Agricultura pelo companheirismo;

Aos meus pais Antonio Batista e Rita Lopes (in memoriam) pela dedicação e carinho;

A todos, que contribuíram de qualquer forma para realização deste curso;

E ao povo brasileiro, por tudo.

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	03
2.1 Respostas à adubação.....	03
2.2 Respostas à calagem.....	05
2.3 População de plantas.....	06
2.4 População de plantas x fertilidade do solo.....	11
3.MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1 Localização, clima e solo.....	14
3.2 Delineamento experimental, tratamentos e detalhes das parcelas.....	14
3.3 Implantação e condução dos ensaios.....	19
3.4 Características avaliadas.....	20
3.5 Análise estatística.....	20
3.6 Análise econômica.....	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1 Safras das águas 1997/98 e seca 1998.....	24
4.1.1 Estande final.....	24
4.1.2 Altura de planta.....	27
4.1.3 Número de vagens por planta.....	29
4.1.4 Número de grãos por vagem.....	32
4.1.5 Peso de cem grãos.....	33
4.1.6 Rendimento de grãos.....	33
4.2 Safra das águas 1998/99.....	35
4.2.1 Estande final.....	36
4.2.2 Altura de planta.....	36
4.2.3 Número de vagens por planta.....	40
4.2.4 Número de grãos por vagem.....	42

4.2.5	Peso de cem grãos.....	43
4.2.6	Rendimento de grãos.....	44
4.2.7	Considerações de ordem econômica.....	46
4.2.8	Considerações finais.....	47
5	CONCLUSÕES.....	49
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
	ANEXOS.....	63

RESUMO

SOUZA, Antonio Barbara de. Populações de plantas, níveis de adubação e calagem para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) num solo de baixa fertilidade. Lavras: UFLA, 2000. 69p. (Tese Doutorado em Agronomia)*

Com o objetivo de definir o número de plantas por área e o nível de adubação e calagem para o feijoeiro em um solo de baixa fertilidade natural (Podzólico Vermelho Amarelo distrófico), foram conduzidos três experimentos de campo em Lavras - MG (safra das águas 1997/98, seca 1998 e águas 1998/99). Nos dois primeiros experimentos foi utilizada a cultivar Pérola e adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições e arranjo fatorial 4x4 envolvendo quatro populações (120, 180, 240 e 300 mil plantas/ha) e quatro níveis de adubação e calagem (0, 1/3, 2/3 e 3/3 das doses de fertilizantes e calcário a serem recomendadas para o nível 2 de tecnologia pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – 5ª aproximação). No terceiro ensaio, conduzido no mesmo delineamento, o arranjo fatorial foi 2x4x4, envolvendo duas cultivares (Pérola e Carioca), quatro populações (100, 200, 300 e 400 mil plantas/ha) e quatro níveis de adubação e calagem (0, 1/2, 2/2 e 3/2 das doses a serem recomendadas). Em todos os ensaios foram avaliados o estande final, a altura de plantas e o rendimento de grãos e seus componentes primários (número de vagens por planta, número de grãos/vagem e peso de cem grãos). Os dados foram submetidos à análise de variância individual por ensaio, realizando-se ainda a análise conjunta dos dois primeiros ensaios e a análise de regressão, quando pertinente. Os resultados permitiram concluir que no intervalo de 100 a 400 mil plantas, o incremento da população de feijoeiros reduziu a altura de planta e o número de vagens por planta, mas resultou em produtividades equivalentes; o incremento dos níveis de adubação e calagem elevou a altura de plantas e o número de vagens por planta, resultando em maiores produtividades. Os rendimentos máximos foram obtidos com quantidades de calcário e fertilizantes correspondentes a 1,34 vezes a dose de referência empregada. A máxima eficiência econômica foi obtida com quantidades destes insumos equivalentes às da dose de referência (20 kg de N, 80 kg de P₂O₅, 30 kg de K₂O por hectare mais a necessidade de calcário (NC) calculada pelo método da saturação de bases).

*Comitê Orientador: Messias José Bastos de Andrade – UFLA (Orientador) e Joel Augusto Muniz – UFLA

ABSTRACT

SOUZA, Antonio Barbara de. **Plants populations, levels of fertilization and liming for the bean plant in diferent crop (*Phaseolus vulgaris* L.) in a low fertility soil.** Lavras: UFLA, 2000. 69 p. (Doctorate thesis in Agronomy)*.

With a view to defining the plant number per area and level of fertilization and liming for the bean plant in a natural low fertility soil (distrophic Red Yellow Podzolic) three field experiments were undertaken in Lavras-MG (rainy season crop of 1997/98, dry season crop of 1998 and rainy season crop of 1998/99). In the two first experiments the cultivar Pérola was utilized and the experimental randomized block design with four replications and 4x4 factorial arrangement, involving four populations (120, 180, 240 and 300 thousand plants/ha) and four levels of fertilization and liming (0, 1/3, 2/3 and 3/3 of the doses of fertilizers and limestone to be recommended to level 2 of technology by the Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – 5th approach) was adopted. In the third trial conducted in the same design, the factorial arrangement was 2x4x4 involving two cultivars (Pérola and Carioca), four populations (100, 200, 300 and 400 thousand plants/ha) and four levels of fertilization and liming (0, 1/2, 2/2 and 3/2 of the doses to be recommended). In all the trials, final stand, plant height and grain yield and its primary components (pod number per plant, grain number per pod and weight of a hundred grains). The data was submitted to the individual variance analysis per trial still being accomplished both the joint analysis of the two first trials and regression analysis when relevant. The results enabled to conclude that in the interval of 100 to 400 thousand plants, the increase of the population of bean plant reduced the plant height and pod number per plant but it resulted into equivalent yields, increased levels of fertilization and liming raised both plant height and pod number per plant, resulting into higher yields. The maximum yields were obtained from amounts of limestone and fertilizers corresponding to 1.34 as high as the reference dose employed. The maximum economical efficiency was obtained from amounts of these inputs equivalent to those of the refference dose (20 kg of N, 80 kg of P₂O₅, 30 kg of K₂O per ha more the need for limestone (NC) calculated by the base saturation method).

*Guidance Committee: Messias José Bastos de Andrade – UFLA (Adviser) and Joel Augusto Muniz – UFLA

1 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) constitui a base alimentar da população de baixo poder aquisitivo no Brasil, onde a cultura apresenta a maior diversidade de sistemas de produção entre as espécies cultivadas, sendo explorado para subsistência por um grande número de agricultores, com utilização de poucos insumos e produtividade, quase sempre baixa.

A produção nacional de feijão está em torno de 2,7 milhões de toneladas, com uma área colhida de 4,9 milhões de hectares e produtividade de 570 kg/ha (Santos e Braga, 1998).

Muitos fatores determinam esta baixa produtividade do feijoeiro, incluindo desde problemas políticos até problemas técnicos, que englobam geração, difusão e aplicação de conhecimentos. Para a geração de conhecimentos, ainda há muitos aspectos a serem estudados. Entre os fatores de ordem técnica, o emprego racional de fertilizantes e o uso de populações de plantas adequadas à realidade socio-econômica e edafoclimática, podem ser alternativas importantes para amenizar o problema. Devido à sua inter-relação, estes fatores devem ser, preferencialmente, estudados em conjunto.

Em muitas regiões, a maioria dos agricultores não utiliza calcário e fertilizantes e, quando emprega estes insumos, o faz com baixas dosagens, em apenas parte das áreas cultivadas. De forma similar, as populações de plantas empregadas também são baixas. Estes fatores, combinados, contribuem muito para as baixas produtividades verificadas no país.

A adubação é um componente muito importante do sistema de produção, tanto pelo aumento de produtividade que pode proporcionar em solos pobres como a maioria dos solos brasileiros, bem como pelo custo que representa no sistema de produção. A população de plantas em nível adequado à aptidão ambiental do solo pode levar à economia de sementes e, ao mesmo tempo, a incremento de produtividade.

Entretanto, devido ao feijoeiro ser cultura de alto risco (mercado e clima adversos), muitas vezes os agricultores, descapitalizados, não se dispõem a maiores investimentos. Assim, a cultura carece de estudos indicativos para os diversos extratos de agricultores e sistemas existentes, na busca dos pontos de equilíbrio entre fatores de produção que propiciem máxima produtividade, de forma social e economicamente apropriada. São poucos os trabalhos que abordam esta questão de forma abrangente, buscando avaliar as inter-relações destes fatores de produção em ambientes pouco ou não melhorados.

O objetivo deste trabalho foi estudar, em três safras (águas 1997/98, seca 1998 e águas 1998/99), populações de plantas e níveis de adubação e calagem para as cultivares Pérola e Carioca, de forma a orientar técnicos e agricultores na definição de número de plantas e níveis de adubação, biológica e economicamente mais promissores para a cultura do feijoeiro em solo de baixa fertilidade natural.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Dentre outros fatores, a população ideal de feijoeiros é função da capacidade do solo fornecer nutrientes. Desta forma, uma recomendação adequada de adubação deverá considerar a população de plantas envolvida no sistema de produção. Para cada nível de adubação, deve haver um nível biologicamente ótimo de população e, ao mesmo tempo, para cada nível populacional, haverá um nível de adubação economicamente mais adequado. Da mesma forma, para cada cultivar e situação existentes, deverá haver uma população associada a um nível de fertilizantes mais adequado.

2.1 Respostas à adubação

Em extensa revisão envolvendo 232 ensaios de adubação conduzidos em oito Estados do país, Malavolta (1972) concluiu que o maior número de respostas positivas do feijoeiro foi devido ao fósforo, seguido do nitrogênio, matéria orgânica, calagem, micronutrientes e ao potássio.

Na Zona da Mata de Minas Gerais, resultados de 26 experimentos de adubação N-P-K na cultura do feijão, citados por Vieira (1978), mostraram efeito positivo do nitrogênio em nove ensaios e do fósforo em treze, enquanto para o potássio não houve nenhuma eficiência, chegando mesmo a reduzir a produção em um dos ensaios. Também em Minas Gerais, Berger et al (1983), em revisão sobre adubação mineral do feijoeiro no período de 1954 a 1982, constataram que dentre 60 ensaios de campo, 66% apresentaram respostas positivas e significativas à adubação fosfatada, com as doses variando de 20 a 200 Kg/ha de P_2O_5 ; de um total de 72 ensaios, 54% mostraram resposta significativa ao nitrogênio.

Em 54 ensaios de adubação mineral do feijoeiro conduzidos no Estado de São Paulo, revisados por Kluthcouski (1984), 65% apresentaram resposta positiva ao fósforo, 32% ao nitrogênio e 5% ao potássio.

Levantamento mais atualizado sobre ensaios de adubação em Minas Gerais (Vieira, 1998) constatou que em 61% dos ensaios (43 dos 71

conduzidos em 30 municípios) houve resposta à adubação nitrogenada, que em 70% deles (42 dos 60 conduzidos em 28 municípios) houve resposta à adubação fosfatada e que em apenas um ensaio (dentre 37 conduzidos em 22 municípios) houve resposta à adubação potássica.

Em geral, não se tem obtido respostas positivas ao potássio, apesar do nutriente ser bastante absorvido pelo feijoeiro (Miyasaka et al., 1966; Braga et al., 1973 e Moraes, 1988). A falta de resposta ao potássio, na maioria dos ensaios realizados, se prende ao fato deste nutriente se encontrar com teores médio ou alto em grande parte dos solos do país (Vieira, 1978; Moraes, 1988).

Na atualidade, maiores respostas ao potássio devem ser esperadas, principalmente em áreas empresariais, em função das altas produtividades alcançadas, emprego de solos marginais, manejo inadequado da irrigação e exploração intensiva, fatores que aumentam a extração ou a lixiviação do nutriente (Andrade e Ramalho, 1995).

De maneira geral, o feijoeiro responde a doses relativamente baixas de nitrogênio, até 30 kg/ha, e as tabelas de recomendação se baseiam nas curvas de resposta a doses crescentes de nitrogênio. Já para o fósforo, a quantidade recomendada é dependente da textura do solo, do teor de fósforo disponível (estimado pela análise de solo) e da resposta do feijoeiro em experimentos de campo. Para o potássio, têm sido recomendadas pequenas doses, com base nos níveis de potássio trocável indicado também pela análise de solo, que se torna, portanto, indispensável (Andrade e Ramalho, 1995).

Por outro lado, alguns experimentos têm demonstrado consequências negativas da alta concentração de sais em plantas sensíveis, como o feijoeiro. Os efeitos do aumento da concentração salina se manifestam na forma de inibição do crescimento das plantas ou interrupção do processo germinativo das sementes. Esses danos estão aparentemente relacionados com a redução na absorção de água e com o aumento progressivo de sais nos tecidos da planta (Cobucci, 1991). Neste particular, a aplicação de doses de potássio

superiores a 50 ou 80 Kg/ha de K_2O no plantio tem se mostrado especialmente danosa (Silveira e Damasceno, 1993 e Rosolem, 1996), principalmente em condições de baixa disponibilidade hídrica.

2.2 Respostas à calagem:

De acordo com Comissão ... (1988), o pH do solo é o primeiro ponto a ser trabalhado para a produção de feijão em áreas de fertilidade marginal, sendo que somente após a calagem se pode ter noção da real disponibilidade de nutrientes (Oliveira, Araújo e Dutra, 1996).

Com o pH de 5,5 a 6,5 os nutrientes encontram-se em disponibilidade máxima (N, P, K Ca, Mg, S e B) ou adequada (Mo, Fe, Cu, Mn e Zn), enquanto a concentração de Al tóxico é reduzida ao mínimo. Além dos benefícios relacionados à disponibilidade de nutrientes, a calagem melhora as propriedades físicas do solo, favorecendo o desenvolvimento das raízes e ampliando a capacidade da planta em obter água e nutrientes do solo (Vieira, 1998).

Rosolem (1996) discute muito bem os efeitos da calagem no feijoeiro, apontando os efeitos positivos dessa prática na nutrição nitrogenada (via maior teor de Mo, afetando a fixação simbiótica e a assimilação do N mineral absorvido, ou maior desenvolvimento radicular), na economia de fertilizante fosfatado, na correção dos níveis tóxicos de Al e Mn, na prevenção da deficiência de micronutrientes e na maior tolerância a condições hídricas adversas.

A determinação da necessidade de calagem, ou seja, da quantidade de calcário a ser aplicada, é feita com base na análise do solo, mediante o emprego de um dos seguintes métodos: a) método baseado no teor de alumínio trocável (Kamprath, 1978), b) método SMP (Shoemaker, McLean e Pratt, 1961) e c) método da saturação de bases (Raij, 1981). Este último tem sido o mais empregado porque permite ajustar as necessidades de calagem às características da cultura, como no caso do feijoeiro, em que a saturação de bases desejada é 70% (Comissão..., 1989).

Rosolem (1996) observa que, na prática, dificilmente se consegue atingir 70% de saturação por bases com a calagem recomendada, principalmente no primeiro ano. Por esta razão, quando a saturação inicial é menor que 40%, o autor sugere que se calcule a dose de calcário suficiente para elevação da saturação por bases para pelo menos 85%, já que o cálculo para 70% levaria à obtenção de saturação muito abaixo da desejada. Faquin et al. (1998), trabalhando em quatro solos (Aluvial, Grei Pouco Húmico, Grei Húmico e Orgânico) com V% igual ou inferior a 40%, verificaram que as doses recomendadas por este método ficaram realmente abaixo das doses obtidas pela curva de incubação.

2.3 População de plantas:

Populações equilibradas com os demais fatores de produção são uma tecnologia prática, de fácil aceitação, sem custo adicional e que poderia ainda promover ganhos econômicos compatíveis com a atual conjuntura agrícola.

Em geral, são recomendados de 0,40 a 0,60 m entre fileiras, com 10 a 12 plantas por metro (Silva, 1996), correspondendo a populações de 167 a 300 mil plantas/ha, com média de cerca de 235 mil plantas/ha. Com populações menores há maior ocorrência de invasoras e desuniformidade na maturação, enquanto populações muito altas aumentam o custo, com maior gasto de semente, e dificultam os tratos culturais (Chagas, 1988). Em condições de altas temperaturas e umidade (safra das águas), altas densidades podem ampliar danos causados por doenças nas raízes. Em menores populações há maior penetração de luz e circulação de ar ao redor e dentro das plantas, o que não favorece as doenças fúngicas (Vieira, 1978; Sartorato e Rava, 1994). Por outro lado, há necessidade de reavaliação das populações recomendadas ideais pelo fato das cultivares existentes terem plantas com diferentes características de arquitetura e porte (Silva, 1996).

De acordo com Faria (1980), em solos férteis e em condições climáticas favoráveis, as plantas desenvolvem-se mais e com grande área

foliar, aumentam sua capacidade de compensação. Neste caso, o autor recomenda população mais baixa, evitando-se a limitação por luz. Com limitações de solo, água ou temperatura, as plantas se desenvolvem menos. Assim, a população não deve ser muito alta devido à pressão de competição e à maior evapotranspiração.

