

MARIÂNGELA DE MORAES MESSIAS SOUSA

APLICAÇÃO DE UREIA POR FERTIRRIGAÇÃO E VIA
FOLIAR NA CULTURA DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.)

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura de Lavras, como parte das exigências
do Curso de Mestrado em Agronomia, área de con-
centração em Fitotecnia, para a obtenção do título
de «Mestre».

Orientador:

Prof. MESSIAS JOSÉ BASTOS DE ANDRADE



LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

1994

MARIANGELA DE MORAES MESSIAS SOUSA
APLICAÇÃO DE URÉIA POR FERTIRRIGAÇÃO E VIA FOLIAR NA CULTURA DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.)
Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da ESAL

Sousa, Mariangela de Moraes Messias.

Aplicação de uréia por fertirrigação e via foliar na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) / Mariangela de Moraes Messias Sousa. -- Lavras : ESAL, 1994.

60 p. : il.

Orientador: Messias José Bastos de Andrade

Dissertação (Mestrado): Escola Superior de Agricultura de Lavras.

Bibliografia.

1. Adubação foliar - Feijão. 2. Feijão - Adubação foliar. 3. Feijão - Fertirrigação. 4. Fertirrigação - Feijão. 5. Uréia - Feijão - Efeito. I. Escola Superior de Agricultura de Lavras. II. Título.

CDD-631.81

-635.65213

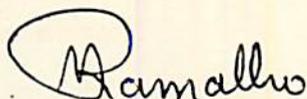
-635.652891

MARIANGELA DE MORAES MESSIAS SOUSA

**APLICAÇÃO DE URÉIA POR FERTIRRIGAÇÃO E
VIA FOLIAR NA CULTURA DO FEIJOEIRO
(*Phaseolus vulgaris* L.)**

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para obtenção do título de "Mestre".

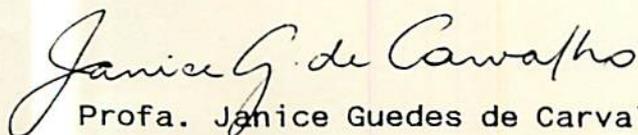
APROVADA em 27 de maio de 1994



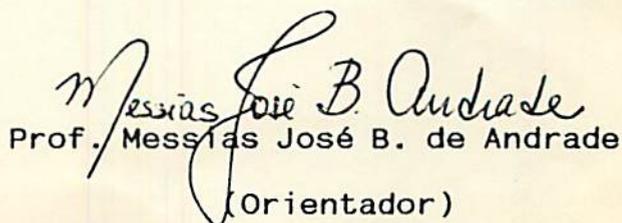
Prof. Magno Antonio P. Ramalho



Prof. Antonio Marciano da Silva



Profa. Janice Guedes de Carvalho



Prof. Messias José B. de Andrade
(Orientador)

O Senhor é meu pastor, nada me faltará.

(Salmo 23)

Ao

meu esposo, João,

que com amor e compreensão me
auxiliou nas horas difíceis;

Aos

meus pais, Sidinei e Maria José, e
irmãos, Marthan, Ubirathan e Rosângela,

que sempre ofereceram carinho,
apoio e incentivo no decorrer da
minha vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura de Lavras, especialmente ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade de realizar o curso de mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Messias José Bastos de Andrade, pela orientação, disponibilidade e amizade durante o curso.

Ao professor Antônio Marciano da Silva, pela amizade, disponibilidade e orientação na condução do experimento.

Ao professor Magno Antônio Patto Ramalho, pela concessão da área para implantação do experimento, orientação, disponibilidade e amizade.

À professora Janice Guedes de Carvalho, pelas contribuições.

Agradecimento especial ao estudante de Agronomia Hamilton Kikuti e ao estudante de Engenharia Agrícola José Luiz F. de Rezende pelo acompanhamento durante a montagem do experimento e coleta de dados.

A Gilmar Veira, Patrícia H. Turco e Silvia H. Turco pela amizade, carinho e incentivo.

A Denise Garcia Santana e Daniel Furtado Ferreira pela amizade e valiosas contribuições nas análises estatísticas.

Aos colegas de pós-graduação Alcides Militão, Eduardo Bearzoti, Geovana, José Pereira, Kênia Rodrigues, Luis H. Leite, Marcelo Nascimento, Maria Ruth, Silvia M. Sousa, Sérgio Toledo, Sebastião Medeiros, Valéria Faleiro e Valéria Momenté, pelo convívio e amizade.

Às amigas Karin Bezerra, Cláudia e Maria Rosa Medeiros, pela amizade e convivência.

Ao funcionário Osvaldo F. de Carvalho, do Laboratório de Hidráulica, pelo auxílio na implantação do experimento.

Ao Laboratório de Fisiologia Vegetal, do Departamento de Biologia, ESAL.

À Gabriela, pelas contribuições nos serviços de digitação.

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

A todos aqueles que contribuíram de algum modo para o êxito deste trabalho.

BIOGRAFIA

MARIANGELA DE MORAES MESSIAS SOUSA, filha de Sidinei Messias e Maria José de Moraes Messias, nasceu a 23 de julho de 1962 em Volta Redonda, Rio de Janeiro.

Concluiu o curso de Engenharia Agrícola na Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL, em julho de 1990.

De setembro de 1990 à agosto de 1991, realizou aperfeiçoamento tipo B, com bolsa concedida pelo CNPq, no Departamento de Engenharia Agrícola, da Escola Superior de Agricultura de Lavras.

Em outubro de 1991, iniciou o mestrado na Escola Superior de Agricultura de Lavras, na área de Fitotecnia, concluindo em maio de 1994.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	x
SUMMARY	xiii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Nitrogênio no solo	4
2.2 Nitrogênio na planta	6
2.3 Resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada conven- cional	8
2.4 Adubação nitrogenada foliar	10
2.5 Adubação nitrogenada e fertirrigação	14
3 MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 Experimentos com fertirrigação	18
3.2 Experimento com adubação foliar	23
3.3 Características avaliadas e análise estatística	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1 Experimentos com fertirrigação	27
4.2 Experimento com adubação foliar	39
5 CONCLUSÕES	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Características químicas de amostra do solo utilizado. ESAL, Lavras-MG, 1992	19
2	Número de aplicações foliares empregado para cada tratamento no ensaio com adubação foliar. ESAL, Lavras-MG, 1992	24
3	Resumo da análise de variância conjunta dos dados relativos às características avaliadas nos experimentos com fertirrigação. ESAL, Lavras-MG, 1992	28
4	Quantidades médias de N amoniacal (kg/ha) aplicado, em função das doses de nitrogênio (fonte uréia) e posições das parcelas a partir da linha de fertirrigação. ESAL, Lavras-MG, 1992	30
5	Valores médios da produção total (kg/ha) (grão + palha) da linhagem de feijão ESAL-580 em função da dose de nitrogênio e posições das parcelas a partir da linha de fertirrigação. ESAL, Lavras-MG, 1992	32
6	Produtividade média de grãos (kg/ha) da linhagem de feijão ESAL-580 em função das doses de nitrogênio e posições das parcelas a partir da linha de fertirrigação. ESAL, Lavras-MG, 1992	36

Tabela

Página

7	Valores médios dos componentes do rendimento e índice de colheita obtidos com a linhagem de feijão ESAL-580 em função das doses de nitrogênio (fonte uréia) e posições das parcelas a partir da linha de fertirrigação. ESAL, Lavras-MG, 1992	39
8	Descrição dos sintomas de fitotoxicidade observados nas plantas de feijão (linhagem ESAL-580), 24 horas após aplicação de uréia via foliar em diferentes concentrações da calda fertilizante. ESAL, Lavras-MG, 1992	41
9	Resumo da análise de variância dos dados relativos às características avaliadas no experimento de adubação foliar. ESAL, Lavras-MG, 1992	42
10	Valores médios da produção total (grãos + palha), produtividade de grãos, componentes do rendimento e índice de colheita obtidos com a linhagem ESAL-580 em função das diferentes concentrações de uréia via foliar. ESAL, Lavras-MG, 1992	43

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Variação diária da precipitação pluvial (mm), da umidade relativa (%) e da temperatura média (°C). ESAL, Lavras-MG, 1992	20
2	Diagrama esquemático do experimento de fertirrigação, com detalhes do bloco e da parcela experimental. ESAL, Lavras-MG, 1992	21
3	Aplicador portátil de produtos químicos via água de irrigação (Costa e Brito 1988)	22
4	Equação de regressão entre doses de nitrogênio (kg/ha) e quantidade de nitrogênio aplicado (kg/ha). ESAL, Lavras-MG, 1992	31
5	Equação de regressão entre doses de nitrogênio (kg/ha) e a produção total (kg/ha). ESAL, Lavras-MG, 1992	34
6	Equação de regressão entre doses de nitrogênio (kg/ha) e a produtividade de grãos (kg/ha) ESAL, Lavras-MG, 1992	37

RESUMO

SOUSA, Mariangela de Moraes Messias. Aplicação de uréia por fertirrigação e via foliar na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado. Lavras, ESAL, 1994. 60p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).*

O presente trabalho foi conduzido no período de outubro de 1991 a janeiro de 1992, em solo sob vegetação de cerrado classificado como Latossolo Roxo distrófico, no campus da Escola Superior de Agricultura de Lavras, MG. Foram realizados três experimentos com fertirrigação e um com adubação foliar, utilizando a linhagem ESAL-580 e, como adubação de plantio, 400 kg do fertilizante formulado 4-14-8 por hectare. As características avaliadas foram produção total (grãos + palha), produtividade de grãos, número de vagens por planta, número de sementes por vagem, peso médio de cem sementes e índice de colheita.

Os experimentos de fertirrigação tiveram a finalidade de avaliar a viabilidade de aplicação, o efeito de doses e a uniformidade de aplicação de uréia. Em delineamento experimental de blocos casualizados, cada um dos três experimentos empregou uma dose (8,81; 17,62 ou 26,43 kg N/ha) parcelada em quatro aplicações e estudou o efeito de seis posições das parcelas a partir da linha de fertirrigação (1, 2, 3, 4, 5 e 6 m). Os resultados mostraram

* Orientador: Messias José Bastos de Andrade. Membros da Banca: Magno Antonio P. Ramalho, Antonio Marciano da Silva e Janice Guedes de Carvalho.

que as diferentes doses de nitrogênio, além da quantidade aplicada do nutriente, afetaram significativamente a produção total (grãos + palha) dos feijoeiros. A falta de resposta do rendimento e seus componentes, pode ser atribuída às baixas doses utilizadas e ao pequeno intervalo entre elas. A eficiência do aplicador portátil empregado, variou de 51,5% a 85,5% e, a julgar pelo resíduo deixado no depósito, poderia ter sido elevada aumentando-se o tempo de aplicação utilizado (10 min.).

O experimento de adubação foliar foi conduzido considerando a divergência de opiniões existente na literatura e a grande freqüência de consultas sobre a concentração da calda para aplicação segura de fertilizante nitrogenado via foliar. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos causalizados com quatro repetições, estudando cinco concentrações de uréia na calda fertilizante (0, 1, 5, 10 e 20% p.c.). As diferentes concentrações de uréia utilizadas não afetaram significativamente a produtividade de grãos e os componentes do rendimento, provavelmente em função de teores satisfatórios de nitrogênio no solo, complementados pela adubação de plantio e das baixas doses de fósforo e potássio empregadas. As concentrações de 10 e 20% de uréia via foliar causaram severa desfolha, resultando em uma tendência de menor produção total e menor rendimento de grãos, o que sugere a recomendação de concentrações sempre inferiores a 5%, para aplicações seguras.

Devido aos problemas de ajuste do aplicador, desuniformidade de aplicação e correlação entre doses desejadas e aplicadas, sugere-se a realização de outros estudos a respeito da adubação nitrogenada por fertirrigação no feijoeiro, antes da

proposição de recomendações generalizadas. Por outro lado, há necessidade também de uma avaliação do aplicador antes do seu uso.

SUMMARY

SOUSA, Mariangela de Moraes Messias. Urea application by fertigation and via foliar in the bean culture (*Phaseolus vulgaris* L.). Lavras, ESAL, 1994. 60p. (Dissertação - Mestrado em Fiotecnologia).*

The present research was carried out during the period of October 1991 and January 1992 in the period of October 1991 and January 1992 in Cerrado soil without vegetation classified as dystrophic Dusky Red latosol, on the campus of Escola Superior de Agricultura de Lavras, State of Minas Gerais. It was done three experiments with fertigation and another one with foliar adubation, utilizing the lineage ESAL-80 and as planting fertilization. 400 kg of the fertilizing 4-14-8 per hectare. The characteristics evaluated were total production (grains + straw), grain productivity, number of pods per plant; number of seeds per pod, average of weight of a hundred seeds and register of harvest.

