

MARCELO DE PÁDUA FELIPE

EFEITOS DE DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA E ÉPOCAS
DE PARCELAMENTO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA
CULTURA DO FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte dos requisitos do curso de mestrado em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para obtenção do grau de "Magister Science".

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS

1991

PARCELO DE PÁDUA BRUNO

CULTURA DO FEIJÃO (Phaseolus vulgaris L.)
DE PARCELAMENTO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA
ERFITOS DE DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA E ÉPOCAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Lavras em cumprimento das exigências do Regulamento do Curso de Engenharia de Alimentos, para obtenção do título de Engenheiro de Alimentos.

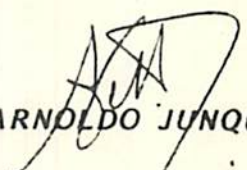
[REDACTED]


ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS

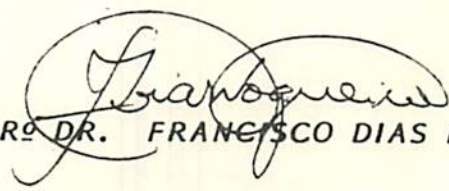
1991

EFEITOS DE DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA E ÉPOCAS DE PARCELAMENTO
DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO FEIJÃO
(*Phaseolus vulgaris* L.)

APROVADA:


PROF. DR. ARNOLDO JUNQUEIRA NETTO


PROF. DR. ANTÔNIO MARCIANO DA SILVA


ENG. AGRº DR. FRANCISCO DIAS NOGUEIRA

1991

Aos meus pais

José Santana e

Helena (in memoriam)

*que me conceberam e mostraram o
quanto é gratificante ceifar a terra.*

A esposa

Sandra

*que com paciência e dedicação incentivou
na escolha de soluções para os problemas.*

e às minhas filhas

Priscila, Tatiana e Helena Cristina

*que as suas existências estão intimamente
ligadas à produção de alimentos*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

RECONHECIMENTOS ESPECIAIS

- À Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER-MG), pela oportunidade oferecida e reconhecimento profissional.
- Ac Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão da bolsa de estudos.
- Ac Prof. Dr. Arnaldo Junqueira Netto, ESAL, pela orientação geral e revisão do texto.
- Ao Prof. Dr. Antônio Marciano da Silva, ESAL, pelo estímulo, sugestões, revisão do texto e permissão do uso do laboratório de hidráulica.
- Ao Prof. Dr. Francisco Dias Nogueira, EMBRAPA, pelas sugestões na área de fertilidade do solo e revisão do texto.
- Ac Prof. Dr. Magno A. Patto Ramalho, ESAL, pela orientação na condução do experimento e cessão da área para implantação do ensaio.
- Ao Prof. Dr. Elio Lemos da Silva, ESAL, pela permissão do uso do conjunto de irrigação durante a execução do projeto.

SINCERROS AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Estatística e Computação, ESAL, nas pessoas dos Prof. Dr. Paulo Cesar Lima e Dr. Gilnei S. Duarte pela cessão do computador e programa para análise dos dados estatísticos.

Ao Dr. Júlio César de Souza e Dr^a Sara Maria C. de Souza pelo auxílio técnico e material de controle fitossanitário da área do ensaio.

Ao Laboratório de Análises Químicas do Solo, do Departamento de Química, ESAL.

Aos Srs. Luiz Carlos de Miranda e Antônio Máximo de Carvalho, pela revisão do texto nas normas de redação científica.

Aos Srs. Lindenberg Naves da Silva e Mário José de Oliveira, pelo auxílio e fornecimento de material.

E a todos aqueles que contribuíram para viabilizar este estudo.

MUITO OBRIGADO.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
1.1. Alguns questionamentos	02
1.2. Objetivos	03
2. REFERENCIAL TEÓRICO	04
2.1. Sensibilidade do feijoeiro ao déficit hídrico em períodos críticos	04
2.2. Sensibilidade ao excesso de água no solo	07
2.3. Necessidade hídrica da cultura do feijão	08
2.4. Profundidade do sistema radicular e extração de água pelas raízes	13
2.5. Absorção de N e fracionamento da adubação nitrogenada	14
2.6. Comportamento da cultura do feijão a diferentes regimes de irrigação e à irrigação nitrogenada	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1. Localização e descrição da área experimental	20
3.2. Solo	22
3.3. Sistema de aplicação de água	23
3.4. Delineamento experimental	29

3.5. Manejo da água	24
3.5.1. Irrigação de uniformização	29
3.5.2. Irrigação durante o ciclo vegetativo	30
3.5.3. Estimativa da evapotranspiração pelo feijoeiro	31
3.6. Variedades e práticas culturais	33
3.7. Fenologia	36
3.7.1. Data da emergência	36
3.7.2. Data da floração	36
3.7.3. Data do início do enchimento das vagens	37
3.7.4. Data do início da maturação	37
3.7.5. Data da maturação de colheita	37
3.8. Produção e componentes da produção	37
3.8.1. Rendimento de sementes	38
3.8.2. Número de vagens por planta	39
3.8.3. Número de sementes por vagem	39
3.8.4. Peso de 100 sementes	39
3.9. Eficiência do uso da água	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1. Caracterização dos estádios fenológicos da cultura	41
4.2. Rendimento de sementes	43
4.2.1. Efeito das lâminas totais sobre o rendimento de sementes	47
4.3. Manejo da água	53
4.4. Evapotranspiração do feijoeiro	60
4.5. Eficiência do uso da água	65
4.6. Número de vagem por planta	

4.7. Número de sementes por vagem	71
4.8. Peso médio de 100 sementes	77
5. CONCLUSÕES	82
6. RESUMO	85
7. SUMMARY	86
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87

LISTA DE TABELAS

TABELA		PÁGINA
1	<i>Atributos físicos do solo da área experimental. ESAL, Lavras, MG, 1989.</i>	22
2	<i>Características químicas do solo da área experimental. ESAL, Lavras, MG, 1989.</i>	23
3	<i>Controle fitossanitário - pulverizações realizadas no ciclo de cultivo. ESAL, Lavras, MG, 1989.</i>	36
4	<i>Valores médios de rendimento de sementes de feijão (Kg/ha), em função das lâminas totais de água e das épocas de parcelamento do nitrogênio. ESAL, Lavras, MG, 1989.</i>	44
5	<i>Resumo da análise de variância do rendimento de sementes com desdobramento das interações lâminas totais de água, dentro da época de parcelamento de nitrogênio. ESAL, Lavras, MG, 1989.</i>	45

TABELA

PÁGINA

6	Resumo da análise de variância da regressão, em função das lâminas totais de água, dentro das épocas de parcelamento do nitrogênio. ESAL, Lavras, MG, 1989.	56
7	Variáveis climáticas no período experimental, lâminas totais de água em cada parcela e frequência de irrigação. ESAL, Lavras, MG, 1989.	57
8	Componentes do balanço hídrico do solo, na profundidade de 0-30 cm, na parcela L ₁ e no tratamento N ₂ . ESAL, Lavras, MG, 1989.	61
9	Valores médios de ETa (mm/dia), em quatro estádios do ciclo da cultura, para o tratamento L ₁ N ₂ . ESAL, Lavras, MG, 1989.	63
10	Valores médios da eficiência do uso de água (Kg.m ⁻³), em função das lâminas totais de água e das épocas de parcelamento de nitrogênio. ESAL, Lavras, MG, 1989.	66
11	Resumo da análise de variância para a eficiência do uso de água, com desdobramento das interações lâminas totais de água dentro das épocas de parcelamento de nitrogênio. ESAL, Lavras, MG, 1989.	67

TABELA

PÁGINA

12	Número médio de vagens por planta, em função das lâminas totais de água e épocas de parcelamento de nitrogênio. ESAL, Lavras, MG, 1989.....	72
13	Resumo da análise de variância do número de vagens por planta, com desdobramento das interações lâminas de água dentro da época de parcelamento. ESAL, Lavras, MG, 1989.....	72
14	Número médio de sementes por vagem para as lâminas totais de água e época de parcelamento de nitrogênio. ESAL, Lavras, MG, 1989.....	74
15	Resumo da análise de variância, do número médio de sementes por vagem, em função das lâminas totais de água e época de parcelamento de nitrogênio. ESAL, Lavras, MG, 1989.....	75
16	Peso médio de 100 sementes, em gramas, obtidos em função das lâminas totais de água e épocas de parcelamento de nitrogênio. ESAL, Lavras, MG, 1989.....	78
17	Resumo da análise de variância do peso de 100 sementes com desdobramento das interações lâminas de água dentro da época de parcelamento. ESAL, Lavras, MG, 1989.....	79

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	<i>Variação diária da precipitação pluvial (mm) da umidade relativa (%) e da temperatura média (°C). ESAL, Lavras, MG, 1989.....</i>	21
2	<i>Curva característica de retenção de água no solo a uma profundidade de 15 cm, obtida em laboratório (FREIRE, 1979). ESAL, Lavras-MG, 1979.....</i>	24
3	<i>Curva característica de retenção de água no solo a uma profundidade de 15 cm, obtida por tensiômetro (FREIRE, 1979). ESAL, Lavras, MG, 1979.....</i>	24
4	<i>Diagrama esquemático dos blocos experimentais. ESAL, Lavras, MG, 1989..</i>	27
5	<i>Distribuição da intensidade de precipitação dos aspersores ASBRASIL, ZA-30D, em função da distância da linha dos aspersores. ESAL, Lavras, MG, 1989.....</i>	28

FIGURA

PÁGINA

6	<i>Estádios fenológicos da cultura do feijão para os diferentes tratamentos utilizados. ESAL, Lavras, MG, 1989.....</i>	42
7	<i>Rendimento de sementes em função das lâminas totais de água. ESAL, Lavras, MG, 1989.....</i>	48
8	<i>Rendimentos de sementes em função das lâminas totais de água, dentro do parcelamento de nitrogênio. ESAL, Lavras, MG, 1989.....</i>	51
9	<i>Lâminas totais de água aplicadas durante o ciclo da cultura. ESAL, Lavras, MG, 1989.....</i>	54
10	<i>Precipitação pluviométrica da localidade do experimento, referente a diversos períodos. ESAL, Lavras, MG, 1989.....</i>	55
11	<i>Temperaturas médias da localidade do experimento, referente a diversos períodos. ESAL, Lavras, MG, 1989.....</i>	58
12	<i>Umidade relativa do ar da localidade do experimento, referente a diversos períodos. ESAL, Lavras, MG, 1989.....</i>	59
13	<i>Valores acumulados de ECA e ETa para o feijoeiro, para a lâmina de água total L_1 dentro do parcelamento N_2. ESAL, Lavras, MG, 1989.....</i>	62

FIGURA

PÁGINA

14	<i>Eficiência do uso de água em função de lâminas totais de água dentro da época de parcelamento de nitrogênio. ESAL, Lavras, MG, 1989.....</i>	68
15	<i>Número de vagens por planta, em função de lâminas totais de água, dentro de cada parcelamento de nitrogênio. ESAL, Lavras, MG, 1989.....</i>	73
16	<i>Número de sementes por vagem em função da lâmina de água total. ESAL, Lavras, MG, 1989.. ..</i>	76
17	<i>Peso de 100 sementes em função das lâminas totais de água, dentro de cada parcelamento de nitrogênio. ESAL, Lavras, MG, 1989.....</i>	80

1. INTRODUÇÃO

A exploração da cultura do feijão no Brasil, destina-se à obtenção de sementes, a exemplo do que ocorre na maioria dos países latinos, produtores desta leguminosa.

O mercado interno absorve a totalidade da produção nacional, contudo, o consumo per capita apresenta uma tendência declinante, em torno de 12 kg/hab/ano (AGROANALYSIS, 1989). Na realidade, trata-se de uma importante fonte protéica de baixo custo, resultando, numa combinação alimentar de boa qualidade nutricional e de adequado teor energético quando associada ao arroz.

O Brasil se mantém já por várias décadas, como um dos principais produtores mundiais de feijão. A cultura tem ocupado uma área relativamente estável, flutuando num intervalo 4,1 - 5,6 milhões de hectares, com uma produção de sementes estabilizada ao redor de 1,9 - 2,9 milhões de toneladas, registrando baixos rendimentos anuais, as vezes inferiores a 500 kg/ha nos últimos anos (AGROANALYSIS, 1989).

Dentro dos diversos fatores envolvidos na produção e que tem contribuído por afetar o rendimento da cultura, destacam-se a expansão da área cultivada em regiões de solo e clima desfavoráveis ao cultivo, doenças, pragas e a ausência de cultivares adaptados.

O feijão é uma cultura que apresenta uma boa resposta à irrigação, provavelmente em função da alta sensibilidade à deficiência hídrica, principalmente na floração e pós-floração, onde o rendimento reduz consideravelmente (KATTAN & FLEMING, 1956; MIRANDA & BELMAR, 1977 e MAGALHÃES & MILLAR, 1978).

A partir de 1978, devido ao apoio de programas governamentais e ao uso de irrigação por aspersão, a exploração desta leguminosa no outono-inverno, conduzida com boa tecnologia, vem se firmando como atividade rentável (ARAÚJO, 1981 e TEIXEIRA et alii, 1978), depositando como alternativa promissora para o aumento da produção deste produto. O potencial de área irrigada no país, alcança valores superiores a 2.070 mil hectares, representando um incremento de 58% no período de 1980 a 1986 (PROGRAMA NACIONAL DE IRRIGAÇÃO - 1987).

1.1. Alguns questionamentos

Em relação a irrigação os mais importantes têm sido os que se referem à quantidade de água (QUANTO), aos intervalos de irrigação (QUANDO) e a aplicação o mais uniforme possível de

água.

Em relação ao solo, a fertilização contribui para obtenção de produtividades compensadoras quando este é deficiente em nutrientes essenciais ou quando a relação entre os mesmos não oferece equilíbrios satisfatórios. Estudos realizados por GALLO & MYASAKA (1961), mostraram que o N é o nutriente absorvido em maior quantidade seguido pelo K, Ca, Mg, S e finalmente o P. Sendo o N o elemento absorvido em maior quantidade, é importante conhecer os benefícios de seu fornecimento à planta (QUAIS), em diferentes épocas ou em fases fenológicas da cultura, onde sua absorção seja melhor aproveitada.

1.2. Objetivos

Em função dos problemas apresentados, os objetivos deste trabalho foram: verificar os efeitos de diferentes lâminas de água, de épocas de parcelamento da adubação nitrogenada e da combinação entre estes fatores sobre os componentes de produção do feijoeiro comum.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Sensibilidade do feijoeiro ao déficit hídrico em períodos críticos

Experimentos conduzidos com feijoeiro na Flórida, por JANES (1948) e NETTLES (1948) já demonstravam a sensibilidade da cultura ao déficit de água no solo. Em Washington, ROBINS & DOMINGO (1956) trabalhando com feijoeiro, observaram que déficit hídrico ocorrido antes do florescimento reduziu o número de vagens por planta; quando ocorreu durante o florescimento reduziu o número de vagens e o número de sementes por vagem e na maturação reduziu o peso médio das sementes.

KATTAN & FLEMING (1956), estudando os estádios do ciclo nos quais a manutenção de no mínimo 50% da água disponível no solo resultaria no máximo rendimento, obteve os seguintes resultados: 1) a injúria causada pela seca e o consumo de água aumentaram com a idade das plantas. 2) o fornecimento de água da emergência até o florescimento não foi importante desde que no plantio houvesse alta disponibilidade de água e após o florescimento o suplemento fosse adequado. 3) o déficit hídrico

no estágio de desenvolvimento das vagens à maturação limitou o rendimento de sementes, mesmo que anteriormente as condições de umidade no solo tenham sido ótimas.

Uma ampla revisão bibliográfica foi efetuada por SALTER & GOODE (1967), relacionando o efeito da tensão da água no solo em diferentes estádios de desenvolvimento das culturas, sobre o rendimento. Este estudo permitiu-lhes concluir que se o déficit hídrico é imposto no estágio de pós-floração, o rendimento de sementes reduz consideravelmente. Salientam ainda que, para obter rendimentos máximos e ótima qualidade das sementes deve existir no solo um conteúdo de água suficiente durante o período de florescimento e desenvolvimento das vagens. Resultados semelhantes foram obtidos por DOOREMBOS & KASSAN (1979), MAURER et alii (1969) e MUIRHERD & WHITE (1981).

De acordo com BENAVIDES (1969), o período vulnerável da cultura do feijão é aquele que vai da semeadura à plena floração. A necessidade é de 110-180 mm de água, e se houve déficit hídrico, a fase de floração é prejudicada, e a produção é reduzida. As fases mais sensíveis do feijoeiro ocorrem um pouco antes da floração, durante a plena floração e no início de formação de vagens. O rendimento do feijoeiro depende principalmente do índice de área foliar no período da floração. O pré-florescimento, florescimento e enchimento das sementes do feijoeiro são indicados por DOOREMBOS & PRUITT (1976) e FISCHER & WEAVER (1974), como os estádios de desenvolvimento críticos em

relação ao déficit de água nos quais haverá redução no rendimento de sementes, no número de vagens por planta e no peso de sementes por vagem.

MIRANDA & BELMAR (1977), em estudos realizados no Chile, durante dois anos consecutivos, observaram redução significativa no rendimento de sementes quando submeteram a cultura ao déficit de água no solo durante o florescimento e maturação das vagens. O peso de 1000 sementes foi significativamente reduzido com a imposição do déficit hídrico, contudo não houve efeito sobre o número de sementes por vagem.

Em Petrolina-PE, MAGALHÃES & MILLAR (1978), submeteram o feijoeiro a diferentes déficits contínuos de água, fixados a partir de uma semana antes do início da floração. Puderam constatar que quando a cultura esteve 14 dias sem irrigação durante a floração verificou-se uma redução de 20% nos rendimentos de sementes. Após 17 a 20 dias sem irrigação, as reduções nos rendimentos foram de 30% e 52% respectivamente, permanecendo quase constante até o final de 29 dias de déficit.

GARRIDO et alii (1979), em estudos realizados no Norte de Minas Gerais, verificaram que o déficit de água reduziu os rendimentos de sementes em 16% quando ocorrido no início da floração, em 42% quando ocorrido no final da floração e em 58% quando ocorrido no período de formação e crescimento das vagens em relação ao tratamento que recebeu irrigação em todo o ciclo, com reposição ao nível de 60% de água disponível.

2.2. Sensibilidade do feijoeiro ao excesso de água no solo

Em locais chuvosos e em áreas irrigadas, o encharcamento é uma função da quantidade e intensidade da precipitação pluvial, da velocidade de infiltração de água no solo e da uniformidade de nivelamento do solo (FORSYTHE & PINCHINAT, 1971). A drenagem imperfeita, com a acumulação de água na superfície do solo, é mais comum em solos de várzeas. Estas condições devem ser evitadas, pois o feijoeiro não suporta, mesmo por pouco tempo, água acumulada (VIEIRA, 1967). ROBINS & DOMINGO (1956) relatam que um a dois dias de encharcamento já afetam a produção e FORSYTHE & PINCHINAT (1971) afirmam que sob inundação durante 12 horas por semana pode reduzir em 90% a produtividade.

Na Baixada Fluminense, MENESES & PINTO (1967) constataram elevada redução na produção da cultura, de 1042 kg/ha para 56 kg/ha, submetida ao excesso de umidade no solo por ocasião das fases de florescimento e frutificação.