Há uma tendência no meio agrônômico de considerar que quanto maior o número de plantas por área, maior a produtividade. Esta corrente, em nome de altas produtividades, tem apregoado o uso generalizado e sempre crescente de insumos, copiando alguns modelos de agricultura do Primeiro Mundo. Sabe-se que populações maiores levam a novos equilíbrios, resultando em pragas, doenças e maior demanda de insumos (semente e adubo, entre outros. Isto pode interessar mais aos produtores de insumos que aos agricultores. A boa produtividade não deve trazer dificuldades adicionais com a condução e colheita da lavoura, e com maior gasto de insumos, porque isto resultará em menor receita líquida.

Levantamento feito por Fernandes (1987), envolvendo 41 ensaios com a cultura do feijão, constatou resposta positiva ao aumento da população em apenas 24,3% das pesquisas e, assim mesmo, quando foram comparadas situações extremas. Para a autora, este fato mostra a grande capacidade de compensação apresentada pelo feijoeiro em menores densidades de semeadura.

Vários trabalhos evidenciam maiores produtividades com emprego de populações maiores para o feijoeiro, porém quase sempre foram conduzidos em ambientes melhorados, em solos de média ou alta aptidão agrícola. Em vários casos, espaçamentos menores que 0,40 m têm proporcionado maiores rendimentos (Vieira e Almeida, 1965), mas, na prática, torna-se necessário optar por espaçamentos de 0,40 ou 0,50 m, com 10 a 15 sementes/metro de sulco, para facilitar as operações de plantio e tratos culturais (Vieira e Gomes, 1961; Guazzeli e Miyasaka, 1972; Santa Cecília, Ramalho e Silva, 1974 e Vieira, 1983) e reduzir gastos com

sementes (Mascarenhas et al., 1966 e Almeida et al., 1975), bem como diminuir a predisposição das plantas a pragas, doenças e ao acamamento.

Populações diferentes tendem a manter rendimentos semelhantes, principalmente pela grande capacidade de compensação entre os componentes do rendimento, como no caso do número de vagem por planta (Fernandes, 1987; Villamil Lucas, 1987; Arf et al., 1990 e Vale, 1994), mas existem diferenças de comportamento das cultivares de diferente hábito de crescimento.

De acordo com Fernandez, Gepts e López et al. (1985), existem quatro tipos de hábito de crescimento na espécie *Phaseolus vulgaris* L. As cultivares de hábito de crescimento do tipo I apresentam crescimento determinado e, em consequência, são arbustivas, de pequeno porte e ciclo curto, apresentando pequeno número de ramos eretos e curtos. As cultivares de hábito II possuem crescimento indeterminado, mas ainda têm porte arbustivo e plantas relativamente compactas, embora mais ramificadas que as do tipo I. O hábito do tipo III apresenta crescimento indeterminado, plantas semi-prostradas, com entrenós longos, grande número de ramos longos e volúveis (gavinhas) que, quase sempre, prostam-se com o peso das vagens. Plantas com hábito IV apresentam mais de 30 nós na haste principal, não se ramificam e necessitam tutoramento, razão pela qual não são utilizadas no Brasil para produção de grãos.

Cultivares de porte ereto, como as de hábitos de crescimento I e II, produzem mais com maior densidade de plantas na fileira de plantio (Cárdenas, 1961 e Mascarenhas et al., 1966), ou seja, o efeito de população depende do tipo de hábito de crescimento da cultivar empregada. À medida que se aumenta a população até certo nível, em ambiente melhorado, certamente a produtividade aumenta com cultivares de porte baixo. As cultivares de crescimento determinado sofrem menor competição nas maiores densidades, se comparadas àquelas de crescimento indeterminado. Por outro lado, diferentemente, maiores populações não indicam melhoria na produtividade quando os solos são pobres e/ou as cultivares são de porte

médio a alto ou prostradas. As cultivares de hábito indeterminado teriam uma menor adaptação ao aumento da densidade de semeadura, não tendo suas produtividades afetadas pelas densidades de plantio. Existem trabalhos, no entanto, com conclusões divergentes (Kranz, 1982; Lemos, Fornasieri Filho e Pedroso, 1993).

Em Viçosa, Minas Gerais, Vieira (1968), trabalhando com a cultivar Rico 23 (tipo II) e utilizando 10, 13, 20 e 40 sementes por metro, envolvendo populações de 200 mil a um milhão de plantas por hectare, observou que o uso de 40 sementes por metro causou maior redução na densidade final de plantas, reduzindo também o tamanho e peso de grãos. Neste caso, o tratamento 20 sementes por metro teve produção maior que o 10 sementes.

Faria e Kranz (1982), utilizando três cultivares de feijão de hábitos de crescimento diferenciados (tipos I, II e III), em duas épocas de semeadura (águas e seca), não verificaram diferenças de produtividade entre as densidades de 10, 15 e 20 sementes por metro.

Carvalho e Vieira (1972), usando a cultivar Mulatinho Vagem Roxa no espaçamento de 50 cm, não encontraram diferenças entre 10 e 20 plantas/m em Irecê, e mesmo entre 5 e 20 plantas/m em Tucano, na Bahia.

Estes comportamentos diferenciados parecem ser explicados pelas condições edafoclimáticas locais. Cárdenas (1961) sugeriu a fertilidade do solo e a disponibilidade de água, além do hábito de crescimento, como determinantes da densidade adequada.

Maiores densidades de plantio proporcionam menor número de vagens e menor rendimento de grãos por planta, mas dentro de certos limites, resultam em produtividade superior (Arf et al., 1996). No entanto, vários pesquisadores citados por Fernandes (1987) consideram o número de vagem por planta como o componente de maior efeito no rendimento final, mesmo sendo muito influenciado por alterações ambientais (Agudelo, Hernández e Bastidas, 1972; Duarte e Adams, 1977; Leakey, 1972; Bennett, Adams e Burga, 1977).

Um melhor desempenho da cultura com o aumento da população é dificultado principalmente pela competição por luz, estabelecida com maior intensidade na fase reprodutiva (Bennett, Adams e Burga, 1977), afetando os componentes de rendimento. Assim, as cultivares de crescimento determinado sofrem menor competição nas maiores densidades que as de crescimento indeterminado. Mas há outros fatores, como a fertilidade do solo, condições climáticas e o material genético.

Empregando cultivares de hábito de crescimento tipos II e III, em ensaio para simular falhas, Fernandes (1987) verificou que as plantas remanescentes compensaram a produtividade na área com até 50% de perda de plantas. Esta compensação, de acordo com a autora, foi possível devido à plasticidade dos componentes primários da produção, principalmente do número de vagem por planta. Na prática, as produtividades de diferentes populações tendem à equivalência devido à compensação dos componentes primários em populações mais baixas, quando se aduba. Assim, uma população menor produziria o equivalente a uma maior. Em solo pobre e sem adubação, provavelmente não haveria equivalência.

Teixeira (1998), em Lavras, avaliando a cv. Pérola em populações de 120 a 360 mil plantas/ha e submetida a quatro doses de N (0, 50, 100 e 150 kg/ha), em área experimental bastante melhorada (adubações básica e de cobertura, calagem e irrigação complementar), observou que o aumento da densidade de semeadura elevou linearmente o rendimento de grãos apenas na dose zero de N, quando cada incremento de 20 mil plantas por hectare foi responsável por aumento de rendimento da ordem de 27 kg/ha. A maior densidade reduziu o número de vagens por planta e a infestação de invasoras por ocasião da colheita do feijão, não afetando os teores de nutrientes nas folhas.

No mesmo local, em ambiente também melhorado, Valério, Andrade e Ferreira (1999) constataram, em três safras, redução linear no número de vagens por feijoeiro com o aumento da população de plantas, chegando a afetar também o rendimento de grãos na época da seca, quando a

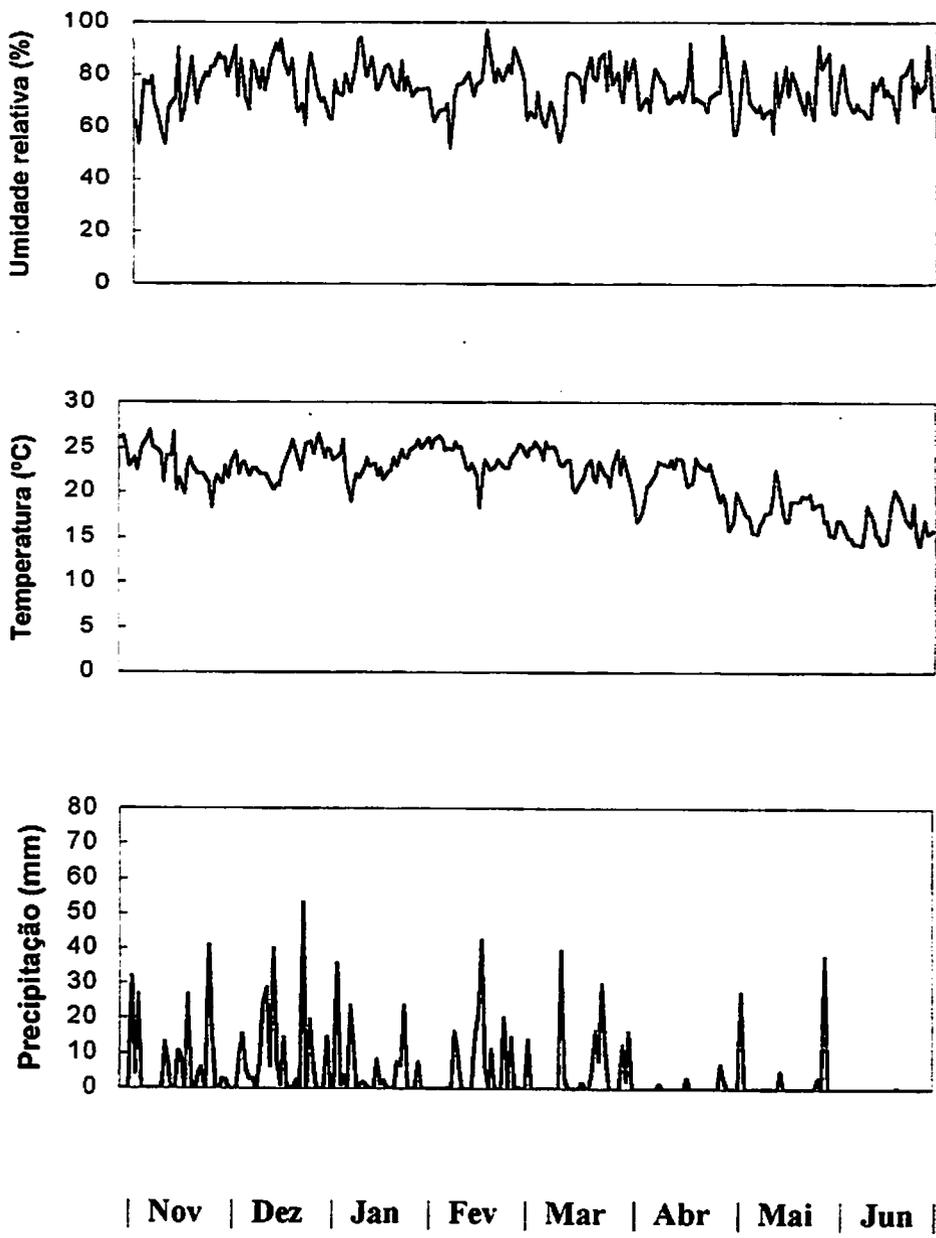


FIGURA 1. Variação diária da temperatura média, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar, período de novembro de 1997 a junho de 1998 (Dados fornecidos pela Estação Climatológica Principal de Lavras-MG, situada no "campus" da UFLA, em convênio com o Instituto Nacional de Meteorologia - INMET)

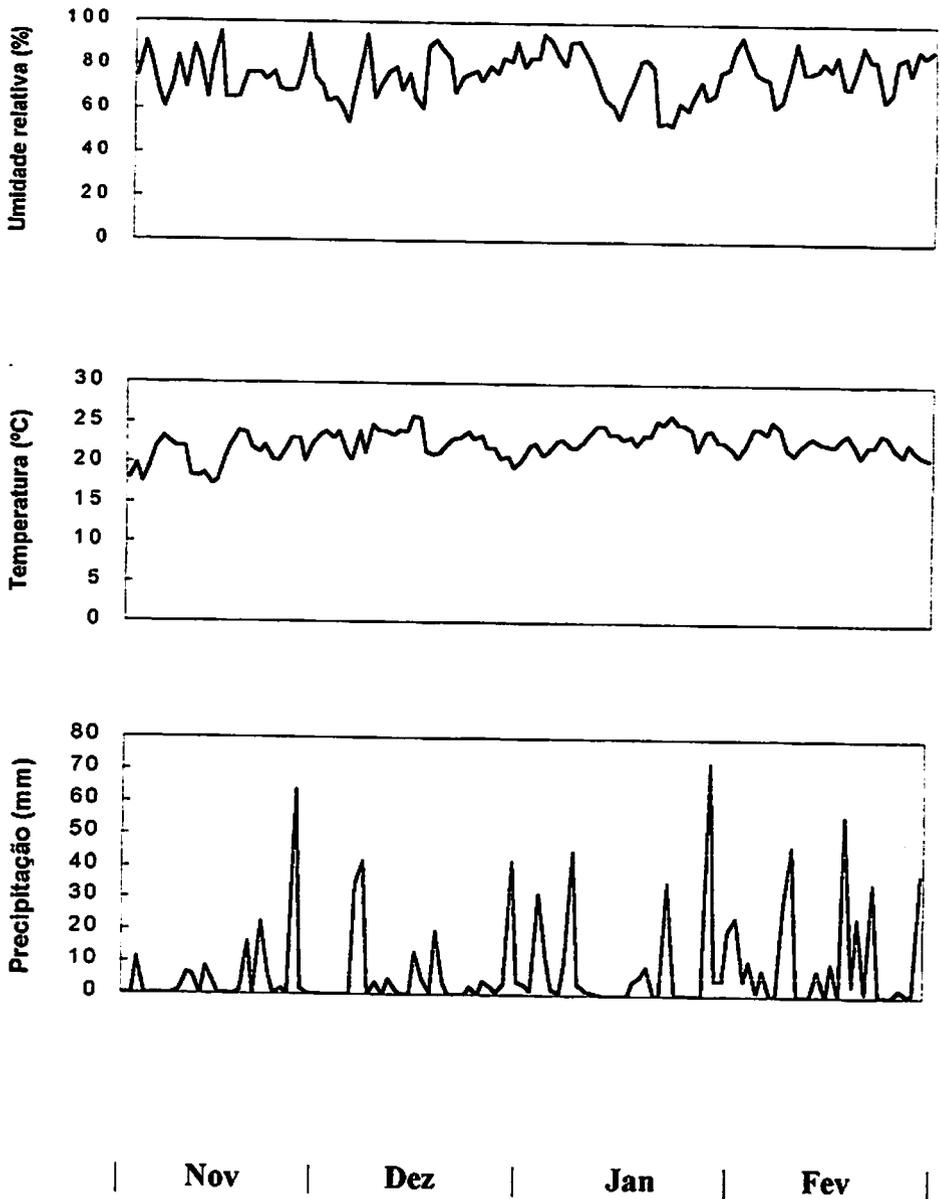


FIGURA 2. Variação diária da temperatura média, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar, período de novembro de 1998 a fevereiro de 1999 (Dados fornecidos pela Estação Climatológica Principal de Lavras-MG, situada no “campus” da UFLA, em convênio com o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET).

produtividade máxima foi obtida com aproximadamente 255mil plantas por hectare, equivalentes a 12,75 plantas por metro (espaçamento de 0,5m). Na safra das águas houve influência dos espaçamentos e densidades sobre o rendimento de grãos e peso de cem grãos, dependendo das cultivares empregadas. De uma maneira geral, os menores espaçamentos (0,40 a 0,50 m) levaram a melhores resultados; a cv. Carioca foi mais produtiva em populações de 180 a 220 mil plantas/ha, enquanto com as cv. Aporé e Pérola, os rendimentos foram crescentes com o aumento da população de plantas. Observou-se também, com o aumento da população de plantas, maior altura e maior acamamento dos feijoeiros, menor infestação por invasoras na colheita e maior rapidez no fechamento das entrelinhas.

2.4 População de plantas x fertilidade do solo

O Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (EMBRAPA, 1982) recomenda, para a cultura, o espaçamento entre linhas de 0,5 m, com distribuição de 10 a 15 sementes por metro linear, correspondendo a populações de 200 a 300 mil plantas/ha. Segundo Faria(1980), as melhores produções obtidas experimentalmente ocorrem quando são usados espaçamentos de 0,40 a 0,60 m entre linhas e densidade de 10 a 15 plantas por metro linear. Isto equivale a populações de 166.666 a 375.000 plantas por hectare. É preciso deduzir que esta recomendação, para as condições brasileiras, deve ser acompanhada de um conjunto de melhorias no ambiente da cultura, principalmente adubação e calagem, o que distoa da realidade da maioria dos agricultores. É muito frequente se observar, no Brasil, o emprego de populações menores (Vieira et al., 1988). Além disso, trata-se de sugestões genéricas, com variações de 50 a 125% entre os extremos das populações recomendadas.