The experiments of fertigation had the objective to evaluate the application availability, the effect of doses and the uniformity of urea application. In experimental randomized block designs, each one of the three experiments used a dose (8,81; 17,62

* Orientador: Messias José Bastos de Andrade. Membros da Banca: Magno Antonio P. Ramalho, Antonio Marciano da Silva e Janice Guedes de Carvalho.

and 26,43 kg N/ha) divided in four applications and studied the effect of six positions of the parcel beginning from the line of the fertigation (1, 2, 3, 4, 5 and 6 m). The results showed that the different doses of Nitrogen, beside the quantity of the nutrients applied, affected significantly the total production (grain + straw) of the bean plants. The lack of results of yield and its components, can be attributed to the low doses utilized and to the small space of time between them. The efficiency of the probable applicator used, changed from 51.5% to 85.5% and, looking at the residue left into the deposit, it could be amplified increasing the application time utilized (10 min.).

The experiment of foliar fertilization was carried out considering the divergence of opinion in the literature and to the large frequency of research about the concentration of the solution for the safe application of Nitrogen fertilizer through the foliage of beans culture. It was utilized experimental randomized block designs with four replications, studying five urea concentrations in the fertilizing solution (0, 1, 5, 10 and 20% p.c.). The different concentrations of urea utilized did not affect significantly the productivity of grains and the component yield, probably because of the satisfactory content of Nitrogen in the soil, complemented by the planting adubation and the low doses of Phosphorus and Potassium utilized. The urea concentration of 10 and 20% through foliar application caused severe fall of leaves, resulting in a tendency less total production and less yield of grains, what suggest a recommendation always inferior of 5% for safe applications.

Due to the problems to adjust the applicator, non uniformity of application and correlation between wanted and applied doses, it was suggested the realization of others studies of Nitrogen adubation through fertigation on the bean plant, before stablishing a general recommendations. On the other hand, there is also a necessity of an evaluation of the applicator before it is used.

1 INTRODUÇÃO

Através do uso da irrigação torna-se possível a exploração agrícola durante o ano todo em áreas onde o inverno não é rigoroso, bem como em áreas onde existe deficiência hídrica. O uso de áreas irrigadas por aspersão com a cultura do feijão no outono-inverno, aliado a uma boa tecnologia, vem sendo uma atividade rentável e tornando-se uma alternativa promissora para o aumento da produção e, sobretudo, para a oferta de produto de melhor qualidade durante o ano todo.

Em função da sua alta sensibilidade à deficiência hídrica, que resulta em considerável redução no rendimento quando as condições de umidade não são favoráveis, o feijão apresenta boa resposta à irrigação, o que contribui para a diminuição dos riscos do empreendimento. Por requerer grandes investimentos iniciais, a agricultura irrigada tem que ser mais tecnificada, pois há necessidade de incremento de produtividade, para compensar o investimento efetuado com a irrigação.

A maior disponibilidade de água nos sistemas irrigados possibilita, entre outras coisas, maior flexibilidade no emprego de fertilizantes que podem, inclusive, serem aplicados em épocas mais adequadas à maior demanda pela cultura. Assim, a aplicação fracionada dos nutrientes poderá aumentar a assimilação pelas

plantas e reduzir as perdas, proporcionando um aproveitamento mais eficiente do fertilizante.

Dentre os nutrientes, o nitrogênio é o mais absorvido durante o ciclo da cultura do feijão, seguido pelo potássio, cálcio, magnésio, enxofre e fósforo (Gallo e Miyasaka, 1961). Entretanto, como já mencionado, a aplicação da dose recomendada de nitrogênio totalmente na semeadura pode resultar em perdas por volatilização e lixiviação (Frizzone et al., 1985), sendo comum o seu fracionamento, ou seja, aplicação de parte da dose recomendada na semeadura e parte em cobertura, a partir dos 20-25 dias após a emergência dos feijoeiros. Esta adubação em cobertura pode ser aplicada manualmente ou mecanicamente no solo, e via foliar ou água de irrigação. Este último método, conhecido por fertirrigação, oferece maior versatilidade na época da aplicação do nutriente, pode dosar muito mais rigorosamente as quantidades e fornecê-las segundo as necessidades da planta (Meirelles, Libardi e Reichardt, 1980).

Entre as limitações do uso da adubação foliar e da fertirrigação na cultura do feijoeiro, está a definição da quantidade de fertilizante que pode ser aplicada, porque se a concentração do nutriente na solução for muito alta, poderá ocorrer fitotoxicidade, com reflexos no desenvolvimento e na produtividade da planta. Por outro lado, o uso de concentração muito baixa não produzirá o efeito desejado devido à pequena quantidade do nutriente recebida pela planta e irá requerer grande número de aplicações, com reflexos sobre o custo de produção, principalmente no caso da adubação foliar.

O presente trabalho teve por objetivo fornecer subsídios para definição de adubação nitrogenada racional em áreas irrigadas, através da adubação foliar e da fertirrigação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

As necessidades nutricionais das plantas, bem como a eficiência no fornecimento de um dado nutriente às plantas vão depender, basicamente, da dinâmica do nutriente no solo e na planta e, obviamente, do manejo da adubação e natureza do fertilizante. No caso do nitrogênio, a grande complexidade de reações envolvidas no seu ciclo, dificulta sobremaneira o seu estudo.

2.1 Nitrogênio no solo

Em síntese, os processos responsáveis pela disponibilidade de nitrogênio no solo para as plantas são a mineralização (amonificação e nitrificação), lixiviação, desnitrificação, imobilização e fixação biológica. Estes processos envolvem tanto o nitrogênio aplicado ao solo via fertilizantes quanto o nitrogênio natural do solo e são regulados por grande número de fatores ligados ao clima, a outros processos do solo e a atividade microbiana (Sanchez, 1973 e Fassbender, 1975).

O nitrogênio encontra-se no solo predominantemente na forma orgânica. O restante, uma pequena fração muito variável, encontra-se nas formas inorgânicas amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-), resultantes da mineralização da matéria orgânica e modificadas pela imobilização (Raij, 1991).

Em condições tropicais tem-se verificado baixa eficiência dos fertilizantes nitrogenados, basicamente devido ao grande potencial de perdas que esses solos apresentam, sejam elas por lixiviação ou desnitrificação (Gamboa, Parez e Blasco, 1971 e Osiname, van Gijn e Ulex, 1983).

A forma NO_3^- é muito móvel no solo, podendo ser lixiviada em solos úmidos ou mesmo ascender no solo em períodos secos de grande evaporação (Raij, 1991). Meirelles, Libardi e Reichardt (1980) observaram, em solo cultivado com feijão, que cerca de 15 kg/ha de nitrogênio alcançaram a profundidade de 120 cm no período de um ano, dando uma idéia da intensidade do processo de lixiviação. Apesar disso, estudos como o de Caballero et al. (1985) têm demonstrado que as concentrações médias de N-total e N-proveniente de fertilizante diminuem marcadamente com a profundidade do solo, principalmente a partir dos 45 cm.

A volatilização é a perda de nitrogênio para a atmosfera na forma de amônia (NH_3) e depende do tamanho do grânulo e natureza do fertilizante, e de outros fatores do solo (complexo de troca, pH, teor de matéria orgânica, umidade, uniformidade da superfície, presença de carbonatos), do ambiente (umidade relativa, temperatura, movimento do ar, intervalo de tempo entre aplicação e chuva ou irrigação) e de manejo da adubação, como incorporação ou não (Malavolta, 1981). Se a fonte de nitrogênio utilizada for a uréia, por exemplo, recomenda-se a sua incorporação superficial, pois caso contrário, a volatilização poderá ser responsável por perdas de 25 a 60%, de acordo com Malavolta (1980) ou 12,0 a 24,7%, de acordo com Anjos e Tedesco (1976).

A difusão e o fluxo de massa são os processos responsáveis pelo movimento de um nutriente no solo. A difusão representa o transporte devido ao gradiente de potencial químico e o fluxo de massa refere-se a todo transporte de ions arrastado pelo fluxo de água no solo. Este último é o principal processo de transporte do nitrogênio (Reichardt, 1985).

2.2 Nitrogênio na planta

O nitrogênio é o nutriente absorvido em maior quantidade pelo feijoeiro, seguido, em ordem decrescente, pelo potássio, cálcio, enxofre, magnésio e fósforo (Haag et al., 1967).

O nitrogênio pode ser absorvido como aminoácido, uréia, amônio, nitrato e mesmo N_2 , no caso de leguminosas e algumas outras espécies (Malavolta, 1976 e 1980); no entanto, devido à intensidade da nitrificação, a forma nítrica é predominantemente utilizada pelas plantas superiores. Após sofrer redução na planta, o nitrogênio absorvido é incorporado no esqueleto dos aminoácidos e das proteínas (Malavolta, 1967).

Para a adequada adubação do feijoeiro, é essencial o conhecimento da cinética das necessidades da cultura durante o seu desenvolvimento. Assim, pode-se determinar a época e a forma mais convenientes à aplicação do fertilizante, visando não só o melhor uso pela planta mas também a redução das perdas, como já enfatizado.

No Brasil, alguns estudos procuraram determinar a absorção de nutrientes pelo feijoeiro em função da idade da planta

para as cultivares Chumbinho (Gallo e Miyasaka, 1961 e Haag et al., 1967), Roxinho (Cobra Neto, Accorsi e Malavolta, 1971) e Carioca (Almeida e Bulisani, 1980). Nestes trabalhos nota-se que a curva de absorção de nitrogênio é similar àquela que descreve a acumulação de matéria seca, ou seja, pequena absorção até os 20 dias após a emergência, seguida por um acréscimo até alcançar um ponto de máximo. Segundo Gallo e Miyasaka (1961), uma absorção máxima de nitrogênio (2,46 kg/ha.dia) ocorreu entre 33 e 44 dias após a emergência. Haag et al. (1967), com a mesma cultivar, concluiu que aos 50 dias (final do florescimento), o feijoeiro já havia absorvido todo o nitrogênio.

O trabalho de Cobra Neto, Accorsi e Malavolta (1971) também indica que o período de máxima velocidade de absorção de nitrogênio (2 kg/ha.dia) ocorreu durante o florescimento e coincidiu com o período de máximo acúmulo de matéria seca, entre 40 e 55 dias. Entretanto, discordou dos anteriores porque, apesar do decréscimo do nitrogênio total entre 55 e 65 dias, registrou aumento na quantidade total de nitrogênio a partir dos 65 dias após a emergência, demonstrando que existe absorção do nutriente nos estádios mais tardios da cultura e, certamente, com destino aos grãos. Esta hipótese é reforçada pelos resultados de Westermann et al. (1981), que determinaram absorção de até 3,5 kg N/ha.dia no período de enchimento de grãos e de Machado et al. (1981) e Rosolem et al. (1981), que determinaram um aumento no peso de 100 sementes de feijão quando aplicaram nitrogênio após o florescimento da cultura.

Almeida e Bulisani (1980) não encontraram uma segunda curva ascendente mas determinaram, para a cultivar Carioca, taxa de absorção de nitrogênio crescente até a idade de 60-70 dias, quando então declinou até o final do ciclo.

Plantas com teores foliares de nitrogênio abaixo de 1% são consideradas deficientes (Oliveira e Thung, 1988). A deficiência em feijoeiro é caracterizada pela redução no desenvolvimento da planta (Wilcox e Fageria, 1976), clorose acentuada nas folhas mais velhas e menos intensa nos folíolos novos, mancha necrótica nas bordas e pontas das folhas, secamento das folhas mais velhas e sistema radicular menos desenvolvido (Malavolta e Kliemann, 1985).

2.3 Resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada convencional

Embora o feijão seja uma leguminosa, só recentemente o melhoramento genético do feijão no Brasil e no mundo vem considerando de forma mais agressiva a sua capacidade em fixar nitrogênio. Segundo Araujo e Henson (1988), mais estudos ainda são necessários para se conhecer melhor a interação, obter estirpes de *Rhizobium* altamente eficientes e competitivas, e obter genótipos "fixadores" para maximizar a fixação de N_2 e eliminar a necessidade de adubação nitrogenada para a cultura do feijão. Desta forma, o feijoeiro ainda não pode prescindir da adubação nitrogenada, razão pela qual o nitrogênio é recomendado nas fórmulas de adubação e muitos experimentos sobre doses, formas e épocas de aplicação de nitrogênio continuam sendo realizados (Oliveira e Thung, 1988).

De fato, o nitrogênio é um dos nutrientes aos quais o feijoeiro apresenta maior número de respostas (Vieira, 1983), ainda que não haja uma constância de resultados (Oliveira e Thung, 1988). Malavolta (1972), analisando 232 experimentos de adubação, verificou que depois do fósforo as respostas mais comuns foram ao nitrogênio (29%). Dados obtidos no Estado de São Paulo e apresentados por Villalobos (1980) dão conta de que 33% dos 140 experimentos de adubação relatados apresentaram resposta positiva e significativa ao nitrogênio.

Tendo em vista a complexa dinâmica do nitrogênio no solo, o que não possibilita o emprego de critério que correlacione a resposta do feijoeiro ao teor do nutriente no solo, as recomendações de adubação nitrogenada são baseadas em curvas de respostas a doses crescentes de nitrogênio. Para Minas Gerais, de acordo com a Comissão ... (1989), a recomendação varia de 30 kg N/ha (no plantio da seca) a 60 kg de N/ha (em áreas irrigadas).