Solo muito úmido durante o período de estabelecimento da cultura, favorece a incidência de doenças radiculares. ROBINS et alii (1967) mostram na fase de avançado crescimento vegetativo que uma superfície de solo muito úmida, pode aumentar a incidência de organismos patogênicos na parte aérea da planta. Já o excesso de umidade no solo na época da colheita, atrasa as operações da mesma (ROBINS et alii, 1967), provoca um

prolongamento do ciclo do feijão (DUTHION & MORTIER, 1977). Já, precipitações pluviométricas por ocasião da maturação, quando as vagens estão secas, ocasionam a germinação das sementes dentro delas, pondo a perder parcial ou totalmente a colheita ou ainda na melhor das hipóteses, as sementes ficam manchadas, depreciando a qualidade do produto (CAIXETA et alii, 1981).

2.3. Necessidade de água pelo feijoeiro

O objetivo básico da irrigação é proporcionar água à cultura de forma a satisfazer totalmente a exigência hídrica durante todo o seu ciclo, ou seja, a perda de água por evapotranspiração deve ser reposta, em intervalos regulares para que a planta não tenha déficit hídrico. PAVINI (1985) salienta que a evapotranspiração é de grande importância para o planejamento e dimensionamento de projetos e do manejo de água em áreas irrigadas, não só no aspecto físico e biológico, como também no de engenharia, uma vez que as obras e os equipamentos hidráulicos são basicamente dimensionados levando em conta este parâmetro.

DENMEAD & SHAW (1959); EAGLEMAN & DECKER (1965) e FRITSCHER & SHAW, ressaltam que a evapotranspiração é facilitada quando o suprimento de água no solo se encontra em condições adequadas. Destacam ainda outros fatores que influem na evapotranspiração. Entre eles citam: - a variação na características da superfície vegetada; - a temperatura do ar; -

a umidade (BLACK et alii, 1970b; RITCHIE, 1973 e YANG et alii, 1972).

Objetivando verificar o comportamento do feijoeiro sob diferentes regimes de irrigação, McMASTER et alii (1965), estudaram os efeitos de dois tratamentos de irrigação impostos em dois diferentes períodos de crescimento, sobre a produção de feijão para sementes. A irrigação foi feita quando 40 e 60% da água disponível foram retirados do solo. Constataram que, no tratamento mais úmido (40% de água disponível) desde o plantio até o florescimento, a produção de sementes aumentou e maturação foi alcançada em 8 a 14 dias mais cedo do que no tratamento mais seco. A diminuição no nível da água no solo desde o florescimento até a maturação também tendeu a acelerar a maturação, às expensas porém de menor produção de sementes. Neste experimento, o tamanho das sementes foi aumentado pelo tratamento mais úmido após o florescimento. CRANDALL et alii (1967), obtiveram um aumento de produção e uma considerável melhora na qualidade das sementes quando o conteúdo de água disponível no solo foi acima de 50%.

BARRIOS (1966), usando os sistemas de irrigação por aspersão e infiltração no feijoeiro, comprovou que o ciclo da cultura foi de 10 dias maior com o cultivo irrigado e que os rendimentos obtidos com irrigação foram 85% superiores aos obtidos exclusivamente com chuva. FRIZZONE et alii (1982) trabalhando com o feijoeiro em Latossolo Vermelho-Escuro (LVE),

verificaram um aumento de 23,4% no rendimento de sementes quando a lâmina de água aplicada aumentou de 350 para 530 mm. Foram testadas quatro lâminas de água, e constatou-se um aumento linear da produção com o aumento da lâmina d'água no intervalo de 350-530 mm.

O feijoeiro é exigente a um determinado nível de água, desde o início do florescimento até o estado leitoso das sementes. Nestes períodos, nas estações menos quentes, o consumo de água é da ordem de 3 a 4 mm por dia conforme afirma TOSELO (1963).

BLACK et alii (1970a e 1970b) através do uso de lisímetros determinaram que durante os 62 dias iniciais do ciclo do feijoeiro, foram consumidos 170 mm de água, com uma evapotranspiração média de 2,74 mm/dia.

Em Goiânia, GUIMARÃES et alii (1982), utilizando microlisímetros na determinação da evapotranspiração do feijoeiro, obtiveram um consumo diário de água variável durante o ciclo da cultura, para duas densidades de plantas: 200.000 plantas/ha (A) e 300.000 plantas/ha (B) e dois regimes hídricos: com deficiência hídrica (D) e irrigado (I). Aos 10 dias após a emergência 1,96 mm de água foram gastos em AD, 2,14 mm em BD, 2,24 mm em AI e 2,36 mm em BI. Durante o florescimento foram encontrados os maiores gastos com 5,27 mm em AD, 6,56 em BD, 7,03 mm em AI e 7,26 mm em BI. Durante o período inicial da

maturação foram encontrados 0,79 mm em AD, 0,90 mm em BD 1,56 mm em AI e 1,45 mm em BI.

A necessidade de água pelo feijoeiro é variável, em função do clima, local, estágio de crescimento e desenvolvimento e época de plantio. Fundamentados no estudo de vários trabalhos DOOREMBOS & PRUITT (1976), observaram que dependendo condições climáticas, o feijoeiro pode apresentar requerimento hídrico de 205 - 500 mm durante o ciclo.

REICHARDT et alii (1974), estudando o movimento de água em um solo cultivado com feijoeiro, objetivando o estabelecimento de um balanço hídrico completo, encontraram uma evapotranspiração real média de 3,45 mm/dia durante 48 dias do ciclo e uma evapotranspiração máxima de 5,3 mm/dia em pleno florescimento. LUCHIARI (1978) através do mesmo processo constatou uma evapotranspiração real média, desde o plantio até a fase de maturação dos frutos de 3,06 mm/dia e de 3,4 mm/dia no florescimento para condições de Piracicaba, SP. GARRIDO et alii (1978 e 1979) obtiveram uma evapotranspiração real média para o feijoeiro de 3,34 mm/dia e 4,17 mm/dia respectivamente para o sul e norte do Estado de Minas Gerais, durante todo o ciclo. SILVA (1978) em dois tratamentos de adubação nitrogenada (80 e 120 kg/ha) observou uma evapotranspiração média diária no período de 49 dias de 4,0 e 3,9 mm. Para as condições climáticas de Ilha Solteira-SP, FRIZZONE et alii (1983) encontraram uma evapotranspiração real média de 5,2 mm/dia, nos últimos 60 dias do ciclo do feijoeiro.

AZEVEDO (1984), com a finalidade de determinar o consumo de água pela cultura do feijoeiro, em Piracicaba-SP, realizou o balanço hídrico no solo em duas subparcelas que receberam os seguintes tratamentos: 30 kg/ha de nitrogênio e 417,0 mm de água (N_2A_4) e 90 kg/ha nitrogênio e 364,0 mm de água (N_4A_2). O tratamento N_2A_4 apresentou o maior consumo de água, quando comparado ao N_4A_2 . A intensidade média diária de água consumida nos 60 dias estudados (34º ao 93º dias após a semeadura) foram de 3,17 e 3,84 mm para os tratamentos N_4A_2 e N_2A_4 , respectivamente.

Usando um evapotranspirômetro ENCARNAÇÃO (1980), determinou uma evapotranspiração média para o feijoeiro de 4,37 mm/dia. Obteve valores de 3,8, 4,8, 4,2 e 3,8 mm/dia respectivamente para os períodos vegetativo, floração, final de frutificação e maturação fisiológica e ainda uma demanda total de 284 mm.

STANSEL & SMITTLE (1980), trabalhando com a equação hidrológica, determinaram, uma evapotranspiração média diária de 3,22 mm para o feijoeiro com uma demanda total de 193 mm.

No Estado de Goiás, o consumo de água foi estudado por SILVEIRA et alii (1981) e STEINMETZ (1984). O primeiro encontrou uma evapotranspiração média de 3,35 mm/dia e um total de 337,96 mm durante o ciclo. O segundo obteve uma média de 4,5 mm/dia e um máximo de 6,0 mm/dia na floração.

2.4. Profundidade do sistema radicular e extração de água pelas raízes

INFORZATO & MIYASAKA (1963), analisando a distribuição das raízes do feijoeiro em dois tipos de solos do Estado de São Paulo, concluíram que os primeiros 10 cm de profundidade continham 74,5% das raízes, elevando-se para 83,6% do total nos primeiros 20 cm, e atingindo a 100% nos 90 cm iniciais.

REICHARDT et alii (1974) conduziram um ensaio de campo com feijão, determinando semanalmente a distribuição do sistema radicular da lavoura. Puderam constatar que 90% das raízes estavam contidas na camada de 0 a 30 cm de profundidade. Em avaliações quinzenais SILVA (1984) obteve resultados semelhantes até a profundidade de 20 cm.

Em Mocambinho-Mg, trabalhando com o feijoeiro em regime de irrigação, LIMA et alii (1978), verificaram que o sistema radicular da cultura alcançou uma profundidade de 40 cm e que na camada de 0 a 20 cm de profundidade situavam 75,5% das raízes.

Em experimento conduzido durante 3 anos STANSEL & SMITTLE (1980), descrevem que a extração de água pelas raízes do feijoeiro ocorreu principalmente na camada de 0 a 30 cm de profundidade. A retirada de água foi pequena e independente do tratamento de estresse hídrico e a absorção não foi significativa abaixo de 45 cm de profundidade.

Analisando a densidade média de raízes de feijão em cm/cm^2 de solo, na camada de 0 a 30 cm de profundidade, no início da floração, SILVEIRA et alii (1984), observaram que a densidade de raízes do feijoeiro foi mais afetada pela lâmina d'água aplicada do que pelo turno de rega estabelecido. ROBINS & DOMINGO (1967), salientam que mesmo sob condições favoráveis, camadas de solo além de 1 m de profundidade são raramente exploradas pelas raízes do feijoeiro.

2.5. Absorção de N e fracionamento da adubação nitrogenada

Em soluções nutritivas e extrapolando para ha (250.000 plantas) AMARAL et alii (1980) estudaram as exigências dos principais macronutrientes de 90 variedades comerciais de feijão. Chegaram a determinar que o potencial de colheita variou entre menos de 500 kg/ha até pouco mais de 5.000 kg/ha. A extração do nitrogênio variou entre os limites de 50 a 425 kg N/ha e a exploração nos grãos de 25 a 90% do total. Em um grupo de 78 variedades, entre elas a Carioca, a exigência de N verificada foi de 200 a 250 kg N/ha, e a exportação correspondeu 150-200 kg N/ha.

Vários trabalhos confirmaram a absorção de nitrogênio pelo feijoeiro. Entre outros destacam-se os devido a GALLO & MIYASAKA (1961); HAAG & MALAVOLTA (1967); MAFRA et alii (1974); MEIRELLES et alii (1980) e NEPTUNE & MURAOKA (1978). Estes autores encontraram que a absorção é mais intensa no intervalo

de 20-30 dias após a emergência, que compreende ao período de florescimento propriamente dito do feijoeiro e que o máximo de absorção de nitrogênio por esta cultura foi obtido aos 60 dias após a emergência.

O fracionamento de nitrogênio tem sido objeto de estudo de vários pesquisadores (ARAYA et alii, 1981; KORNELIUS et alii, 1975; MASCARENHAS et alii, 1966; MEIRELLES et alii, 1980; MIYASAKA et alii, 1963 e REIS et alii, 1972). Os resultados encontrados são contraditórios, todavia, entre estes, destacam-se: os de ARAYA et alii (1981) com resposta positiva à aplicação de meia dose na sementeira e meia dose 15 a 29 dias após a emergência; os de MEIRELLES et alii (1980) que recomenda que a fertilização nitrogenada deve ser parcelada: 1/3 da dose total no plantio, pelo fato de que nos primeiros estádios de desenvolvimento da cultura a utilização do fertilizante ter sido alta, porém com baixa eficiência; e os 2/3 restantes dos 30 aos 45 dias após a germinação, período de maior necessidade de N pela planta e de maior eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado.

Quanto ao modo de aplicação dos fertilizantes nitrogenados, TERMAN (1979) relata que as perdas de $N-NH_3$ em solos ácidos são, praticamente, eliminadas, quando se distribui os fertilizantes nitrogenados a, pelo menos, 5 cm de profundidade. Já em solos alcalinos, a disposição do adubo abaixo da superfície, reduz, mas não evita as perdas de $N-NH_3$.

CANTARELL & TABATABAI (1985) avaliaram em solos ácidos e alcalinos a extensão das perdas por volatilização de amônia de alguns nitrogenados (uréia, sulfato de amônio, fosfato de amônio - DAP, formamida e oxamida). Testaram a aplicação dos adubos na superfície do solo descoberto; em sulco raso; misturado ao solo e sobre o resíduo vegetal. Os resultados obtidos mostraram que as perdas de amônio, proveniente da uréia e formamida aplicadas superficialmente aos solos ácidos e alcalinos foram elevadas (39 a 54% e 16 a 43% do N adicionado). Para o sulfato de amônio aplicado superficialmente, as perdas foram desprezíveis em solos ácidos e altas em alcalinos, atingindo 53% do N. Já as perdas do amônio do DAP alcançaram 12% em solos ácidos e até 43% em alcalinos. A oxamida, por ser pouco solúvel, permaneceu intacta na superfície do solo. A presença de resíduo de culturas sobre o solo, aumentou as perdas de amônio provenientes da uréia e formamida, mas, diminuiu as perdas com o DAP aplicado em solos alcalinos. Concluíram que a aplicação em sulco (3 cm) de qualquer das fontes testadas foi a maneira mais eficiente de prevenir perdas por volatilização, enquanto que a incorporação rasa (3 cm) apresentou eficiência intermediária, ocasionando perdas entre 12 e 19% do N aplicado como uréia e formamida.

A análise dos trabalhos relacionados evidencia um período de absorção de N variando de 15 a 60 dias após a germinação. Sob regime de irrigação, a distribuição do fertilizante neste intervalo de absorção, abrangendo vários níveis de fracionamento, constitui ainda um fator não explorado

nos ensaios anteriores. Alia-se ao fato que este procedimento poderá contribuir para melhorar não só absorção do N pelo feijoeiro como também a eficiência do adubo nitrogenado.

2.6. Comportamento do feijoeiro sob diferentes regimes de irrigação e à adubação nitrogenada

O comportamento da cultura do feijoeiro a diferentes regimes e doses de adubação nitrogenada foi estudado por diferentes pesquisadores.

CALORUS et alii (1970), citado por AZEVEDO (1984) aplicaram cinco níveis de água e dois de nitrogênio no feijoeiro. Notaram que houve uma tendência de diminuição na produção de feijão com o aumento da irrigação nas parcelas que receberam doses menores de nitrogênio e uma tendência de aumento da produção de feijão com aumento da irrigação nas parcelas com altas doses de nitrogênio. Este aspecto é enfatizado por SMITTLE (1976) quando relata a importância de manter um alto nível de nitrogênio e um ótimo nível de umidade para obter um bom potencial de produção de sementes.

Durante três anos DOSS et alii (1977) estudaram o regime (época das águas e da seca) e doses de nitrogênio (0,65, 100 e 135 kg N/ha) na cultura do feijoeiro. Concluíram que, os ensaios indicaram benefícios para produção de sementes, com irrigação suplementar, em anos em que a precipitação ocorre

abaixo do normal e que o feijoeiro respondeu mais à adubação nitrogenada no "feijão das águas" do que no "feijão das secas".

MACK et alii (1966), estudando níveis de água no solo combinados com níveis de nitrogênio na cultura do feijoeiro, observaram que os maiores rendimentos foram obtidos nos tratamentos em que o potencial matricial da água no solo, 30 cm de profundidade, foi de -1,0 bar ou maior. Notaram ainda que efeito da aplicação de nitrogênio sobre a produção de feijão não foi notável, sendo de 110 kg/ha a dose que apresentou o maior rendimento.

No Campo Experimental de Bebedouro, Petrolina-PE, SILVA (1978), trabalhando com a cultura do feijão-de-corda (*Vigna sinensis* L, Savi.), testou cinco lâminas de água e quatro níveis de nitrogênio. Os resultados permitiram concluir que a aplicação de água aumentou linearmente a produção de sementes nos níveis de 80 a 120 kg/ha de nitrogênio. O número de vagens por planta aumentou linearmente com o aumento dos níveis de irrigação e houve um efeito quadrático para os níveis de nitrogênio. O número de sementes por vagem e peso de 100 sementes não diferiram estatisticamente entre os tratamentos envolvidos.

Procurando identificar os efeitos de diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio na cultura do feijão em Piracicaba-SP, AZEVEDO (1984) encontrou um efeito altamente

significativo para as lâminas totais de água e doses de nitrogênio sobre a produtividade de sementes. Para a interação lâmina total de água e dose de nitrogênio não houve efeito significativo.

FRIZZONE (1986), no Campo Experimental de Ilha Solteira, SP, estudou o efeito da combinação de seis níveis de irrigação com cinco doses de nitrogênio sobre o rendimento econômico e componentes da produção do feijoeiro. Os resultados permitiram concluir que a aplicação de água e nitrogênio aumentaram o rendimento de sementes segundo uma relação quadrática, sendo significativa as interações entre os fatores. A análise conjunta dos fatores água e nitrogênio mostrou que o máximo rendimento de sementes estimados (2261,8 kg/ha) foi alcançado com a aplicação de 570,4 mm de água e 117,4 kg/ha de nitrogênio. Para uma dada relação entre os preços da água e do produto, o maior nível de irrigação economicamente ótimo ocorreu quando aplicaram 90 kg/ha de nitrogênio, demonstrando que neste nível de manejo da adubação nitrogenada é possível obter máxima a receita líquida, desde que se utilize a correspondente lâmina de água economicamente ótima de 534 mm. Pelo exposto nos trabalhos conduzidos por AZEVEDO (1984), FRIZZONE (1986) e SILVA (1978) observa-se que a idéia básica centralizou-se em determinar níveis de nitrogênio e lâminas de água a serem aplicados à cultura do feijão. De um modo geral, não envolvem de forma ampla todos os aspectos associados à aplicação de nitrogênio sob condições de irrigação com base num manejo adequado dos recursos solo-água-planta.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e descrição da área experimental

O experimento foi conduzido no campo experimental da Escola Superior de Agricultura de Lavras, na área do Departamento de Biologia, no município de Lavras, Estado de Minas Gerais, a 21°14' de latitude Sul, 45°00' de longitude Oeste e altitude de 910 m (FAO, 1985). As médias anuais de temperatura, precipitação pluviométrica e umidade relativa são, respectivamente, 19,3 , 1411 mm e 77,7% (FAO, 1985; BRASIL, 1969). Cerca de 66% da precipitação ocorre no período de novembro a fevereiro assim como, as maiores temperaturas médias mensais (VILELA et alii, 1979).

O clima da região é do grupo Cwb, de acordo com os critérios propostos por W. Koeppen, BRASIL (1969) caracterizado por temperado com inverno seco e verões brandos. A temperatura e a precipitação média de todos os meses é maior que 15°C e 16 mm respectivamente (VILELA et alii, 1979).