Trabalhos de pesquisa (Vieira et al., 1987; Vieira et al., 1988; Fasiaben, M. C. R.* - informação pessoal) visando caracterização de

*Ex-pesquisadora Maria do Carmo Ramos Fasiaben, MS, IAPAR/Ponta Grossa - PR.

sistemas agrícolas predominantes entre pequenos e médios agricultores na região Centro-Sul do Paraná, grande produtora de feijão naquele Estado, revelaram que: a) mais de 80% das áreas nos estabelecimentos foram cultivados com milho e feijão, solteiros ou consorciados, em solos de baixa aptidão agrícola; b) o feijão era cultivado como cultura de renda, visando basicamente a comercialização; c) havia emprego de subdosagens ou ausência de fertilizantes e calcário, na maioria das áreas cultivadas; d) o pousio era usado como forma de recuperar a fertilidade natural dos solos; e e) a população média era de 141 mil feijoeiros/ha, com produtividade equivalente à média do Estado à época.

Em Lavras, Silva (1985), estudando os efeitos de três fórmulas de fertilizantes N-P-K (10-45-20, 20-90-40 e 40-180-80) e três populações (180, 260 e 340 mil plantas/ha) sobre três cultivares de feijão (Manteigão Fosco 11, CNF 010 e Carioca), durante a época da “seca”, verificou que em todas as cultivares, o rendimento de grãos, seus componentes e a altura das plantas foram significativamente superiores com as maiores doses de N, P₂O₅ e K₂O. O aumento da população de plantas reduziu os valores dos componentes de rendimento em todas as variedades. Não se verificaram efeitos significativos das interações para a produção de grãos.

Investigando a resposta de cultivares de feijão de hábitos de crescimento dos tipos I, II e III a espaçamentos de plantio e níveis de adubação NPK, Lima (1982) concluiu haver efeito significativo de níveis de adubação e da interação espaçamentos x níveis de adubação sobre a produção de grãos no período das “águas”. Na época da “seca” houve significância dos efeitos principais sobre a produtividade do feijoeiro.

Em ensaios de adubação NPK e espaçamentos (0,30; 0,40; 0,50 e 0,60 m entre fileiras) no outono-inverno, em solos argilosos de boa fertilidade natural de duas estações experimentais da zona da Mata de Minas, com irrigação, Pachêco (1993) concluiu que, em geral, as maiores produções foram alcançadas com os menores espaçamentos e com o maior nível de adubação (0; 0,5; 1,0 e 1,5 vezes a quantidade recomendada, com

base nos resultados das análises de solo). A produção cresceu com o aumento de fertilizantes, que independentemente do espaçamento e o número de vagens/ha, foi o componente que mais contribuiu para o rendimento da cultura.

Estes últimos trabalhos, apesar de abordarem os dois fatores, adubação e população de plantas, e suas possíveis interações, foram conduzidos em solos de boa fertilidade natural e bem corrigidos, não podendo os resultados serem extrapolados para outras condições de solos menos férteis e mal corrigidos, muito comuns entre agricultores. Por outro lado, não tratam da relação custo/benefício de forma a manter rentável ou mesmo auto-sustentável a atividade.

Muitos trabalhos abordados foram conduzidos com diferenciados métodos, populações, adubações, locais e anos que podem propiciar uma grande variação entre os resultados apresentados. Outros trabalhos tratam da distribuição espacial de plantas (espaçamento e densidade na fileira), sem se aterem à população em si.

É muito comum recomendar uma população genérica, tida como ideal, sem considerar, no conjunto, as diversas situações de campo, em que fatores como fertilidade do solo, cultivar, clima, experiências anteriores, histórico de área, recursos e mão-de-obra podem ser limitantes. Isto pode estar ocorrendo por falta de pesquisas e/ou inadequação das experiências realizadas. Dessa forma, a produtividade adequada para o feijoeiro, em cada situação de campo, depende da redução de efeitos mais restritivos dentre os fatores básicos de produção.

Há, então, necessidade de conhecer melhor os fatores limitantes da produção da cultura e suas inter-relações, na busca de recomendações mais específicas para os diversos tipos de agricultores, em cada situação edafoclimática e socioeconômica.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização, clima e solo

Foram conduzidos três experimentos de campo, dois na safra das “águas” (1997/98 e 1998/99) e um na safra da seca/1998. Os experimentos foram instalados em áreas contíguas, no campo experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Lavras está situada na região sul de Minas Gerais, a 21°14’ de latitude sul e 45°00’ de longitude oeste, a uma altitude média de 918m acima do nível do mar (Brasil, 1992). O clima da região apresenta a temperatura média do mês mais quente de 22,1°C e a do mês mais frio, de 15,8°C, sendo a temperatura média anual de 19,4°C; a precipitação total anual é de 1529,7mm, a evaporação total anual é 1034,3mm e a umidade relativa média anual, 76,2% (Brasil, 1992).

As variações diárias das condições climáticas locais (temperatura média, precipitação pluvial e umidade relativa do ar) durante o período de condução dos experimentos são apresentadas nas Figuras 1 e 2.

Os experimentos foram instalados em um Podzólico Vermelho Amarelo (PV) distrófico, de textura média e baixa fertilidade natural, inicialmente em pousio por alguns anos e, na safra anterior aos experimentos, ocupado com lavoura de feijão adubada com 300 kg/ha de fertilizante NPK formulado 4-14-8.

Utilizando-se metodologia de rotina, foram retiradas amostras do solo (horizonte Ap na profundidade de 0-20 cm) antes de cada semeadura, visando análises granulométrica e química, cujos resultados encontram-se na Tabela 1.

3.2 - Delineamento experimental, tratamentos e detalhes da parcela

O delineamento experimental dos dois primeiros experimentos foi blocos casualizados, em arranjo fatorial 4 x 4, com 4 repetições, totalizando 64 parcelas. Os tratamentos foram constituídos por quatro populações de

TABELA 1. Resultados das análises química e granulométrica de amostras do solo (PV, horizonte Ap) utilizado para os experimentos (0-20cm de profundidade). UFLA, Lavras, MG, 1997/99⁽¹⁾.

Características	Águas 97/98	Seca 98	Águas 98/99
pH (em água 1: 2,5)	4,6AcE ⁽²⁾	4,8 AcE	4,7 AcE
P – Mehlich(mg/dm ³)	9,0 B	4,3 B	3,0B
K (mg/dm ³)	55,0 M	33,0 B	33,0B
Ca (cmol _c /dm ³)	1,3 B	1,1 B	0,9B
Mg(cmol _c /dm ³)	0,6 M	0,6 M	0,4B
Al (cmol _c /dm ³)	0,6 M	0,6 M	0,9M
H+Al – ac. potencial (cmol _c /dm ³)	6,3 A	6,3 A	6,3A
S – soma de bases (cmol _c /dm ³)	2,0 B	1,8 B	1,4B
t – CTC efetiva (cmol _c /dm ³)	2,6 M	2,4 B	2,3B
T – CTC a pH 7 (cmol _c /dm ³)	8,3 M	8,1 M	7,7M
m – saturação de Al (%)	23,0 M	25,0 M	39,1M
V saturação por bases (%)	24,0 MB	22,0 MB	18,2MB
Matéria orgânica(dag/kg)	1,9M	2,3M	1,7M
Areia (%)	51	53	51
Limo (%)	13	15	15
Argila (%)	36	32	34

⁽¹⁾Análises realizadas nos laboratórios do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal de Lavras (DCS/UFLA), segundo metodologia de Vettori(1969), com modificações da EMBRAPA (1979).

⁽²⁾AcE=acidez elevada, A= teor alto, M=teor médio, B=teor baixo; MB= teor muito baixo (Comissão..., 1989)

plantas (120, 180, 240 e 300 mil plantas/ha) e quatro níveis de adubação e calagem (0, 1/3, 2/3 e 3/3 das doses de fertilizantes e calcário) a serem recomendadas para o nível 2 de tecnologia pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais - 5ª aproximação). (No terceiro experimento utilizou-se o mesmo delineamento no arranjo fatorial 2x4x4, com 4

repetições, envolvendo duas cultivares (Pérola e Carioca) com 4 populações (100, 200, 300 e 400 mil plantas/ha) e 4 níveis de adubação e calagem (0, 1/2, 2/2 e 3/2 das doses a serem recomendadas para o nível 2 de tecnologia).

A necessidade de calagem foi determinada pelo método da elevação de saturação de bases (Raij, 1981) de acordo com a expressão

$$NC = t (V_2 - V_1)/PRNT, \text{ em que:}$$

NC = necessidade de calagem (t/ha)

V_2 = saturação por bases desejada(70%)

V_1 = 100.S/T

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário empregado

S = soma de bases (Tabela 1)

T = capacidade de troca de cátions a pH 7 (Tabela 1)

A análise do calcário dolomítico utilizado revelou PRNT = 98,87%, 99,64% de reatividade, 36,45% de CaO e 18,14% de MgO.

As doses de adubação de referência foram as explicitadas por Vieira (1998) para o nível 2 de tecnologia no plantio, ou seja, 20 kg de N/ha, 80 kg de P_2O_5 /ha e 30 kg de K_2O /ha. O nível 2 em questão corresponde a lavouras submetidas a calagem, adubação, uso de sementes fiscalizadas, controle fitossanitário e controle mecânico de plantas invasoras, com produtividade esperada de 1200 a 1800 kg/ha (Vieira, 1998). Utilizaram-se os fertilizantes sulfato de amônio(20% de N), superfosfato simples(18% de P_2O_5) e cloreto de potássio(58% de K_2O)

A cultivar Pérola, utilizada nos dois primeiros ensaios (águas 97/98 e seca 98), possui grão tipo carioca (cor creme e estrias marrons), hábito de crescimento indeterminado II/III (semi-ereto a prostrado), ciclo normal e resistência à mancha angular, ferrugem e mosaico-comum e é recomendada para Minas Gerais (EMBRAPA, 1997).

No ensaio das águas 1998/99, foi utilizada, além da cultivar Pérola, a tradicional cultivar Carioca, a qual foi selecionada em lavoura comercial no Estado de São Paulo e vem sendo recomendada desde 1980, sendo considerada padrão de comercialização para o tipo de grão carioca. Possui

hábito III (indeterminado prostrado), ciclo normal e resistência ao mosaico comum (EMBRAPA, 1997).

Cada parcela foi constituída de quatro fileiras de 5 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m, perfazendo 10m² de área total. Como área útil foram consideradas as duas fileiras centrais, ou 5m².

3.3. Implantação e condução dos ensaios

O preparo inicial do solo constou de roçada e gradagem pesada. e, posteriormente, de uma aração e duas gradagens leves. Em seguida, procedeu-se a distribuição manual do calcário e sua incorporação com enxada de 42 a 45 dias antes da sementeira.

Por ocasião da sementeira, efetuou-se uma capina antes do sulcamento. Os adubos foram aplicados integralmente no sulco de sementeira, de acordo com o tratamento, e misturados com o solo a 4-5 cm de profundidade. As sementeiras foram efetuadas de 17 a 20 de novembro, nos ensaios das águas, e em 28 de fevereiro, no ensaio da seca/98. A densidade de sementeira foi sempre superior à necessária, para posterior desbaste.

Nos sulcos de sementeira foi aplicado, ainda, em distribuição contínua, o inseticida organofosforado sistêmico forate, incorporando-o manualmente, junto com o fertilizante.

As plantas foram mantidas livres de invasoras através de cultivo manual aos 28 dias, no período das águas, e 40 dias, no da seca.

Houve necessidade de controle de formigas nas três safras, tanto na emergência do feijoeiro como na fase de maturação. Em todos os ensaios ocorreu ataque de fungos de solo no início, causando redução da população inicial, o que levou a um atraso proposital dos desbastes. As análises de laboratório indicaram *Rhizoctonia solani* e *Fusarium solani* nos ensaios de verão e podridão cinzenta do caulículo (*Macrophomina phaseolina*) no período da seca.

Nas safras das águas houve pequena infestação de cigarrinha verde (*Empoasca kraemeri*) e de lagarta das vagens (*Maruca testulalis*), cujo controle foi efetuado, com pulverizador costal, com uma aplicação do inseticida monocrotophos nos ensaios 1997/98 e duas no ensaio 1998/99.

3.4 Características avaliadas

As seguintes características foram avaliadas: estande final, altura de planta, rendimento de grãos e seus componentes primários (número de vagens/planta, número de grãos/vagem e peso de cem grãos).

A população final foi obtida pela contagem do número de plantas na área útil, no momento da colheita.

A altura média das plantas foi determinada por ocasião da colheita, na haste principal, medindo-se do nível do solo até a inserção da última folha, em dez plantas tomadas ao acaso na área útil da parcela.

Os componentes do rendimento foram determinados na área útil de cada parcela, a partir de amostras aleatórias de 10 plantas. O rendimento de grãos foi determinado pela pesagem do total dos grãos obtidos na parcela útil após a trilha de todas as plantas nela existentes, incluindo a citada amostra de 10 plantas. O peso obtido foi corrigido para 13% de umidade, de acordo com a expressão:

$$P = Pc(100 - Uc)/(100 - 13), \text{ onde:}$$

P = peso corrigido

Pc = peso de campo

Uc = umidade de campo

3.5 Análise estatística

Após a tabulação dos dados, foi procedida a análise de variância, empregando-se o sistema de análise SISVAR⁽¹⁾, versão 3.01.

⁽¹⁾ FERREIRA, D. F. SISVAR. Sistema para Análise de Variância. Versão 3.01.1998. Programa de análise de dados não publicado

hábito III (indeterminado prostrado), ciclo normal e resistência ao mosaico comum (EMBRAPA, 1997).

Cada parcela foi constituída de quatro fileiras de 5 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m, perfazendo 10m² de área total. Como área útil foram consideradas as duas fileiras centrais, ou 5m².

3.3. Implantação e condução dos ensaios

O preparo inicial do solo constou de roçada e gradagem pesada. e, posteriormente, de uma aração e duas gradagens leves. Em seguida, procedeu-se a distribuição manual do calcário e sua incorporação com enxada de 42 a 45 dias antes da semeadura.

Por ocasião da semeadura, efetuou-se uma capina antes do sulcamento. Os adubos foram aplicados integralmente no sulco de semeadura, de acordo com o tratamento, e misturados com o solo a 4-5 cm de profundidade. As semeaduras foram efetuadas de 17 a 20 de novembro, nos ensaios das águas, e em 28 de fevereiro, no ensaio da seca/98. A densidade de semeadura foi sempre superior à necessária, para posterior desbaste.

Nos sulcos de semeadura foi aplicado, ainda, em distribuição contínua, o inseticida organofosforado sistêmico forate, incorporando-o manualmente, junto com o fertilizante.

As plantas foram mantidas livres de invasoras através de cultivo manual aos 28 dias, no período das águas, e 40 dias, no da seca.

Houve necessidade de controle de formigas nas três safras, tanto na emergência do feijoeiro como na fase de maturação. Em todos os ensaios ocorreu ataque de fungos de solo no início, causando redução da população inicial, o que levou a um atraso proposital dos desbastes. As análises de laboratório indicaram *Rhizoctonia solani* e *Fusarium solani* nos ensaios de verão e podridão cinzenta do caulículo (*Macrophomina phaseolina*) no período da seca.

Nas safras das águas houve pequena infestação de cigarrinha verde (*Empoasca kraemeri*) e de lagarta das vagens (*Maruca testulalis*), cujo controle foi efetuado, com pulverizador costal, com uma aplicação do inseticida monocrotophos nos ensaios 1997/98 e duas no ensaio 1998/99.

3.4 Características avaliadas

As seguintes características foram avaliadas: estande final, altura de planta, rendimento de grãos e seus componentes primários (número de vagens/planta, número de grãos/vagem e peso de cem grãos).

A população final foi obtida pela contagem do número de plantas na área útil, no momento da colheita.

A altura média das plantas foi determinada por ocasião da colheita, na haste principal, medindo-se do nível do solo até a inserção da última folha, em dez plantas tomadas ao acaso na área útil da parcela.

Os componentes do rendimento foram determinados na área útil de cada parcela, a partir de amostras aleatórias de 10 plantas. O rendimento de grãos foi determinado pela pesagem do total dos grãos obtidos na parcela útil após a trilha de todas as plantas nela existentes, incluindo a citada amostra de 10 plantas. O peso obtido foi corrigido para 13% de umidade, de acordo com a expressão:

$$P = P_c(100 - U_c)/(100 - 13), \text{ onde:}$$

P = peso corrigido

P_c = peso de campo

U_c = umidade de campo

3.5 Análise estatística

Após a tabulação dos dados, foi procedida a análise de variância, empregando-se o sistema de análise SISVAR⁽¹⁾, versão 3.01.

⁽¹⁾ FERREIRA, D. F. SISVAR. Sistema para Análise de Variância. Versão 3.01.1998. Programa de análise de dados não publicado

Procedeu-se a análise de variância conjunta para os dois primeiros experimentos (águas 1997/98 e seca 1998) e a análise de variância individual para o experimento do período das águas 1998/99. Nos casos de significância de um fator ou da interação, recorreu-se à análise de regressão (Banzato e Kronka, 1992), representando as equações através de curvas. No caso de efeitos significativos de cultivares, as médias foram comparadas através do teste de F ao nível de 1% de probabilidade.