Embora as doses citadas anteriormente constituam a recomendação geral, alguns trabalhos têm demonstrado que o feijoeiro pode responder a doses de até 100 a 150 kg N/ha (Cardoso, Fontes e Vieira, 1978; Berger, 1983 e Silva, 1988). Por esta razão, Rosolem (1987) questiona as atuais recomendações, principalmente para áreas irrigadas.

Em geral, as tabelas de recomendação preconizam que parte do nitrogênio deve ser aplicado no sulco de plantio e parte em cobertura, no início do florescimento, antes, portanto, do período de maior requerimento (Parra e Voss, 1978 e Comissão ..., 1989). Este fracionamento, além de aumentar a assimilação pela planta,

limita as perdas, proporcionando um aproveitamento mais eficiente do fertilizante (Frizzone et al., 1985). Em Minas Gerais recomenda-se 20 kg de N/ha junto ao P e K no plantio e 30 a 40 kg de N/ha em cobertura, entre 20 e 25 dias após a emergência dos feijoeiros, quando se faz a adubação nitrogenada em cobertura convencional, no solo, junto às plantas (Comissão ..., 1989).

A grande maioria dos trabalhos que estudaram os efeitos de fontes de nitrogênio (Miyasaka, Freire e Mascarenhas, 1963, Mascarenhas et al., 1966, Parra e Voss, 1978 e Cardoso, Fontes e Vieira, 1978) não verificaram diferenças no emprego de nitrato de cálcio, nitrato de sódio, sulfato de amônio, uréia e nitrato de amônio.

Por outro lado, tem sido freqüente a verificação de resposta diferencial de cultivares de feijão ao nitrogênio, conforme evidenciam os resultados de Pompeu e Igue (1968), Santa Cecília (1972), Parra, Hoepfner e Voss (1980) e Silva (1988).

2.4 Adubação nitrogenada foliar

Embora a capacidade das plantas absorverem nutrientes através das folhas seja conhecida há mais de um século, somente nos últimos anos a adubação foliar vem sendo estudada de forma mais sistemática.

Várias empresas ligadas ao setor de fertilizantes vem empenhando-se na difusão desta prática, que pode oferecer maior economia, rapidez e eficiência na aplicação de fertilizante, além de possibilitar a associação, em muitos casos, com práticas de

controle de pragas e doenças (Bulisani, Almeida e Dematê, 1973 e Bulisani, Miyasaka e Almeida, 1973). Para Malavolta e Romero (1975), entretanto, há poucos exemplos que comprovem essa superioridade quando as técnicas tradicionais são usadas adequadamente.

No caso do feijoeiro, os estudos a respeito da nutrição mineral, fisiologia e morfologia da planta indicam que existe um grande potencial para resposta à adubação foliar, mas os resultados obtidos pela pesquisa têm sido inconclusivos, pois ao lado de respostas animadoras aparecem resultados que desaconselham a utilização da prática como recomendação rotineira (Rosolem e Boareto, 1987). Além do mais, tem sido verificado que os conhecimentos já adquiridos na pesquisa e na prática não estão sendo considerados no desenvolvimento de produtos para aplicação foliar (Rosolem, 1984).

Em se tratando do fornecimento de macronutrientes, as pulverizações foliares não podem, em geral, satisfazer completamente as exigências das culturas, pois não se deve esperar que algumas gramas de nutrientes aplicadas nas folhas possam substituir os quilos exigidos pela cultura. Assim, parece mais razoável assumir que o verdadeiro valor da nutrição foliar esteja na suplementação da adubação no solo com macronutrientes e na correção mais rápida de deficiências eventuais ou sistemáticas, tanto de macro como de micronutrientes (Malavolta e Romero, 1975). Parra e Voss (1978) também compartilharam desse raciocínio, desaconselhando o uso de soluções completas via foliar pela escassez de resultados favoráveis e pela potencialização de problemas de fitotoxidez, e recomendando a pulverização foliar para

remover sintomas de deficiência, particularmente de micronutrientes, em culturas em pleno desenvolvimento.

Sem dúvida nenhuma, o macronutriente mais utilizado em aplicações foliares no feijoeiro e na maioria das culturas é o nitrogênio, e um dos maiores problemas encontrados no seu emprego tem sido a ocorrência de fitotoxidez, que poderá ser minimizada com a escolha correta do horário de aplicação, da fonte de nitrogênio empregada e do volume de calda a ser aplicado (Rosolem e Boaretto, 1987).

Pela manhã, as folhas estão túrgidas e suas superfícies úmidas ou com gotas de água, o que acarretará uma menor retenção da solução em comparação a aplicações realizadas à tarde. Como conseqüência, pela manhã poderá ser menor o volume de calda, possivelmente com maior concentração. Por outro lado, à tarde o volume aplicado deverá ser maior, com redução da concentração da calda (Boaretto et al., 1985). Muraoka e Neptune (1977) concluíram que a solução de uréia a 20% aplicada pela manhã causou leve injúria nas bordas de algumas folhas de feijoeiro, enquanto uréia a 10% aplicada à tarde causou severas injúrias. Esses mesmos autores verificaram ainda que nitrato e sulfato de amônio pela manhã, até à concentração de 5%, não causaram injúria, enquanto que à tarde leve injúria foi observada já com a solução a 2,5%. Concluíram que, independentemente da fonte, o melhor horário de aplicação foi entre 6 e 7 horas da manhã. Já Boaretto et al. (1985) verificaram que diferentes fontes de adubos nitrogenados, em concentração de até 4%, não causaram danos quando aplicados no alvorecer ou no ocaso, mas causaram danos severos às 10 hs,

principalmente nitrato de amônio a 4%.

Com relação às fontes de nitrogênio, observa-se que os danos foliares causados por nitrato de amônio são menos tolerados que os causados por uréia, sulfato de amônio, MAP (monoamônio fosfato) e DAP (diamônio fosfato) (Boaretto et al., 1985). Muraoka e Neptune (1977), por exemplo, eliminaram a queima causada ao feijoeiro por solução NPKS ao substituírem nitrato de amônio por uréia como fonte de nitrogênio.

Conforme já foi enfatizado, a época de aplicação do fertilizante nitrogenado deve ser outro fator a ser considerado, em função da existência de perdas e épocas de maior demanda do nutriente. Machado et al. (1981), estudando a aplicação foliar de fertilizante nitrogenado (fórmula 32-0-0) aos 30 e 45 dias após a emergência, verificaram tendência de maior produtividade na época das águas e aumento significativo na época da seca. Verificaram ainda que com o atraso na aplicação foliar, havia aumento no peso médio do grão. Machado, Rosolem e Nakagawa (1982) parcelaram o mesmo fertilizante aos 30-45 dias após a emergência (DAE), 30-60 DAE, 45-60 DAE e 30-45-60 DAE; embora tenha havido tendência de aumento de produção em relação à testemunha, não foram detectadas quaisquer diferenças significativas.

Outra questão sempre levantada diz respeito à interação adubação nitrogenada em cobertura convencional versus adubação nitrogenada foliar. Rosolem et al. (1981) fizeram este estudo, encontrando efeito da cobertura no solo em ambas as épocas de semeadura (águas e seca). A adubação foliar teve efeito significativo na seca, independentemente da cobertura convencional.

Nas águas a adubação foliar somente mostrou tendência de maior produção na ausência da cobertura convencional. Muraoka et al. (1984) estudaram a relação entre adubação nitrogenada no plantio e adubação nitrogenada foliar; não encontraram efeito da adubação foliar na presença de nitrogênio no plantio, mas houve duplicação da produção na ausência de nitrogênio de plantio e aplicação periódica de uréia a 2% via foliar.

2.5 Adubação nitrogenada e fertirrigação

Com relação a irrigação, sabe-se que a exigência hídrica total da cultura do feijão varia de 250 a 500 mm, com consumo médio diário de 3,3 a 4,5 mm de água nas regiões brasileiras do sudeste e centro-oeste (Garrido e Teixeira, 1978; Encarnação, 1979 e Steinmetz, 1984) e maior demanda no período que vai da floração até o enchimento de grãos, estádios críticos do feijoeiro em relação ao déficit hídrico (Salter e Goode, 1967; Dubetz e Mahalle, 1969 e Raggi, Bernardo e Galvão, 1976), que pode causar menor produtividade via redução do peso médio de sementes e do número de vagens por planta (Couto, 1979; Miranda e Belmar, 1977). Essa alta sensibilidade à deficiência hídrica resulta em boa resposta à irrigação, prática que diminui os riscos da cultura do feijão e atrai grandes produtores.

Por requerer maior investimento, entretanto, a lavoura irrigada do feijoeiro exige aumento no índice de produtividade e, conseqüentemente, no emprego de técnicas que complementem a irrigação e culminem com maior lucro para o produtor. Neste

particular merece destaque a fertirrigação, que consiste na aplicação simultânea de água e fertilizante através de um sistema de irrigação (Frizzone et al., 1985), aliando desta forma os benefícios das duas práticas: irrigação e aplicação de nutrientes.

De acordo com Costa e Brito (1988), o sucesso da aplicação de produtos químicos via água de irrigação em países desenvolvidos tem motivado os agricultores brasileiros a utilizarem tal tecnologia, que apresenta como vantagens economia de mão-de-obra, boa uniformidade de aplicação e pouco contato do operador com os produtos, além de permitir parcelamento de nutrientes em épocas mais adequadas, simplificar as operações, melhorar a eficiência dos produtos e reduzir os custos de produção. Segundo Meirelles, Libardi e Reichardt (1980), a fertirrigação oferece maior versatilidade na aplicação de nutrientes, podendo dosar mais rigorosamente as quantidades aplicadas e levar em conta as necessidades das plantas durante o ciclo vegetativo, o que é particularmente importante para o nitrogênio, pelas razões já discutidas anteriormente.

Uma das maiores limitações à difusão da fertirrigação no Brasil tem sido, entretanto, a falta de pesquisa, principalmente no que diz respeito à possibilidade de contaminação das redes de água potável, aos tipos de fertilizantes que podem ser empregados e a informações sobre dosagens, modo e época(s) de aplicação (Frizzone et al. , 1985, Costa e Brito, 1988 e Maia, 1989).

Inicialmente, alguns autores trataram de estudar o relacionamento entre irrigação e adubação nitrogenada convencional. De uma maneira geral, estes trabalhos demonstraram uma maior resposta

à adubação nitrogenada quando o feijoeiro não sofreu déficit hídrico ou foi submetido a maiores lâminas de água (Carolus e Schleuser, 1970; Smitle, 1976; Doss, Evans e Turner, 1977 e Silva, 1978). Frizzone (1986) encontrou resposta quadrática da produção de grãos em relação a ambos os fatores, água e nitrogênio, com pontos de máximo em 570,4 mm e 117,4 kg/ha, respectivamente. Felipe et al. (1992) encontraram interação significativa entre lâmina d'água e forma de parcelamento de nitrogênio (sulfato de amônio), com a cultivar Carioca alcançando produtividades máximas com a maior lâmina (289 mm) associada a parcelamento em três e quatro doses.

Maia (1989) estudou a aplicação de uréia (40 kg N/ha) ao solo e via água de irrigação na cultivar Carioca, constatando que ambas as práticas levaram a resultados semelhantes, embora a fertirrigação tenha aumentado significativamente o acúmulo de matéria seca na planta. O autor verificou ainda que a fertirrigação reduziu a mão-de-obra envolvida, simplificando a operação.

Carvalho et al. (1992), em Sete Lagoas, verificaram efeito significativo de lâminas de água e formas de parcelamento, via água de irrigação, de 90 kg N/ha (uréia) sobre o rendimento de grãos e componentes do rendimento da cultivar Carioca, chegando a recomendar para a região uma lâmina ideal de 370 mm de água, com aplicação de 45 kg N/ha na pré-floração e 45 kg N/ha na floração plena.

O pequeno número de trabalhos realizados sobre o assunto, entretanto, abre um vasto campo para a pesquisa, pois vários aspectos da fertirrigação ainda necessitam ser melhor estudados, antes de integrarem uma recomendação de ordem mais geral.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados três experimentos com fertirrigação e um com adubação foliar em área experimental do Departamento de Biologia da Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL, em solo sob vegetação de cerrado, classificado como Latossolo Roxo distrófico (Freire, 1979). Lavras situa-se na Região Sul de Minas Gerais, a 21°14' de latitude sul e 45°00' de longitude oeste, numa altitude média de 910 m (FAO, 1985). As médias anuais de temperatura, precipitação pluviométrica e umidade relativa são, respectivamente, 19,3°C, 1411 mm e 77,7% (BRASIL, 1969 e FAO, 1985). Cerca de 66% da precipitação ocorre no período de novembro a fevereiro, assim como as maiores temperaturas médias mensais (Vilela e Ramalho, 1979). Na Figura 1 estão resumidas as principais ocorrências climáticas durante o período de condução dos experimentos.