Na Figura 1, encontram-se a variação diária da

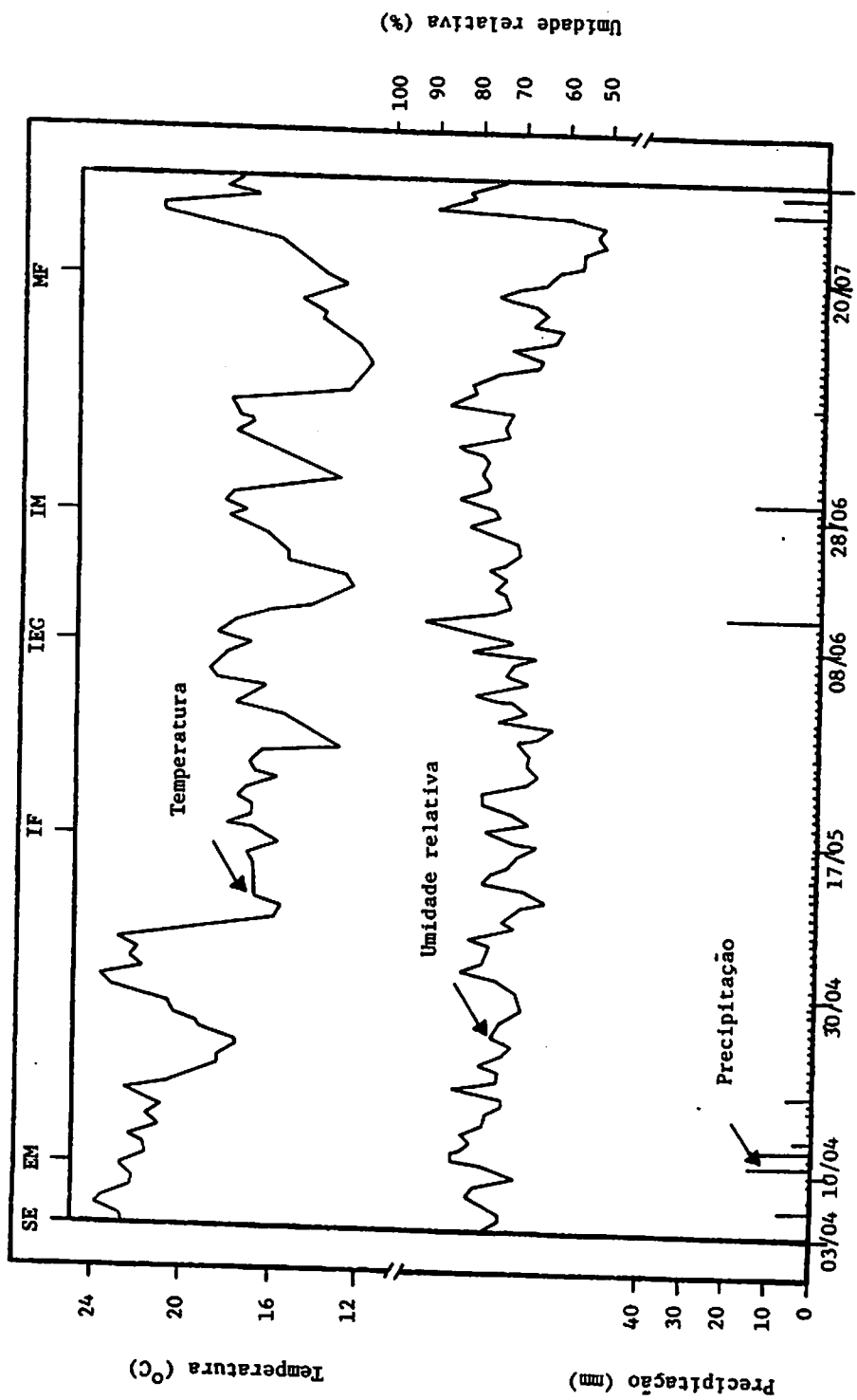


FIGURA 1. Variação diária da precipitação pluvial (mm), da umidade relativa (%) e da temperatura média (C°). ESAL, Lavras - MG. 1989.

- SE - Semeadura
- EM - Emergência
- IF - Início da Floração
- IEG - Início do enchimento da semente
- IM - Início de maturação
- MF - Maturação final

temperatura média, umidade relativa e as precipitações ocorridas durante o período experimental. Observa-se que o período foi relativamente seco, com um total pluviométrico de 86 mm, concentrado no início e final do ciclo.

3.2. Solo

O solo da área do ensaio foi classificado por FREIRE (1979) como sendo Latossolo Roxo Distrófico, de textura argilosa. Alguns de seus atributos físicos, determinados previamente à instalação do ensaio são apresentados nas Tabelas 1 e 2.

TABELA 1 - Atributos físicos do solo da área experimental. ESAL, Lavras, MG, 1989¹.

Profundidade (cm)	Granulometria			Classe textural	Densidade ² global (g.cm ⁻³)
	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)		
0-10	20	28	52	Argila	1,11
10-20	19	23	58	Argila	1,24
20-30	12	23	65	Argila	1,27

1. Análise realizada no Laboratório de Solos do Departamento de Ciências do Solo da ESAL - Lavras, MG.

2. A densidade global foi determinada através de amostras coletadas em cilindros de UHLAND.

A curva de retenção de água do solo, a uma profundidade de 15 cm é apresentada nas Figuras 2 e 3, obtidas por FREIRE (1979).

Os resultados revelados pela análise química do solo constam na Tabela 2.

TABELA 2 - Características químicas do solo da área experimental, ESAL, Lavras, MG, 1989¹.

Profundidade (cm)	pH (H ₂ O)	C (%)	Teores trocáveis					
			K (ppm)	P (ppm)	Al (ppm)	Ca ⁺² (meq/100cc)	Mg ⁺² (meq/100cc)	H+Al (meq/100cc)
0-10	5,4	1,6	92	12	0,1	2,2	0,4	3,2
10-20	5,5	1,6	90	8	0,1	1,8	0,6	4,0
20-30	5,3	1,7	62	5	0,1	1,7	0,5	3,6

1. Análise realizada no Laboratório de Solos do Departamento de Ciências do Solo da ESAL - Lavras, MG.

3.3. Sistema de aplicação de água

A aplicação de água foi realizada com auxílio de um equipamento de aspersão, disposto no campo, segundo o sistema de "aspersão em linha" ("line source sprinkler system"), de acordo com a metodologia proposta por HANKS (1976). Este sistema foi desenvolvido para fins experimentais e utilizado por inúmeros

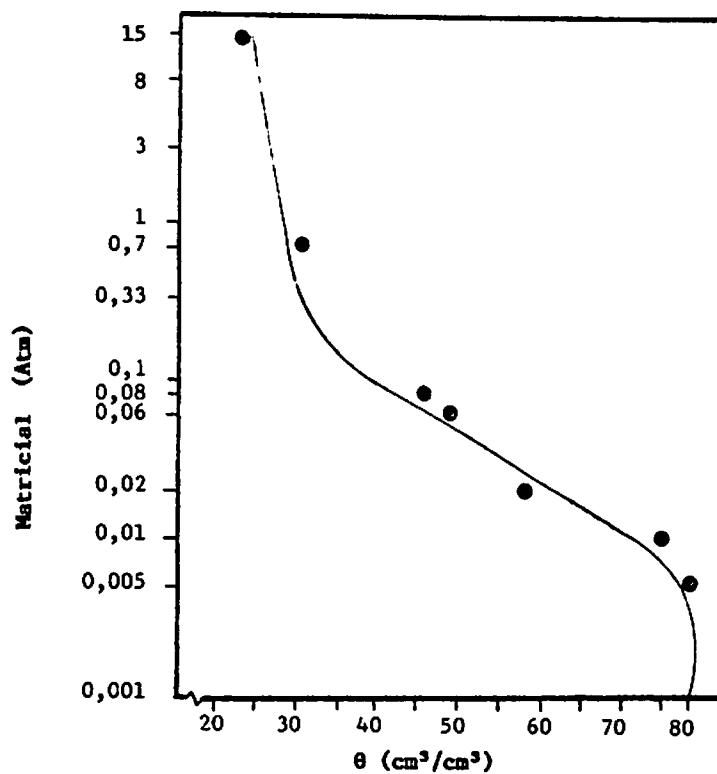


FIGURA 2. Curva característica de retenção de água no solo a uma profundidade de 15 cm, obtida em laboratório. ESAL, Lavras-MG. 1979.

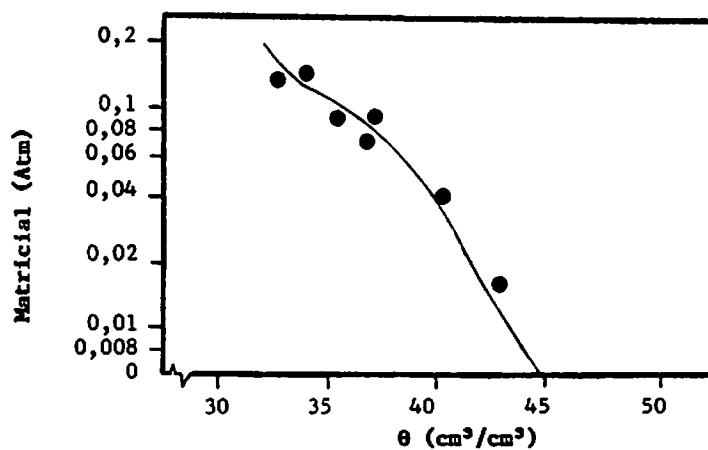


FIGURA 3. Curva característica de retenção de água no solo a uma profundidade de 15cm, obtida por tensiômetro. ESAL, Lavras-MG. 1979.

pesquisadores dentre estes: ARAGON & DATTA (1982), AZEVEDO (1984), FARIA (1981), FRIZZONE (1986) e SILVA (1978).

A metodologia consiste na disposição de aspersores estreitamente espaçados em uma tabulação localizada no centro do campo experimental. A sobreposição dos jatos promove uma maior intensidade de precipitação junto à linha de aspersores a qual descreve ao longo da direção perpendicular à linha de irrigação, sendo este efeito denominado de "distribuição triangular da precipitação". A localização das parcelas experimentais ao longo da direção perpendicular à linha de aspersores permite a obtenção de diferentes lâminas aplicadas, simulando, desse modo, diferentes níveis de irrigação realizados por uma linha convencional de aspersão.

Fundamentou-se a escolha desta metodologia nas vantagens que a mesma apresenta, representada pela simplicidade de instalação, operação, economia de área, equipamento mão-de-obra, permitindo maior número de tratamentos em menor área que o sistema tradicional e possibilitando uma melhor visualização do efeito dos tratamentos no campo.

Por outro lado, deve-se considerar a limitação imposta pelo sistema de "aspersão em linhas", que consiste na impossibilidade de casualização dos tratamentos, todavia isto não chega ser limitante (BAUDER et alii) e conforme relata FARIA (1981) utilizando a análise não paramétrica (teste de Friedman)

obtendo os mesmos resultados quando comparados com a análise de variância para blocos ao acaso.

A Figura 4, mostra esquematicamente a disposição da linha de aspersores colocada no centro da área experimental dividindo a mesma em duas partes iguais, estando paralela à direção das linhas de plantas. Foram utilizados 13 aspersores marca ASBRASIL, modelo ZA-30D de 2 bocais com diâmetro de 3,8 mm, raio de alcance de 11,9 m, vazão de $0,87 \text{ m}^3/\text{h}$, espaçados de 6 m e à pressão de serviço de 250 KPa.

O modelo de distribuição dos aspersores, dispostos em linha, foi obtido previamente no campo, em condições de velocidade de vento menor do que 3,0 m/s (Figura 5), servindo como base para definir as dimensões das parcelas. Durante a conclusão do experimento, determinaram-se os valores médios das lâminas de irrigação em cada parcela utilizando-se pluviômetros instalados nos limites da parcela e à altura da planta (Figura 4).

Os aspersores funcionando nas condições especificadas produziram intensidades médias de precipitação de 22,9; 16,3; 13,3; 11,3; 6,9; e $4,7 \text{ mm.h}^{-1}$, as distâncias de 0,5; 2,5; 4,5; 6,5; 8,5; e 10,5 m da linha de aspersores respectivamente.

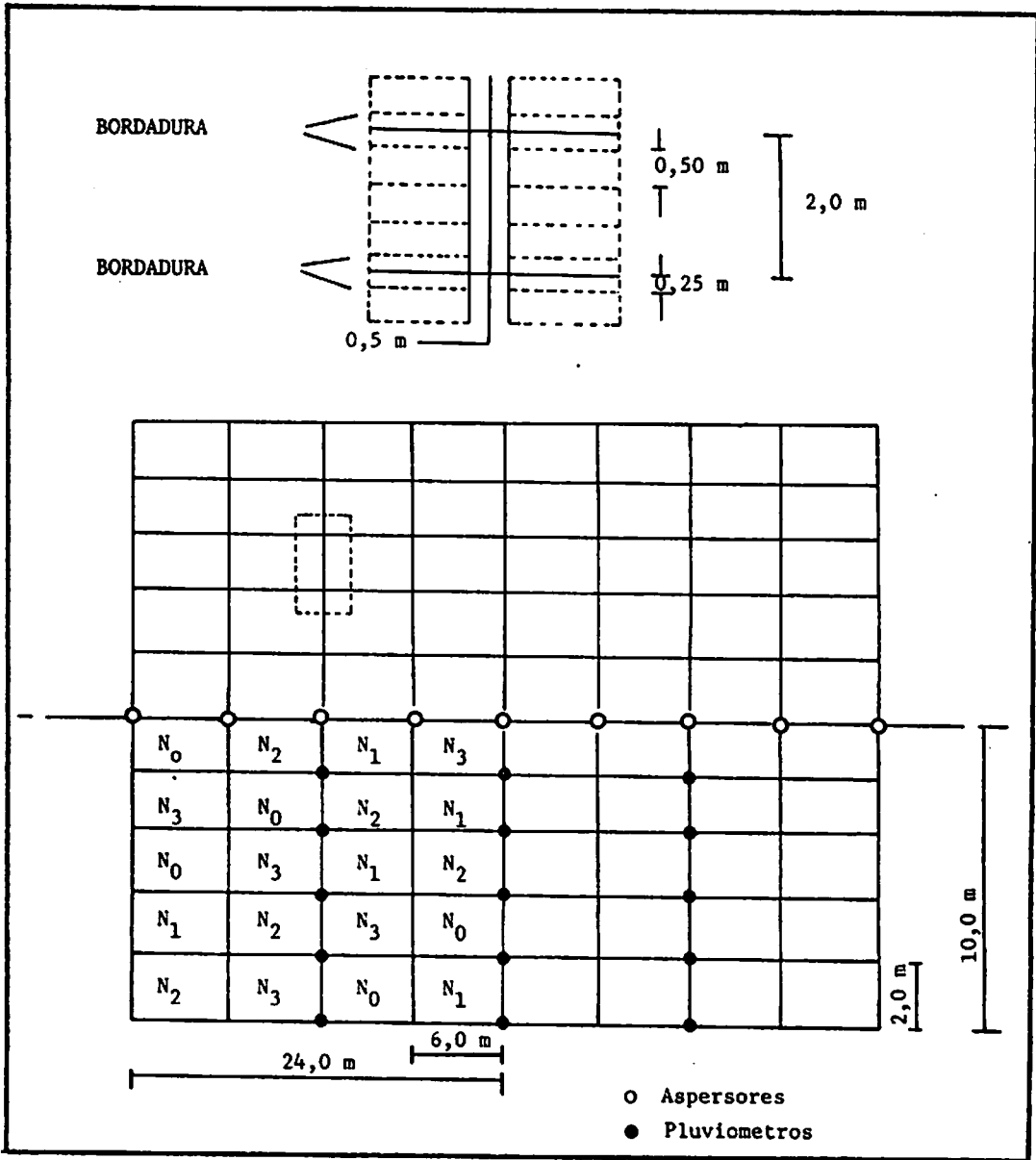


FIGURA 4. Diagrama esquemático dos blocos experimentais. ESAL - Lavras, MG. 1989.

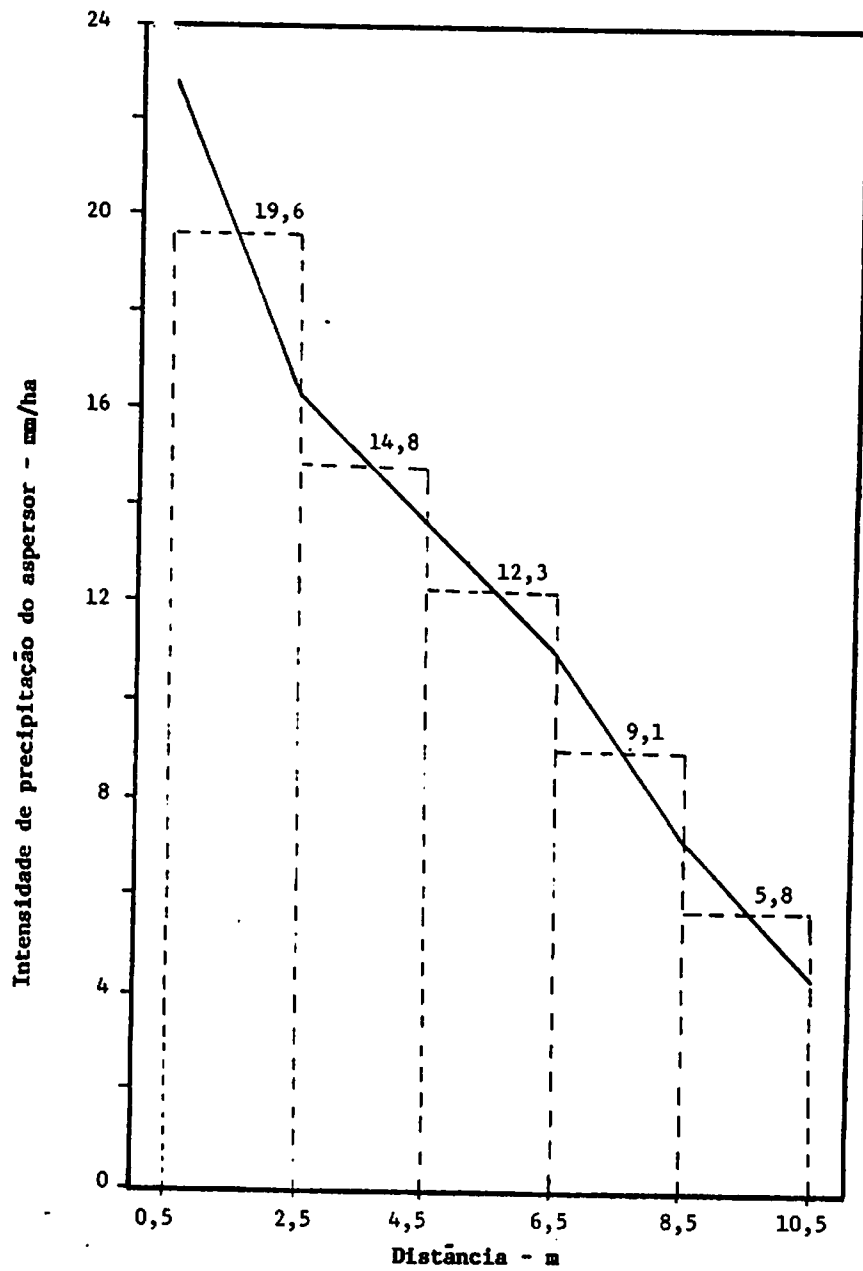


FIGURA 5. Distribuição da intensidade de precipitação dos aspersores - ASBRASIL ZA-30D, em função da distância à linha dos aspersores. ESAL, Lavras, MG. 1989.

3.4. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas (split-plot), com quatro repetições, sendo dois de cada lado da linha de aspersão.

Os tratamentos constaram da combinação de cinco lâminas de água (L_i) localizadas nas parcelas e da época de fracionamento de nitrogênio (N_i), localizadas nas subparcelas.

Utilizou-se a dose de 90 kg/ha de nitrogênio, em quatro formas distintas de parcelamento, expressas em dias após a semeadura (DAS): N_0 = sem aplicação (testemunha); N_1 = 30 kg N/ha na semeadura, 60 kg N/ha aos 20 DAS; N_2 = 30 kg N/ha na semeadura, 30 kg N/ha aos 20 DAS e 30 kg N/ha aos 45 DAS e N_3 = 30 kg N/ha na semeadura, 20 kg N/ha aos 20 DAS, 20 kg N/ha aos 45 DAS e 20 kg N/ha aos 60 DAS.