O modelo matemático no qual se baseou a análise conjunta dos ensaios, das águas 1997/98 e seca 1998 foi o seguinte:

$$y_{ijkl} = \mu + a_i + p_j + ap_{ij} + s_k + as_{ik} + ps_{jk} + aps_{ijk} + b_{l/k} + e_{ijkl}$$

sendo:

y_{ijkl} a observação referente à parcela que recebeu a adubação i , na população j , no bloco l dentro da safra k ;

μ uma constante;

a_i efeito da adubação i , com $i = 1, 2, 3, 4$;

p_j efeito da população j , com $j = 1, 2, 3, 4$;

ap_{ij} efeito da interação da adubação i com a população j ;

s_k efeito da safra k , com $k = 1, 2$;

as_{ik} efeito da interação da adubação i com a safra k ;

ps_{jk} efeito da interação da população j com a safra k ;

aps_{ijk} efeito da interação da adubação i com a população j e a safra k ;

$b_{l/k}$ efeito do bloco l dentro da safra k , com $l = 1, 2, 3, 4$;

e_{ijkl} efeito do erro experimental associado à observação y_{ijkl} , que por hipótese tem distribuição normal de média zero e variância σ^2

O modelo estatístico para a análise do ensaio das águas 1998/99 foi o seguinte:

$$y_{ijk} = \mu + a_i + p_j + v_k + ap_{ij} + av_{ik} + pv_{jk} + apv_{ijk} + b_l + e_{ijk,l}$$

sendo:

y_{ijk} a observação referente à parcela que recebeu a adubação i , na população j , na variedade k , no bloco l ;

μ uma constante;

a_i efeito da adubação i , com $i = 1, 2, 3, 4$;

p_j efeito da população j , com $j = 1, 2, 3, 4$;

ap_{ij} efeito da interação da adubação i com a população j ;

v_k efeito da variedade k , com $k = 1, 2$;

ap_{ij} efeito da interação da adubação i com a população j ;

av_{ik} efeito da interação da adubação i com a variedade k ;

$p_{v_{jk}}$ efeito da interação da população j com a variedade k ;

apv_{ijk} efeito da interação da adubação i com a população j e a variedade k ;

b_l efeito do bloco l , com $l = 1, 2, 3, 4$;

e_{ijkl} efeito do erro experimental associado à observação y_{ijkl} , que por hipótese tem distribuição normal de média zero e variância σ^2

3.6 Análise econômica

Os resultados do ensaio das águas 1998/99 foram submetidos a uma estimativa econômica com base nos custos do fertilizante mais calcário, considerando-se as demais despesas como comuns a todos os tratamentos. Esta apreciação baseou-se na estimativa dos seguintes parâmetros, correspondentes a cada dose de fertilizante mais calcário: custo efetivo do fertilizante mais calcário, produtividade de grãos, renda bruta e margem bruta

Considera-se custo efetivo o resultado do preço do fator variável no ensaio (fertilizante e calcário) vezes a quantidade a ser aplicada. Assim, neste estudo o custo efetivo do fertilizante mais calcário foi obtido multiplicando-se os preços unitários desses insumos (levantados no mercado local de Lavras em fevereiro de 2000) pelas quantidades que seriam efetivamente gastas em cada tratamento para um hectare de lavoura.

A produção de grãos correspondente a cada dose dos insumos foi estimada através da equação de regressão ajustada e foi expressa em kg/ha.

A renda bruta, que consiste na multiplicação entre o preço e a quantidade produzida para cada dosagem a ser aplicada, foi expressa em

RS/ha, e calculada a partir do preço da saca de feijão no mesmo mercado de Lavras, em fevereiro de 2000. ↓

Finalmente, a margem bruta foi estimada, para cada tratamento, com base no seguinte modelo matemático:

$$MB = P_y Y - P_{x_1} X_1 - P_{x_2} X_2,$$

onde:

MB = margem bruta (R\$/ha);

P_y = preço do feijão (R\$/kg);

Y = produção de feijão (kg/ha);

X_1 = dosagem de fertilizante (kg/ha);

X_2 = dosagem de calcário (kg/ha);

P_{x_1} = preço do fertilizante (R\$/kg);

P_{x_2} = preço do calcário (R\$/kg). ↓

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Safras das águas 1997/98 e seca 1998

Um resumo da análise de variância conjunta destas safras é apresentado na Tabela 2. Verifica-se que foi boa a precisão experimental com que foi estimada a maioria das características do feijoeiro, haja visto que os valores do coeficiente de variação foram compatíveis com os normalmente obtidos com a cultura em ensaios conduzidos na região (Abreu et al., 1994). Apenas o número de vagens por planta foi estimado com menor precisão ($CV\%=32,26$).

A análise conjunta revelou, ainda, que o estande final, além de sofrer influência das populações de planta(P), também foi afetado pelas safras(S) e pela interação $P \times S$. A altura de planta e o número de vagens por planta foram significativamente influenciados pelas safras, adubações e pelas populações de plantas, sendo que no caso da altura de plantas, o efeito da adubação foi dependente da safra em questão. O número de grãos por vagem foi afetado pela safra e populações, enquanto o peso de cem grãos foi influenciado pelas safras e adubações. O rendimento de grãos não foi afetado pelas populações, mas o foi pelas safras, adubações e interação desses dois fatores (Tabela 2).

Os valores médios das características avaliadas, obtidos na análise conjunta, são apresentados na Tabela 3, por safra e em função das populações de plantas e níveis de adubação e calagem.

4.1.1 Estande final

Na Tabela 3 verifica-se que, em geral, o estande final foi superior na safra das águas, fato que geralmente acontece na região devido às condições de temperatura e umidade mais favoráveis à germinação e ao desenvolvimento dos feijoeiros (Andrade, Ramalho e Abreu, 1992). Na safra da seca, principalmente sem irrigação complementar, as condições são bem menos favoráveis.

TABELA 2 – Resumo da análise de variância conjunta dos dados de estande final, altura de planta, rendimento de grãos do feijoeiro e seus componentes obtidos nas safras das águas 1997/98 e seca 1998. UFLA, Lavras, MG.

Causa de Variação	GL	Quadrados Médios					
		Estande final	Altura de planta	Nº vagens/planta	Nº grãos/vagem	Peso cem grãos	Rendimento de grãos
Bloco/safra	6	796,8	122,1	15,2	0,17	14,7	245335,0
Safra(S)	1	3003,1**	16559,7**	595,5**	45,3**	1694,6**	41887649,6**
Adubação(A)	3	194,1	1876,4**	59,1**	0,07	15,4*	2228552,2**
População(P)	3	34887,5**	622,4**	120,1**	0,72*	6,3	17077,6
AxP	9	103,0	36,2	4,8	0,25	6,2	30457,7
AxS	3	173,8	592,1**	11,2	0,51	9,3	1845723,5**
PxS	3	282,0*	115,6	9,6	0,05	1,4	46437,0
AxPxS	9	141,8	45,5	6,4	0,06	6,0	52441,3
Erro	90	93,1	126,0	5,8	0,19	5,4	39507,9
CV(%)		10,29	13,84	32,26	14,40	9,60	22,28

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

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

TABELA 3 -- Valores médios de estande final, altura de planta, rendimento de grãos do feijoeiro cv. Pérola e seus componentes nas safras das águas 1997/98 e seca 1998, em função de níveis de adubação e calagem e populações de plantas. UFLA, Lavras - MG, 1997/98.

Tratamento	Estande final(5m ²)	Altura de planta(cm)	Nº vagens/planta	Nº grãos/vagem	Peso cem grãos(g)	Rendimento de grãos (kg/ha)
Safras(*)						
Águas 97/98	99	92	9,6a	3,6a	27,82a	1464
Seca 98	89	70	5,3 b	2,5 b	20,54 b	320
Níveis de Adubação e Calagem						
0	90	70	5,7	3,0	23,32	548
1/3	95	82	7,1	3,1	24,47	837
2/3	95	84	8,1	3,1	23,99	1031
1	94	88	8,9	3,0	24,94	1153
Populações(mil plantas/ha)						
120	56	86	9,9	3,3	24,40	863
180	81	83	8,0	2,9	24,55	909
240	106	77	6,2	3,0	24,23	884
300	132	78	5,7	3,0	23,55	912
Médias	94	81	7,4	3,0	24,18	892

(*) Em cada coluna, médias seguidas por diferentes letras diferem significativamente pelo teste F, ao nível de 1% de probabilidade

Deve ser comentado, ainda, que em relação ao estande ideal esperado em cada população empregada, houve redução do número de plantas, nas duas safras estudadas (Tabela 4). Certamente, uma das causas desta redução foi a ocorrência de fungos de solo (*Rhizoctonia solani* e *Fusarium solani* nas águas e *Macrophomina phaseolina* na seca). Pelos dados da Tabela 4, verifica-se que esta redução foi maior na safra da seca.

TABELA 4 – Estande ideal e estande final da cv. Pérola, em duas safras, em função de diferentes populações de plantas. UFLA, Lavras-MG, 1997/98.*

Populações (mil plantas/ha)	Estande ideal (5m ²)	Estande final(5m ²)		
		Águas 97/98	Seca 98	Médias
120	60	57	54	56
180	90	84	77	81
240	120	115	98	106
300	150	139	126	132
Médias	105	99a	89b	94

*Em cada linha, médias seguidas por diferentes letras diferem significativamente pelo teste de F ao nível de 1% de probabilidade

4.1.2 Altura de planta

Observa-se, na Tabela 3, que a altura de planta foi superior na safra das águas. Este fato é normalmente observado pelo agricultor, quando afirma que as plantas ficam mais viçosas na safra de verão do que na safra da seca, e é decorrente das melhores condições climáticas na fase vegetativa (Andrade, Ramalho e Abreu, 1992). No caso dos presentes ensaios, pode-se verificar, na Figura 1, que de fato as condições foram bem mais favoráveis nas águas do que na safra da seca. Esta hipótese parece mais provável, para explicar o melhor comportamento do primeiro ensaio, do que possíveis diferenças na fertilidade do solo, já que os ensaios foram conduzidos com o

mesmo manejo em áreas contíguas, as quais apresentaram resultados de análise de solo muito próximos (Tabela 1).

O efeito dos níveis de adubação e calagem sobre a altura de plantas foi significativo (Tabela 2), mas foi dependente da safra em questão, ou seja, houve também significância da interação adubação x safra (Tabela 2). Realmente, na análise de regressão, observa-se que aquele efeito não foi significativo nas águas, mas foi linear e crescente na safra da seca, com incremento de 2,6 cm na altura de planta para cada aumento de 10% na mistura de adubo aplicada (Figura 3). Provavelmente, o maior crescimento das plantas nas águas, decorrente das melhores condições ambientais, mascarou o efeito das adubações crescentes, pois nas águas a altura obtida com a fertilidade original (nível 0) foi praticamente a mesma obtida na seca com as maiores doses de fertilizante e calcário.

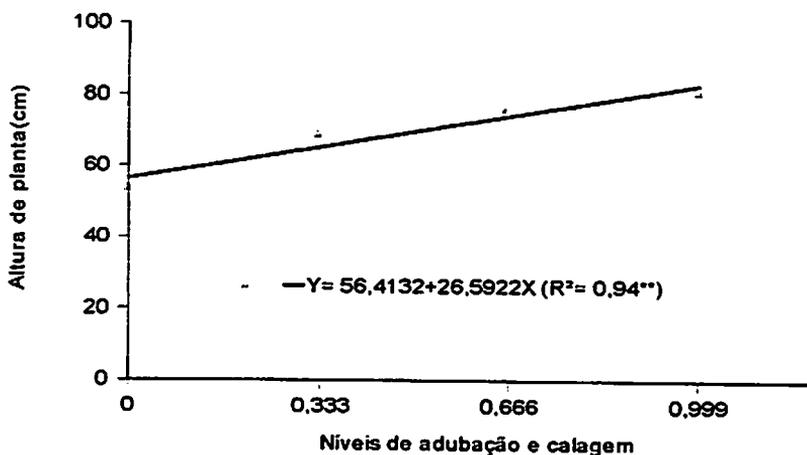


FIGURA 3 - Representação gráfica e equação de regressão da altura de planta do feijoeiro cv. Pérola em função de níveis de adubação e calagem. UFLA, Lavras - MG, seca 1998.

A altura de planta mostrou-se também significativamente influenciada pelas populações de feijoeiro empregadas e, neste caso, este efeito foi independente das safras consideradas (Tabela 2). A análise de regressão correspondente (Figura 4) revelou que à medida que se aumentou a população de feijoeiros, a altura de planta reduziu linearmente. Estes

resultados discordam dos obtidos por Villamil Lucas (1987) e por Valério, Andrade e Ferreira (1999), os quais verificaram aumento da altura com o incremento da população de plantas e atribuíram a menor fotodegradação de auxinas em populações mais elevadas para explicar aquele efeito, segundo proposto por Taiz e Zeiger (1991). Ao lado desses resultados, entretanto, existem outros, como os de Teixeira (1998), em que não foram detectados efeitos significativos das populações sobre a altura dos feijoeiros.

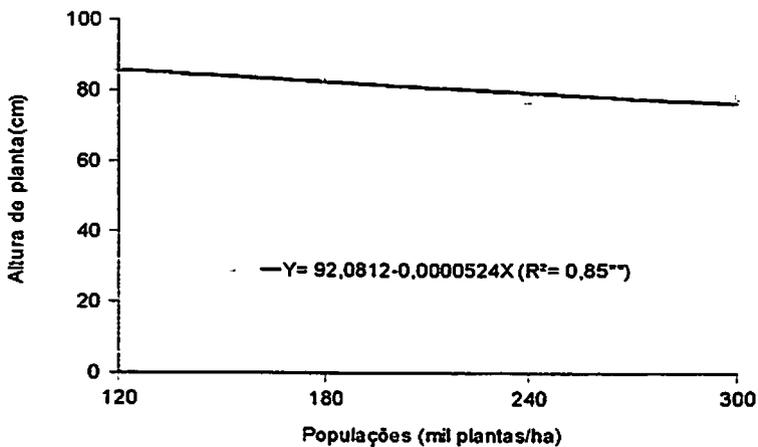


FIGURA 4 - Representação gráfica e equação de regressão da altura de planta do feijoeiro cv. Pérola em função de populações de plantas. UFLA, Lavras - MG, 1997/98. (Médias duas safras).

No presente caso, o aumento da população reduziu apenas ligeiramente a altura de plantas, 3,14 cm a cada incremento de 60 mil plantas (Figura 4). Acredita-se, contudo, que as características do solo (baixa fertilidade natural e alto teor de areia) tenham sido determinantes na obtenção de resultados diferenciados.

4.1.3 Número de vagens por planta

Como já mencionado, esta foi a característica estimada com menor precisão nos dois primeiros ensaios e, por esta razão, as suas interpretações devem ser utilizadas com certa cautela. Deve ser comentado, entretanto, que a baixa precisão não impediu a detecção de significância individual para as

três fontes de variação envolvidas, ou seja, safras, adubações e populações(Tabela 2).

Na safra das águas, foi superior o número de vagens por planta, certamente em função da maior altura de planta(Tabela 3), pois em plantas de hábito indeterminado, como as da cultivar Pérola, utilizada nos dois ensaios, maior altura de planta significa maior número de nós na haste principal e, conseqüentemente, maior número de ramos (Fernandez, Geptz e López, 1985), o que, potencialmente, significa maior número de vagens. Da mesma forma, a menor altura de planta na safra da seca condicionou menor número de vagens (Tabela 3). O menor número de vagens por planta na seca também pode ser consequência de maior aborto de flores ou vagens, em função da maior deficiência hídrica (Andrade, 1998).

Em geral, o aumento dos níveis de adubação e calagem elevou linearmente o número de vagens por planta (Figura 5), da mesma forma já observada por Silva(1985) em Lavras, Sul de Minas Gerais, e por Pachêco (1993) na Zona da Mata mineira. No presente estudo, cada meia dose de adubação e calagem seria responsável por um incremento médio de 1,57 vagens por planta (Figura 5). Certamente, a crescente disponibilidade de nutrientes promovida pela adubação e calagem tenha possibilitado, também, crescentes pontos de equilíbrio entre fonte e dreno, resultando em maior retenção de flores e vagens, ou seja, em menor taxa de aborto dos órgãos reprodutivos. Ao lado de outros fatores, a má nutrição mineral tem sido indicada como uma importante causa do aborto de flores e vagens no feijoeiro (White e Izquierdo, 1991).