Em todos os experimentos foi empregada a linhagem de feijão ESAL-580, obtida no programa de melhoramento do feijoeiro da ESAL. Possui grãos tipo carioca, isto é, bege com estrias marrons, e plantas de crescimento indeterminado com guias curtas (Andrade, Abreu e Ramalho, 1992), caracterizando, segundo CIAT (1978), um hábito de crescimento do tipo II.

O espaçamento entre linhas foi de 0,5 m e a densidade de semeadura, 15 sementes por metro.

3.1 Experimentos com fertirrigação

Foram conduzidos três experimentos na época das águas 1991/92, cada um correspondendo a um nível de nitrogênio ($N_1 = 8,81$, $N_2 = 17,62$ e $N_3 = 26,43$ kg/ha) aplicado via água de irrigação. Cada experimento, em delineamento de blocos ao acaso, constou de seis tratamentos (seis posições das parcelas a partir da linha de fertirrigação) e duas repetições (conjuntos de parcelas situados à direita e à esquerda da linha de fertirrigação, conforme Figura 2).

Cada parcela foi constituída por duas linhas de 12 m de comprimento, totalizando 12 m². A área útil de cada parcela foi de 5 m² (duas linhas de 5 m de comprimento, conforme Figura 2).

As principais características químicas do solo utilizado são apresentadas na Tabela 1. Na semeadura, realizada em 23/10/91, foi aplicado o equivalente a 400 kg do fertilizante formulado 4-14-8 por hectare e utilizado o inseticida sistêmico granulado forate, na base de 15 kg p.c./ha, como forma de prevenção contra as pragas iniciais do feijoeiro (Magalhães e Carvalho, 1988). A cultura recebeu irrigação complementar através de sistema convencional por aspersão e os demais tratos culturais foram os normais à cultura.

TABELA 1 - Características químicas de amostra do solo utilizado.
ESAL, Lavras-MG, 1991.¹

Profundidade (cm)	pH em água	meq/100 cm ³			ppm		Matéria orgânica (%)
		Al ⁺⁺⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K	P	
0-20	4,4 AE	0,3 B	1,3 B	0,4 B	78 M	7 M	3,1 A
20-40	4,5 AE	0,2 B	1,3 B	0,3 B	39 B	4 B	3,4 A

¹ Análises realizadas nos laboratórios do Departamento de Ciência do Solo da ESAL e interpretação de acordo com a COMISSÃO ... (1989). A = nível alto, M = médio, B = baixo e AE = acidez elevada.

Como fonte de nitrogênio foi empregada a uréia (46% N). Cada uma das doses foi dividida em quatro aplicações, com iguais quantidades de nitrogênio, efetuadas aos 17, 24, 34 e 49 dias após a emergência (DAE) dos feijoeiros.

Para as aplicações de nitrogênio via água de irrigação foi utilizado um aplicador portátil de produtos químicos e fertilizantes construído de acordo com Costa e Brito (1988) e apresentado esquematicamente na Figura 3. A uréia recém-diluída em água era colocada no recipiente do aplicador para em seguida, após abertura dos registros do equipamento, a água da rede de irrigação circular no recipiente por 10 minutos, tempo suficiente para arrastar totalmente a solução inicial segundo Costa e Brito (1988). Para que fosse aplicada a dose estabelecida, essa operação era efetuada isoladamente para cada experimento, isto é, no momento da fertirrigação apenas um dos aspersores estava em funcionamento.

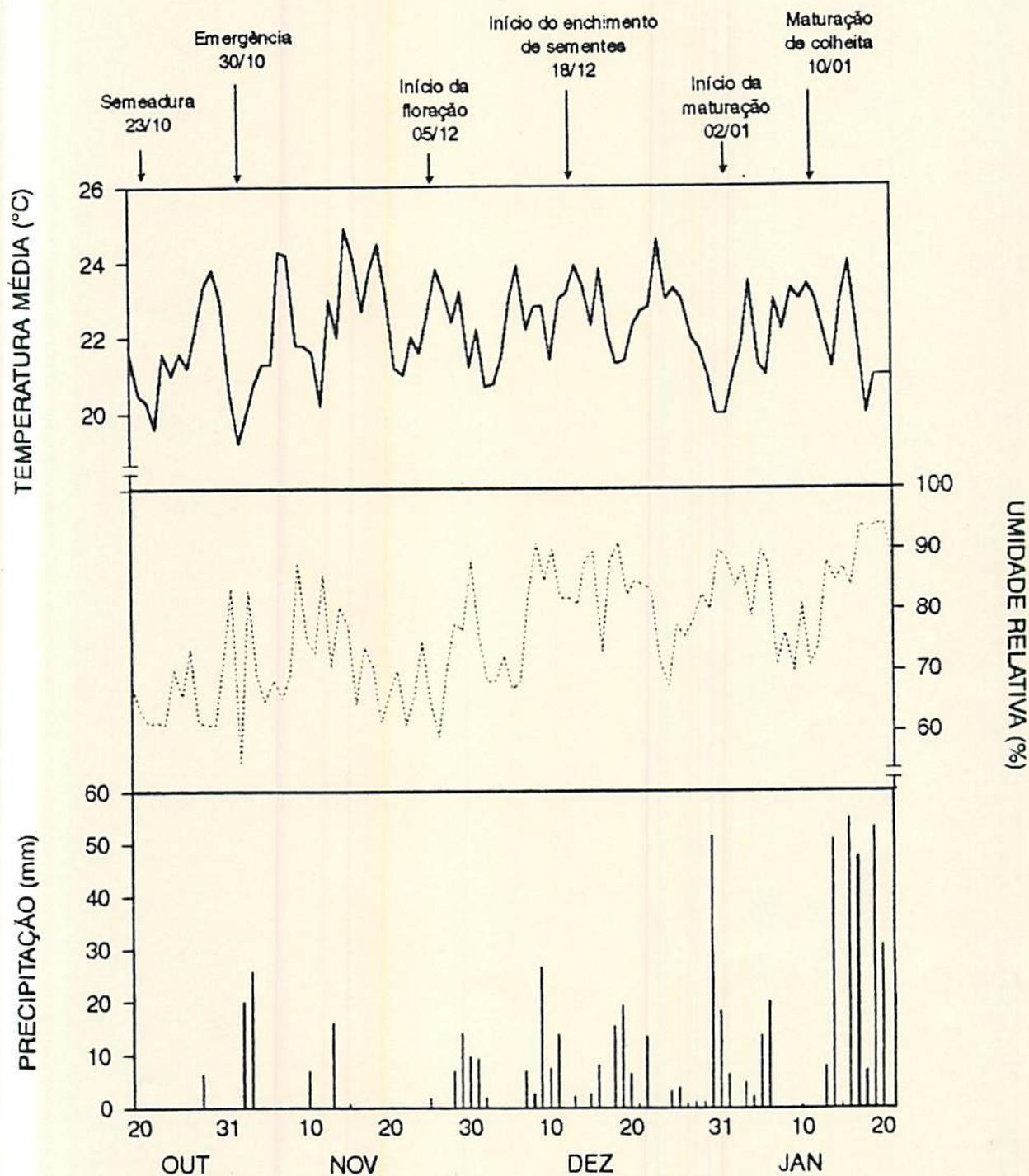


FIGURA 1 - Variação diária da precipitação pluvial (mm), da umidade relativa (%) e da temperatura média (°C) durante a condução dos experimentos. ESAL, Lavras-MG, 1992.

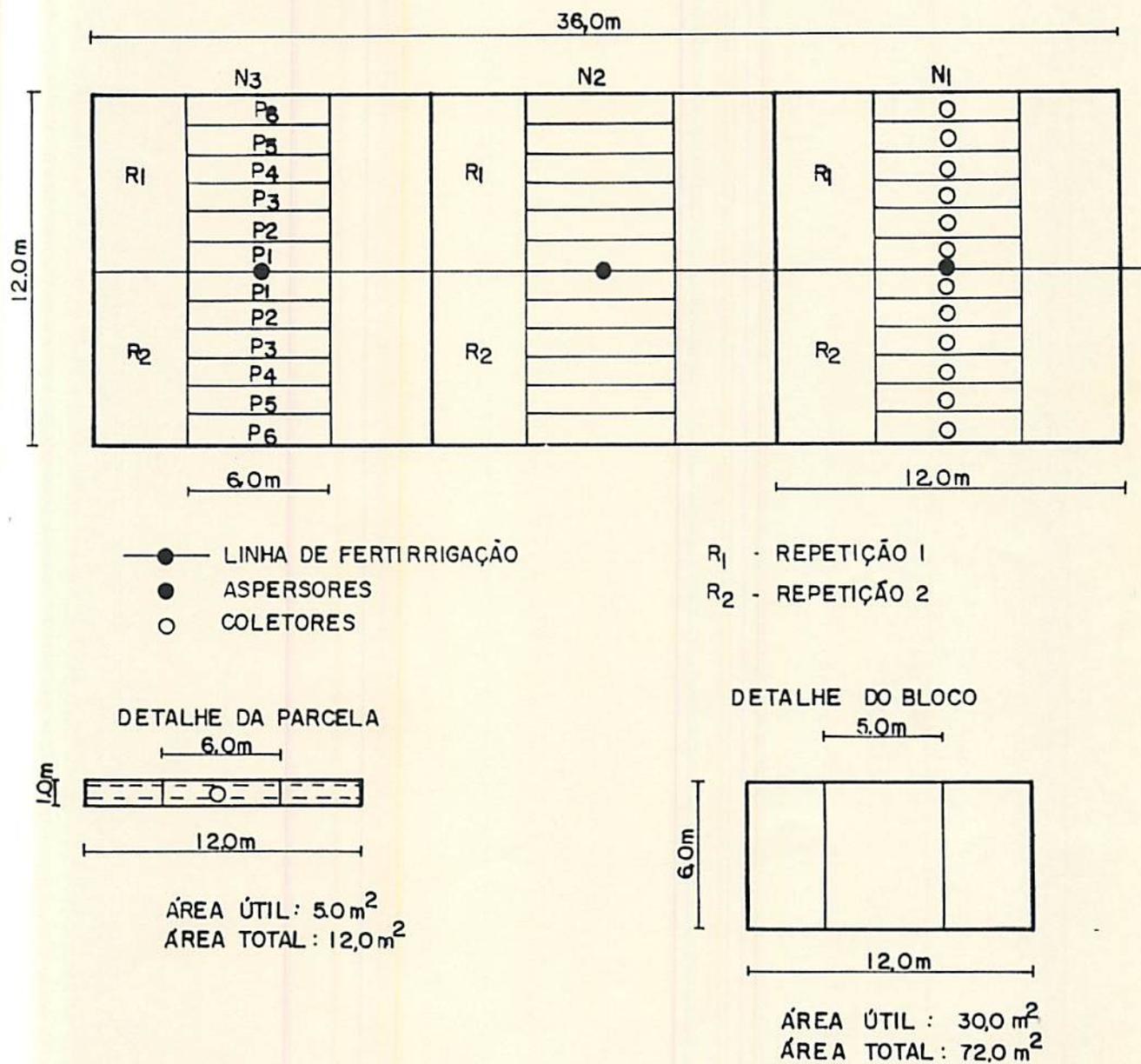
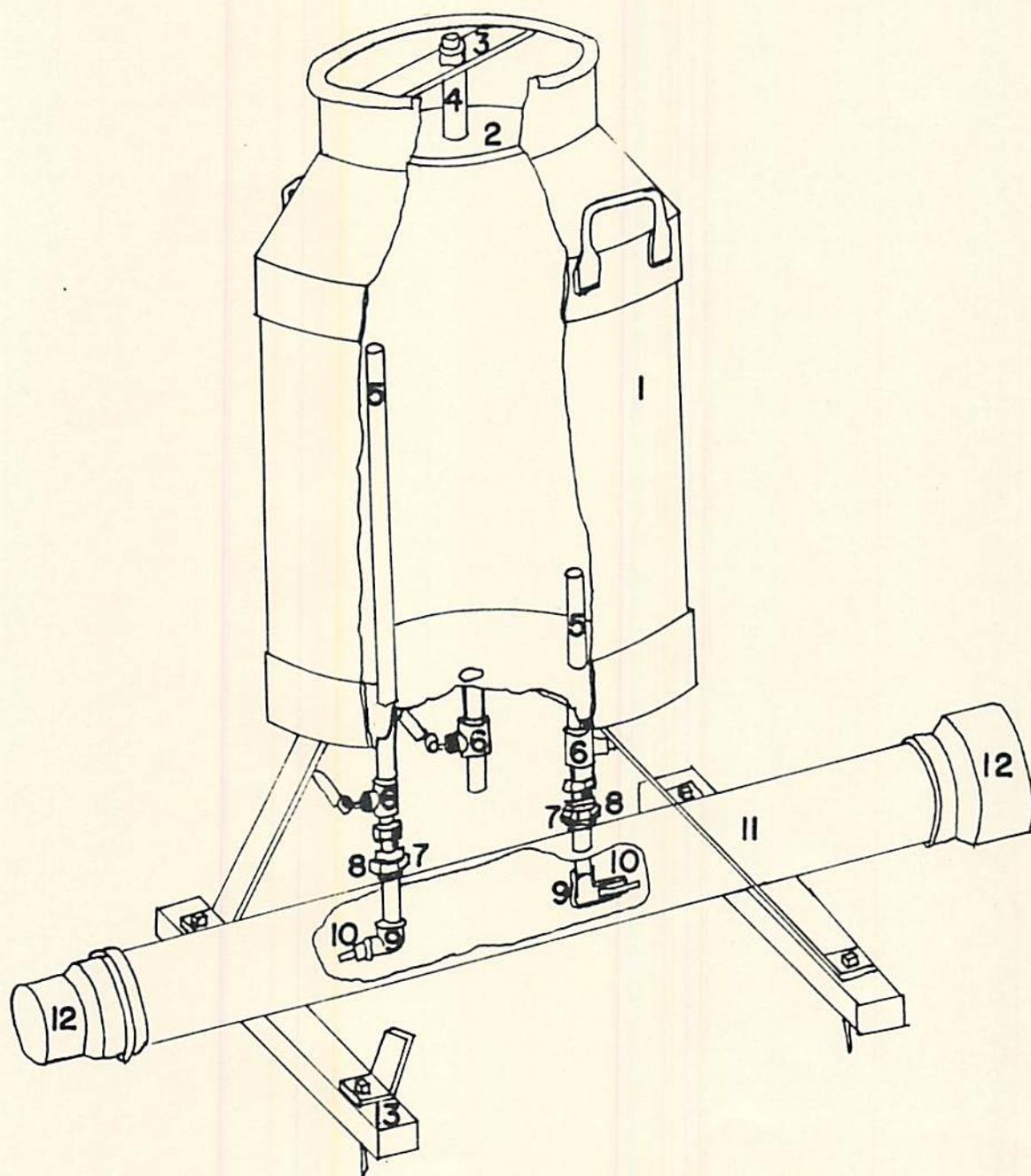