Na figura 4 estão apresentados os detalhes das parcelas e subparcelas. A área útil de cada subparcela foi de $5,0 \text{ m}^2$ (5,0 x 1,0 m), tendo duas linhas de plantas.

3.5. Manejo da água

3.5.1. Irrigação de uniformização

Com o fim de uniformizar a umidade do solo nas

diferentes parcelas e de proporcionar umidade para germinar foi realizada uma irrigação inicial para elevar a umidade ao nível da capacidade de campo, nos 0,30 m superficiais do perfil do solo.

3.5.2. Irrigação durante o ciclo vegetativo

O planejamento das irrigações baseou-se nas indicações bibliográficas de se irrigar quando a umidade do solo correspondesse a um potencial de 1 bar.

Com base neste princípio e nas características do solo apresentadas por FREIRE (1979), observa-se que isto corresponde a uma disponibilidade de água utilizável de 6%, com base no volume (capacidade de campo = 35%, umidade a 1 bar = 29%). Considerando que o sistema radicular do feijoeiro se concentra nos 30 cm superficiais do solo (INFORZATO et alii, 1963; REICHARDT et alii, 1974; SILVA, 1984; SILVEIRA et alii, 1984 e STANSEL & SMITTLE, 1980), isto corresponde a uma lâmina de 18 mm.

O momento de se irrigar foi determinado indiretamente através da Evapotranspiração do Tanque Classe A (ECA). Admitiu-se um fator de 0,6 entre a evapotranspiração da cultura e ECA. Logo, quando a ECA corresponder a 30 mm presume-se que a planta consumiu 18 mm. Assim, toda vez que ECA atingiu o valor 30 mm, foi feita uma irrigação.

O quanto irrigar foi obtido pela água realmente utilizada, o que se determinou por amostragens periódicas nas subparcelas L_1N_2 nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm com 4 repetições. Estas amostragens foram realizadas sempre que ECA atingiu ou esteve próximo de 30 mm. Os resultados obtidos permitiram a avaliação do fator Evapotranspiração/ECA e mostrou os procedimentos subsequentes.

A lâmina realmente aplicada foi avaliada através de pluviômetros instalados nas parcelas e à altura da planta regularmente espaçados conforme a Figura 4.

3.5.3. Estimativa da evapotranspiração atual do feijoeiro

A evapotranspiração atual (ETa) do feijoeiro, caracteriza-se pela perda de água por uma cultura qualquer, com ou sem restrição hídrica, em qualquer estágio de desenvolvimento.

Com o objetivo de determinar a evapotranspiração da cultura do feijoeiro (ETa), realizou-se o balanço hídrico aproximado no período de 12/04 a 06/07/1989. Considerou-se um volume de solo até a profundidade de 30 cm e foi realizado através da expressão:

$$ETa = P + I + \Delta A - DS + Qi \dots\dots\dots (1)$$

onde:

Eta = evapotranspiração atual (mm)

P = precipitação (mm)

I = irrigação (mm)

ΔA = variação de armazenamento de água nos 30 cm de solo (mm)

Qi = Fluxo de água no contorno inferior do solo (mm)

DS = deflúvio superficial (mm).

A metodologia para determinação de cada componente da expressão (1) constituiu-se do seguinte:

ETA (evapotranspiração atual) - foi estimada para a parcela que recebeu a lâmina total de água (L_1) dentro da época de parcelamento de nitrogênio (N_2).

P (precipitação) - foi obtida através do pluviômetro existente no Posto Meteorológico do Ministério da Agricultura, anexo área do experimento.

I (irrigação) - foi obtida através dos pluviômetros instalados dentro das parcelas experimentais, de acordo com a Figura 4.

ΔA (variação de armazenamento de água no solo) - foi determinado com base na umidade gravimétrica, nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm, com quatro repetições, utilizando-se a expressão abaixo:

$$\Delta A = 10 (\bar{\theta}_n - \bar{\theta}_{n-1}) z \dots\dots\dots (2)$$

onde:

ΔA = variação de armazenamento de água no solo (mm)

$\bar{\theta}$ = umidade média no perfil (cm^3/cm^3)

n = número de irrigações

z = profundidade do perfil (cm)

Qi (fluxo de água no contorno inferior) - foi considerado desprezível, tendo por base a expressão (3) obtida por SILVA (1984), que fornece valores pequenos para a condutividade hidráulica (K) em função dos valores da umidade (θ) que predominaram neste contorno e também no fato de que na camada superficial a umidade (θ) esteve sempre inferior as demais, provavelmente revertendo a tendência de fluxo para as camadas inferiores.

$$K(\theta) = 6,15 \cdot 10^{-8} \exp(34,53 \theta), K(\text{cm/h}) \dots\dots\dots (3)$$

Ds (deflúvio superficial) - foi avaliado pela comparação entre a intensidade de precipitação obtida através dos pluviogramas das chuvas e a capacidade de infiltração determinada para a área.

3.6. Variedades e práticas culturais

Utilizou-se neste ensaio, sementes fiscalizadas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar Carioca com 92,5% de germinação e 99,9% de pureza. A escolha da cultivar Carioca se baseou no fato de que entre as cultivares estudadas, a Carioca revelou-se a mais produtiva, o que confirma informações fornecidas por ALMEIDA (1971); BARROS (1980); COSTA (1976) e SILVA (1988).

De acordo com estes pesquisadores, a cultivar Carioca tem-se destacado em todo o país, colocando-se entre as mais produtivas na maioria dos ensaios de competição entre cultivares. Esta superioridade deve-se provavelmente a uma maior

eficiência na utilização do nitrogênio para a formação das vagens e sementes. Ressalva-se ainda que sendo uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado (Tipo III), a Carioca apresenta um vigoroso crescimento vegetativo com seu sistema radicular explorando um maior volume de solo e apresentando conseqüentemente maior eficiência na absorção de nitrogênio.

O preparo do solo constou de uma aração e gradagens necessárias para um adequado destorramento do solo. Com base no croqui do experimento (Figura 4), foi feita a demarcação do terreno, instalou-se o sistema de irrigação, procedeu-se a abertura de sulcos para a sementeira, no espaçamento previamente determinado.

Delimitadas as parcelas e subparcelas, procederam-se manualmente, a adubação e sementeira, tendo por base as sugestões de VIEIRA (1978).

O plantio foi realizado no dia 03/04/1989 com espaçamento entre linhas de plantas de 0,50 m e a quantidade de semente necessária por parcela obedeceu a expressão (4) apresentada por VIEIRA (1978).

$$Q = \frac{P.D.A}{1000.E.G} \dots\dots\dots (4)$$

onde:

Q = quantidade de semente - kg

P = peso médio de 100 sementes em g (19 g)

D = número de plantas desejado por metro linear (15)

A = área da subparcela, em m^2 ($12 m^2$)

G = poder germinativo em % (92,5%)

E = espaçamento entre linhas, em m (0,50 m).

Utilizou-se uma quantidade de sementes por subparcelas duas vezes maior do que a calculada (140 g) seguindo as recomendações de PORTES (1981). Após o 13º dia da emergência, realizou-se o desbaste, deixando 15 plantas por metro linear (360 por subparcela), com 300.000 plantas por hectare aproximadamente.

A adubação de plnatio constituiu-se da aplicação de 100 kg/ha de P_2O_5 (fonte - superfosfato simples) e 90 kg/ha de K_2O (fonte - cloreto de potássio). A adubação nitrogenada (fonte - sulfato de amônio) foi utilizada na dose de 90 kg/ha distribuída em cobertura, entre as fileiras, em sulco raso (3 cm) e incorporado. O parcelamento seguiu as sugestões de MEIRELLES et alii (1980) modificado: zero da dose total no plantio (testemunha); 30 kg no plantio e 60 kg na pré-floração (22/04/88); 30 kg no plantio, 30 kg na pré-floração e 30 kg na floração (20/05/88); 30 kg no plantio, 20 kg na pré-floração, 20 kg na floração e 20 kg no enchimento de grão (08/06/88).

A eliminação de plantas invasoras se fez através de capinas manuais procurando manter o experimento limpo.

O controle fitossanitário realizado durante o ciclo da cultura se encontra na Tabela 3.

TABELA 3 - Controle fitossanitário - pulverizações realizadas no ciclo de cultivo. ESAL, Lavras, MG, 1989.

Produtos	Épocas		
	02/05	18/05	12/06
Thiodan CE	X		
Thiovit		X	X
Hostathion 40BR			X

3.7. Fenologia

Foram analisados as seguintes características fenológicas, segundo metodologia utilizada por FRIZZONE (1986), PORTES (1981) e SILVA (1981) abrangendo todas as parcelas de um único bloco experimental.

3.7.1. Data da emergência

Quando 90% das plântulas apresentavam seus cotilédones acima da superfície do solo.

3.7.2. Data da floração

Quando 50% das plantas, em uma população estabelecida

em 1 m² de cada subparcela, apresentavam, no mínimo, uma flor aberta por planta. Os outros 50% não apresentaram flores.

3.7.3. Data do início do enchimento das vagens

Quando 50% das vagens, em uma população de 10 plantas, apresentaram sementes em crescimento, detectadas através do tato, ao longo da vagem.

3.7.4. Data do início da maturação

Quando 90% das vagens em uma população de 10 plantas, passaram da coloração verde para amarelo-rosado. Enchimento da vagem concluído e presença de algumas vagens secas.

3.7.5. Data da maturação de colheita

Quando o grau de umidade do feijão situava entre 15 e 18%.

3.8. Produção e componentes da produção

Foram analisadas as seguintes características agronômicas, segundo metodologia proposta por AZEVEDO (1984); EMBRAPA (1976) e FRIZZONE (1986).

3.8.1. Rendimento de sementes

O rendimento de sementes foi determinado através da colheita manual de toda área útil de cada subparcela quando estas já haviam atingido a maturação de colheita e expresso em kg/ha.

O teor de umidade nas sementes foi determinado através de duas amostras de 30 grama, para cada subparcela, com auxílio da estufa a 105°C (+ 3°C) por um período de 72 horas.

O teor de umidade nas sementes foi obtido pela relação:

$$U = \frac{Pu - Ps}{Pu} \times 100 \dots\dots\dots (5)$$

onde:

U = teor de água da amostra (%), em base úmida

Pu = peso úmido da amostra (g)

Ps = peso seco da amostra (g)

A correção do grau de umidade das sementes para 13% foi efetuada baseando-se na Revista Brasileira de Armazenamento (ANÔNIMO, 1976), utilizando a seguinte expressão:

$$Pf = Pi \frac{(100 - Ui)}{(100 - Uf)} \dots\dots\dots (6)$$

onde:

Pf = peso final das sementes, em kg

Pi = peso inicial das sementes, em kg

Ui = teor inicial de água (%), em base úmida

Uf = teor final de água (%), em base seca

3.8.2. Número de vagens por planta

Foi determinado a partir de uma amostragem ao acaso de 10 plantas em cada subparcela e procedeu-se a contagem. O número de vagens obtido foi dividido pelo número de plantas.

3.8.3. Número de sementes por vagem

Das vagens da amostra de 10 plantas, tomaram-se 30 vagens ao acaso. O número de sementes foi obtido pela divisão do número de sementes pelo número de vagens.

3.8.4. Peso médio de 100 sementes

O peso de 100 sementes foi determinado utilizando uma amostra de cada subparcela. Tomaram-se 4 repetições de 100 sementes e em seguida pesou-se cada repetição corrigindo o peso para a base de 13% de umidade.

Foram calculados a variância, o desvio padrão e coeficiente de variação, dos valores obtidos na pesagem, pela expressão:

$$\text{Variância} = \frac{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}{n(n-1)} \dots\dots\dots (7)$$

onde:

X = peso de cada repetição de 100 sementes

n = número de repetições.

Desvio padrão = variância (8)

Coeficiente de variação = $\frac{S}{X}$ (9)

onde:

S = desvio padrão

X = peso médio de 100 sementes.

Quando o coeficiente de variação excedia a 4, repetiam-se as contagens e pesagens.

3.9. Eficiência do uso da água

É definido como sendo a relação entre o rendimento de sementes e a água consumida no processo de evapotranspiração.

Utilizou-se a relação apresentada por SILVA (1978):

Eficiência do uso de água = $\frac{\text{Produção (kg/ha)}}{\text{Água aplicada (m}^3\text{/h)}}$ (10)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização dos estádios fenológicos da cultura

Na Figura 6 é apresentada a duração dos estádios fenológicos da cultura em função dos tratamentos utilizados. Constatou-se que a floração iniciou-se mais cedo em todas as épocas de parcelamentos de nitrogênio quando foi aplicado uma lâmina total de água de 283 mm. A época de parcelamento de nitrogênio (tratamento L_1N_2) que permitiu a floração mais precoce (37 dias após a semeadura) foi de 30 kg N/ha na semeadura, 30 kg N/ha aos 20 DAS e 30 kg N/ha aos 45 DAS. Caracterizou-se por apresentar um ciclo médio de cultura de 113 dias, tendo o maior estágio de enchimento de vagens (26 dias de duração), valor este bem semelhante ao encontrado por FRIZZONE (1986).

À medida que a época de parcelamento do nitrogênio e lâmina aplicados foram elevados, proporcionaram a obtenção de um ciclo da cultura mais longo, devido principalmente a um maior grau de umidade e um abaixamento da temperatura a partir do florescimento. As menores lâminas de água ocasionaram um

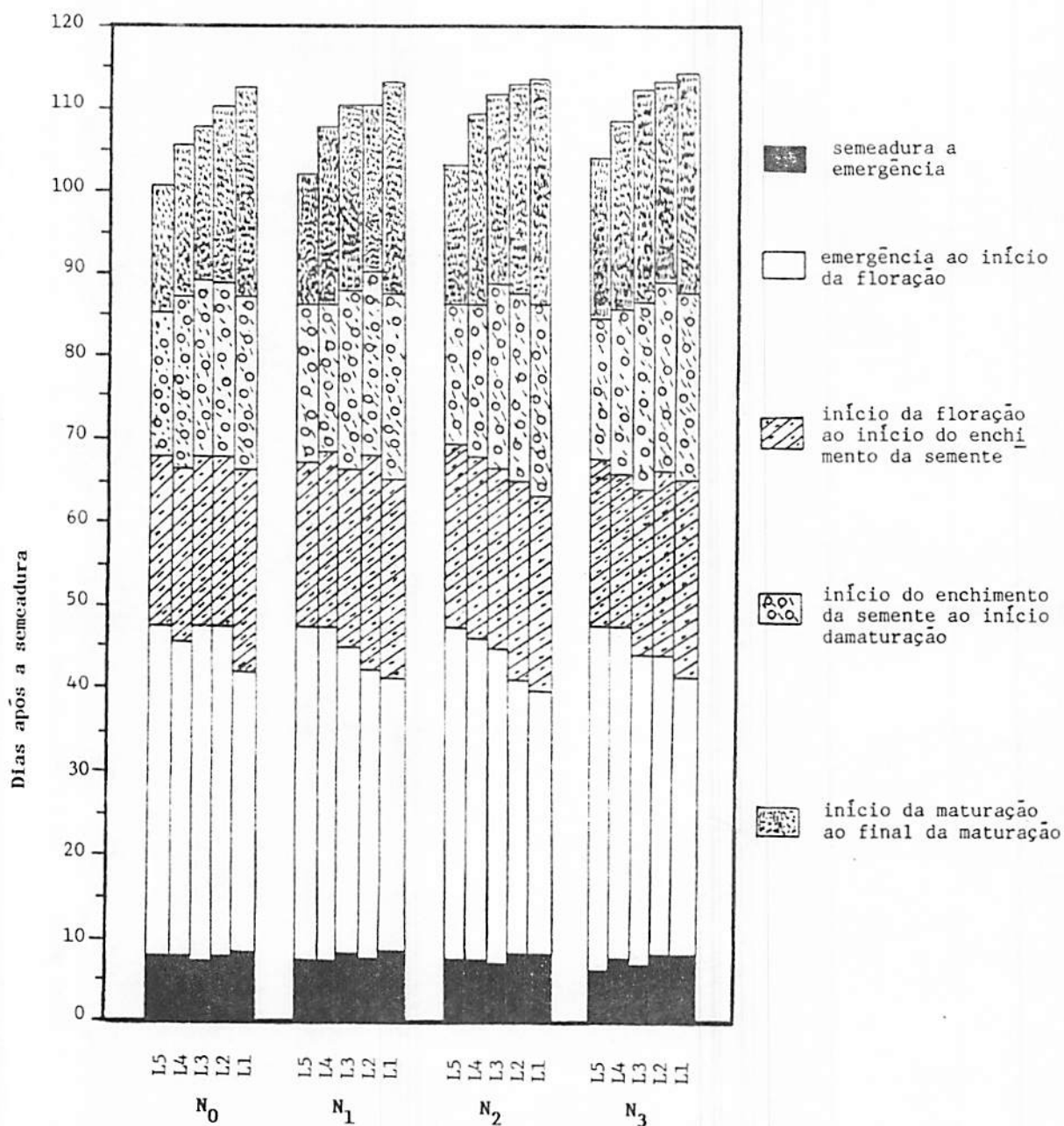


FIGURA 6. Estádios fenológicos da cultura do feijão para os diferentes tratamentos utilizados. ESAL, Lavras, MG. 1989.

retardamento no início da floração, contudo apresentaram os menores ciclos. Comportamento semelhante a este obteve FRIZZONE (1986) e discordante AZEVEDO (1984) que observou um atraso de 17 dias na maturação para o tratamento não irrigado.

VIEIRA (1984) constatou uma redução no ciclo do feijoeiro, em consequência da aplicação do tratamento de estresse hídrico durante o estágio compreendido entre o início de formação das sementes e a maturação fisiológica. O encurtamento do ciclo, em todas as épocas de parcelamento de nitrogênio, onde se aplicou a lâmina total de água de 169 mm se deve ao estresse hídrico provocado neste estágio.

4.2. Rendimento de sementes

Na Tabela 4, tem-se os valores médios do rendimento de sementes em função dos tratamentos utilizados. A comparação entre as médias de rendimento foi realizada pelo teste de Tukey, a um nível de probabilidade de 5%. Na Tabela 5 encontram-se resumidos os resultados da análise de variância que denotam efeito significativo ($\alpha = 0,01$) para lâminas totais de água aplicada e épocas de parcelamento de nitrogênio e significativo ($\alpha = 0,05$) para a interação entre estes fatores.

SILVA (1978) trabalhando com feijão-de-corda (*Vigna sinensis*, L. Savi) em Petrolina (PE), encontrou efeito significativo para a interação entre lâminas totais de água e

TABELA 4 - Valores médios de rendimento de sementes de feijão (kg/ha), em função das lâminas totais de água e das épocas de parcelamento do nitrogênio. ESAL, Lavras, MG, 1989.

Lâminas totais de água (mm)	Épocas de parcelamento								Média	
	N ₀		N ₁		N ₂		N ₃			
283	a	1070,1 C	ab	1265,8 BC	a	1601,2 A	a	1485,6 AB	a	1355,7
244	a	993,2 B	a	1287,4 A	a	1331,7 A	a	1360,1 A	a	1243,1
222	a	822,6 A	b	995,4 A	b	873,8 A	b	923,6 A	b	903,9
196	b	520,2 A	c	469,1 A	c	554,7 A	c	626,6 A	c	542,7
169	c	210,2 A	c	264,5 A	d	210,8 A	d	187,7 A	d	218,3
Médias		723,3 B		856,5 A		914,4 A		916,7 A		852,7

Obs.: 1) As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

2) As médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical, não apresentam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

TABELA 5 - Resumo da análise de variância do rendimento de sementes com desdobramento das interações lâminas totais de água, dentro da época de parcelamento de nitrogênio. ESAL, Lavras, MG, 1989.