À medida que se aumentou a população de plantas, decresceu o número de vagens por planta, à base de 1,46 vagem/planta para cada incremento de 60 mil plantas por hectare (Figura 6). Este comportamento do número de vagens por planta tem sido observado em diversas oportunidades (Fernandes, 1987; Arf et al., 1996; Teixeira, 1998 e Valério, Andrade e Ferreira, 1999), principalmente com cultivares de crescimento indeterminado (Cárdenas, 1961 e Mascarenhas et al., 1966) como a cv. Pérola, utilizada nos

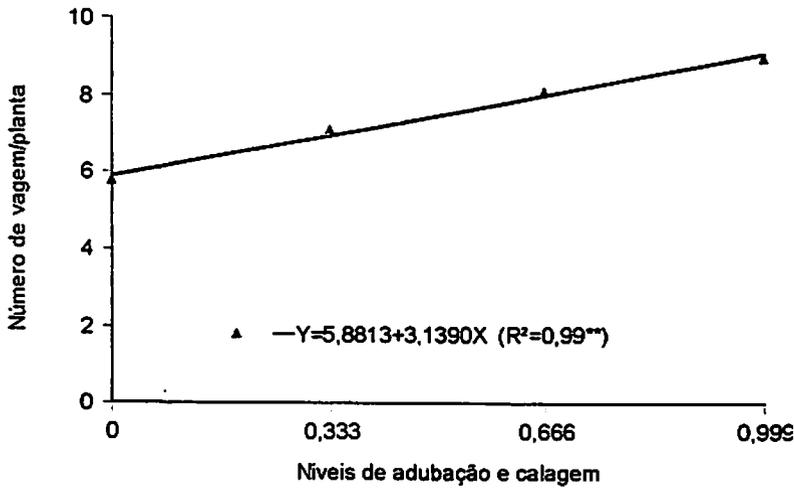


FIGURA 5 - Representação gráfica e equação de regressão do número de vagens/planta do feijoeiro cv. Pérola em função de níveis de duas safras) adubação e calagem. UFLA, Lavras - MG, 1997/98. (Médias duas safras).

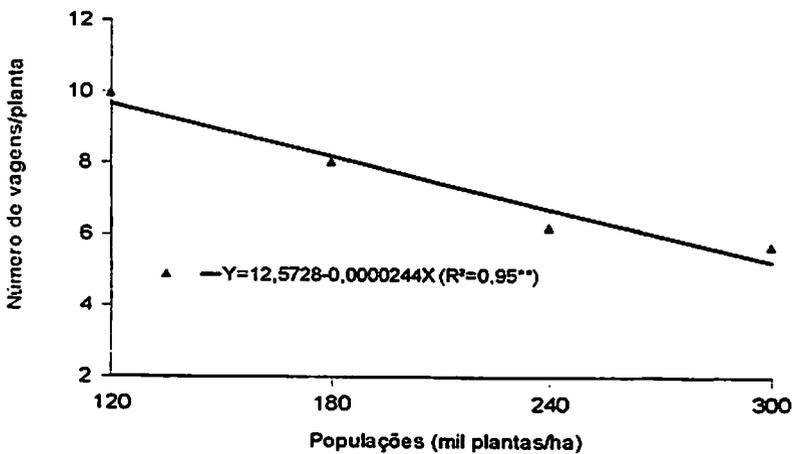


FIGURA 6 - Representação gráfica e equação de regressão do número de vagens/planta do feijoeiro cv. Pérola em função de populações de plantas. UFLA, Lavras - MG, 1997/98. (Médias duas safras).

ensaios. Estas cultivares possuem menor capacidade de adaptação em maiores populações (Cárdenas, 1961 e Mascarenhas et al., 1966), provavelmente em função de maior competição intraespecífica por luz (Bennett, Adams e Burga, 1977) e água, além de nutrientes (Cárdenas, 1961).

4.1.4 Número de grãos por vagem

Em consequência das melhores condições ambiente, principalmente maior disponibilidade de água, o número de grãos por vagem também foi maior na safra das águas (Tabela 3). Na safra da seca, quando é comum cessarem as chuvas antes do completo enchimento do grão (Andrade, Ramalho e Abreu, 1992), é maior a frequência de grãos “chochos” ou mal formados, reduzindo o número de grãos cheios por vagem.

Outro efeito verificado sobre o número de grãos por vagem, embora detectado apenas a 5% de probabilidade (Tabela 2), foi o das populações de plantas (Figura 7). Com o incremento da população de feijoeiros, houve tendência de decréscimo no número de grãos por vagem; entretanto, a média

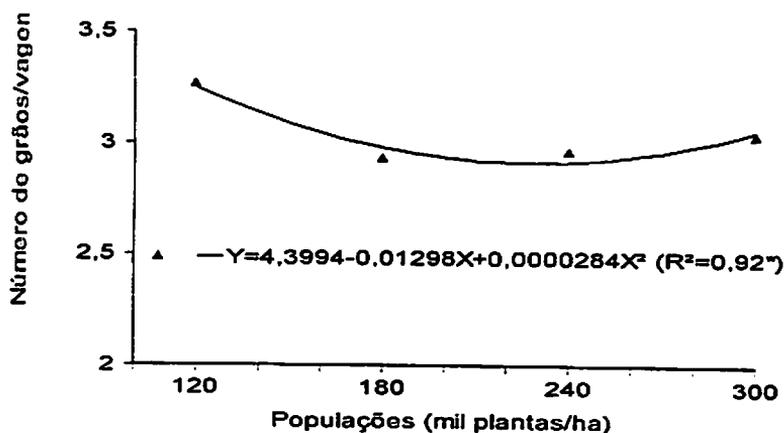


FIGURA 7. Representação gráfica e equação de regressão do número de grãos/vagem do feijoeiro cv. Pérola em função de populações de plantas. UFLA, Lavras- MG, 1997/98. (Médias duas safras).

obtida na análise conjunta para a população de 300 mil plantas/ha mostrou-se elevada (Figura 7), prejudicando aquela tendência que seria mais lógica. Deve ser mencionado, ainda, que embora o coeficiente de variação obtido para esta variável não tenha sido muito alto (14,40%, conforme Tabela 2), ele se mostrou superior aos valores normalmente encontrados na região (Abreu et al., 1994). Como sugestão para futuros trabalhos, a amostragem para esta característica poderia ser modificada, aumentando-se o número de plantas amostradas, de forma a reduzir a variação encontrada.

4.1.5 Peso de cem grãos

As melhores condições ambiente nas águas também foram responsáveis pelo melhor enchimento do grão nesta safra. A maior disponibilidade de água certamente resultou na produção de grãos maiores, mais desenvolvidos, aumentando o peso de cem grãos (Tabela 3).

O aumento das populações de plantas até 300 mil plantas/ha não afetou o tamanho do grão (ou peso de cem grãos), mas houve efeito significativo ($P \leq 0,01$) dos níveis de adubação e calagem sobre esta característica (Tabela 2). Com o incremento da adubação e calagem, houve aumento linear no peso de cem grãos da cv. Pérola (Figura 8). Embora este resultado possa ser fisiológica e nutricionalmente explicado, deve ser observado que o valor do R^2 encontrado não indicou um bom ajuste da equação (Figura 8).

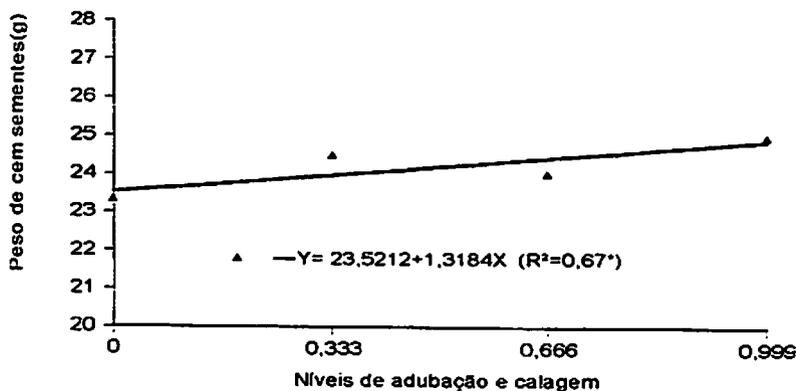


FIGURA 8 - Representação gráfica e equação de regressão do peso de cem grãos do feijoeiro cv. Pérola em função de níveis de adubação e calagem. UFLA, Lavras - MG, 1997/98. (Médias duas safras).

4.1.6 Rendimento de grãos

Analisando-se os dados da Tabela 3, verifica-se que as grandes diferenças observadas entre as safras, com relação às características anteriores, refletiram sobre o rendimento de grãos. O rendimento médio de grãos nas águas foi, praticamente, quatro vezes superior ao da seca.

Em Minas Gerais, na safra da seca, são obtidos os menores rendimentos médios, da ordem de 500 kg/ha (Santos e Braga, 1998). No

presente estudo, a produtividade foi ainda inferior, 320 Kg/ha (Tabela 3), dada a baixa fertilidade natural do solo (Tabela 1) e condições climáticas desfavoráveis (Figura 1).

A produtividade alcançada nas águas, 1464 kg/ha (Tabela 3), por sua vez, foi superior à média estadual nesta safra, em torno de 600 kg/ha (Santos e Braga, 1998). Para este comportamento acima da média, as condições climáticas mais favoráveis que as da seca (Figura 1) foram, certamente, decisivas.

O rendimento de grãos não foi afetado pelas populações de plantas (Tabela 2), o que pode ser confirmado observando-se as médias apresentadas na Tabela 3. Isto significa que, no intervalo de 120 a 300 mil plantas/ha, o aumento de população reduziu a altura de plantas e o número de vagens por planta, mas não foi suficiente para reduzir o rendimento de grãos, em razão do maior estande. Este resultado confirma outros anteriores, como os discutidos por Fernandes (1987), os quais evidenciam a existência de grande plasticidade entre os componentes primários do rendimento do feijoeiro, resultando em razoável capacidade de compensação, que se traduz, na prática, na obtenção de produtividades equivalentes com diferentes populações.

Na safra das águas, quando foram mais adequadas as condições climáticas, detectou-se efeito significativo dos crescentes níveis de adubação e calagem sobre o rendimento de grãos. A relação entre as duas variáveis pode ser descrita por uma equação do segundo grau (Figura 9), com ótimo ajuste aos dados (99%).

Deve ser mencionado, ainda, que na equação apresentada na Figura 9, não foi alcançado um ponto de máximo dentro do intervalo estudado de adubação e calagem (até o nível 1). Significa dizer que, para as condições do ensaio das águas, o maior nível de adubação e calagem utilizado pode ter sido ainda insuficiente para se alcançar a máxima produtividade.

Na safra da seca, a ausência de resposta levou à não significância da regressão, confirmando que condições ambientes tão limitantes não

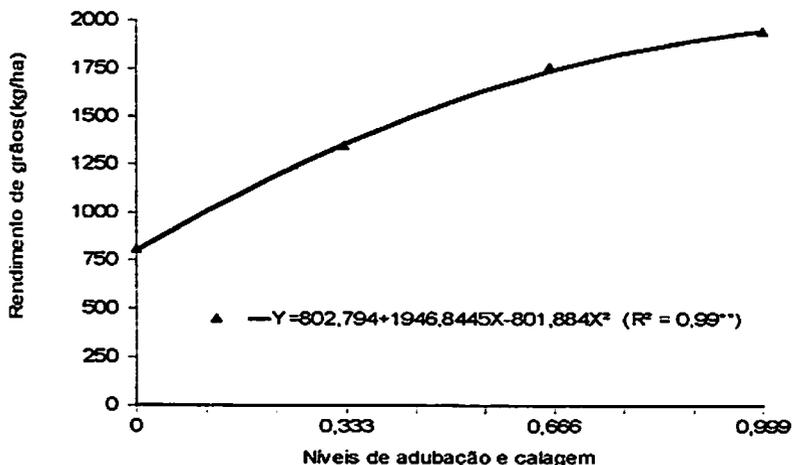


FIGURA 9 - Representação gráfica e equação de regressão do rendimento de grãos (kg/ha) do feijoeiro cv. Pérola em função de níveis de adubação e calagem. UFLA, Lavras – MG, águas 1997/98.

permitiram que houvesse efeito dos crescentes níveis de adubação e calagem. Dentre estas condições, a baixa disponibilidade de água no solo deve ter exercido papel fundamental na falta de resposta à adubação e à correção da acidez do solo.

4.2 Safra das águas 1998/99

Na Tabela 5 é apresentado um resumo da análise de variância dos dados desta safra. No que diz respeito ao erro experimental, verifica-se que a maioria das características foi estimada com maior precisão, apresentando menores valores do coeficiente de variação (CV%), inclusive o do número de vagens por planta, característica que havia sido estimada com baixa precisão nos dois ensaios anteriores.

A análise de variância revelou, ainda, que o número de vagens por planta e o peso de cem grãos foram diferentes nas cultivares estudadas. As populações de plantas influenciaram não só o estande final, mas também a altura de plantas e o número de vagens por planta. Os níveis de adubação e

calagem afetaram significativamente todas as características, exceto o estande final. O número de vagens por planta mostrou-se ainda influenciado pela interação níveis de adubação e calagem x populações (Tabela 5). Como era esperado, o estande inicial foi dependente das populações estudadas, mas não mostrou quaisquer variações em função dos demais fatores.

Os valores médios das características avaliadas na safra das águas 1998/99 são apresentados na Tabela 6, por cultivar e em função das populações de plantas e níveis de adubação e calagem.

4.2.1 Estande final

Analisando-se as médias de estande final, na Tabela 6, verifica-se que elas praticamente não variaram em função da cultivar ou dos níveis de adubação e calagem. Por outro lado, expressaram, com mínimas variações, as populações idealizadas com os tratamentos, indicando que foi correta a estratégia de se semear maior número de sementes para posterior desbaste. As médias finais do estande também indicam que apesar de já citada presença de fungos de solo (*Rhizoctonia solani* e *Fusarium solani*), seu efeito nesta safra foi menor que nas anteriores.

4.2.2 Altura de planta

Ambas as cultivares, Carioca e Pérola, apresentaram alturas de planta equivalente (Tabela 6), mas esta característica foi significativamente influenciada pelos níveis de adubação e calagem e pelas populações de plantas (Tabela 5).

Na Figura 10 verifica-se que a altura de planta variou com os níveis de adubação e calagem segundo uma relação quadrática crescente, com bom ajuste ($R^2=1,00$). Ao contrário do ocorrido na safra da seca 97/98, quando a relação entre as duas variáveis foi linear, nesta safra foi possível estimar, em relação à altura de plantas, o nível ótimo de adubação e calagem, o qual situou-se em torno de 1,28 vezes a dose a ser recomendada pela 5ª aproximação das recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo do

TABELA 5 – Resumo da análise de variância dos dados de estande final, altura de planta, rendimento de grãos do feijoeiro e seus componentes obtidos nas safras das águas 1998/99. UFLA, Lavras - MG.

Causas de Variação	de GL	Quadrado Médio					
		Estande final	Altura de planta	Nº vagens/planta	Nº grãos/vagem	Peso cem grãos	Rendimento de grãos
Bloco	3	546,7	414,8	22,7	0,57	22,66	249869,4
Cultivar(C)	1	101,5	33,4	90,11**	0,36	653,4**	255777,0
Adubação(A)	3	72,8	4785,8**	262,10**	0,85**	26,8**	11437027,3**
População(P)	3	119292,8**	980,7**	617,79**	0,27	2,0	194259,5
CxA	3	121,0	275,5	3,08	0,17	1,3	51064,6
CxP	3	27,8	216,2	2,63	0,12	0,1	200145,5
AxP	9	58,4	228,0	19,06**	0,07	1,9	45475,5
CxAxP	9	36,3	93,9	0,94	0,18	1,2	40865,0
Erro	93	54,5	216,6	5,76	0,17	1,7	132415,0
CV(%)	-	6,1	19,4	22,97	8,84	5,71	19,54

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

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

TABELA 6 -- Valores médios de estande final, altura de planta, rendimento de grãos e seus componentes em duas cultivares de feijoeiro, em função de níveis de adubação e calagem e populações de planta, safra das águas 1998/99. UFLA, Lavras - MG.

Treatment	Final stand (5m ²)	Plant height (cm)	No. plants/plant	No. grains/row	Weight of grains (g)	Grain yield (kg/ha)
Cultivar(*)						
Pérola	120	75	9,6 b	4,6	25,41a	1907
Carioca	122	76	11,3a	4,7	20,89 b	1818
Níveis de Adubação e Calagem						
0,0	119	59	6,4	4,4	21,88	1019
0,5	120	76	10,4	4,7	23,22	1863
1,0	121	84	12,3	4,7	24,05	2224
1,5	123	85	12,7	4,8	23,45	2339
Populações (mil plantas/ha)						
100	50	83	16,4	4,7	23,45	1878
200	97	77	11,1	4,6	23,24	1932
300	144	73	7,5	4,6	23,02	1751
400	192	71	6,8	4,5	22,89	1889
Média geral	121	76	10,4	4,6	23,15	1862

(*) Em cada coluna, médias seguidas por diferentes letras diferem significativamente pelo teste F, ao nível de 1% de probabilidade.

Estado de Minas Gerais. É provável que esta mudança no relacionamento entre as duas variáveis, de linear para quadrática, tenha resultado da maior amplitude das populações, ou seja, do maior intervalo coberto pelos tratamentos de adubação e calagem no último ensaio (Alvarez V., 1985).