FIGURA 2 - Diagrama dos experimentos de fertirrigação, com detalhes do bloco e da parcela experimental. ESAL, Lavras-MG, 1992.



- | | |
|----------------------|-------------------------|
| 1. Latão de leite | 7. Luva de união |
| 2. Chapa metálica | 8. Nípel |
| 3. Bujão | 9. Joelho |
| 4. Luva | 10. Tubo Pitot |
| 5. Cano galvanizado | 11. Tubo de aço zincado |
| 6. Registro (esfera) | 12. Engate rápido |
| | 13. Base metálica |

FIGURA 3 - Aplicador portátil de produtos químicos via água de irrigação (Costa e Brito, 1988).

A linha de fertirrigação compôs-se de 3 aspersores marca Asbrasil, modelo ZAD 30 de dois bocais com diâmetro de 3,8 mm, raio de alcance de 12,6 m, vazão de 1,62 m³/h sob pressão de serviço de 25 KPa.

No centro de cada parcela foi colocado um coletor de água (Figura 2). Após cada fertirrigação, as soluções coletadas eram enviadas ao laboratório, visando estimar as quantidades de N recebidas em cada parcela, empregando-se o método Kjeldhal, que analisa os teores de N amoniacal.

3.2 Experimento com adubação foliar

Este experimento também foi instalado em 23/10/91, utilizando o delineamento experimental de blocos casualizados com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos constaram de cinco concentrações de uréia na calda fertilizante a ser pulverizada sobre os feijoeiros: 0% (testemunha), 1%, 5%, 10% e 20%.

De acordo com o planejamento original, a intenção era que pelo menos os tratamentos a 5, 10 e 20% alcançassem, ao final das aplicações, a mesma quantidade total de nitrogênio. Como pode ser observado, entretanto, no tratamento 5% somente foram realizadas três aplicações (Tabela 2), devido à ocorrência de chuvas durante a época prevista para a aplicação e o estágio de maturação de colheita em que se encontravam os feijoeiros (Figura 1).

TABELA 2 - Número de aplicações foliares empregado para cada tratamento no ensaio com adubação foliar. ESAL, Lavras-MG, 1992.

Concentrações de uréia (%)	Aplicações programadas		Aplicações realizadas	
	Nº	Épocas	Nº	kg uréia/ha*
0	-	-	-	-
1	5	11,19,25/11 e 02,07/12	5	25
5	4	14/11; 02,21/12 e 05/01	3	75
10	2	02 e 21/12	2	100
20	1	21/12	1	100

* Considerando o volume aplicado de 500 l de calda por hectare.

Cada parcela foi constituída por quatro linhas de 5 m de comprimento, perfazendo 10 m² de área total. As duas linhas centrais (5 m²) foram consideradas úteis.

O solo empregado foi o já descrito para os ensaios anteriores (Tabela 1), que ficaram contíguos ao presente experimento.

Para aplicação da calda fertilizante foi utilizado um pulverizador costal acionado manualmente, possuindo tanque de polietileno com capacidade para 4,0 litros, bomba de pistão que fornece 2 a 3 kgf/cm² de pressão e uma haste com bico tipo cone número 2. Trabalhou-se a uma altura constante de 0,5 m acima da superfície do solo e o volume de calda aplicado foi o equivalente à 500 l/ha.

A solução de uréia contendo espalhante adesivo era colocada no recipiente do pulverizador e, para que fosse aplicada a concentração estabelecida, essa operação era efetuada para cada tratamento isoladamente.

Vinte e quatro horas após cada aplicação, era realizada uma avaliação da ocorrência de sintomas de fitotoxicidade.

3.3 Características avaliadas e análise estatística

Todos os experimentos foram colhidos em 10/01/92, sendo avaliadas as seguintes características do feijoeiro:

a) Produção total (grãos + palha) - foi determinado o peso total de hastes, vagens, grãos e raízes remanescentes das plantas de cada parcela, após secagem em terreiro de alvenaria (o resultado foi expresso em kg/ha).

b) Produtividade de grãos - após a obtenção do item a procedeu-se à trilha das parcelas, obtendo-se os grãos que, uma vez submetidos a nova secagem para uniformização do teor de umidade, foram pesados (o resultado foi expresso em kg de grãos/ha).

c) Componentes do rendimento - para obtenção desses dados, em cada parcela foram amostradas 10 plantas, as quais tiveram suas vagens e sementes contadas e pesadas, sendo estimados o número de vagens por planta, o número de sementes por vagem e o peso de 100 sementes.

d) Índice de colheita - foi obtido pela relação

$$IC (\%) = \frac{PG}{PGP} \times 100, \text{ em que:}$$

IC: índice de colheita

PG: produtividade de grãos

PGP: produção total (grãos + palha)

Os dados foram inicialmente submetidos a análise de variância individual para cada experimento. Os experimentos de fertirrigação foram ainda submetidos a análise conjunta e análise de regressão (Gomes, 1987).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimentos com fertirrigação

O resumo das análises de variância é apresentado na Tabela 3. Inicialmente é preciso salientar que o maior problema com os experimentos dessa natureza é utilizar um delineamento experimental que possibilite verificar o efeito das quantidades de água recebidas, e conseqüentemente, das doses do nutriente. O problema ocorre, porque quando se utiliza o sistema de irrigação convencional, há necessidade de parcelas grandes, o que dificulta a utilização de áreas homogêneas. Além do mais, há dificuldade na aleatorização dos tratamentos. Por essa razão, nesse caso, adotou-se uma faixa distinta para cada dose de nitrogênio aplicado (Gomes, 1987). Nessa situação, o delineamento foi sistemático para o efeito de posição em relação à linha de fertirrigação (Figura 2), pois não há possibilidade de casualização. Ao que tudo indica, essa estratégia foi correta, haja vista que a precisão experimental, avaliada pelo CV, foi semelhante à que tem sido obtida com a cultura do feijoeiro na região (Abreu et al., 1994). É oportuno enfatizar também que, por ter sido conduzido um experimento distinto para cada dose, o efeito de dose da análise apresentada na Tabela 3 é confundido com o de posição. Contudo, como os

experimentos foram contíguos, é provável que o efeito de posição tenha sido desprezível.

TABELA 3 - Resumo da análise de variância conjunta dos dados relativos às características avaliadas nos experimentos com fertirrigação. ESAL, Lavras-MG, 1992.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrados Médios						
		Nitrogênio aplicado	Produção total	Produtividade de grãos	Vagens por planta	Sementes por vagem	Peso 100 sementes	Índice colheita
Rep/doses	3	22,368	147066,667	31063,815	4,334	0,242	2,500	0,000
Doses (D)	2	1020,162**	839511,111*	192964,241	4,510	0,047	20,711	0,400
Posição (P)	5	31,123**	155351,111	59302,060	3,559	0,384	11,403	0,100
D x P	10	4,052	151497,778	53081,375	1,389	0,500	6,757	0,300
Erro médio	15	4,080	212000,000	54642,946	2,873	0,287	5,757	0,200
CV (%)		16,12	12,37	17,13	26,06	10,48	10,45	12,59

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

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

Apesar da boa precisão experimental, só foi detectada diferença significativa ($P \leq 0,01$) para os efeitos de posição e doses no caso da quantidade de nitrogênio aplicado, e para o efeito de doses ($P \leq 0,05$) na produção total (grãos + palha).

Os dados médios de nitrogênio aplicado (medidos através do uso de coletores colocados nas parcelas experimentais), em função das doses de nitrogênio e posição das parcelas a partir da linha de fertirrigação, estão apresentados na Tabela 4. Em

primeiro lugar, chama a atenção a magnitude das diferenças verificadas entre as doses de nitrogênio desejadas (8,81, 17,62 e 26,43 kg/ha) e as quantidades médias efetivamente aplicadas e coletadas próximas a superfície do solo (4,505, 10,482 e 22,602 kg N/ha, respectivamente).

Assim, para a aplicação de cada uma das parcelas da dose de 8,81 kg N/ha, por exemplo, foram utilizadas 220 g de uréia, correspondentes a 99 g de N; no volume útil do aplicador (23 l), isto correspondeu a uma concentração inicial de 4,3 g de N/l. Ao final da aplicação (10 min), a concentração residual no aplicador, avaliada através do método de Kjeldhal, foi de 2,268 g N/l. Pela diferença entre as concentrações inicial e final, pode-se chegar a quantidade realmente aplicada de 1,03 kg de N/ha, ao longo do alcance total do aspersor. Nos coletores, situados apenas dentro dos limites do experimento, a dose média coletada foi de 1,126 kg de N/ha. Esse valor multiplicado por quatro aplicações, fornece o valor médio indicado na Tabela 4 (4,505 kg de N/ha. O mesmo procedimento poderá ser usado na estimativa dos valores das demais doses.

Com as doses desejada e realmente aplicada, foi possível estimar a eficiência do aplicador. No caso, ela variou de acordo com as doses, isto é, quanto menor a dose, menor foi a eficiência de aplicação; na maior dosagem ela foi de 85,5% e, na menor, de 51,1%. Estes valores são inferiores aos mencionados pelos preconizadores do referido aplicador, que indicaram uma eficiência de aplicação superior a 90%. É provável que o tempo de aplicação utilizado, 10 minutos, tenha sido a razão principal para a menor

eficiência nesse caso. É preciso enfatizar, contudo, que se for utilizado um maior período de aplicação, a diluição do produto na lavoura será maior e a eficiência do nutriente poderá ser reduzida.

TABELA 4 - Quantidades médias de N amoniacal (kg/ha) aplicado, em função das doses de nitrogênio (fonte uréia) e posições das parcelas a partir da linha de fertirrigação. ESAL, Lavras-MG, 1992.

Posição	Doses de nitrogênio (kg/ha)			Média ¹
	8,81	17,62	26,43	
P ₁	6,806	15,456	28,806	17,023 a
P ₂	4,334	9,716	22,236	12,222 b
P ₃	4,688	8,810	19,374	12,095 b
P ₄	4,086	9,494	22,412	11,997 b
P ₅	3,690	9,543	23,434	10,957 b
P ₆	3,428	9,874	19,348	10,883 b
Média	4,505	10,482	22,602	12,530

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Pelos dados médios da quantidade de nitrogênio apresentados na Tabela 4, constata-se que a menor quantidade média de nitrogênio (10,883 kg/ha) foi aplicada na posição P₆ e a maior (17,023 kg/ha), na posição P₁, demonstrando que à medida que as parcelas se distanciam da linha de fertirrigação, diminui a quantidade de fertilizante aplicado.