Causas de variação	G.L.	QM e Significância
Lâmina de água (L)	4	3.626.353,250 **
Parcelamento de nitrogênio (N)	3	164.564,468 **
L x N	12	53.966,871 *
L x N	4	15,244 **
L x N	4	26,221 **
L x N	4	38,202 **
L x N	4	34,120 **
Blocos	3	37.435,160
Erro (a)	12	64.259,515
Parcela	19	
Erro (b)	45	22.969,521

C.V. para parcelas = 29,73%

C.V. para subparcelas = 17,77%

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

doses de nitrogênio. FRIZZONE (1986), em ensaio com a cultivar Carioca em Ilha Solteira (SP), lidando com seis lâminas totais de água (621; 534; 420; 298; 181 e 105 mm) e seis doses de nitrogênio (0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg N.ha⁻¹) observou efeito altamente significativo para lâminas totais de água, dose de nitrogênio e a interação entre estes fatores. Já AZEVEDO (1984) em Piracicaba (SP) utilizou seis lâminas totais de água (431, 417, 392, 364, 342 e 320 mm) e quatro doses de nitrogênio (0, 20, 60 e 90 kg N.ha) e não detectou efeito significativo para a interação entre estes fatores.

Os tratamentos L₁N₂ e L₁N₃ evidenciaram os maiores rendimentos, respectivamente, 1601, e 1485,5 kg.ha , todavia, não diferindo estatisticamente entre si quando comparados pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Estes resultados são inferiores aos obtidos por FRIZZONE (1986). Por outro lado, são bem superiores quando comparados com os dados encontrados por AZEVEDO (1984), GARRIDO et alii (1979) MAGALHÃES & MILLAR (1978) e SILVA (1978). Os menores rendimentos foram obtidos na menor lâmina aplicada dentro de todos os parcelamentos, com uma média de 218,3 kg.ha⁻¹. Este valor é inferior ao rendimento médio (723,3 kg.ha⁻¹) obtido dentro do parcelamento 0 (zero) de nitrogênio. Este aspecto, por si só, já caracteriza a água como um fator altamente limitante na produção de feijão.

4.2.1. Efeito das lâminas totais sobre o rendimento de sementes

Na Figura 7, tem-se os valores médios dos rendimentos de sementes em função das lâminas totais de água aplicada. Observa-se um efeito quadrático para água aplicada, permitindo estimar um rendimento máximo de $1436,2 \text{ kg.ha}^{-1}$ com uma lâmina de água que corresponderia a $312,1 \text{ mm}$ e que seria um valor extrapolado. AZEVEDO (1984) para uma lâmina total de $394,5 \text{ mm}$ obteve um rendimento máximo de $905,6 \text{ kg.ha}^{-1}$. Já FRIZZONE (1986) encontrou um rendimento máximo de $1871,2 \text{ kg.ha}^{-1}$ com a aplicação de $533,2 \text{ mm}$ de água. Comparando os rendimentos, nota-se que embora os valores conseguidos por FRIZZONE (1986) sejam 1,3 vezes superior no rendimento, o é também 1,1 vezes inferior na relação produção obtida pela água aplicada.

As produtividades obtidas nos tratamentos em que se aplicou a menor lâmina, foram as mais baixas, devido principalmente, a falta de umidade no período crítico do feijoeiro, ou seja, início do florescimento e enchimento da semente (KATTAN & FLEMING, 1956; ROBINS & DOMINGO, 1956 e SALTER & GOODE, 1967).

Atraves do teste de Tukey, a confrontação estabelecida entre os rendimentos médios (Tabela 4, letras minúsculas na coluna), mostra que os maiores rendimentos médios ocorreram nos tratamentos L_1 ($1355,7 \text{ kg.ha}^{-1}$) e L_2 ($1243,1 \text{ kg.ha}^{-1}$), contudo

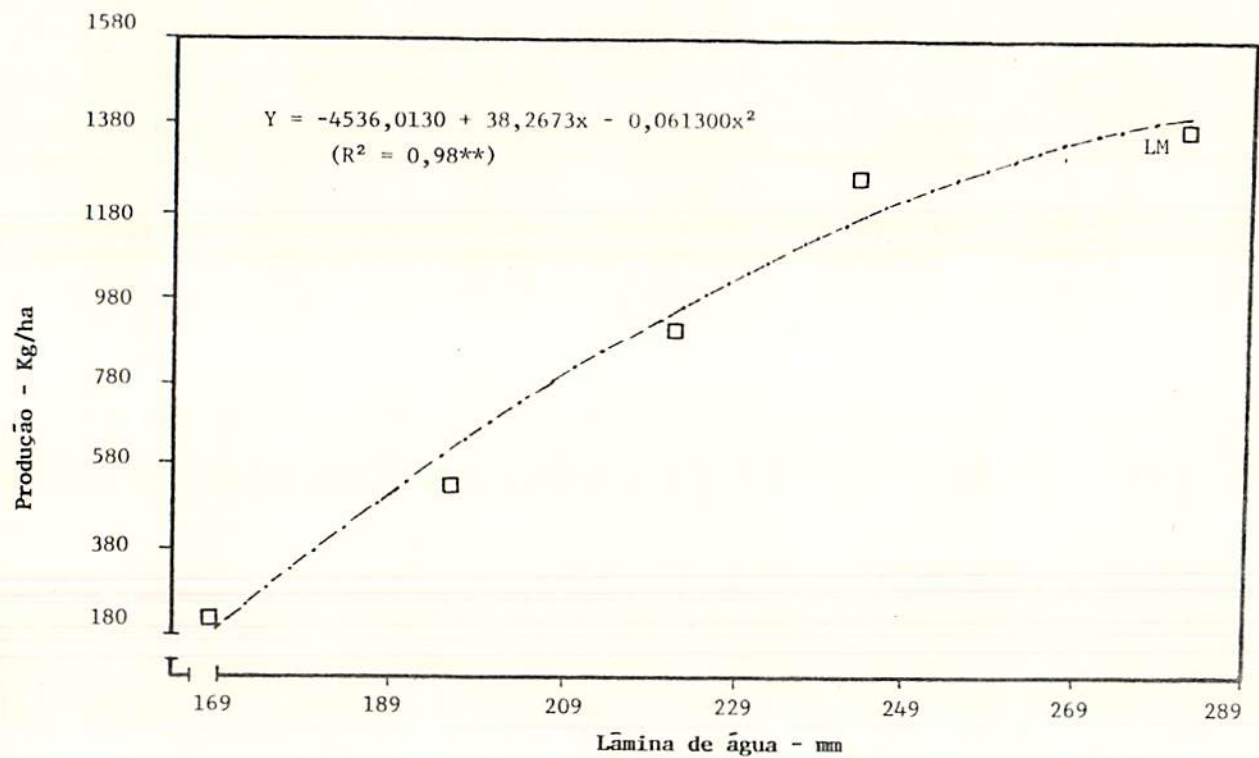


FIGURA 7. Rendimento de sementes em função das lâminas totais de água.
 ESAL, Lavras, MG. 1989.

não diferiram entre si, embora o tratamento L_1 tenha apresentado um rendimento superior. Por outro lado, o menor rendimento ($218,3 \text{ kg.ha}^{-1}$) verificado no tratamento L_5 (169 mm de água) diferiu estatisticamente dos demais tratamentos.

O resumo da análise de variância para o efeito da lâminas totais de água aplicada, dentro de cada época de parcelamento de nitrogênio é apresentado na Tabela 5. Verificou-se efeito altamente significativo em todas interações. Na Tabela 4 encontram-se os valores médios comparados pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Encontra-se na Tabela 6, o resumo da análise de variância da regressão em função das lâminas totais e época de parcelamento de nitrogênio. Constatou-se significância para todas as interações nos componentes de 1º e 2º graus da regressão evidenciando uma relação linear e quadrática entre as variáveis para as interações $L:N_2$ e $L:N_0$, $L:N_1$ e $L:N_3$ respectivamente.

Como se evidencia na Figura 8, o rendimento de sementes, elevou com o total de água aplicado em todas as épocas de parcelamento. Nos parcelamentos N_0 , N_1 e N_3 a relação funcional foi quadrática, estimando um máximo de 1083,1, 1312,4 e $1576,3 \text{ kg.ha}^{-1}$, com respectivas lâminas totais de água de 285,7, 285,6 e 314,4 mm e que seria um valor extrapolado. Constata-se que o máximo de sementes estimados foi de

TABELA 6 - Resumo da análise de variância da regressão, em função das lâminas totais de água, dentro das épocas de parcelamento do nitrogênio. ESAL, Lavras, MG, 1989.

Causas de variação	G.L.	Q.M.	R ²
		Significância	
L:N ₀	4	507.514,500 **	
Componente do 1º grau	1	1.846.435,000 **	0,9095
Componente do 2º grau	1	174.017,203 *	0,9952
Desvios da regressão	2	4.803,527 NS	
L:N ₁	4	872.962,000 **	
Componente do 1º grau	1	2.997,179,000 **	0,8583
Componente do 2º grau	1	277.347,000 **	0,9377
Componente do 3º grau	1	207.007,296 *	0,9970
Desvios da regressão	1	10.313,690 NS	
L:N ₂	4	1.271.839,000 **	
Componente do 1º grau	1	4.968.587,000 **	0,9766
Desvios da regressão	3	39.590,236 NS	
L:N ₃	4	1.135.937,000 **	
Componente do 1º grau	1	4.275.050,000 **	0,9408
Componente do 2º grau	1	183.647,000 *	0,9812
Desvios da regressão	2	24.525,154 NS	

** e * Significância ao nível de 1% e 5% pelo teste de Tukey respectivamente.

NS - Não significativo.

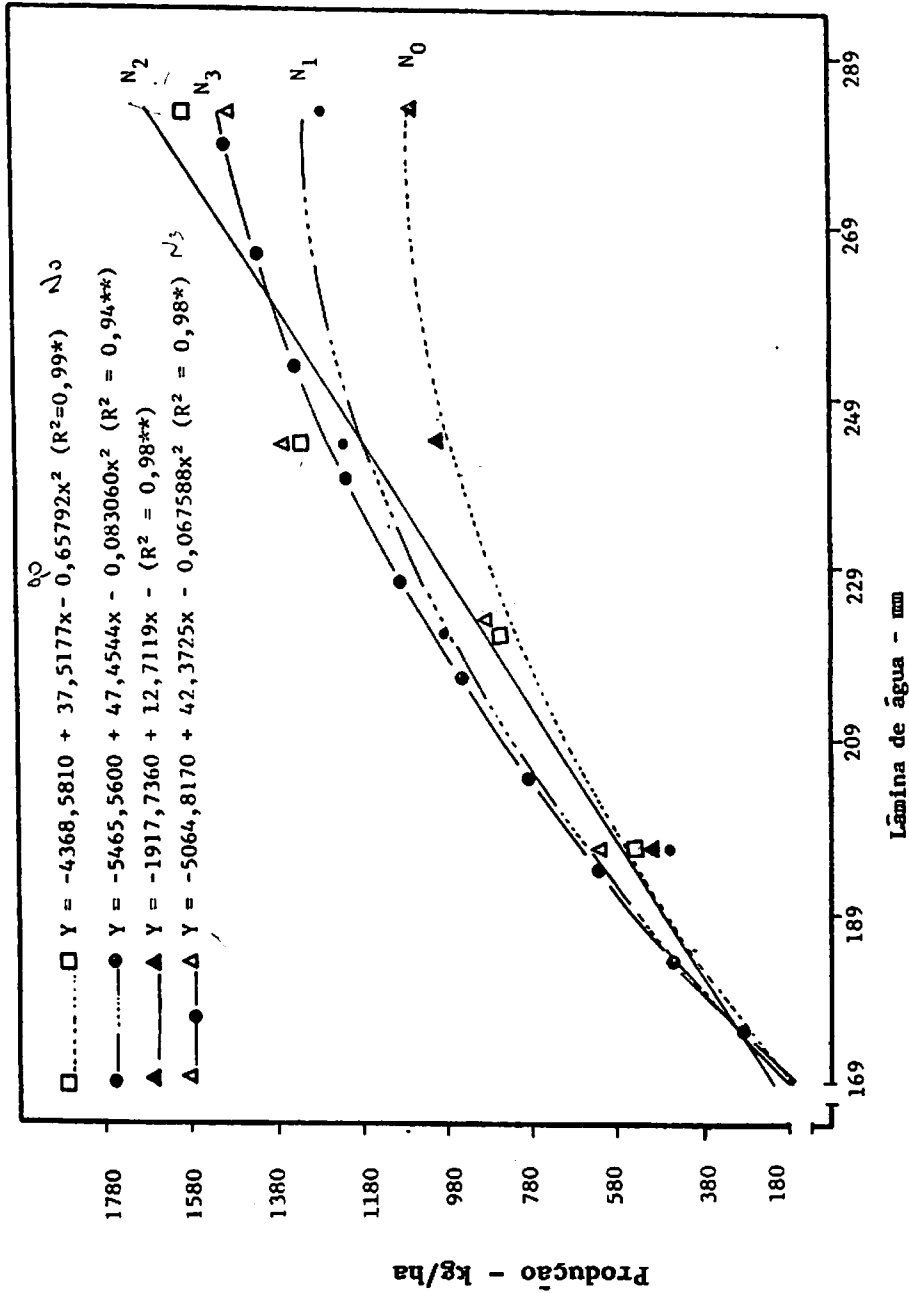


FIGURA 8. Rendimento de sementes em função das lâminas totais de água, dentro do parcelamento de nitrogênio. ESAL, Lavras, MG. 1989.

1576,3 kg.ha⁻¹ para uma lâmina total de água de 314,4 mm e aplicação de 30 kg N.ha⁻¹ na semeadura, 20 kg N.ha⁻¹ aos 20 DAS, 20 kg N.ha⁻¹ aos 45 DAS e 20 kg N.ha⁻¹ aos 60 DAS.

Comparando-se as lâminas ótimas e produções máximas obtidas nos níveis N₀ com N₁, observa-se que para uma mesm lâmina aplicada (285 mm) há um acréscimo de 229 kg.ha⁻¹ (ou 21%) na produção. Este fato demonstra que o N foi limitante no nível N₀ de parcelamento. Já nos níveis N₂ e N₃ as lâminas limitaram não permitindo que o ponto máximo se estabeleça dentro dos intervalos utilizados.

Para o nível de parcelamento (N₂), o rendimento de sementes elevou de acordo com uma relação de natureza linear, demonstrando que um eventual aumento de lâmina permite um aumento de produção, ou seja, o potencial de produção propiciado pelo parcelamento de nitrogênio não foi alcançado por limitação da lâmina empregada. Estima acréscimos de 12,711 kg.ha⁻¹ no rendimento de sementes para cada 1 mm de lâmina aplicada.

Os menores rendimentos de sementes incidiram sobre a lâmina de água total de 169 mm, caracterizando a importância da irrigação para feijoeiro na região.

Desde que durante o ciclo da cultura ocorra boa distribuição das precipitações, a Figura 8 oferece informações de real importância no manejo da irrigação e delimitação de

regiões com possibilidades de obtenção de produções adequadas em condições de agricultura não irrigada.

4.3. Manejo de água

Com o fim de uniformizar a umidade do solo nas diferentes parcelas e de proporcionar umidade para germinação, aplicou-se uma lâmina de 35 mm imediatamente após a sementeira. Durante o período experimental ocorreram 86 mm de precipitação pluviométrica que se encontram na Figura 9.

Observa-se de uma forma geral que, durante o ciclo da cultura as precipitações pluviais se concentram no início e no final do ciclo. Este fato pode ser verificado tanto no ano de realização do ensaio como também nos anos anteriores através da Figura 10. Este período seco correspondeu da pré-floração até o início de formação das vagens, concentrando nesse intervalo o maior número de irrigações. Entre os dias 03/04 a 23/04/88 a evapotranspiração acumulada no tanque Classe A (ECA) foi de 91 mm.

O controle das lâminas de irrigação diferenciadas iniciou no 20º dia (23/04/88) após a sementeira. Nesta data, utilizando o sistema de aspersão em linha aplicaram-se as seguintes lâminas de irrigação: 18,0; 14,0; 11,0; 7,0; e 4,0 mm. Objetivando evitar irrigações tardias, aos 95 dias (06/07/88) após a sementeira ou 20 dias antes da colheita, procedeu-se

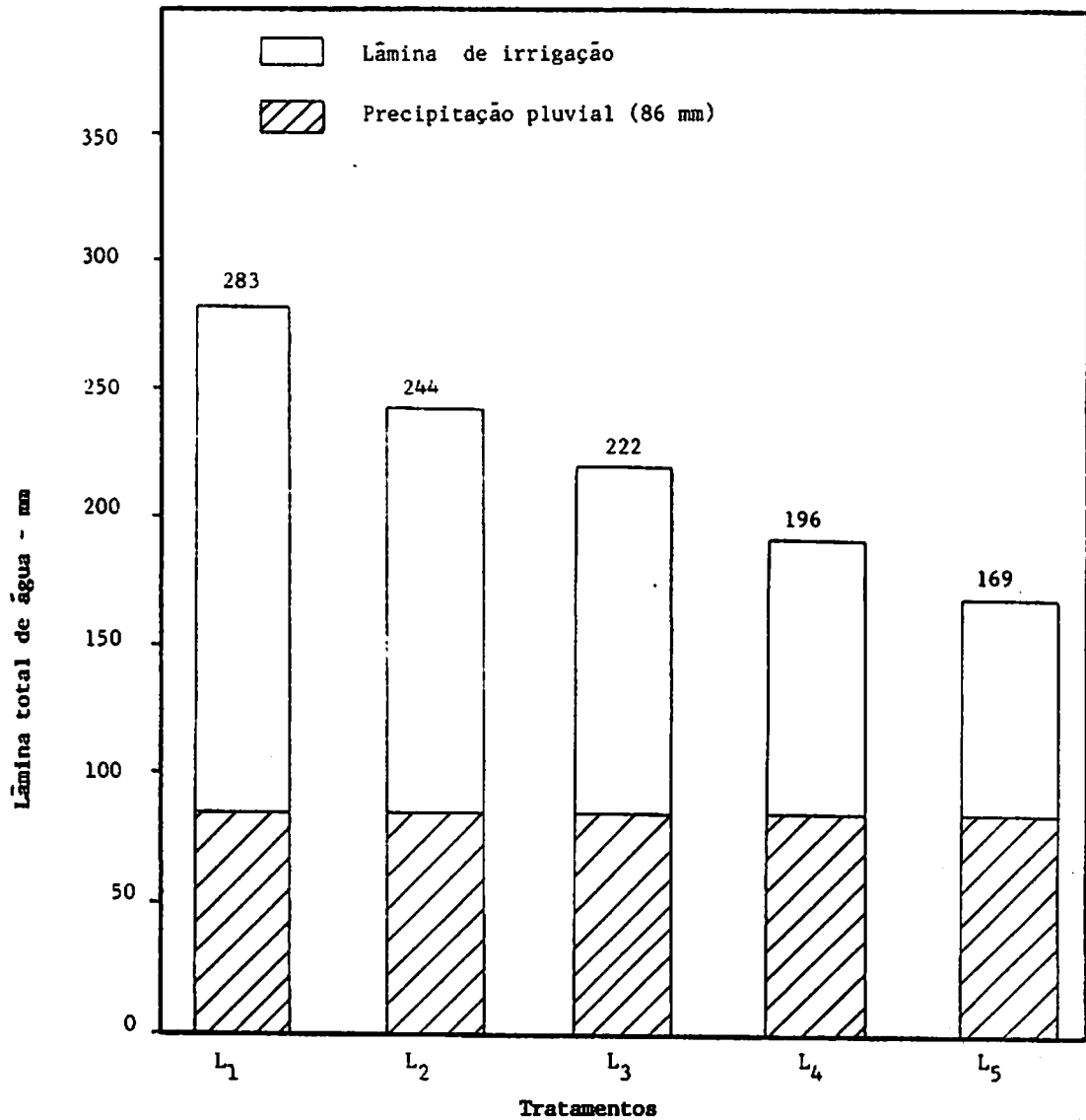


FIGURA 9. Lâminas totais de água aplicadas durante o ciclo da cultura. ESAL, Lavras, MG. 1989.