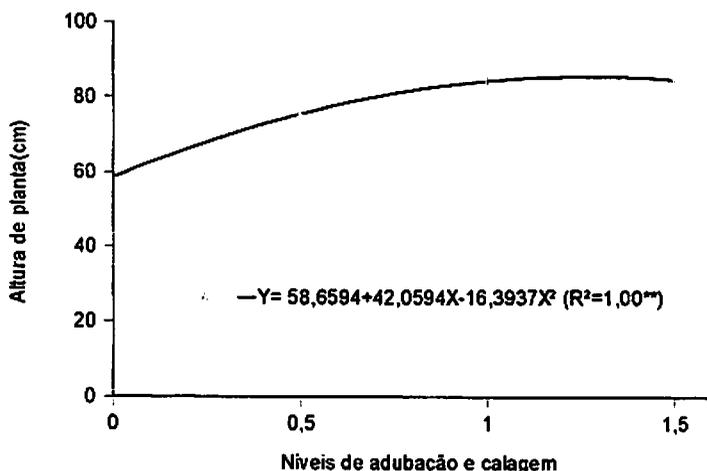


FIGURA 10 - Representação gráfica e equação de regressão da altura de planta do feijoeiro em função de níveis de adubação e calagem. UFLA, Lavras - MG, águas 1998/99.

Da mesma forma verificada nos ensaios anteriores, o aumento da população de plantas resultou em redução linear da altura dos feijoeiros à base de 3,12 cm para cada aumento de 100 mil plantas/ha (Figura 11). Conforme já mencionado, este resultado é discordante de outros como o de Villamil e Lucas (1987) e Valério (1998); este fato, no entanto, não é preocupante, já que, ao contrário das condições em que trabalharam aqueles autores, o solo do presente estudo apresentou fertilidade original muito baixa e razoável teor de areia (Tabela 1), indicando uma baixa capacidade de suportar grandes populações.

Na presente safra, a declividade da reta mostrou-se mais acentuada (Figura 11) que nas safras anteriores (Figura 4), provavelmente porque também aqui o espaço experimental foi ampliado, de 120 a 300 mil plantas/ha para 100 a 400 mil plantas/ha.

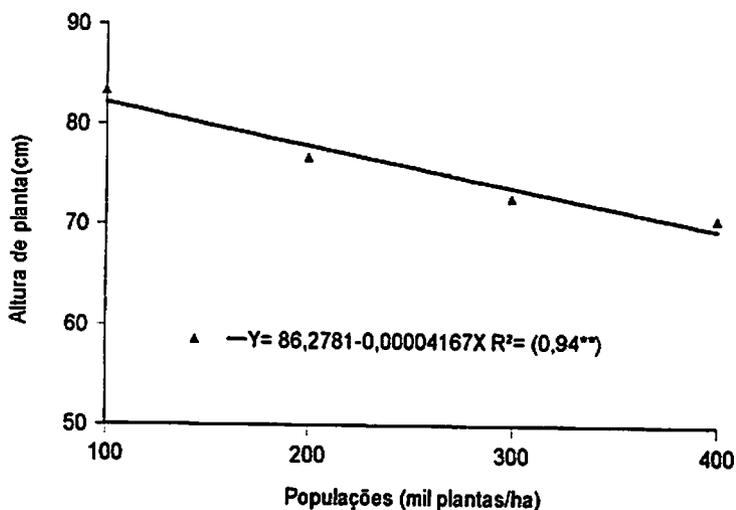


FIGURA 11 - Representação gráfica e equação de regressão da altura de planta do feijoeiro em função de populações de planta. UFLA, Lavras - MG, águas 1998/99.

4.2.3 Número de vagens por planta

As cultivares diferiram quanto a esta característica, pois a Carioca apresentou maior número de vagens por planta que a Pérola (Tabela 6). Este melhor comportamento da Carioca certamente está relacionado ao seu hábito de crescimento do tipo III, com ramos mais longos e em maior número que os apresentados pela cultivar Pérola, a qual tem sido classificada com de hábito II/III (EMBRAPA, 1998).

O comportamento desta característica neste ensaio das águas 1998/99 foi, no geral, semelhante aos ensaios anteriores (Figuras 5 e 6), ou seja, o número de vagens cresceu com os níveis de adubação e calagem (Figura 12) e decresceu com o incremento da população de plantas (Figura 13). A diferença em relação aos primeiros ensaios é que nesta safra foi significativa a interação níveis de adubação e calagem x populações de plantas, razão pela qual o efeito de cada fator foi desdobrado em cada nível do outro (Figuras 12 e 13).

Na Figura 12, verifica-se que nas populações de 200, 300 e 400 mil plantas por hectare (Pop 2, Pop 3 e Pop 4, respectivamente), a resposta aos

níveis de adubação e calagem foi linear, não se atingindo, portanto, um ponto de máxima produção de vagens. Significa dizer, ainda, que com base apenas no número de vagens por planta, a adubação e calagem a serem recomendadas nas maiores populações poderiam ser 1,5 vezes maiores. No caso da população de 100 mil plantas/ha (Pop 1), entretanto, a resposta à adubação foi quadrática (Figura 12), tendo-se estimado um ponto de máxima produção de vagens correspondente a 1,125 vezes a dose recomendada. Verifica-se, pois, que a exigência nutricional foi menor para atingir o máximo número de vagens/planta quando se utilizou a menor população de plantas, crescendo nas maiores populações. Isto mostra que o uso de populações mais baixas pelos pequenos agricultores, em solos pobres, tem uma lógica racional.

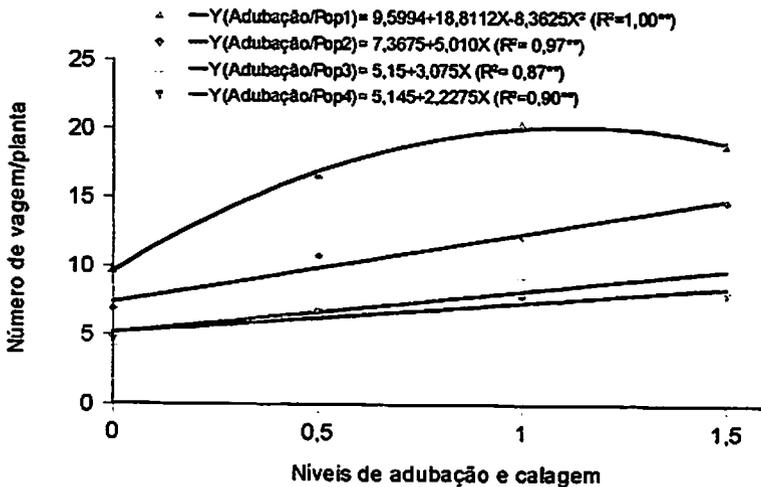


FIGURA 12 - Representação gráfica e equações de regressão do número de vagens/planta do feijoeiro em função de níveis de adubação e calagem. UFLA, Lavras - MG, águas 1998/99.

Dentro de um mesmo nível de adubação e calagem, o aumento da população de plantas reduziu o número de vagens produzidas pelo feijoeiro (Figura 13), ainda que com intensidades e modelos matemáticos diferentes.

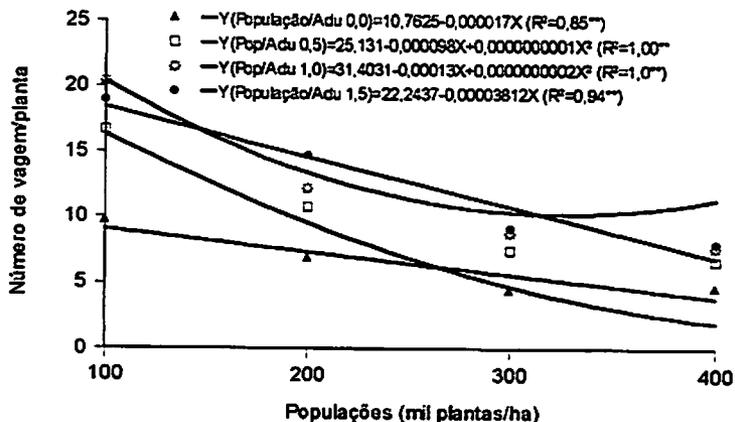


FIGURA 13 - Representação gráfica e equações de regressão do número de vagens/planta do feijoeiro em função de populações de planta. UFLA, Lavras - MG, águas 1998/99.

4.2.4 Número de grãos por vagem

Diferentemente dos dois primeiros ensaios (Figura 7), esta característica não foi influenciada pelas diferentes populações de plantas e também não diferiu entre as cultivares avaliadas, mas mostrou-se significativamente afetada pelos níveis de adubação e calagem (Tabelas 5 e 6).

A análise de regressão (Figura 14) revelou que o incremento dos níveis de adubação e calagem elevou linearmente o número de grãos por vagem. Deve ser mencionado, entretanto, que este aumento foi de pequena magnitude e que a equação que representa esta relação apresentou baixo grau de ajuste aos dados ($R^2 = 0,68$).

Vale ainda ressaltar que, neste ensaio, o número de grãos por vagem não foi influenciado pelas populações de plantas (Tabelas 5 e 6), mesmo com a maior amplitude dos tratamentos (100 a 400 mil plantas contra 120 a 300 mil plantas/ha nas safras anteriores) e com maior precisão experimental na estimativa desta característica (8,84% contra 14,40%).

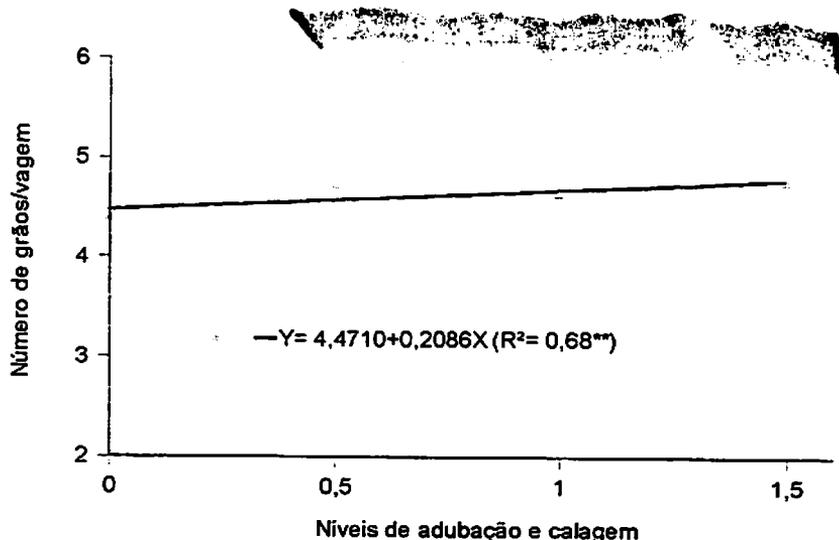


FIGURA 14 - Representação gráfica e equação de regressão do número de grãos/vagem do feijoeiro em função de níveis de adubação e calagem. UFLA, Lavras - MG, águas 1998/99.

4.2.5 Peso de cem grãos

Esta característica não se mostrou afetada significativamente pelas populações de plantas, embora tenha sido possível verificar certa tendência de decréscimo no peso de cem grãos com o aumento da população (Tabela 6). O relacionamento entre estas duas variáveis não tem sido consistente, mostrando-se significativo em algumas safras e não significativo em outras, conforme encontrou Valério (1998).

Conforme já mencionado (Tabela 5), entretanto, o peso de cem grãos foi influenciado significativamente pelas cultivares e pelos níveis de adubação e calagem.

A cultivar Pérola produziu grãos maiores que a Carioca, fato também observado por Valério (1998) em duas das três safras por ele estudadas.

À medida que aumentaram os níveis de adubação e calagem, houve aumento do peso de cem grãos, seguindo um modelo quadrático (Figura 15). De acordo com este modelo, um peso máximo de cem grãos seria obtido por volta do nível 1,0 de adubação e calagem, decrescendo suavemente a partir

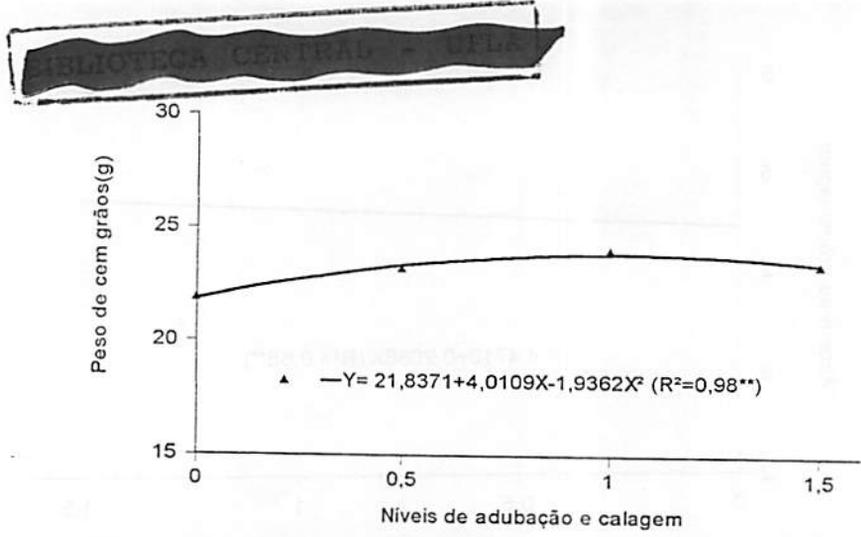


FIGURA 15 - Representação gráfica e equação de regressão do peso de cem grãos do feijoeiro em função de níveis de adubação e calagem. UFLA, Lavras - MG, águas 1998/99.

desse valor, provavelmente em função do contínuo aumento do número de vagens por planta (Figura 12). Em outras palavras, a partir do nível 1, o incremento da adubação e calagem continuaria aumentando o número de vagens por planta, mas não seria suficiente para continuar incrementando o peso dos grãos das vagens produzidas.

4.2.6 Rendimento de grãos

Analisando-se os dados da Tabela 6, verifica-se que o rendimento médio obtido nesta safra (1862 kg/ha) foi superior ao das águas 1997/98 e quase seis vezes superior ao da seca/98 (Tabela 3), igualando-se aos rendimentos médios normalmente observados na safra mineira de outono-inverno (Santos e Braga, 1998). Certamente, as boas condições climáticas (Figura 2), condicionando boa disponibilidade hídrica, contribuíram para isto.

As cultivares Pérola e Carioca apresentaram rendimentos médios que não diferiram significativamente (Tabelas 5 e 6). Aparentemente, a vantagem da cv. Carioca, quanto ao número de vagens por planta, foi compensada pelo maior peso do grão da cv. Pérola, levando à obtenção de produtividades semelhantes e, mais uma vez, confirmando a já mencionada

compensação existente entre os componentes do rendimento do feijoeiro (Fernandes, 1987).

Da mesma forma que nos ensaios anteriores (Tabela 3), o rendimento de grãos não foi influenciado significativamente pelas populações de plantas, mesmo em se tratando, no presente ensaio, de maior amplitude dos tratamentos, de 100 a 400 mil plantas. Ainda dentro deste intervalo, a compensação entre os componentes do rendimento mostrou-se presente, ou seja, neste intervalo de população, embora tenha ocorrido maior número de plantas (Tabela 6), estas produziram número decrescente de vagens (Tabela 6 e Figura 13), resultando em produtividades equivalentes.

Também de forma coerente com os primeiros ensaios deste estudo, o aumento dos níveis de adubação e calagem elevou de forma quadrática o rendimento de grãos (Figura 16). A análise de regressão revelou, ainda, que

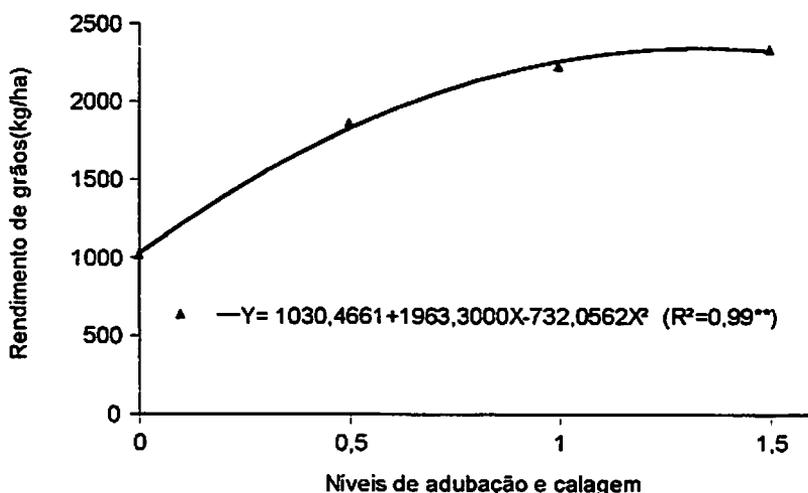


FIGURA 16 - Representação gráfica e equação de regressão do rendimento de grãos (kg/ha) do feijoeiro em função de níveis de adubação e calagem. UFLA, Lavras - MG, águas 1998/99.

a estratégia de se ampliar os níveis de adubação e calagem foi adequada, pois neste ensaio já foi possível detectar um ponto equivalente ao máximo rendimento de grãos, estimado com um nível de adubação e calagem equivalente a 1,34. Deve ser lembrado que na análise conjunta dos dois

primeiros ensaios, esta estimativa estaria fora do espaço experimental utilizado naquela oportunidade.

Este resultado relativo ao rendimento de grãos evidencia, ainda, que em casos de solos de baixa fertilidade natural, como o do presente ensaio, a adubação a ser recomendada para o feijoeiro no nível 2 de tecnologia (Vieira, 1998) poderia ser aumentada em pelo menos 30%, para que os máximos rendimentos fossem alcançados. A recomendação, entretanto, não poderá ser preconizada sem uma adequada análise do ponto de vista econômico.