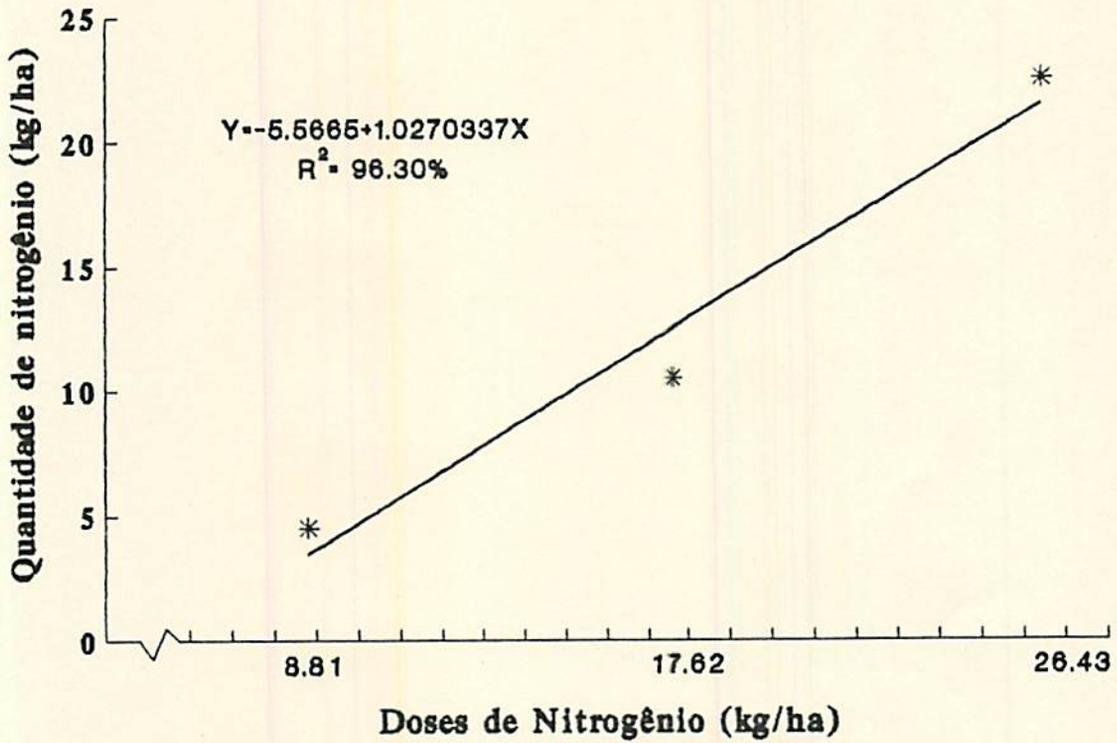


FIGURA 4 - Equação de regressão entre doses de nitrogênio (kg/ha) e quantidade de nitrogênio aplicado (kg/ha). ESAL, Lavras-MG, 1992.

Deve ser salientado ainda que no presente caso, poder-se-ia obter maior uniformidade de aplicação do nitrogênio se houvesse superposição normal das áreas molhadas (Bernardo, 1987).

Na Figura 4, a equação de regressão entre as doses de nitrogênio e as quantidades de nitrogênio aplicado revelam a existência de uma relação linear entre as duas variáveis, com um bom grau de ajuste dos dados ao modelo linear aos dados ($R^2 = 0,96$).

Observa-se, pela Tabela 5, que os valores médios de produção total (grãos + palha) variaram muito pouco em relação às posições estudadas o que, aliás, já havia sido indicado pela ausência de significância na análise de variância (Tabela 3).

TABELA 5 - Valores médios da produção total (grão + palha) da linhagem de feijão ESAL-580 em função das doses de nitrogênio e posições das parcelas a partir da linha de fertirrigação. ESAL, Lavras-MG, 1992.

Posição	Doses de nitrogênio (kg/ha)			Média
	8,81	17,62	26,43	
P ₁	3500	3730	4260	3830
P ₂	3550	3360	3740	3550
P ₃	4240	3590	3890	3910
P ₄	3750	3330	3930	3500
P ₅	4020	3440	3750	3750
P ₆	3660	3630	4110	3800
Média	3790	3430	3950	3720

Era esperado que com o aumento da dose de nitrogênio aplicado, ocorresse também uma resposta na produção total produzida, uma vez que esse nutriente estimula o desenvolvimento vegetativo (Santa Cecília, 1972). Contudo, o coeficiente de determinação obtido na análise de regressão ($R^2 = 0,09$) mostrou que os dados não se ajustaram à referida equação (Figura 5). É provável que a heterogeneidade da distribuição do nitrogênio no solo tenha contribuído para esse baixo coeficiente de determinação. É preciso enfatizar também que, infelizmente, a diferença entre as doses efetivamente aplicadas foram muito pequenas, o que deve ter contribuído para que a resposta a esse nutriente não fosse mais acentuada.

As produtividades médias de grãos obtidas são apresentadas na Tabela 6. Constata-se que a média foi baixa (1360 kg/ha), considerando que foi utilizada alta tecnologia. É preciso salientar, contudo, que a safra das águas, semeadura em outubro, coincide com períodos de temperaturas elevadas, especialmente à noite, que reduzem o vingamento floral (Ramalho e Ferreira, 1979) e, provavelmente, o enchimento de grãos. Embora não fosse realizada uma avaliação de doenças, foi observada a ocorrência de alguns patógenos, o que também deve ter contribuído para a redução na produtividade.

A mesma observação feita para produção total pode ser feita para a produtividade de grãos, isto é, esperava-se resposta linear com o incremento nas doses aplicadas. Constata-se na Figura 6, que a resposta foi linear, porém o coeficiente de determinação ($R^2 = 0,52$), apesar de bem superior ao encontrado para a produção

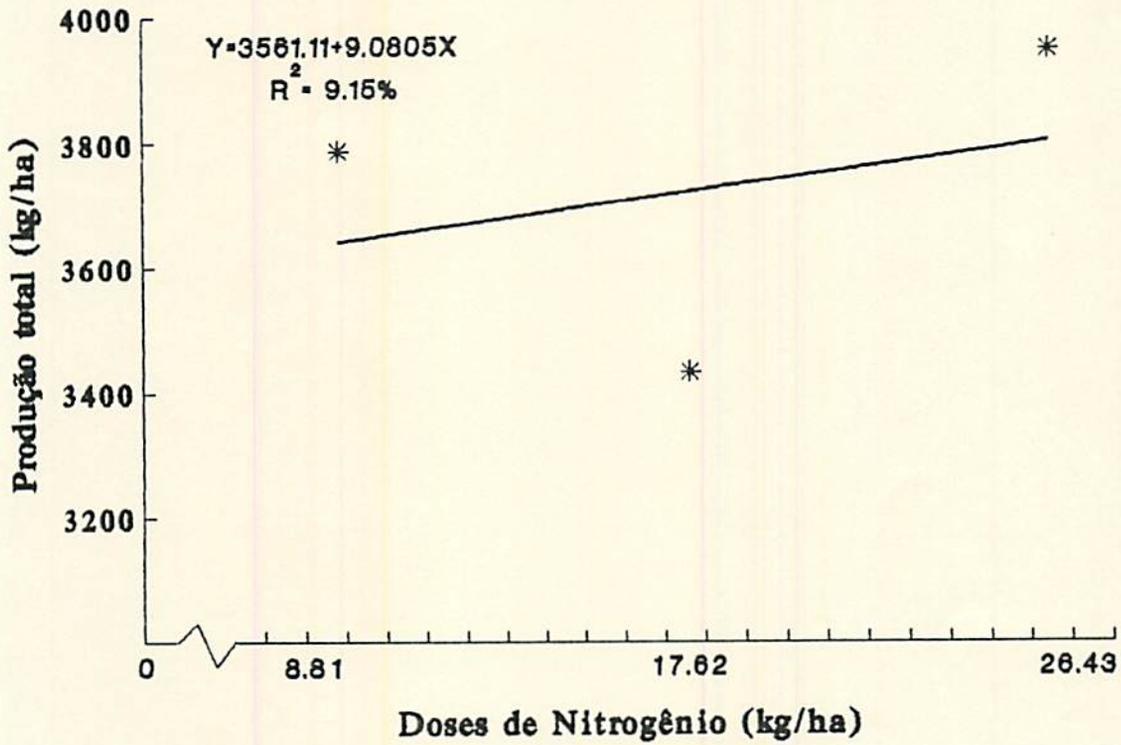


FIGURA 5 - Equação de regressão entre doses de nitrogênio (kg/ha) e a produção total (kg/ha). ESAL, Lavras-MG, 1992.

total foi ainda insuficiente para indicar um bom ajustamento. O coeficiente de regressão obtido, $b = 10,3961$, indica que cada aumento de 1 kg na dose de nitrogênio aplicado por ha, correspondeu a um incremento de 10,39 kg de feijão.

Na literatura há inúmeros resultados referentes à aplicação de nitrogênio na cultura do feijoeiro. Contudo, nesses trabalhos a aplicação foi efetuada no solo, em semeadura ou em cobertura. Segundo Igue (1968), Malavolta (1972) e Villalobos (1980), cerca de 30% dos trabalhos realizados no Estado de São Paulo apresentaram resposta ao nitrogênio. Alguns, como o de Igue (1968), indicam resposta a doses relativamente baixas de nitrogênio, até 30 kg/ha, ou seja, próximas às doses utilizadas nesse trabalho (até 26,43 kg de N/ha). Outros, como o de Frizzone (1986), observam efeitos para doses maiores de nitrogênio, até 150 kg/ha. Porém, a COMISSÃO ... (1979), recomenda, para a cultura em Minas Gerais, 20 kg N/ha no plantio e 30 a 40 kg de N/ha em cobertura.

Em se tratando do efeito de doses de nitrogênio via fertirrigação, as informações disponíveis são mais restritas. CARVALHO et al. (1992) em experimento conduzido em Sete Lagoas, utilizando o mesmo aplicador desse trabalho, verificou resposta à dose de 90 kg de N/ha. Contudo, o incremento em produtividade em relação à testemunha sem nitrogênio em cobertura foi de apenas 13%. No mesmo trabalho, ele verificou que a melhor alternativa de aplicação de nitrogênio foi através do parcelamento em que 45 kg de N/ha eram aplicados na pré-floração e 45 kg de N/ha na floração.

Do exposto, verifica-se que é esperada resposta do feijoeiro a doses de nitrogênio via fertirrigação, contudo, é necessário que os tratamentos aplicados apresentem uma amplitude de variação maior que a usada nesse trabalho. Além do mais, como já mencionado, é necessário desenvolver novas alternativas visando melhorar a eficiência do aplicador.

TABELA 6 - Produtividade média de grãos (kg/ha) da linhagem de feijão ESAL-580 em função das doses de nitrogênio e posições das parcelas a partir da linha de fertirrigação. ESAL, Lavras-MG, 1992.

Posição	Doses de nitrogênio (kg/ha)			Média
	8,81	17,62	26,43	
P ₁	1160	1520	1700	1460
P ₂	1260	1020	1380	1210
P ₃	1550	1110	1520	1390
P ₄	1130	1210	1490	1270
P ₅	1570	1340	1450	1450
P ₆	1290	1380	1510	1390
Média	1290	1260	1510	1360

A análise de variância (Tabela 3) não detectou significância das fontes de variação sobre o número de vagens por planta, número de sementes por vagem, peso de 100 sementes e índice de colheita. O que chama a atenção na análise de variância, é que o número de vagens por planta apresentou o maior coeficiente de

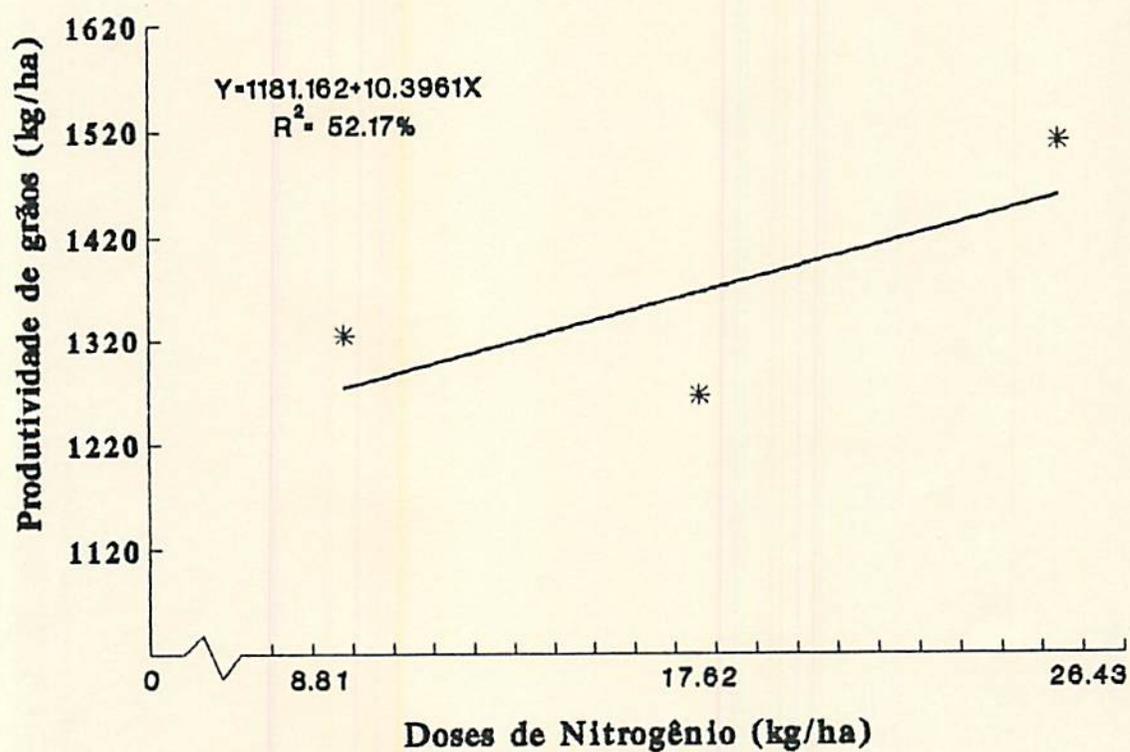


FIGURA 6 - Equação de regressão entre doses de nitrogênio (kg/ha) e a produtividade de grãos (kg/ha). ESAL, Lavras-MG, 1992.

variação observado nos experimentos, 27,06%. Este valor pode ser considerado alto, indicando que as dez plantas por parcela, utilizadas na avaliação dessa característica, talvez possam ser aumentadas em outros experimentos. O peso de cem sementes, apesar de não ter sido influenciado significativamente pelas fontes de variação, de modo semelhante ao que ocorreu com a produtividade de grãos, apresentou, na análise de variância, valor de F calculado para doses de nitrogênio, bem próximo do tabelado.