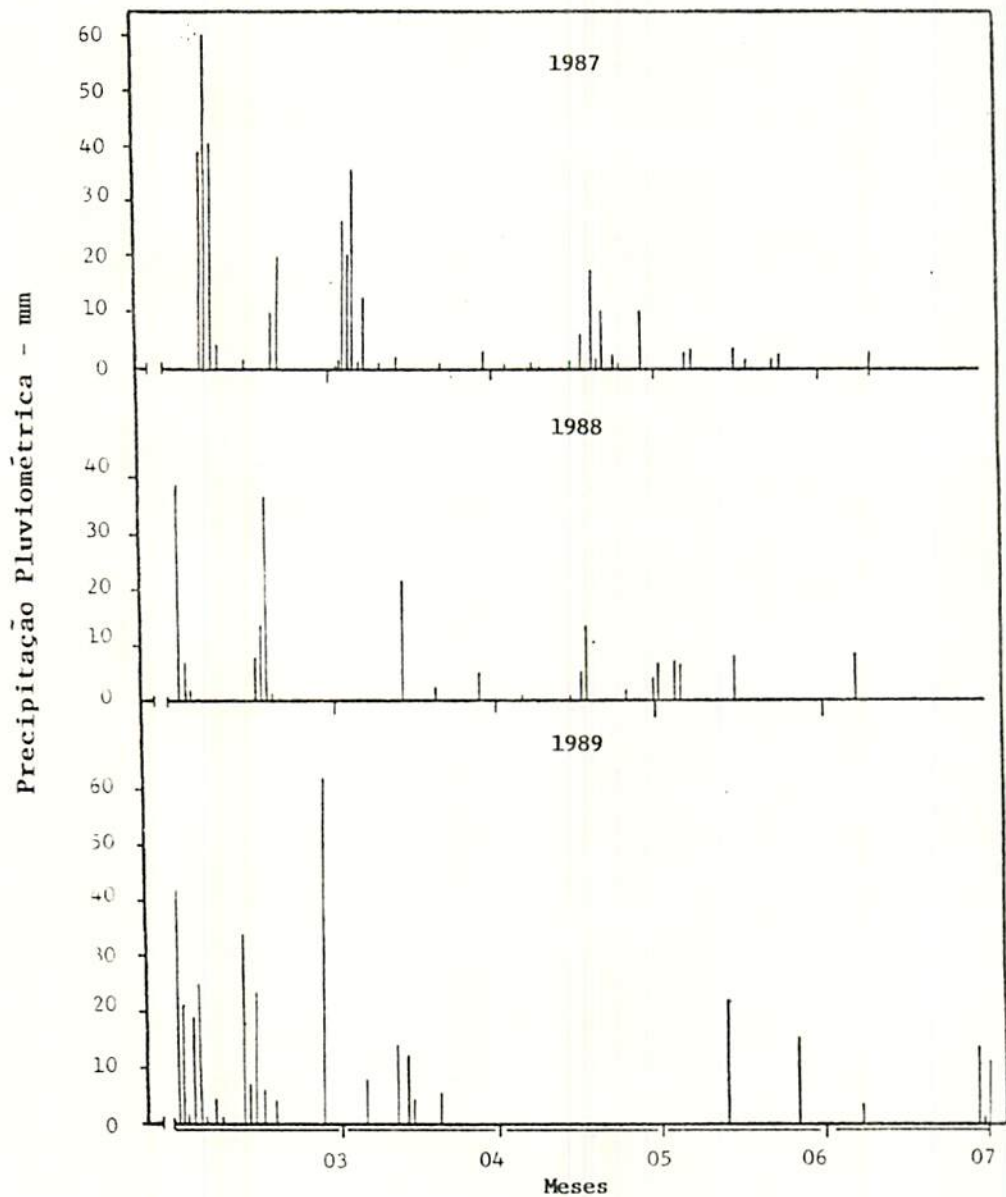


FIGURA 10. Precipitação pluviométrica da localidade do experimento referente a diversos períodos. ESAL, Lavras, MG. 1989-

a última irrigação. Com isto procurou-se evitar o apodrecimento de vagens que entram em contato com o solo, o excessivo crescimento vegetativo, o atraso na maturação e aumento nas perdas causadas por moléstias (VIEIRA, 1978).

Na Tabela 7, são apresentados os valores médios da temperatura, da umidade relativa, da precipitação acumulada, da evaporação acumulada no Tanque Classe A, das lâminas de irrigação e intervalo de irrigação. Constata-se que o maior tempo decorrido entre duas irrigações consecutivas foi de 20 dias e ocorreu no intervalo entre o 1º e 20º dia após a semeadura. Neste intervalo ocorreram temperaturas de 21,4°C, umidade relativa de 76,6% e precipitações de 45 mm. Estes valores correspondem, considerando o período estudado, àqueles menos favoráveis ao consumo de água pela cultura. Já condições relativamente mais favoráveis ao consumo de água verificou-se entre o 27º e o 33º dia após a semeadura, com uma frequência de 6 dias entre duas irrigações consecutivas. Neste intervalo ocorreram temperaturas de 22,2°C, umidade relativa de 78,6% e precipitações de 0 (zero). Nas Figuras 10, 11 e 12 observa-se de uma maneira geral que o comportamento das variáveis climáticas em 3 períodos distintos é muito semelhante, principalmente quando se compara com o período de experimental (1989).

Identifica-se ainda na Tabela 7, que a precipitação acumulada durante o ensaio foi relativamente baixa, correspondendo à apenas 22% da evaporação acumulada no tanque Classe A (ECA).

TABELA 7 - Variáveis climáticas no período experimental, lâminas totais de água aplicadas em cada parcela e intervalo de irrigação. ESAL, Lavras, MG, 1989.

Dias após semeadura	Épocas	Temperatura	U. relativa	Precipitação	ECA no	Lâminas de irrigação (mm)					Intervalo de irrigação (dias)
		média no período (°C)	média no período (%)	no período (mm)	período (mm)	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	
0	03/04	21,4	76,6			35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	20,0
20	23/04	20,3	71,0	45,0	91,0	18,0	14,0	11,0	7,0	4,0	7,0
27	30/04	22,2	78,6	0,0	30,0	13,0	10,0	8,0	6,0	3,0	6,0
33	06/05	16,7	70,8	0,0	28,0	15,0	11,0	9,0	7,0	5,0	8,0
41	14/05	15,3	71,6	0,0	28,0	17,0	13,0	10,0	6,0	4,0	7,0
48	21/05	15,6	67,9	0,0	27,0	27,0	20,0	17,0	13,0	7,0	11,0
57	30/05	17,6	73,0	0,0	30,0	18,0	13,0	11,0	8,0	5,0	9,0
66	08/06	15,9	76,0	0,0	28,0	17,0	13,0	10,0	8,0	5,0	15,0
81	23/06	16,3	78,4	22,0	47,0	23,0	18,0	16,0	13,0	10,0	15,0
95	06/07	16,3	78,4	19,0	35,0	14,0	11,0	9,0	7,0	5,0	14,0
Totais				86,0	344,0	197,0	158,0	136,0	110,0	83,0	-
L - 1 + precipitação						283,0	244,0	222,0	196,0	169,0	-
(1 + precipitação)/ECA						0,82	0,71	0,64	0,57	0,49	-

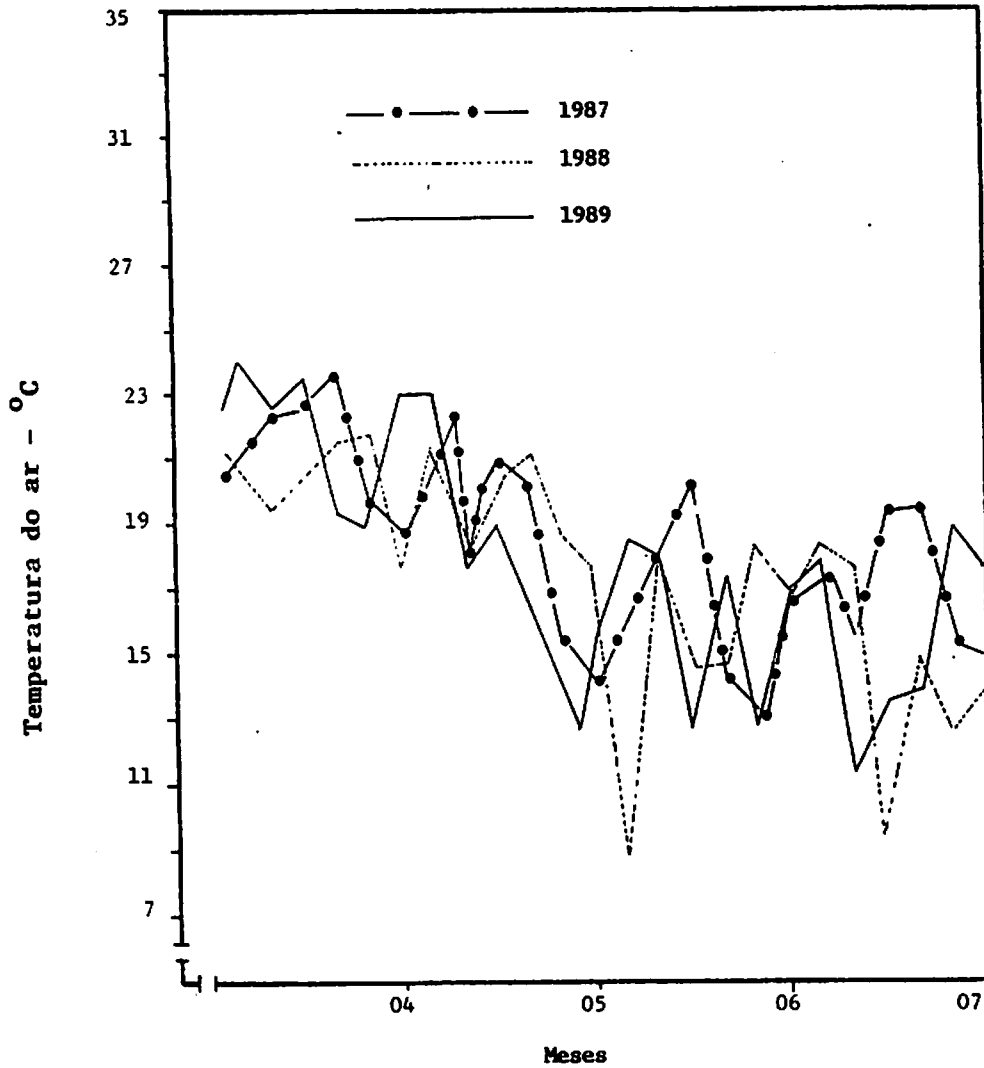


FIGURA 11. Temperaturas médias da localidade do experimento, referente a diversos períodos. ESAL, Lavras, MG. 1989.

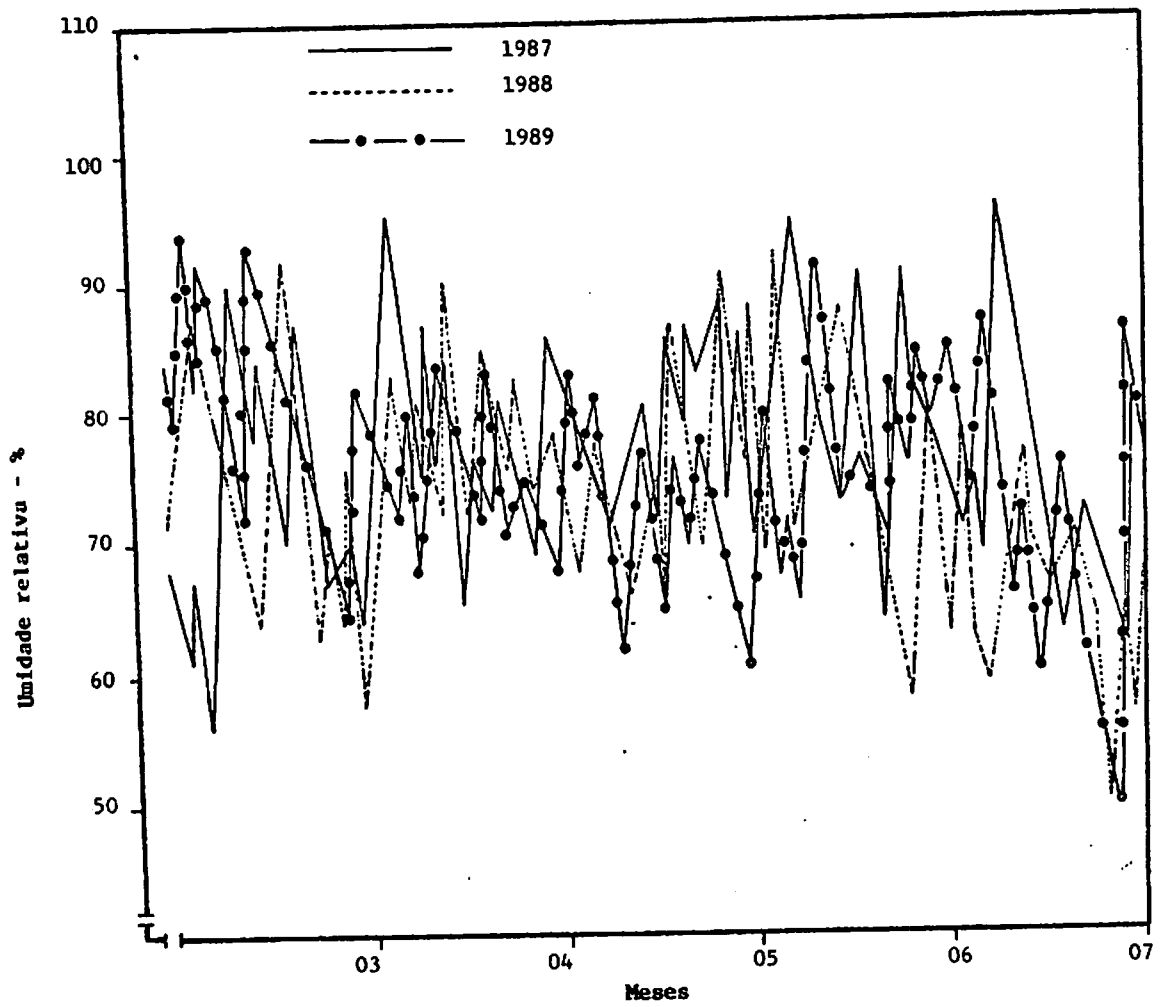


FIGURA 12. Umidade relativa do ar da localidade do experimento referente a diversos períodos. ESAL, Lavras, MG.1989.

4.4. Evapotranspiração atual do feijoeiro

A evapotranspiração atual (ETa) foi estimada através do balanço hídrico aproximado, no período de 12/04 a 06/07 após a semeadura. Na Tabela 8 são apresentados os resultados dos componentes do balanço hídrico da cultura do feijoeiro para nove períodos estudados.

A análise dos pluviogramas permitiu obter as lâminas de 4,6; 5,8; 22,0 e 15,2 mm nos tempos de duração de 250; 180; 510 e 395 minutos, resultando numa intensidade média de precipitação de 1,1; 1,9; 2,6 e 2,3 mm/h respectivamente no 1º, 8º e 9º período estudado. Considerando que a capacidade de infiltração básica do solo situa-se acima de 100 mm/h conforme relata MARQUES (1985), isto permite concluir que toda lâmina precipitada infiltrou, fato este, comprovado pela inspeção visual diária que permitiu não constatar sinais de erosão.

Na Figura 13, tem-se os dados da evapotranspiração atual (ETa) e evaporação acumulada no Tanque Classe A (ECA) para o mesmo período experimental. Os dados correspondem a valores diários acumulados a partir do 12º dia após a semeadura. Durante o período de 83 dias do balanço hídrico a ETa e ECA acumuladas apresentaram valores de 214,6 e 298 mm, com médias diárias de 2,6 e 3,6 mm/dia. Considerando que AZEVEDO (1984) e REICHARDT et alii (1974) em Piracicaba; GARRIDO & TEIXEIRA (1978a e 1978b) no Sul de Minas Gerais e SILVEIRA et alii (1981) em Goiânia

TABELA 8 - Componentes do balanço hídrico do solo, na profundidade de 0-30 cm, na parcela L₁ e no tratamento N₂. ESAL, Lavras, MG, 1989.