4.2.7 Considerações de ordem econômica

Conforme já mencionado, à exceção do consumo de fertilizante mais calcário, os demais custos operacionais foram considerados comuns a todos os tratamentos.

Assumindo-se esta colocação, o custo efetivo por hectare, das doses de fertilizante mais calcário de cada tratamento do ensaio das águas 1998/99, é apresentado na Tabela 7, juntamente com a produção estimada, a renda bruta obtida, a margem bruta calculada e a diferença entre essa margem e a aquela referente à testemunha.

Em primeiro lugar, deve ser mencionado que, conforme a Figura 16, o ponto de máxima eficiência física, ou seja, a dose de insumos que provocou a máxima produção (dose 1,34), foi estimada em 2346,81 kg/ha e a renda bruta foi equivalente a R\$1095,18 por hectare (Tabela 7).

No que diz respeito à margem bruta, entretanto, verificou-se que o maior valor foi propiciado pela dose 1 (R\$782,14/ha), a qual superou aquela correspondente à dose 1,34 (R\$728,93/ha). Este resultado confirma que a máxima eficiência física (ou técnica) não corresponde à máxima eficiência econômica, com a qual se busca otimizar o uso de insumos, minimizando, ao mesmo tempo, os riscos de produção e comercialização.

Do ponto de vista econômico, portanto, apesar do maior rendimento

TABELA 7 – Custo efetivo das doses de fertilizantes mais calcário, produção estimada, renda e margem bruta e diferença de margem em relação à testemunha. Águas 1998/99.

Especificação	Doses de fertilizante mais calcário				
	0	0,5	1,0	1,34	1,5
Custo fertilizante + calcário (R\$/ha)*	0	136,66	273,32	366,25	409,98
Produção estimada (kg/ha)	1030,47	1829,10	2261,71	2346,81	2328,29
Renda bruta (R\$/ha)**	480,89	853,58	1055,46	1095,18	1086,53
Margem bruta (R\$/ha)	480,89	716,92	782,14	728,93	676,55
Diferença de margem em relação à testemunha (R\$/ha)	0	236,03	301,25	248,04	195,66

*Preços (R\$/kg) no mercado local de Lavras em fevereiro 2000 (sulfato de amônio: 0,30; superfosfato simples; 0,29; cloreto de potássio: 0,46 e calcário dolomítico: 0,022).

**Cotação do feijão em Lavras, fevereiro de 2000: R\$0,467/kg.

propiciado pela dose 1,34 vezes, a dose a ser oficialmente recomendada pela CFSEMG (dose 1,0) seria a mais adequada, indicando, pelo menos nas condições prevaletentes no presente estudo, uma margem bruta superior àquela correspondente a eficiência técnica.

4.2.8 Considerações finais

De uma maneira geral, verificou-se que o aumento dos níveis de adubação e calagem elevou a altura das plantas, o número de vagens por planta e o peso de cem grãos, resultando em maiores rendimentos de grãos, confirmando a importância dessas duas tecnologias para o aumento da produtividade da cultura em solos de baixa fertilidade. Embora os rendimentos máximos tenham sido alcançados com quantidades de calcário e fertilizantes equivalentes a 1,34 vezes a dose de referência utilizada, verificou-se que esta última (a dose 1) foi a que mais se aproximou da

máxima eficiência econômica, referendando, de certa forma, esta dose como adequada para recomendação aos agricultores.

À medida que se aumentou a população de feijoeiros, reduziu-se gradativamente a altura de plantas e o número de vagens por planta. Entretanto, no intervalo populacional estudado, o rendimento de grãos se manteve no mesmo patamar, evidenciando certa plasticidade (ou capacidade de compensação) da planta. De acordo com este resultado, o incremento da população não se revela uma boa estratégia em solos de baixa fertilidade, como o do presente trabalho, podendo-se preconizar, nestas situações, as populações normalmente recomendadas, em torno de 240 mil plantas/ha.

Merece destaque o fato de a altura de planta ter-se reduzido com o incremento da população, fato que contraria grande parte do que é encontrado na literatura. Como a maioria dos ensaios consultados foi conduzida em solos melhorados, é possível que a baixa fertilidade dos solos dos presentes ensaios tenha condicionado este efeito.

5 CONCLUSÕES

a) O incremento da população de feijoeiros reduziu a altura de planta e o número de vagens por planta, mas resultou em produtividades equivalentes, não se revelando estratégia adequada para a condução da cultura em solo de baixa fertilidade.

b) O incremento dos níveis de adubação e calagem elevou a altura de plantas e o número de vagens por planta, resultando em maiores produtividades.

c) Os rendimentos máximos foram obtidos com quantidades de calcário e fertilizantes correspondentes a 1,34 vezes a dose de referência empregada.

d) A máxima eficiência econômica foi obtida com quantidades destes insumos equivalentes às da dose de referência (20 kg de N, 80 kg de P_2O_5 e 30 kg de K_2O por hectare mais a necessidade de calcário (NC) calculada pelo método da saturação de bases).

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.
- AGUDELO, D.O.; HERNÁNDEZ, L.A.; BASTIDAS, R.G. Efecto de la densidad de población en el rendimiento y otros característicos 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. XLIII-XLVII, out. 1975. nota 10.
- 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. Clima e solo. In: VIEIRA, C.; PAULA JR., T.J.; BORÉM, A. *Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas*. Viçosa: Editora UFV, 1998. p83-97.
- 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. 97 p. (Mimeografado).

ANDRADE, M. J. B.; RAMALHO, M. A. P; ABREU, A.F.B. **Recomendações par a cultura do feijoeiro em Minas Gerais.** Lavras: ESAL, 1992. 12p. (Circular, 6).

ARF, O.; SÁ, M.E.; OKITA, C.S.; TIBA, M.A.; GUERREIRO NETO, G.; OGASSAWARA, O. Efeito de diferentes espaçamentos e densidades de semeadura sobre o desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** Brasília, v. 31, n. 9, p. 629-634, set. 1996.

ARF, O.; TOLEDO, A.R.M. de; BUZZETTI, S.; SÁ, M. E. de; FUJIWARA, R.H. Estudo de espaçamentos e densidades na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). II. Adubação em função da população de plantas. In: **REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA EM FEIJÃO, 3., 1990, Vitória. Anais...** Vitória: EMCAPA, 1990. 189p. (EMCAPA. Documentos, 62).

BANZATO, D. A.; KRONKA, S do N. **Experimentação agrícola, 2. ed.** Jaboticabal: FUNEP, 1992. 247p

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. 1, p. 73-75, Jan./Feb. 1977.

BERGER, P.G.; VIEIRA, C.; CHAGAS, J.M.; BRAGA, J.M.; CARDOSO, A.A. **Resposta da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) a adubação**

nitrogenada e fosfatada. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 30, n.169, p. 211-223, maio/jun. 1983.

BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V.; VIEIRA, C.; FONTES, L. A. N. Vinte ensaios de adubação N-P-K da cultura do feijão na Zona da Mata, Minas Gerais. *Revista Ceres*, Viçosa, 20, n.111, p. 370-380, set./out. 1973.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Normais Climatológicas 1961-1990. Brasília: MARA, 1992. 84p.

CÁRDENAS, R.F. La densidad de siembra influye en el rendimiento del frijol. *Agricultura Tecnica en Mexico*. Mexico, D. F., n. 12, p. 6-8, 1961.

CARVALHO, B.C.L.; VIEIRA, C. Ensaio sobre espaçamento de plantio de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) nas regiões de Irecê e Tucano, Estado da Bahia. *Revista Ceres*. Viçosa, v.19, n. 105, p.358-366, set./out. 1972.

CHAGAS, J.M. Plantio In: ZIMMERMANN, M. J. O. *Cultura do feijoeiro: fatores que afetam e produtividade*. Piracicaba. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. p.303-316.

COBUCCI, T. Efeito de doses e épocas de aplicação em cobertura do adubo nitrogenado no consórcio Milho-Feijão. Viçosa, MG.: UFV, Imprensa Universitária, 1991. 94p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DE GOIÁS. *Recomendações de corretivos e fertilizantes Goiás: 5ª aproximação*. Goiânia: UFG/ENGOPA, 1988. 101p. (Convênio Informativo Técnico, 1).

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. 176p.

DUARTE, R.A.; ADAMS, M.W. A poth coefficient analysis of some yield component interrelations in field beans (*Phaseolus vulgaris* L.) *Crop Science*, Madison, v.12, n. 4, p. 579-582, July/Aug. 1977.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Cultivares de feijão recomendadas para plantio no ano agrícola 1996/97.** Goiânia, 1997. 24p. (Informativo Anual das Comissões Técnicas Regionais de Feijão, 4)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Recomendações técnicas para a cultura de feijão com irrigação suplementar.** Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1982. 21p. (Circular Técnica, 12).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e conservação de solos. **Manual de métodos de análise.** Rio de Janeiro, 1979. n.p.

FAQUIN, V.; ANDRADE, C.A.B.; FURTINI NETO, A. E.; ANDRADE, A.T.; CURI, N. Resposta do feijoeiro à aplicação do calcário em solos de várzea do sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, v.22, n. 4, p. 651-660, out./dez. 1998.

- FARIA, R.T. Espaçamento e densidade. In.: IAPAR. **Cultura do feijão no estado do Paraná**. Londrina, 1980. p.25-26. (Circular Técnica, 18).
- FARIA, R. T.; KRANZ, W.M. Determinação de espaçamentos e densidades adequadas para as cultivares de diferentes portes. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA EM FEIJÃO, 1., 1982, Goiânia. **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, MG: ESAL, 1987. 73p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).
- FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. Etapas de desarrollo en la planta de frijol. In: LÓPEZ, M.; FERNANDEZ, F.; SCHOOWHOVEN, A.V. **Frijol, investigación y producción**. Colombia: CIAT, 1985. p. 61-80.
- GUAZZELI, R. J.; MIYASAKA, S. Práticas agrícolas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FEIJÃO, 1., 1971, Campinas. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 1972. p. 245-272.
- KAMPRATH, E. J. Lime in relation to Al toxicity in tropical soils. In: ANDREW, C. S.; KAMPRATH, R.J.(eds.). **Mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils**. Austrália: CSIRO, 1978. p. 233-245.
- KLUTHCOUSKI, J. **Requerimentos nutricionais do feijoeiro**. Goiânia: EMBRAPA - CNPAF, 1984. 41p.

- 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 components in two determinate cultivars of *Phaseolus vulgaris* L. *savi*. **Journal of Agricultural Science**. Cambridge, v. 79, n.1/3, p. 259-267, Feb./June 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.
- LIMA, A. A. Resposta de variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) a espaçamentos e níveis de adubação. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 1982. 57p. (Tese M.S.).
- MALAVOLTA, E. Nutrição e adubação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FEIJÃO, 1., 1971, Campinas. **Anais...** Viçosa, MG.: UFV, 1972. p. 211-242.
- MASCARENHAS, H.A.A.; IGUE, T.; ALVES, S.; VEIGA, A.A. Espaçamento para o feijão Goiano Precoce. **Bragantia**, Campinas, v. 25, n. 41, p. LI-LIII, out. 1966. nota 11.
- MORAES, J. F. V. Calagem e adubação. In: ZIMMERMANN, M. J. (ed.) **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam e produtividade**. Piracicaba:

Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. p.261-301.

MIYASAKA, S.; FREIRE, E. S.; ALVES, S.; ROCHA, T. R. Adubação mineral do feijoeiro. III - Efeitos de N, P, K, da calagem e de uma mistura de enxofre e micronutrientes, em solo de massapê-salmourão. *Bragantia*, Campinas, v. 25, n. 15, p.179-188, ago. 1966.

OLIVEIRA, I.P.; ARAÚJO, R.S.; DUTRA, L. G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. 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. 169-221.

PACHÊCO, R. G. Efeitos de espaçamento e adubação sobre dois cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) Viçosa, MG: UFV, 1993. 64p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).

RAIJ, B. van. *Avaliação da fertilidade do solo*. Piracicaba: Potafós, 1981. 142p.

ROSOLEM, C.A. Calagem e adubação mineral. . 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. 353-385.

SANTA CECÍLIA, F. C.; RAMALHO, M. A. P.; SILVA, C. C. Efeitos da adubação N, P, K na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), na Zona Sul de Minas Gerais. *Agros, Lavras*, v. 4, n. 2, p. 3-10, 1974.

- SANTOS, M.L.; BRAGA, M.J. Aspectos econômicos. In: VIEIRA, C.; PAULA JR., T.J.; BORÉM, A. (eds). **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais**. Viçosa, MG.: UFV, 1998. p. 19-53.
- SARTORATO, A.; RAVA, C.A. **Principais doenças do feijoeiro comum e seu controle**. Brasília: EMBRAPA/CNPAP, 1994. 300p.
- SHOEMAKER, H.E.; McLEAN, E.O.; PRATT, P. F. Buffer methods for determining lime requirements of soils with appreciable amounts of extractable aluminum. *Soil Science Society of America Proceedings*. Madison, v. 25, n. 4, p. 274-277, July/Aug. 1961.
- SILVA, C.C. Estabelecimento da cultura. 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. 417-432.
- SILVA, D. B. **Efeitos de populações de plantas, adubação e variedades sobre a produtividade do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Lavras, MG: ESAL, 1985. 48p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).
- SILVEIRA, P.M.; DAMASCENO, M.A. Estudo de doses e parcelamento de K e de doses de N na cultura do feijão irrigado. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4., 1993, Londrina. **Resumos....** Londrina: IAPAR, 1993. p. 161
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Redwood City: The Benjamin/Cummings, 1991, 565p. Growth and tropisms, p. 407-412.

- TEIXEIRA, I.R. Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola) submetido a diferentes densidades de semeadura e níveis de adubação nitrogenada. Lavras, MG: UFLA, 1998. 67p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).**
- VALE, L.S.R. Doses de calcário, desenvolvimento da planta, componentes de produção, produtividade de grãos e absorção de nutrientes de dois cultivares de feijão. Botucatu, SP: UNESP, 1994. 71p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).**
- VALÉRIO, C.R.; ANDRADE, M. J. B.; FERREIRA, D.F. Comportamento das cultivares de feijão Aporé, Carioca e Pérola em diferentes populações de plantas e espaçamento entre linhas. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.23, n. 3, p. 515-528, jul./set. 1999.**
- VETTORI, L. Métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Ministério da agricultura, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7).**
- VIEIRA, C. Adubação mineral e calagem. In: VIEIRA, C.; PAULA, JR., T.J.; BORÉM, A. (eds). Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais. Viçosa: UFV, 1998. p. 123-151.**
- VIEIRA, C. Cultura do feijão. Viçosa: UFV, 1978. 146p.**
- 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.44-53, maio/jun. 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, jul./ago. 1965
- VIEIRA, C.; GOMES, F.R. Ensaios de adubação química do feijoeiro. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 11, p. 253-264, 1961.
- VIEIRA, A. M.; SOUZA, A. B.; FASIABEN, M.C.R.; MAN YU, C.; MIRANDA, M.; MARCHIORO, N.P.X; RODRIGUES, A.S.; MACHADO, M.L.S. Caracterização dos sistemas de produção agrícolas predominantes na região Centro-Sul do Paraná. Ponta Grossa: IAPAR/Polo, 1988. 327p. (Mimeografado)
- VIEIRA, A. M.; SOUZA, A. B. de; MORETTO, A. C.; UBUCATA, I. F.; TORNERO, M. T. Caracterização do quadro agrícola do município de Rio Azul, PR. Diagnóstico preliminar voltado ao direcionamento das ações da pesquisa agrícola em sistemas integrados de produção. Londrina: IAPAR, 1987. 103p
- VILLAMIL LUCAS, J.M. Influência da densidade de população sobre a produção em variedades de feijão vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) de porte baixo. Piracicaba, SP: ESALQ, 1987. 69p. (Dissertação – Mestrado em Fitotecnia).
- WHITE, J.W.; IZQUIERDO, J. Physiology of yield potential and stress tolerance. In: SCHOONHOVEN, A. van; VOYSEST, O. *Common beans: research for crop improvement*. Melkshan, UK: CAB International, 1991.