Os valores médios obtidos para os componentes citados no parágrafo anterior, são apresentados na Tabela 7. De um modo geral, os valores obtidos para o número de vagens por planta parecem ter sido relativamente baixos, provavelmente como resultado da ocorrência de temperaturas altas e chuvas fortes na floração, que é comum na safra das águas. Resultados semelhantes foram obtidos por Santa Cecília (1972), com doses de 0, 20 e 40 kg de N/ha, mas os presentes valores foram e inferiores aos obtidos por Azevedo (1984) e Frizzone (1986). Para o índice de colheita, os valores médios encontrados também podem ser considerados baixos (30 a 40%) em relação aos normalmente obtidos com feijão, que é geralmente em torno de 50% (Berger, 1983 e Silva, 1988). Provavelmente o maior crescimento vegetativo, comum na época das águas, aliado à aplicação de nitrogênio, tenha proporcionado maior desenvolvimento de ramos e folhas, em detrimento da produção de grãos. Também pode ser observado que o peso médio de cem sementes, encontrado nos experimentos com a linhagem ESAL 580 ficou em torno de 23 g, resultado este semelhante aos obtidos por Azevedo (1984), Felipe (1992) e Carvalho et al. (1992), que trabalharam com a cultivar Carioca.

TABELA 7 - Valores médios dos componentes do rendimento e índice de colheita obtidos com a linhagem de feijão ESAL-580, em função das doses de nitrogênio (fonte uréia) e posições das parcelas a partir da linha de fertirrigação. ESAL, Lavras-MG, 1992.

Posição	Vagens por planta	Sementes por vagem	Peso 100 sementes	Índice de colheita
P ₁	5,9	5,1	21,5	38,6
P ₂	5,5	5,0	21,7	36,0
P ₃	6,3	5,3	22,0	35,0
P ₄	5,6	5,2	23,9	37,9
P ₅	7,6	5,3	23,9	39,0
P ₆	6,3	4,6	24,7	35,6
Doses (kg/ha)				
8,81	6,9	5,1	23,6	35,3
17,62	5,7	5,1	21,4	38,6
26,43	6,2	5,0	23,8	38,0
Média	6,2	5,1	23,0	37,3

4.2 Experimento com adubação foliar

Geralmente, diante de situações práticas que demandam tomada de decisão sobre a aplicação de nitrogênio via foliar (seja para remoção de sintomas de deficiência, seja como adubação suplementar), a grande dúvida do técnico diz respeito à

concentração máxima da calda fertilizante a ser aplicada. Na literatura as recomendações são muito amplas (Boaretto et al., 1985; Rosolem e Boaretto, 1987 e Camargo e Silva, 1990), fazendo com que persistam dúvidas a respeito do assunto.

A primeira indicação de que a concentração usada foi elevada, é o aparecimento de sintomas de fitotoxicidade após a aplicação dos fertilizantes nitrogenados. No caso da uréia, por exemplo, a concentração elevada na superfície foliar, aliada à sua rápida absorção, resulta em destruição da membrana celular, dando origem a grandes manchas que se tornam necrosadas, dando o aspecto de queimadura às folhas. Estes sintomas são agravados com a exposição ao sol após aplicação, razão pela qual alguns autores selecionam melhores horários para aplicação (Muraoka e Neptune, 1977; Boaretto et al., 1985 e Rosolem e Boaretto, 1987).

No presente trabalho, 24 horas após cada aplicação de uréia, via foliar, as parcelas foram avaliadas quanto ao desenvolvimento de sintomas de fitotoxicidade, sendo o resultado resumido na Tabela 8.

Pode ser observado ainda, no caso dos tratamentos que envolveram mais de uma aplicação, que pulverizações vespertinas atenuaram os sintomas de fitotoxicidade em relação às aplicações matinais, provavelmente porque nestas últimas os feijoeiros ficaram muitas horas expostos à radiação solar, enquanto nas primeiras, parte da absorção se deu no escuro, atuando a luz somente na manhã seguinte.

TABELA 8 - Descrição dos sintomas de fitotoxicidade observados nas plantas de feijão (linhagem ESAL-580), 24 horas após aplicação de uréia via foliar em diferentes concentrações de calda fertilizante. ESAL, Lavras-MG, 1992.

Concentração (% de uréia)	Sintoma de fitotoxicidade
0 e 1	Sem sintomas.
5	Pequena queimadura nos bordos de algumas folhas. Sintomas revertidos em 2 a 3 dias.
10	Queima irreversível de grandes áreas do limbo foliar de algumas folhas aliada a pequena queimadura em folhas menos expostas à aplicação.
20	Queima irreversível de grande área foliar na maioria das folhas, causando severa desfolha.

Deve ser salientado, entretanto, que apesar da ocorrência de sintomas irreversíveis nos tratamentos que empregaram uréia a 10 e 20%, não houve efeito significativo dos tratamentos sobre as demais características avaliadas, conforme pode ser observado nas Tabelas 9 e 10. Pelos dados da Tabela 9 verifica-se ainda que, a julgar pelos valores do coeficiente de variação (CV %), o ensaio apresentou uma precisão relativamente boa, exceto para a característica número de sementes por vagem, que normalmente se apresenta com menores valores de CV.

TABELA 9 - Resumo da análise de variância dos dados relativos às características avaliadas no ensaio de adubação foliar. ESAL, Lavras-MG, 1992.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio					
		Produção total	Produtividade de grãos	Vagens por planta	Sementes por vagens	Peso 100 sementes	Índice colheita
Bloco	3	420766,667	58820,859	4,578	1,711	15,246	0,200
Concentração	4	2046580,000	89782,238	2,597	2,325	2,783	0,800
Erro	12	677166,667	108082,129	1,964	1,472	10,319	0,600
CV (%)		21,50	20,17	18,77	23,00	14,54	17,41

Na Tabela 10 são apresentados os valores médios obtidos no ensaio. Pode ser observado que a produtividade média (1630 kg/ha) foi ligeiramente superior à dos ensaios de fertirrigação, provavelmente devido a uma pequena superioridade do número de vagens por planta (Tabelas 6, 7 e 10).

A falta de resposta à adubação foliar pode estar relacionada à existência de teores suficientes de nitrogênio (solo + adubação de plantio), haja vista que não se verificaram sintomas de deficiência no tratamento testemunha.

TABELA 10 - Valores médios da produção total (grãos + palha), produtividade de grãos, componentes do rendimento e índice de colheita obtidos com a linhagem de feijão ESAL-580 em função de diferentes concentrações de uréia via foliar. ESAL, Lavras-MG, 1992.

Concentração de uréia (%)	Quadrado médio					
	Produção total (kg/ha)	Produtividade de grãos (kg/ha)	Vagens por planta (nº)	Sementes por vagens (nº)	Peso 100 sementes (g)	Índice colheita (%)
0	3790	1545	7,3	4,9	21,5	41,6
1	4830	1890	8,0	6,6	21,9	40,4
5	4200	1625	7,8	5,2	22,3	39,6
10	3115	1525	6,1	4,9	23,4	48,8
20	3190	1570	8,1	4,8	21,3	48,7
Média	3827	1630	7,5	5,3	22,1	43,9

Apesar da ausência de significância, nota-se que na presença das maiores concentrações (10 e 20%) houve uma tendência de redução da produção total (grãos + palha), provavelmente em função da severa desfolha provocada por aqueles tratamentos (Tabela 10). Deve ser ressaltado que este efeito fitotóxico poderia ter sido ainda maior se essas aplicações tivessem sido realizadas mais cedo (quando os feijoeiros se apresentam com pequena área foliar) ou sobre plantas submetidas a algum tipo de estresse.

O comportamento da produtividade de grãos foi semelhante ao da produção total (grãos + palha), ou seja, também houve



tendência de redução no rendimento na presença das maiores concentrações de uréia (Tabela 10).

Diante dos resultados, parece aconselhável que uma recomendação de ordem mais genérica e, portanto, bem segura, deva incluir sempre concentrações inferiores a 5%, porque erros de doses, muito comuns entre usuários mal informados, poderiam levar a grandes prejuízos.

5. CONCLUSÕES

Nas condições em que foi conduzido o presente trabalho, concluiu-se que:

1) Nos ensaios de fertirrigação as diferentes doses de nitrogênio, afetaram significativamente, além da quantidade aplicada do nutriente, a produção total (grãos + palha) dos feijoeiros. A falta de resposta do rendimento e seus componentes, pode ser atribuída às baixas doses utilizadas e ao pequeno intervalo entre elas.

2) A eficiência do aplicador portátil empregado variou de 51,5% a 85,5% e, a julgar pelo resíduo deixado no depósito, poderia ter sido elevada, aumentando-se o tempo de aplicação utilizado (10 min.).

3) Com relação à adubação nitrogenada foliar, as diferentes concentrações de uréia utilizadas não afetaram significativamente a produtividade de grãos e os componentes do rendimento, provavelmente em função de teores satisfatórios de nitrogênio no solo, complementados pela adubação de plantio, e das baixas doses de fósforo e potássio empregadas.

4) As concentrações de 10% e 20% de uréia via foliar causaram severa desfolha, resultando em uma tendência de menor produção total e menor rendimento de grãos, o que sugere a

recomendação de concentrações sempre inferiores a 5%, para aplicações seguras.

5) Devido aos problemas de ajuste do aplicador, desuniformidade de aplicação e correlação entre doses desejadas e aplicadas, sugere-se a realização de outros estudos a respeito da adubação nitrogenada por fertirrigação no feijoeiro, antes da proposição de recomendações generalizadas. Por outro lado, há necessidade também de uma avaliação criteriosa do aplicador antes do seu uso.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. de F.B.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos; 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.29, n.1, p.105-112, jan. 1994.

ALMEIDA, L.D.; BULISANI, E.A. Técnicas para aumentar a rentabilidade do feijoeiro. *Correio Agrícola (BAYER)*, São Paulo, v.1, p.236-246, 1980.

ANDRADE, M.J.B. de; ABREU, A. de F.B.; RAMALHO, M.A.P. *Recomendações para a cultura do feijoeiro em Minas Gerais*. Lavras: ESAL, 1992. 12p. (Circular, 06).

ANJOS, J.T.; TEDESCO, M.J. Volatilização de amônia proveniente de dois fertilizantes nitrogenados aplicados em solos cultivados. *Científica*, Jaboticabal, v.4, p.49-55, 1976.

- ARAÚJO, R.S.; HENSON, R.A. Fixação biológica de nitrogênio. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1988. p.213-227.
- AZEVEDO, H.J. Efeito de diferentes lâminas de água e doses de adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Piracicaba: ESALQ, 1984. 85p. (Tese - Mestrado em Irrigação e Drenagem).
- BERGER, P.G. Resposta da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação nitrogenada e fosfatada. Viçosa: UFV, 1983. 67p. (Tese - Mestrado em Fitotecnia).
- BERNARDO, S. Manual de irrigação. Viçosa: Imprensa Universitária da Universidade Federal de Viçosa, 1987. 488p.
- BOARETTO, A.E.; DAGLLIAN, C.; MUAROKA, T.; CRUZ, A.R. Adubação foliar do feijoeiro: fontes de nitrogênio, concentração da solução e horário de aplicação. Revista de Agricultura, Piracicaba, v.60, n.2, p.116-123, set. 1985.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Serviço de Informação Agrícola. Normais Climatológicas (MG, ES, RJ). Rio de Janeiro, 1969. 99p.