Data	Dias após o plantio	Estádio de desenvolvimento	Armaz. (mm)	Δ armazen. no solo (mm)	P (mm)	I (mm)	DS	ETa	ETa AC
14/04	12-20	I	114,3	11,5	10,4	-	0	21,9	21,9
23/04	21-27	II	102,8	2,7	0,0	18,2	0	20,9	42,8
30/04	28-33	II	100,1	3,4	0,0	13,0	0	16,4	59,2
06/05	34-41	II	96,7	2,6	0,0	14,9	0	17,5	76,7
14/05	42-48	III	94,1	2,0	0,0	17,0	0	19,0	95,7
21/05	49-57	III	92,1	-3,6	0,0	27,1	0	23,5	119,2
30/05	58-66	III	95,7	3,6	0,0	18,2	0	21,8	141,0
08/06	67-81	III	92,1	-3,7	22,0	17,0	0	35,3	176,3
23/06	82-95	IV	95,8	0,1	15,2	23,0	0	38,3	214,6
06/07			95,7						

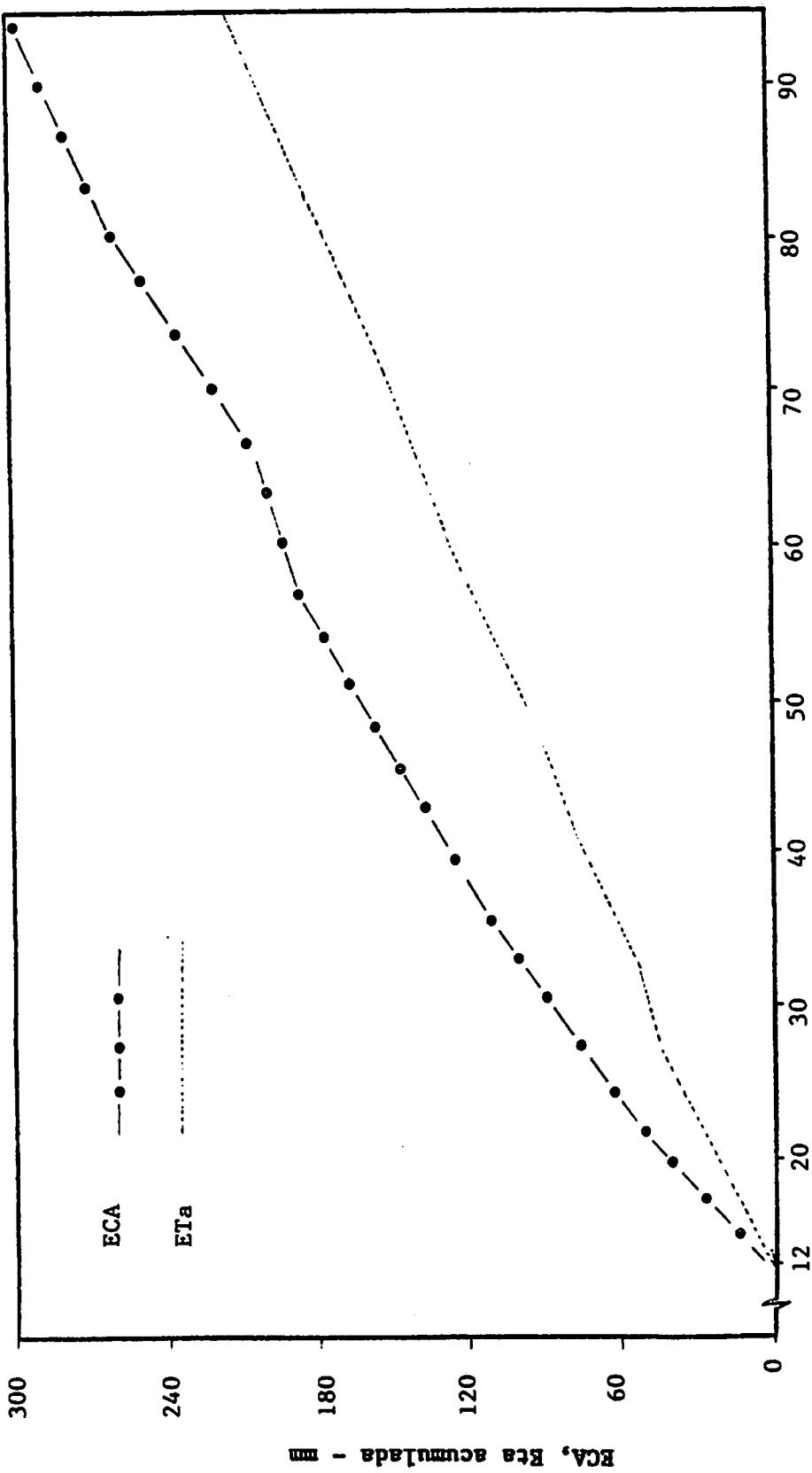


FIGURA 13. Valores acumulados de ECA e ETA para o feijoeiro para a lâmina de água total L_1 dentro do parcelamento N_2 . ESAL, Lavras, MG. 1989.

encontraram 3,17; 3,44; 3,34 e 3,35 mm/dia respectivamente para a ETa, os valores encontrados são inferiores.

DENMEAD & SHAW, EAGLEMAN & DECKER e FRITSCHEN & SHAW ressaltam que a evapotranspiração é facilitada quando o suprimento de água no solo se encontra em condições adequadas. O teor de água no solo no tratamento L_1N_2 sempre foi superior aos demais tratamentos, proporcionando uma relação ETa/ECA de 0,62.

Durante o ciclo da cultura estabeleceram-se quatro fases de desenvolvimento que estão delineadas na Tabela 9.

TABELA 9 - Valores médios de ETa (mm/dia), em quatro estádios do ciclo da cultura, para o tratamento L_1N_2 . ESAL, Lavras, MG, 1989.

Tratamento	Estádios de desenvolvimento			
	I	II	III	IV
L N	2,57	2,52	2,58	2,95

onde:

I = emergência ao início de floração (IF) - 12º a 46º dia

II = IF ao início do enchimento da semente (IEG) - 46º a 68º dia

III = IEG ao início da maturação (IM) - 68º a 89º dia

IV = início de maturação - 89º a 95º dia

Obs.: o ciclo total foi de 113 dias.

A Tabela 9 mostra que o maior consumo de água pela cultura, foi evidenciado durante o enchimento da semente até o início da maturação. Já o menor consumo verificou-se na fase compreendida entre o início da floração ao início do enchimento da semente.

Estes resultados assemelham aos encontrados por FRIZZONE (1986) que observou maiores gastos de água no início da formação das sementes até o início da maturação e de TOSELO (1963) quando afirma ser o feijoeiro mais exigente em água no período compreendido entre o florescimento e o estado leitoso das sementes. Todavia, em Piracicaba-SP, tanto LUCHIARI (1978) como REICHARDT (1974) constataram que a maior demanda de água pela cultura do feijão foi durante o florescimento e frutificação. Em Goiânia, GUIMARÃES et alii (1982), utilizando de microlisímetros na determinação de ET_a , ENCARNAÇÃO (1980) utilizando evapotranspirômetro, AZEVEDO (1984) e STEIMETZ (1984) utilizando o método do balanço de água no solo encontraram que um máximo de consumo de água pela cultura foi obtido em pleno florescimento. Por outro lado, SILVEIRA & STONE (1979) encontraram os maiores valores de ET_a (3,2 mm/dia) para período compreendido entre a germinação e o início de florescimento e durante o florescimento.

Salienta-se que as variações identificadas nos diversos trabalhos, seja em função dos fatores meteorológicos, das relações água-solo-planta, ou do método utilizado, evidenciam de uma forma geral que do florescimento ao enchimento da semente demandam um consumo de água pelo feijoeiro de forma intensiva.

4.5. Eficiência do uso da água

Na Tabela 10, tem-se os valores médios da eficiência do uso de água para o feijão, expressa em kg de sementes por m^3 de água aplicada (Equação 10) para os diferentes regimes de irrigação e épocas de parcelamento. A confrontação entre as médias foi efetuada através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Os tratamentos L_1N_2 e L_2N_3 apresentaram as máximas eficiências no uso da água, com valores médios de 0,567 e 0,557 $kg.m^3$ respectivamente.

O resumo da análise de variância dos dados estão apresentados na Tabela 11, verificando efeitos altamente significativos ($\alpha = 0,01$), para lâminas totais de água e época de parcelamento e significativo ($\alpha = 0,05$) para interação entre eles. O desdobramento da interação lâminas totais de água, dentro das épocas de parcelamento revelou efeito altamente significativo ($\alpha = 0,01$) para o teste de Tukey.

TABELA 10 - Valores médios da eficiência do uso de água (kg.m^3), em função das lâminas totais de água e das épocas de parcelamento de nitrogênio. ESAL, Lavras, MG, 1989.

Lâminas totais de água (mm)	Época de parcelamento de nitrogênio								Média	
	N ₀		N ₁		N ₂		N ₃			
283	a	0,378 C	a	0,448 BC	a	0,567 A	ab	0,525 AB	a	0,479
244	a	0,406 B	a	0,527 A	ab	0,545 A	a	0,557 A	a	0,509
222	a	0,370 A	a	0,448 A	bc	0,393 A	bc	0,416 A	a	0,407
196	ab	0,265 A	b	0,239 A	cd	0,283 A	c	0,319 A	b	0,276
169	b	0,124 A	b	0,156 A	d	0,125 A	d	0,111 A	c	0,129
Médias		0,309 B		0,364 A		0,383 A		0,385 A		0,360

Obs.: 1) As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

2) As médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

TABELA 11 - Resumo da análise de variância para a eficiência do uso de água, com desdobramento das interações lâminas totais de água dentro das épocas de parcelamento de nitrogênio. ESAL, Lavras, MG, 1989.

Causas da variação	G.L.	QM e Significância
Lâminas de água (L)	4	0,005 **
Parcelamento de nitrogênio (N)	3	0,025 **
L x N	12	0,008 *
L x N ₀	4	0,054 **
L x N ₁	4	0,099 **
L x N ₂	4	0,137 **
L x N ₃	4	0,129 **
Blocos	3	0,396
Erro (a)	12	0,011
Parcela	19	
Erro (b)	45	0,004

C.V. para parcelas = 29,62%

C.V. para subparcelas = 17,21%

** e * significativo ao nível de 1% e 5% pelo teste de Tukey, respectivamente.

Na Figura 14 são expostas, graficamente, as equações de regressão ajustadas para os dados da eficiência do uso de água em função das lâminas totais de água dentro das épocas de parcelamento. Verifica-se que existe uma relação funcional

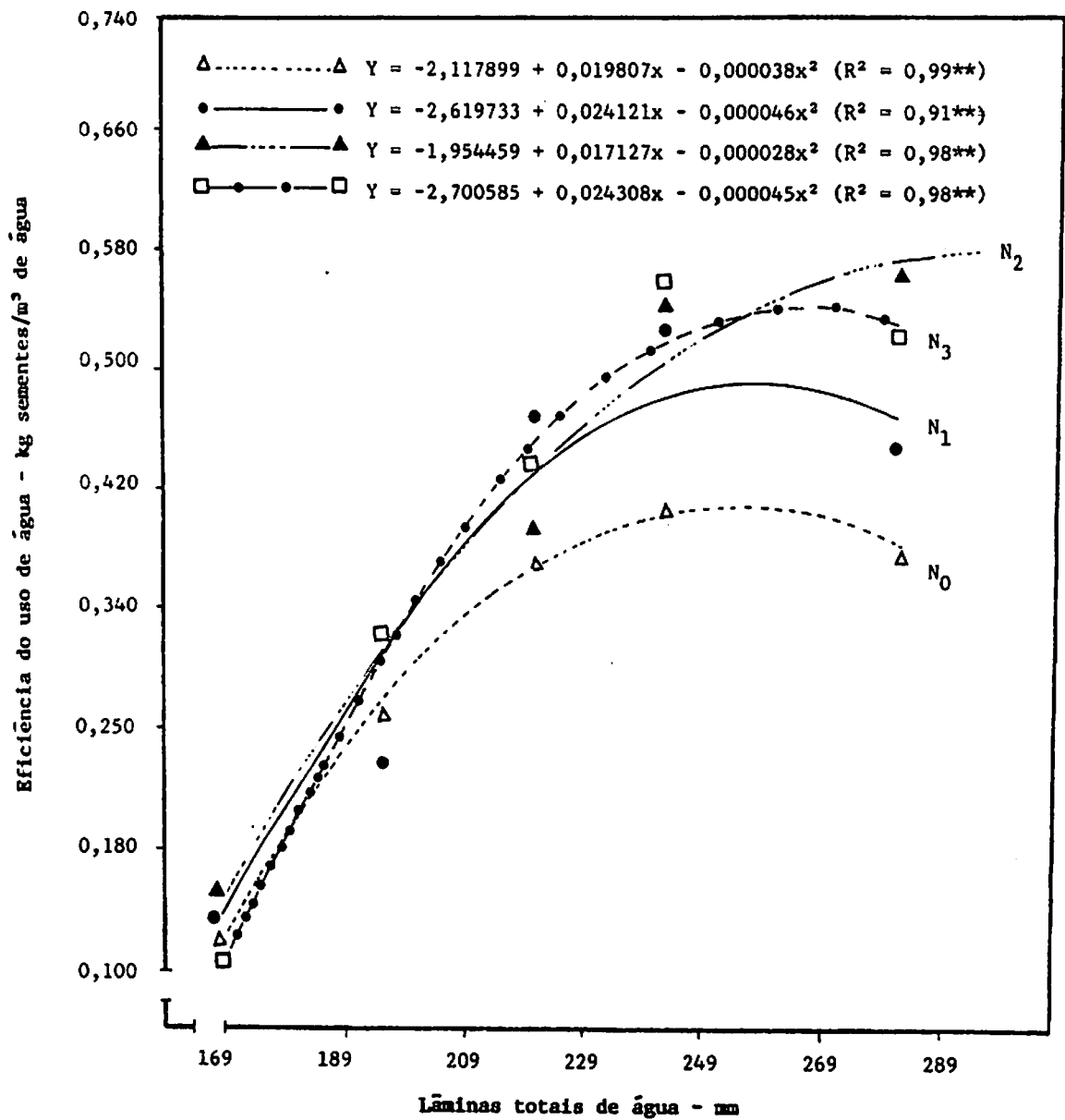


FIGURA 14. Eficiência do uso de água em função de lâminas totais de água dentro da época de parcelamento de nitrogênio. ESAL, Lavras, MG. 1989.

quadrática entre lâminas totais aplicadas e eficiência do uso da água, para todos os níveis de parcelamento, permitindo indicar como lâminas ótimas de (255,2; 258,2; 296,3 e 267,1 mm) para as eficiências do uso da água máximas de (0,410; 0,495; 0,584 e 0,546 kg/m³) respectivamente em N₀, N₁, N₂ e N₃. O efeito da aplicação do Nitrogênio é observado quando se compara N₀ com N₁. Para uma mesma lâmina ótima aplicada (255,2 mm) obteve-se um ganho de 20% na eficiência do uso da água.

A Figura 14 mostra também que a água foi usada mais eficiente pelo feijoeiro até o nível N₂ de parcelamento, decrescendo em seguida. Para o parcelamento de nitrogênio N₂, onde foram observados os maiores valores da eficiência de uso de água, o valor máximo estimado deste variável (0,584 kg.m⁻³) ocorreu para uma lâmina total de água de 296,3 mm. Estes valores evidenciaram uma melhor eficiência quando comparados com os valores de 349,7 mm e 0,537 kg.m⁻³ encontrados por FRIZZONE (1986). Os menores valores da eficiência de uso da água foram obtidos com a menor lâmina de água aplicada, o que contradiz com FRIZZONE (1986), que encontrou os menores valores da eficiência de uso de água para a maior lâmina aplicada.

4.6. Número de vagem por planta

O número médio de vagens por planta, em função das diferentes lâminas de água total e épocas de parcelamento de nitrogênio estão apresentados na Tabela 12.

TABELA 12 - Número médio de vagens por planta, em função das lâminas totais de água e épocas de parcelamento de nitrogênio. ESAL, Lavras, MG, 1989.

Lâminas totais de água (mm)	Épocas de parcelamento de nitrogênio				Média
	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	
283	b 4,97 A	a 6,50 A	a 7,35 A	a 7,43 A	6,56 A
244	b 4,68 AB	a 6,15 AB	ab 4,88 B	a 6,13 AB	5,46 B
222	a 3,63 ABC	a 4,53 BC	a 4,60 B	a 4,60 B	4,34 C
196	a 3,12 BC	a 3,25 CD	a 2,85 C	a 2,80 CD	3,01 D
169	a 2,15 C	a 2,50 D	a 2,30 C	a 2,03 D	2,24 D
Média	b 3,71	a 4,59	a 4,39	a 4,59	4,32

- Obs.: 1) Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical, não apresentaram diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.
- 2) Médias seguidas pela mesma letra minúscula na horizontal, não apresentaram diferenças significativas, ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Na Tabela 13 encontra-se o resumo da análise de variância do número de vagens por planta, que mostrou um efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade para lâminas totais de água aplicadas e época de parcelamento e ao nível de 5% de probabilidade para a interação entre estes fatores. Em função das lâminas de água aplicadas, resultados semelhantes foram encontrados por FRIZZONE (1986) e SILVA (1978) e contrários por AZEVEDO (1984). Já o parcelamento de nitrogênio mostrou o efeito significativo dentro das lâminas L_1 (283 mm) e L_2 (244 mm) em relação a testemunha. Entretanto, os tratamentos N_1 , N_2 e N_3 não diferiram entre si tanto em L_1 como L_2 , embora L_1N_3 e L_2N_1 tenham apresentado valores médios superiores, quando comparados entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Na Figura 15 está representado graficamente as equações de regressão ajustadas para o número de vagens por planta, em função das lâminas totais de água e época de parcelamento de nitrogênio. Verificou-se um acréscimo no número de vagens por planta, segundo uma relação linear, indicando que o número máximo de sementes por vagem não foi alcançado. Estes dados concordam com os obtidos por AZEVEDO (1984) e diferem com os encontrados por FRIZZONE (1986) o qual observou uma relação funcional quadrática.

4.7. Número de sementes por vagem

O número de sementes por vagem é apresentado na

TABELA 13 - Resumo da análise de variância do número de vagens por planta, com desdobramento das interações lâminas de água dentro da época de parcelamento. ESAL, Lavras, MG, 1989.

Causas de variação	G.L.	QM e Significância
Lâminas de água (L)	4	49,427 **
Parcelamento de nitrogênio (N)	3	3,490 **
L x N	12	1,364 *
L:N ₀	4	5,314 **
L:N ₁	4	12,249 **
L:N ₂	4	15,780 **
L:N ₃	4	20,176 **
Blocos	3	0,133
Erro (a)	12	0,980
Parcela	19	
Erro (b)	45	0,578

C.V. para parcelas = 22,92%

C.V. para subparcelas = 17,61%

** e * significância ao nível de 1% e 5% respectivamente pelo teste de Tukey.

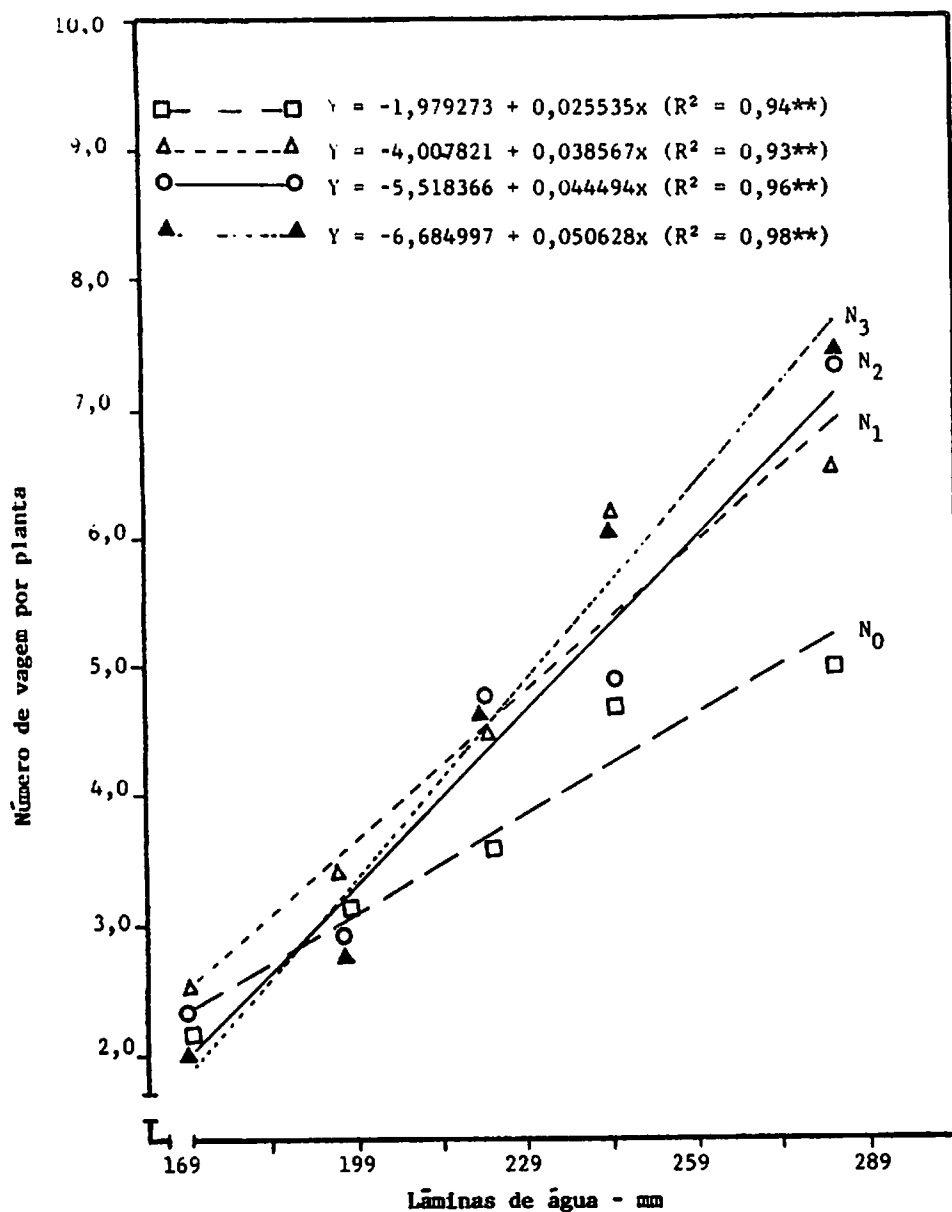


FIGURA 15. Número de vagens por planta em função das lâminas totais de água, dentro de cada parcelamento de nitrogênio. ESAL, LAVRAS, MG. 1989.