LISTA DE ANEXOS

Tabela		Página
1A	Resumo análise de variância da regressão de estande final em função da população nas duas safras. UFLA, Lavras-MG, 1997/98. (Análise conjunta)	63
2A	Resumo da análise de variância de regressão da altura de planta em função de populações de plantas nas duas safras. UFLA, Lavras-MG, 1997/98 (Análise conjunta).....	63
3A.	Resumo análise de variância da regressão de altura de planta em função dos níveis de adubação e calagem nas duas safras. UFLA, Lavras-MG, 1997/98. (Análise conjunta)	63
4A	Resumo análise de variância regressão do número de vagens/planta em função dos níveis de adubação nas duas safras. UFLA, Lavras-MG, 1997/98 (Análise conjunta)	64
5A	Resumo análise de variância de regressão do número de vagens/planta em função de populações de plantas nas duas safras. UFLA, Lavras-MG, 1997/98 (Análise conjunta)	64
6A	Resumo da análise de variância de regressão do número de grãos/vagem em função de níveis de adubações e calagem nas duas safras. UFLA, Lavras-MG, 1997/98 (Análise conjunta) ..	64
7A	Resumo da análise de variância de regressão do número de grãos/vagem em função de populações de plantas nas duas safras. UFLA, Lavras-MG, 1997/98 (Análise conjunta)	64
8A	Resumo da análise de variância de regressão do peso de cem grãos em função de níveis de adubação e calagem nas duas	

	safras. UFLA, Lavras-MG, 1997/98 (Análise conjunta)	65
9A	Resumo da análise de variância de regressão do peso de cem grãos em função de populações de plantas nas duas safras. UFLA, Lavras-MG, 1997/98 (Análise conjunta)	65
10A	Resumo análise de variância regressão do rendimento de grãos em função dos níveis de adubação e calagem nas duas safras. UFLA, Lavras-MG, 1997/98 (Análise conjunta)	65
11A	Resumo da análise de variância da regressão de estande final em função de níveis de adubação e calagem. UFLA, Lavras-MG, 1998/99. (Safrá das águas)	65
12A	Resumo da análise de variância da regressão de estande final em função da população. UFLA, Lavras-MG, 1998/99. (Safrá das águas)	66
13A	Resumo da análise de variância da regressão da altura de planta em função de níveis de adubação e calagem. UFLA, Lavras-MG, 1998/99 (Safrá das águas)	66
14A	Resumo da análise de variância da regressão da altura de planta em função da população de plantas. UFLA, Lavras-MG, 1998/99 (Safrá das águas)	66
15A	Resumo da análise de variância da regressão do número de vagens/planta em função de níveis de adubação e calagem dentro da população de plantas. UFLA, Lavras-MG, 1998/99. (Safrá das águas)	67
16A	Resumo da análise de variância da regressão do número de vagens/planta em função de população de plantas dentro de níveis de adubação e calagem. UFLA, Lavras-MG, 1998/99	

	(Safrá das águas)	67
17A	Resumo da análise de variância da regressão do número de grãos/vagem em função de níveis de adubação e calagem. UFLA, Lavras-MG, 1998/99. (Safrá das águas)	68
18A	Resumo da análise de variância da regressão do número de grãos/vagem em função da população de plantas. UFLA, Lavras-MG, 1998/99 (Safrá das águas)	68
19A	Resumo da análise de variância da regressão do peso de cem grãos em função de níveis de adubação e calagem. UFLA, Lavras-MG, 1998/99. (Safrá das águas)	68
20A	Resumo da análise de variância da regressão do peso de cem grãos em função da população de plantas. UFLA, Lavras-MG, 1998/99 (Safrá das águas)	68
21A	Resumo da análise de variância da regressão de produtividade em função de níveis de adubação e calagem. UFLA, Lavras-MG, 1998/99. (Safrá das águas)	69
22A	Resumo da análise de variância da regressão de produtividade em função da população de plantas. UFLA, Lavras-MG, 1998/99 (Safrá das águas).....	69

ANEXOS

Tabela 1A – Resumo análise de variância da regressão de estande final em função da população nas duas safras. UFLA, Lavras-MG, 1997/98. (Análise conjunta)

Causas de Variação	GL	QM	Equação	R ²
Águas				
Regressão linear	1	60445,01**	$Y = 2,39 + 0,0004**X$	99,79
Regressão quadrática	1	20,25	$Y = - 3,80 + 0,0005X - 0,0000000002X^2$	99,82
Desvio de regressão	1	105,80		
Resíduo	90	93,11		
Seca				
Regressão linear	1	44793,11**	$Y = 6,09 + 0,0004**X$	99,68
Regressão quadrática	1	72,25	$Y = 17,77 + 0,0003X + 0,0000000003X^2$	99,84
Desvio de regressão	1	72,20		
Resíduo	90	93,11		

Tabela 2A – Resumo da análise de variância de regressão da altura de planta em função de populações de plantas nas duas safras. UFLA, Lavras-MG, 1997/98 (Análise conjunta)

Causas de Variação	GL	QM	Equação	R ²
Regressão linear	1	1579,73**	$Y = 92,08** - 0,00005**X$	84,60
Regr. Quadrática	1	151,16	$Y = 104,03** - 0,0002*X + 0,0000000003X^2$	92,69
Desvio de regressão	1	136,44		
Resíduo	90	125,96		

Tabela 3A – Resumo análise de variância da regressão de altura de planta em função dos níveis de adubação e calagem nas duas safras. UFLA, Lavras-MG, 1997/98. (Análise conjunta)

Causas de Variação	GL	QM	Equação	R ²
Águas				
Regressão linear	1	424,98	$Y = 89,00 + 6,91X$	61,78
Regressão quadrática	1	125,72	$Y = - 87,60 + 19,53X - 12,62X^2$	80,06
Desvio de regressão	1	137,18		
Resíduo	90	125,96		
Seca				
Regressão linear	1	6288,27**	$Y = 56,41** + 26,59**X$	93,61
Regressão quadrática	1	395,01	$Y = 53,93 + 48,96X - 22,37X^2$	99,49
Desvio de regressão	1	34,49		
Resíduo	90	125,96		

Tabela 4A – Resumo análise de variância regressão do número de vagens/planta em função dos níveis de adubação nas duas safras. UFLA, Lavras-MG, 1997/98 (Análise conjunta)

Causas de Variação	GL	QM	Equação	R ²
Regressão linear	1	175,24**	$Y = 5,88^{**} + 3,14^{**}X$	98,81
Regressão quadrática	1	2,02	$Y = 5,75 + 4,27X - 1,13 X^2$	99,95
Desvio de regressão	1	0,09		
Resíduo	90	5,78		

Tabela 5A – Resumo análise de variância de regressão do número de vagens/planta em função de populações de plantas nas duas safras. UFLA, Lavras-MG, 1997/98 (Análise conjunta)

Causas de Variação	GL	QM	Equação	R ²
Regressão linear	1	342,66**	$Y = 12,57^{**} - 0,00002^{**}X$	95,08
Regressão quadrática	1	15,61	$Y = 16,41 - 0,000065X + 0,0000000001X^2$	99,41
Desvio de regressão	1	2,13		
Resíduo	90	5,78		

Tabela 6A – Resumo da análise de variância de regressão do número de grãos/vagem em função de níveis de adubações e calagem nas duas safras. UFLA, Lavras-MG, 1997/98 (Análise conjunta)

Causas de Variação	GL	QM	Equação	R ²
Regressão linear	1	0,03	$Y = 3,03 + 0,04X$	15,22
Regressão quadrática	1	0,18	$Y = 2,99 + 0,38X - 0,34X^2$	97,98
Desvio de regressão	1	0,004		
Resíduo	90	0,19		

Tabela 7A – Resumo da análise de variância de regressão do número de grãos/vagem em função de populações de plantas nas duas safras. UFLA, Lavras-MG, 1997/98.(Análise conjunta)

Causas de Variação	GL	QM	Equação	R ²
Regressão linear	1	0,65	$Y = 3,28^* - 0,000001X$	30,25
Regressão quadrática	1	1,33*	$Y = 4,40^{**} - 0,00001^{**}X - 0,0000000001^*X^2$	92,15
Desvio de regressão	1	0,17		
Resíduo	90	0,19		

Tabela 8A – Resumo da análise de variância de regressão do peso de cem grãos em função de níveis de adubação e calagem nas duas safras. UFLA, Lavras-MG, 1997/98 (Análise conjunta)

Causas de Variação	GL	QM	Equação	R ²
Regressão linear	1	30,91*	$Y = 23,52^{**} + 1,32^{*}X$	66,80
Regressão quadrática	1	0,32	$Y = 23,47 + 1,77X - 0,45X^2$	67,49
Desvio de regressão	1	15,04		
Resíduo	90	5,38		

Tabela 9A – Resumo da análise de variância de regressão do peso de cem grãos em função de populações de plantas nas duas safras. UFLA, Lavras-MG, 1997/98 (Análise conjunta)

Causas de Variação	GL	QM	Equação	R ²
Regressão linear	1	13,18	$Y = 25,18 - 0,000005X$	70,12
Regressão quadrática	1	5,59	$Y = 22,88 + 0,00002X - 0,0000000001X^2$	99,89
Desvio de regressão	1	0,02		
Resíduo	90	5,38		

Tabela 10A – Resumo análise de variância regressão do rendimento de grãos em função dos níveis de adubação e calagem nas duas safras. UFLA, Lavras-MG, 1997/98 (Análise conjunta)

Causas de Variação	GL	QM	Equação	R ²
Águas				
Regressão linear	1	11657412,09**	$Y = 891,85^{**} + 1144,96^{**}X$	95,77
Regressão quadrática	1	507555,44**	$Y = 802,79^{**} + 1946,84^{**}X - 801,88^{**}X^2$	99,94
Desvio de regressão	1	7307,00		
Resíduo	90	39507,96		
Seca				
Regressão linear	1	32233,81	$Y = 290,11^{**} + 60,21X$	63,76
Regr. quadrática	1	1508,35	$Y = 294,97^{**} + 16,49X + 43,71X^2$	66,75
Desvio de regressão	1	16810,53		
Resíduo	90	39507,96		

Tabela 11A – Resumo da análise de variância da regressão de estande final em função de níveis de adubação e calagem. UFLA, Lavras-MG, 1998/99. (Safrá das águas)

Causas de Variação	GL	QM	Equação	R ²
Regressão linear	1	213,91	$Y = 118,89^{**} + 2,31X$	97,98
Regressão quadrática	1	3,78	$Y = 119,06^{**} + 1,28X - 0,69X^2$	99,71
Desvio de regressão	1	0,62		
Resíduo	93	54,49		

Tabela 12A – Resumo da análise de variância da regressão de estande final em função da população. UFLA, Lavras-MG, 1998/99. (Safrá das águas)

Causas de Variação	GL	QM	Equação	R ²
Regressão linear	1	357871,81**	$Y = 2,39 + 0,0005**X$	100,0
Regressão quadrática	1	6,12	$Y = -3,48 + 0,0005**X + 0,0000000001X^2$	100,0
Desvio de regressão	1	0,51		
Resíduo	93	54,49		

Tabela 13A – Resumo da análise de variância da regressão da altura de planta em função de níveis de adubação e calagem. UFLA, Lavras-MG, 1998/99 (Safrá das águas).

Causas de Variação	GL	QM	Equação	R ²
Regressão linear	1	12206,29**	$Y = 62,76** + 17,47**X$	85,02
Regressão quadrática	1	2150,04**	$Y = 58,66** + 42,06**X - 16,39X^2$	99,99
Desvio de regressão	1	1,22		
Resíduo	93	216,66		

Tabela 14A – Resumo da análise de variância da regressão da altura de planta em função da população de plantas. UFLA, Lavras-MG, 1998/99 (Safrá das águas).

Causas de Variação	GL	QM	Equação	R ²
Regressão linear	1	2778,89**	$Y = 86,28** - 0,00004**X$	94,45
Regressão quadrática	1	162,90	$Y = 91,92 - 0,0001X + 0,0000000001X^2$	99,98
Desvio de regressão	1	0,46		
Resíduo	93	216,66		

Tabela 15A - Resumo da análise de variância da regressão do número de vagens/planta em função de níveis de adubação e calagem dentro da população de plantas. UFLA, Lavras-MG, 1998/99. (Safrá das águas)

Causas de Variação	GL	QM	Equação	R ²
100000 plantas/ha				
Regressão linear	1	392,81**	$Y = 11,69^{**} + 6,27^{**}X$	73,57
Regressão quadrática	1	139,86**	$Y = 9,60^{**} + 18,81^{**}X - 8,36^{**}X^2$	99,77
Desvio de regressão	1	1,24		
Resíduo	93	5,76		
200000 plantas/ha				
Regressão linear	1	251,00**	$Y = 7,37^{**} + 5,01^{**}X$	96,70
Regressão quadrática	1	3,38	$Y = 7,04^{**} + 6,96^{**}X - 1,3X^2$	98,00
Desvio de regressão	1	5,18		
Resíduo	93	5,76		
300000 plantas/ha				
Regressão linear	1	94,56**	$Y = 5,15^{**} + 3,07^{**}X$	86,73
Regressão quadrática	1	14,31	$Y = 4,48 + 7,09X - 2,67X^2$	99,86
Desvio de regressão	1	0,16		
Resíduo	93	5,76		
400000 plantas/ha				
Regressão linear	1	49,62**	$Y = 5,14^{**} + 2,23^{**}X$	89,67
Regressão quadrática	1	5,69	$Y = 4,72 + 4,76X - 1,69X^2$	99,97
Desvio de regressão	1	0,02		
Resíduo	93	5,76		

Tabela 16A - Resumo da análise de variância da regressão do número de vagens/planta em função de população de plantas dentro de níveis de adubação e calagem. UFLA, Lavras-MG, 1998/99 (Safrá das águas).

Causas de Variação	GL	QM	Equação	R ²
0				
Regressão linear	1	120,23**	$Y = 10,76^{**} - 0,00002^{**}X$	85,06
Regressão quadrática	1	19,06	$Y = 14,62 - 0,00005 + 0,0000000001X^2$	98,55
Desvio de regressão	1	2,05		
Resíduo	93	5,76		
0,5				
Regressão linear	1	438,24**	$Y = 18,66^{**} + 0,00003^{**}X$	89,11
Regressão quadrática	1	53,56*	$Y = 25,13^{**} - 0,0001^{**}X + 0,0000000001^{**}X^2$	100,0
Desvio de regressão	1	0,02		
Resíduo	93	5,76		
1,0				
Regressão linear	1	672,81**	$Y = 5,15^{**} + 3,07^{**}X$	86,66
Regressão quadrática	1	101,17**	$Y = 31,40^{**} - 0,0001^{**}X - 0,0000000002^{**}X^2$	99,69
Desvio de regressão	1	2,42		
Resíduo	93	5,76		
1,5				
Regressão linear	1	581,41**	$Y = 22,24^{**} + 0,00004^{**}X$	94,48
Regressão quadrática	1	19,53	$Y = 26,15 - 0,00008X - 0,0000000001X^2$	97,66
Desvio de regressão	1	14,40		
Resíduo	93	5,76		

Tabela 17A – Resumo da análise de variância da regressão do número de grãos/vagem em função de níveis de adubação e calagem. UFLA, Lavras-MG, 1998/99. (Safrá das águas)

Causas de Variação	GL	QM	Equação	R ²
Regressão linear	1	1,74**	$Y = 4,47^{**} + 0,21^{**}X$	68,00
Regressão quadrática	1	0,33	$Y = 4,42 + 0,51X - 0,20X^2$	80,97
Desvio de regressão	1	0,49		
Resíduo	93	0,17		

Tabela 18A – Resumo da análise de variância da regressão do número de grãos/vagem em função da população de plantas. UFLA, Lavras-MG, 1998/99 (Safrá das águas).

Causas de Variação	GL	QM	Equação	R ²
Regressão linear	1	0,80	$Y = 4,80 - 0,01X$	99,37
Regressão quadrática	1	0,005	$Y = 4,83 - 0,02X + 0,0002X^2$	99,96
Desvio de regressão	1	0,0003		
Resíduo	93	0,17		

Tabela 19A – Resumo da análise de variância da regressão do peso de cem grãos em função de níveis de adubação e calagem. UFLA, Lavras-MG, 1998/99. (Safrá das águas)

Causas de Variação	GL	QM	Equação	R ²
Regressão linear	1	48,97**	$Y = 22,32^{**} + 1,11^{**}X$	60,95
Regressão quadrática	1	29,99**	$Y = 21,84^{**} + 4,01^{**}X - 1,94^{**}X^2$	98,27
Desvio de regressão	1	1,39		
Resíduo	93	1,75		

Tabela 20A – Resumo da análise de variância da regressão do peso de cem grãos em função da população de plantas. UFLA, Lavras-MG, 1998/99 (Safrá das águas).

Causas de Variação	GL	QM	Equação	R ²
Regressão linear	1	5,82	$Y = 23,63 - 0,04X$	98,86
Regressão quadrática	1	0,06	$Y = 23,73 - 0,06X + 0,0008X^2$	99,82
Desvio de regressão	1	0,01		
Resíduo	93	1,75		

Tabela 21A – Resumo da análise de variância da regressão de produtividade em função de níveis de adubação e calagem. UFLA, Lavras-MG, 1998/99. (Safrá das águas)

Causas de Variação	GL	QM	Equação	R ²
Regressão linear	1	29943923,11**	$Y = 1213,48^{**} + 865,21^{**}X$	87,27
Regressão quadrática	1	4287250,82**	$Y = 1030,47^{**} + 1963,30^{**}X - 732,06^{**}X^2$	99,77
Desvio de regressão	1	79907,95		
Resíduo	93	132414,96		

Tabela 22A – Resumo da análise de variância da regressão de produtividade em função da população de plantas. UFLA, Lavras-MG, 1998/99 (Safrá das águas)

Causas de Variação	GL	QM	Equação	R ²
Regressão linear	1	34927,51	$Y = 1899,33^{**} - 2,95X$	5,95
Regressão quadrática	1	57866,32	$Y = 2005,64^{**} - 24,22X + 0,85X^2$	15,92
Desvio de regressão	1	489984,79		
Resíduo	93	132414,96		