- BULISANI, A.E.; ALMEIDA, L.D.; DEMATÊ, S.D. Observações preliminares sobre a adubação foliar em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). I. *Bragantia*, Campinas, v.32, p.13-17, 1973.
- BULISANI, A.E.; MIYASAKA, S.; ALMEIDA, L.D. Observações sobre a adubação foliar em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). II. *Bragantia*, Campinas, v.32, p.27-31, 1973.
- CABALLERO, S.U.; LIBARDI, P.; REICHARDT, K.; MATSUI, E.; VICTÓRIA, R.L. Utilização do fertilizante nitrogenado aplicado a uma cultura de feijão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.20, n.9, p.1031-1040, set. 1985.
- CAMARGO, P.N.; SILVA, O. *Manual de adubação foliar*. São Paulo: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1990. 256p.
- CARDOSO, A.A.; FONTES, L.A.N.; VIEIRA, C. Efeito de fontes e doses de adubo nitrogenado sobre a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Ceres*, Viçosa, v.23, n.139, p.292-295, 1978.
- CAROLUS, R.L.; SCHLESENER, P.E. Effect of irrigation on the yield of snap beans, sweet corn and tomatoes as influenced by certain cultural practices in 1949. *Michigan Quartely*, v.32, p.465-478, 1970.

- CARVALHO, A.M.; SILVA, A.M.; COSTA, E.F.; COUTO, L. Influência da fertirrigação no rendimento de grãos e componentes de produção do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Carioca. *Ciência e Prática*, Lavras, v.16, n.4, p.503-511, 1992.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Informe CIAT. Cali, Colômbia, 1978. 112p.
- COBRA NETO, A.; ACCORSI, W.R.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), var. Roxinho. *Anais da ESALQ*, Piracicaba, v.28, p.257-271, 1971.
- 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.
- COSTA, E.E. da; BRITO, R.A.L. Aplicador portátil de produtos químicos via água de irrigação. Sete Lagoas: EMBRAPA, 1988. 19p. (Circular Técnica, 13).
- COUTO, L. Effects of water stress on growth, reproductive development, dry matter partitioning and yield components of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in the field. *Dissertation Abstracts International B*, Ann Arbor, v.39, n.12, p.5695, 1979.

- DOSS, B.D.; EVANS, C.E.; TURNER, I. Irrigation and applied nitrogen effects of snap beans and picking cucumbers. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Mount, v.102, n.5, p.654-657, 1977.
- DUBETZ, S.; MAHALLE, P.S. Effect of soil water stress on bush bean (*Phaseolus vulgaris* L.) at three stages of growth. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Mount, v.94, p.479-481, 1969.
- ENCARNAÇÃO, C.R.F. Estudo da demanda de água do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Goiano Precoce. Piracicaba: ESALQ, 1979. 62p. (Tese - Mestrado em Irrigação e Drenagem).
- FASSBENDER, H.W. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Turrialba: IICA, 1975. 398p.
- FELIPE, M.P.; JUNQUEIRA NETO, A.; SILVA, A.M.; NOGUEIRA, F.D. Respostas do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) a diferentes regimes de irrigação e ao fracionamento da adubação nitrogenada. *Ciência e Prática*, Lavras, v.16, n.2, p.275-282, 1992.
- FOOD AND AGRICULTURE OF THE UNITED NATIONS. Dados Agroclimáticos para América Latina y el Caribe. Roma, 1985. n.p. (Colección FAO: Producción y Protección Vegetal, 24).

- FREIRE, J.C. Condutividade hidráulica e capacidade de campo de Latossolo Roxo distrófico não saturado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.3, n.3, p.73-77, set./dez. 1979.
- FRIZZONE, J.A. Funções de respostas do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao uso de nitrogênio e lâmina de irrigação. Piracicaba: ESALQ, 1986. 133p. (Tese - Doutorado em Irrigação e Drenagem).
- FRIZZONE, J.A.; ZANINI, J.R.; PAES, L.A.D.; NASCIMENTO, V.M. do. Fertirrigação mineral. Ilha Solteira: UNESP, 1985. 31p. (Boletim Técnico, 2).
- GALLO, J.R.; MIYASAKA, S. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos do florescimento à maturação. *Bragantia*, Campinas, v.20, n.40, p.867-884, set. 1961.
- GAMBOA, J.; PAREZ, G.; BLASCO, M. Un modelo para descubrir procesos de retencion y lixiviacion en los suelos. *Turrialba*, Turrialba, v.21, n.3, p.312-316, jul./set. 1971.
- GARRIDO, M.A.T.; TEXEIRA, H.A. Efeito de diferentes níveis de umidade do solo sobre o rendimento do feijoeiro comum na região Sul de Minas Gerais. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. Projeto: Feijão; relatório 76/77, Belo Horizonte, 1978. p.25-27.

- GOMES, F.P. Curso de Estatística Experimental. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1987. 467p.
- HAAG, H.P.; MALAVOLTA, E.; GARGANTINI, H.; BLANCO, H.G. Cultura do feijoeiro. *Bragantia*, Campinas, v.26, n.30, p.380-391, ago. 1967.
- IGUE, T. Interações em grupos de experimentos de adubação do feijoeiro com N, P e K, seguindo o esquema fatorial 3 x 3 x 3. Piracicaba: ESALQ, 1968. 81p. (Tese - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- MACHADO, J.R.; ROSOLEM, C.A.; BALDUCI, J.R.; NAKAGAWA, J. Adubação foliar do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.): I. Estudo de épocas de aplicação de nitrogênio. In: SIMPÓSIO DE ADUBAÇÃO FOLIAR, 1, Botucatu, 1980. *Anais...* Botucatu: FEPAF, 1981. p.121.
- MACHADO, J.R.; ROSOLEM, C.A.; NAKAGAWA, J.A. Adubação foliar do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.): V. Estudo de doses e épocas de aplicação de adubo nitrogenado (URAN). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1, Goiânia, 1982. *Anais...* Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1982. p.196-202.

- MAGALHÃES, A.A.; CARVALHO, A.A. Insetos associados à cultura. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. *Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: POTAFOS, 1988. p.573-589.
- MAIA, P.C.S. *Fertirrigação por sistema de irrigação por aspersão convencional na cultura do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.)*. Piracicaba: ESALQ, 1989. 80p. (Tese - Mestrado em Irrigação e Drenagem).
- MALAVOLTA, E. *Manual de química agrícola: adubos e adubação*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1967. 606p.
- MALAVOLTA, E. *Nutrição e adubação*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FEIJÃO, 1, Campinas, 1971. *Anais...* Viçosa: UFV, 1972. p.209-242.
- MALAVOLTA, E. *Manual de química agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo*. São Paulo: Liv. Ceres, 1976. 528p.
- MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E. *Absorção de nutrientes pelas folhas e adubação foliar*. In: SIMPÓSIO DE ADUBAÇÃO FOLIAR, 1, Botucatu, 1980. *Anais...* Botucatu: FEPAF, 1981. p.16.

- MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H.J. Desordens nutricionais no cerrado. Piracicaba: POTAFOS, 1985. 136p.
- MALAVOLTA, E.; ROMERO, J.P. Manual de adubação. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos, 1975. p.193-201.
- MASCARENHAS, H.A.A.; MIYASAKA, S.; IGUE, T.; VEIGA, A.A.; ALVES, S. Influência das formas de fertilizantes nitrogenados e suas épocas de aplicação na cultura do feijoeiro. *Bragantia*, Campinas, v.25, n.9, p.41-42, 1966.
- MEIRELLES, N.M.F.; LIBARDI, P.L.; REICHARDT, K. Absorção e lixiviação de nitrogênio em cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.4, n.2, p.83-88, 1980.
- MIRANDA, O.N.; BELMAR, C.N. Déficit hídrico e frecuencia de riego en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agricultura Técnica*, Santiago, v.37, n.3, p.111-117, 1977.
- MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; MASCARENHAS, H.A.A. Modo e época de aplicação de nitrogênio na cultura do feijoeiro. *Bragantia*, Campinas, v.22, p.511-519, 1963.

- MURAOKA, T.; NEPTUNE, A.M.L. Effects of day time on foliar spraying of several level of nitrogen fertilizer, NPKS solutions and its components, on common bean leaves. *Anais da ESALQ*, Piracicaba, v.34, p.493-496, 1977.
- MURAOKA, T.; OLIVEIRA; BOARETTO, A.E.; VICTÓRIA, R.L. Efeitos da aplicação foliar de uréia e da adubação ao solo de sulfato de amônio e uréia na produção e aproveitamento do nitrogênio pelo feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: SEMINÁRIO REGIONAL SOBRE TÉCNICAS NUCLEARES NA PRODUÇÃO DE PLANTAS AGRÍCOLAS, Piracicaba, 1984. *Anais...* Piracicaba: CENA/USP, 1984. p.211-216.
- OLIVEIRA, J.P.; THUNG, M.D.T. Nutrição mineral. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. *Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: POTAFOS, 1988. p.175-212.
- OSINAME, O.; VAN GIJN, H.; ULEX, P.L.G. Effect nitrifications inhibitions of the force and efficiency of nitrogenous fertilizers under simulated humid tropical conditions. *Tropical Agriculture*, Trinidad, v.20, n.3, p.211-217, 1983.
- PARRA, M.S.; HOEPFNER, M.A.; VOSS, M. Adubação do feijoeiro no Paraná. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. *Manual agropecuário do Paraná*. Londrina, 1978. p.247-255.

- PARRA, M.S.; HOEPFNER, M.A.; VOSS, M. Adubação do feijoeiro no Estado do Paraná. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Cultura do feijão no Estado do Paraná. Londrina, 1980. p.33-45 (Circular, 18).
- POMPEU, A.S.; IGUE, T. Comportamento de linhagens de feijoeiro a níveis diferenciais de adubação. *Bragantia*, Campinas, v.27, n.13, p.71-80, 1968.
- RAGGI, L.A.; BERNARDO, S.; GALVÃO, J.O. Efeito do turno de rega em três fases do ciclo de feijoeiro. *Seiva*, Viçosa, v.32, n.76, p.34-43, 1976.
- RAIJ, B.V. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo: Agronômica Ceres/POTAFOS, 1991. 445p.
- RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, M.M. Comportamento de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em relação ao florescimento e vingamento das vagens. *Ciência e Prática*, Lavras, v.3, n.1, p.80-84, jan./jun. 1979.
- REICHARDT, K. Processos de transferência no sistema do solo-planta-atmosfera. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 445p.
- ROSOLEM, C.A. Adubação foliar. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Brasília, 1984. Anais... Brasília: EMBRAPA-DEP, 1984. p.419-449.

- ROSOLEM, C.A. Nutrição e adubação do feijoeiro. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1987. 93p. (Boletim Técnico, 8).
- ROSOLEM, C.A.; BOARETTO, A.E. Adubação do feijoeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ADUBAÇÃO FOLIAR, 2, Botucatu, 1987. Anais... Botucatu: FEPAF, 1987. p.499-512.
- ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R.; BALDUCCI JUNIOR, J.J.; HING, L.T. Adubação foliar do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). II. Efeitos do nitrogênio com e sem cobertura nitrogenada. In: SIMPÓSIO DE ADUBAÇÃO FOLIAR, 1, Botucatu, 1980. Anais... Botucatu: FEPAF, 1981. p.122.
- SALTER, P.J.; GOOD, J.E. Crop responses to water at different stages of growth. Farnham Royal: CAB, 1967. 246p. (Research Review, 2).
- SANCHEZ, P.A. (ed.). Nitrogen fertilization. In: ——. A review of soils research in Tropical Latin American. Raleigh: North Carolina Agricultural Experiment Station, 1973. p.90-125. (Technical Bulletin, 119).
- SANTA CECÍLIA, F.C. Resposta de treze variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação nitrogenada e fosfatada. Viçosa: UFV, 1972. 38p. (Tese - Mestrado em Fitotecnia).

- SILVA, A.J. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação nitrogenada. Lavras: ESAL, 1988. 85p. (Tese - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- SILVA, M.A. Efeito da lâmina d'água e da adubação nitrogenada sobre a produção de feijão-de-corda (*Vigna sinensis* L. Savi), utilizando o sistema de irrigação por "aspersão em linha". Viçosa: UFV, 1978. 48p. (Tese - Mestrado em Engenharia Agrícola).
- SMITTLE, D.A. Response of snap bean to irrigation, nitrogen fertilization, and plant population. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Mount, v.101, n.1, p.37-40, 1976.
- STEINMETZ, S. Evapotranspiração máxima no cultivo de feijão de inverno. Goiânia: EMBRAPA/CNPAF, 1984. 4p. (Pesquisa em andamento).
- VIEIRA, C. Cultura do feijoeiro. Viçosa: Imprensa Universitária, 1983. 146p.
- VILELA, E.A.; RAMALHO, M.A.P. Análise das temperaturas e precipitações pluviométricas de Lavras, Minas Gerais. *Ciência e Prática*, Lavras, a v.3, n.1, p.71-79, jan./jun. 1979.

VILLALOBOS, R.A. Estudos sobre a adubação nitrogenada da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na Zona da Mata de Minas Gerais. Viçosa: UFV, 1980. 68p. (Tese - Mestrado em Fitotecnia).

WESTERMANN, D.T.; KLEINKOPF, G.E.; PORTER, L.K.; LEGGETT, G.E. Nitrogen sources for bean seed production. *Agronomy Journal*, Madison, v.73, n.4, p.660-664, 1981.

WILCOX, G.E.; FAGERIA, N.K. Deficiências nutricionais do feijão, sua identificação e correção. Goiânia: EMBRAPA/CNPAF, 1976. 22p. (Boletim Técnico, 5).