Tabela 14, em função das lâminas totais de água aplicada e épocas de parcelamento de nitrogênio.

TABELA 14 - Número médio de sementes por vagem para as lâminas totais de água e época de parcelamento de nitrogênio. ESAL, Lavras, MG, 1989.

Lâminas totais de água (mm)	Épocas de parcelamento de nitrogênio				Média
	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	
283	4,30	3,97	4,13	3,90	4,07 A
244	4,47	4,40	4,03	4,15	4,26 A
222	4,15	3,72	3,95	4,60	4,11 A
196	3,70	3,63	3,63	3,60	3,64 A
169	3,00	2,67	2,65	2,78	2,78 B
Média	3,92	3,68	3,81	3,81	3,77

O resumo da análise de variância do número de sementes por vagem são encontrados na Tabela 15. Observou-se diferença significativa, ao nível de 1% de probabilidade para as lâminas totais aplicadas, não havendo significância para o parcelamento de nitrogênio e a interação entre estes fatores. Os resultados obtidos para as lâminas totais de água são semelhantes aos verificados por AZEVEDO (1984), FRIZZONE (1986) e SILVA (1978).

TABELA 15 - Resumo da análise de variância, do número médio de sementes por vagem, em função das lâminas totais de água e época de parcelamento de nitrogênio. ESAL, Lavras, MG, 1989.

Causas de variação	G.L.	QM e Significância
Lâminas de água (L)	4	5,824 **
Parcelamento de nitrogênio (N)	3	0,282
L x N	12	0,170
Blocos	3	0,837
Erro a	12	0,432
Parcela	19	
Erro b	45	0,221

C.V. para parcelas = 17,43%

C.V. para subparcelas = 12,47%

** Significância ao nível de 1% pelo teste de Tukey.

A Figura 16 mostra a equação de regressão ajustada para o número médio de sementes por vagem, em função das lâminas totais de água aplicada. Visualiza-se através da Figura 16 que o número médio de sementes por vagem aumentou com a aplicação de água segundo uma relação funcional quadrática. Isto permite estimar que o ponto máximo para o número de sementes por vagem alcançaria 4,29, para uma lâmina total de água aplicada de 251,2 mm.

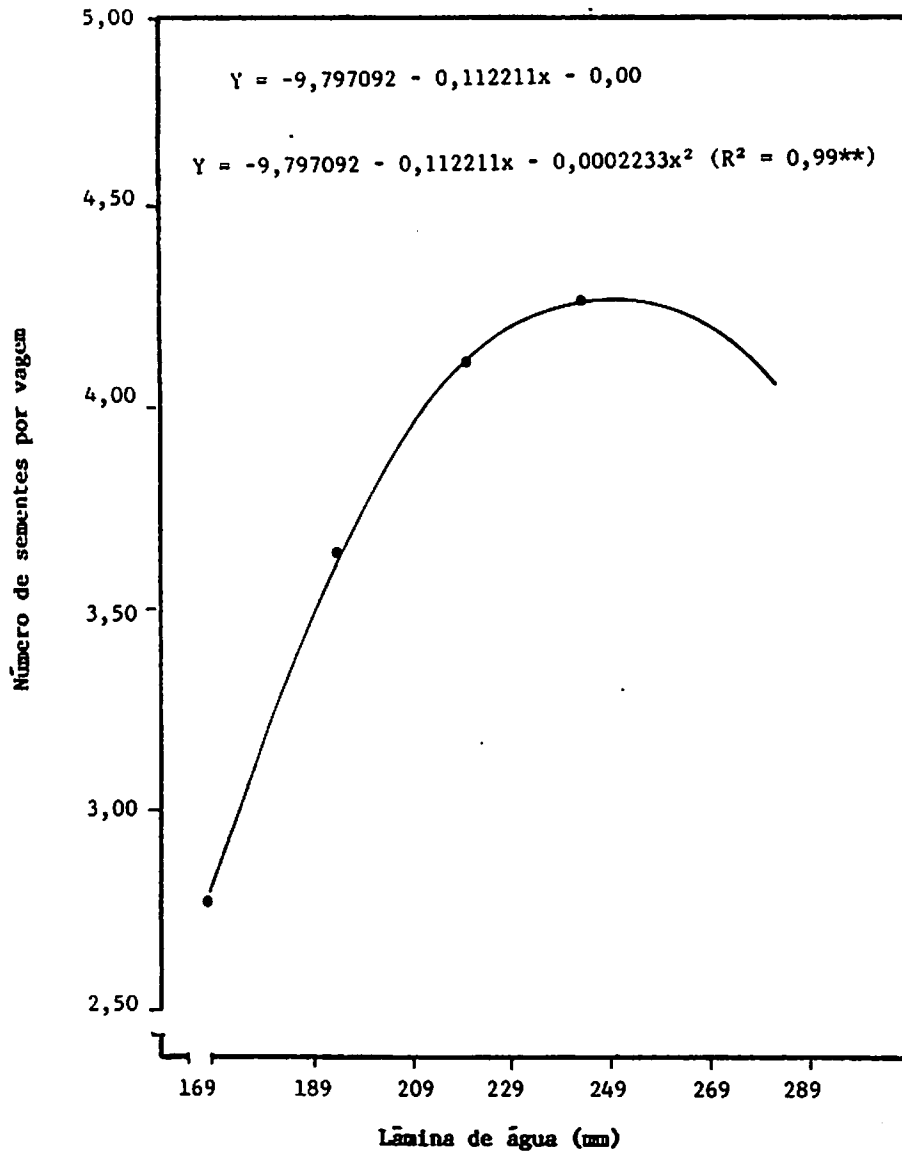


FIGURA 16. Número de sementes por vagem em função da lâmina de água total. ESAL. Lavras- MG. 1989.

4.8. Peso médio de 100 sementes

Na Tabela 16, são apresentados os pesos médios de 100 sementes, em gramas, obtidos em função das lâminas totais de água aplicada e épocas de parcelamento de nitrogênio.

O resumo da análise de variância do peso médio de 100 sementes, apresentado na Tabela 17, com desdobramento da interação lâminas totais de água dentro dos níveis de parcelamento de nitrogênio, mostra um efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade para lâminas totais de água, épocas de parcelamento de nitrogênio e para a interação entre estes fatores. Os resultados para lâminas de água são semelhantes aos encontrados por AZEVEDO (1984) e FRIZZONE (1986).

As equações de regressão ajustadas para o peso médio de 100 sementes, em função das lâminas de água e épocas de parcelamento de nitrogênio são mostradas na Figura 17. Verificou-se que o efeito da lâmina de água aplicada dentro das épocas de parcelamento N_0 e N_3 apresentaram uma relação funcional quadrática, com um peso máximo estimado de 21,34 e 24,01 gramas, com lâminas totais de 256,3 e 250,7 mm, respectivamente. Estes resultados assemelham aos obtidos FRIZZONE (1986) e contradizem com aqueles observados por AZEVEDO (1984), o qual observou uma redução linear no peso de 100 sementes com o aumento da lâmina d'água na dose de $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Já a aplicação de água dentro da época de parcelamento N_2 ,

TABELA 16 - Peso médio de 100 sementes, em gramas, obtidos em função das lâminas totais de água e época de parcelamento de nitrogênio. ESAL, Lavras, MG, 1989.

Lâminas totais de água (mm)	Épocas de parcelamento de nitrogênio								Média
	N ₀		N ₁		N ₂		N ₃		
283	a	21,32 A	a	22,42 A	a	22,33 A	a	22,72 AB	20,20 A
244	c	20,59 A	b	22,43 A	b	21,39 A	a	24,71 A	22,28 A
222	b	21,42 A	ab	21,73 A	a	23,22 A	ab	22,64 AB	22,25 A
196	b	19,59 AB	ab	20,52 AB	a	21,50 A	ab	20,68 B	20,57 B
169	ab	18,25 B	a	19,54 B	ab	18,57 B	c	17,36 C	18,43 C
Média	b	20,24	a	21,33	a	21,40	a	21,62	21,15

Obs.: 1) As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

2) As médias seguidas pela mesma letra minúscula na horizontal não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

TABELA 17 - Resumo da análise de variância do peso de 100 sementes, com desdobramento das interações de água dentro da época de parcelamento. ESAL, Lavras, MG, 1989.

Causas de variação	G.L.	QM e Significância
Lâminas de água (L)	4	45,265 **
Parcelamento de nitrogênio (N)	3	7,679 **
L x N	12	3,745 **
L:N ₀	4	7,045 **
L:N ₁	4	6,406 **
N:N ₂	4	12,125 **
L:N ₃	4	30,855 **
Blocos	3	1,873
Erro (a)	12	0,198
Parcela	19	
Erro (b)	45	0,840

C.V. para parcelas = 6,66%

C.V. para subparcelas = 4,34%

** e * Significativo ao nível de 1% pelo teste de Tukey.

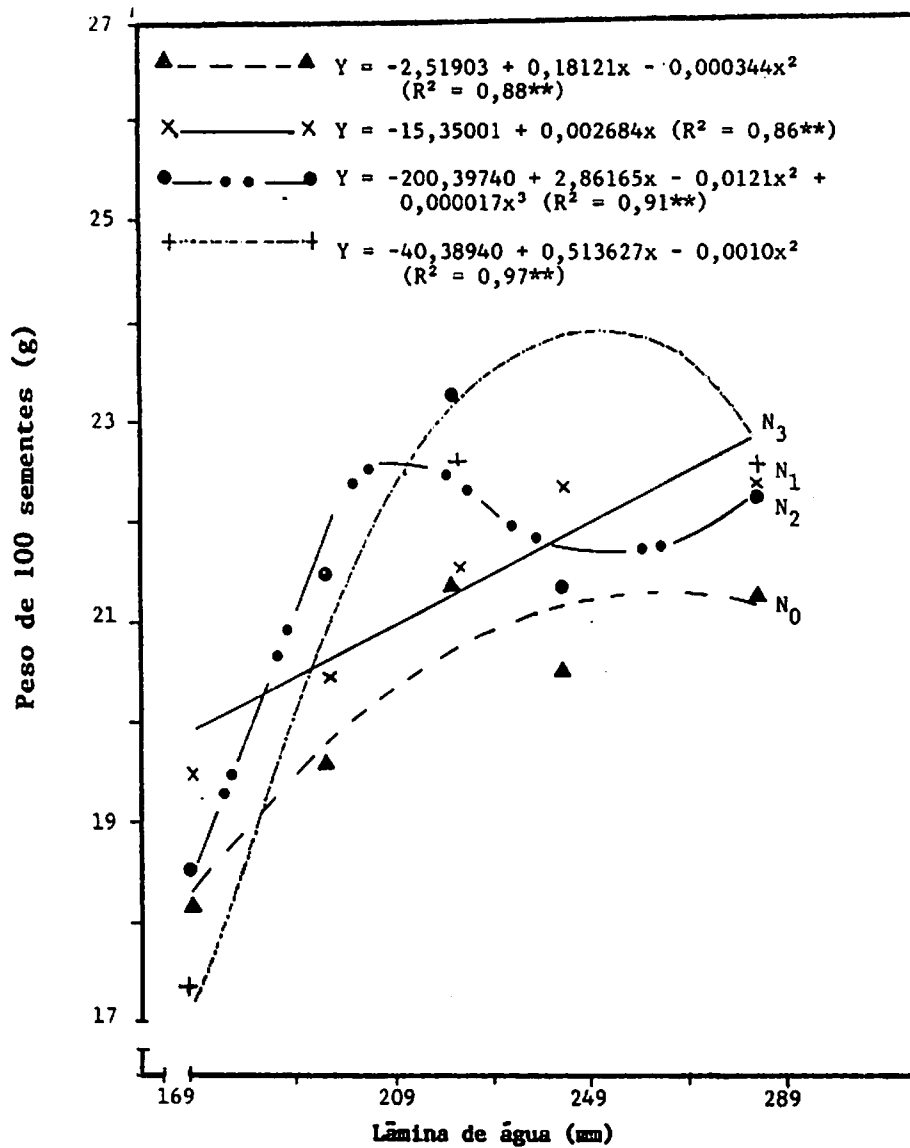


FIGURA 17. Peso médio de 100 sementes em função das lâminas totais de água dentro de cada parcelamento de nitrogênio. ESAL, Lavras, MG. 1989.

proporcionou um efeito cúbico no peso de 100 grãos. Este atingiu um máximo de 22,63 gramas com lâmina total de 214,5 mm. Este resultado é diferente do observado por AZEVEDO (1984) e FRIZZONE (1986). Para a época de parcelamento N_1 o efeito da lâmina total de água aplicada foi linear, ou seja, aumento no peso de 100 sementes com aumento na lâmina total de água.

Por outro lado, o estudo das épocas de parcelamento de nitrogênio dentro das lâminas totais de água pode ser observado na Tabela 16, onde são apresentados os resultados da aplicação do teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Verifica-se que as épocas de parcelamento de nitrogênio, diferiram entre si para as lâminas totais L_2 (244 mm) e L_5 (169 mm). Os tratamentos que permitiram o maior e o menor peso de 100 sementes foram L_2N_3 (24,71 g) e L_5N_3 (17,36 g).

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e para as condições em que este estudo foi realizado, conclui-se que:

1 - Houve efeito significativo das lâminas de irrigação, da época de parcelamento de nitrogênio e de suas interações sobre a produção de grãos do feijoeiro.

2 - O efeito das lâminas de irrigação sobre a produção de grãos foi mais acentuado (maior amplitude de variação das médias), do que o efeito do parcelamento de nitrogênio (menor amplitude de variação das médias).

3 - A aplicação de água aumentou a produção de sementes, segundo uma relação de natureza quadrática, nas épocas de parcelamento N_0 , N_1 e N_3 , permitindo estimar um máximo rendimento de sementes de 1083,1; 1312,4 e 1576,3 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ com respectivas lâminas totais de água aplicada de 285,7; 285,6 e 314,4 mm.

4 - Para uma mesma lâmina ótima aplicada (285 mm), há um

acrécimo correspondente na produção de sementes de 229 kg.ha^{-1} (ou 21%) quando se estabeleceu comparação entre N_0 com N_1 .

5 - A aplicação de água aumentou a produção de sementes, segundo uma relação funcional linear para a época de parcelamento N_2 , estimando acréscimos de $12,711 \text{ kg}$ para cada milímetro de água aplicado.

6 - O feijoeiro utilizou mais eficientemente a água, na segunda época de parcelamento de nitrogênio, tendo a eficiência do uso de água alcançado um máximo de $0,584 \text{ kg}$ de feijão/ m^3 de água, para um parcelamento de 30 kg N.ha^{-1} no plantio, 30 kg N.ha^{-1} aos 20 DAS e 30 kg N.ha^{-1} aos 45 DAS para uma lâmina total de $296,3 \text{ mm}$.

7 - O número médio de vagens por planta, aumentou com aplicação de água, segundo uma relação funcional linear, estimando acréscimos crescentes de $0,025$; $0,039$; $0,044$ e $0,051$ unidades para cada milímetro de água aplicada nas épocas de parcelamento N_0 , N_1 , N_2 e N_3 . O tratamento que permitiu o maior número de vagem por planta foi L_1N_3 com $7,43$.

8 - O número médio de sementes por vagem, em função das lâminas totais de água ampliou com a aplicação de água, segundo uma relação funcional de natureza quadrática, estimando um número médio de sementes por vagem máximo de $4,29$ com uma respectiva lâmina total de água de $251,2 \text{ mm}$.

9 - O peso Médio de 100 sementes, cresceu com a adição de água de três formas distintas:

a) Segundo uma relação funcional quadrática, para as épocas de parcelamento de nitrogênio N_0 e N_3 , estimando um peso máximo de 21,34 e 24,01 gramas e lâminas máximas de 256,3 e 250,7 mm, respectivamente.

b) Segundo uma relação funcional cúbica, para a época de parcelamento de nitrogênio N_2 , estimando um peso mínimo de 21,75 e um máximo de 22,63 gramas para as lâminas de 261,5 e 214,5 mm.

c) Segundo uma relação funcional linear, para a época de parcelamento de nitrogênio N_1 , estimando acréscimos de 0,003 gramas para cada milímetro de lâmina de água aplicada.

10 - O tratamento que permitiu o maior peso de 100 sementes foi L_2N_3 com 24,71 gramas.

11 - A diferença mais acentuada no consumo de água ocorreu no período compreendido do início do enchimento da semente ($ETA = 2,58$ mm/dia) até o início da fase de maturação ($ETA = 2,95$ mm/dia).

6. RESUMO

O objetivo deste trabalho foi o de verificar o efeito da lâmina de água aplicada, da época de parcelamento da adubação nitrogenada e da interação destes fatores sobre os componentes de produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). O ensaio foi conduzido no campo experimental da Escola Superior de Agricultura de Lavras, utilizando a cultivar Carioca.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por cinco diferentes lâminas de ($L_1 = 283$, $L_2 = 244$, $L_3 = 222$, $L_4 = 196$ e $L_5 = 169$ mm), oriundas de uma linha de aspersores localizados no centro da área, constituindo um sistema de fonte linear "Line Source". As subparcelas foram constituídas por quatro formas distintas de parcelamento de nitrogênio, aplicado manualmente em cobertura, cujas doses e épocas de aplicação expressas em dias após a semeadura (DAS) foram $N_0 =$ sem aplicação; $N_1 = 30$ kg N/ha no plantio e 60 kg N/ha aos 20 DAS; $N_2 = 30$ kg N/ha no plantio 30 kg N/ha aos 20 DAS e 30 kg N/ha aos 45 DAS; $N_3 = 30$ kg N/ha no plantio, 20 kg N/ha aos 20 DAS, 20 kg N/ha aos 45 DAS e 20 kg N/ha aos 60 DAS.

O controle da irrigação foi determinado através da Evapotranspiração Acumulada do Tanque Classe A (ECA), irrigando-se sempre que a ECA atingiu 30 mm. A lâmina aplicada em cada irrigação foi a necessária para elevar a capacidade de campo no perfil de 0 a 30 cm de profundidade, cuja umidade era determinada gravimetricamente.

Através das análises dos resultados obtidos conclui-se que:

- A aplicação de água aumentou o rendimento de sementes segundo uma relação linear para a época de parcelamento N_2 e quadrática para as épocas N_0 , N_1 e N_3 , permitindo indicar como lâmina ótimas 285,7; 285,6 e 312,4 mm, com respectivas produções máximas de 1083, 1312 e 1576 kg/ha.
- As máximas produtividades obtidas ocorreram nos tratamentos L_1N_2 e L_1N_3 , as quais foram respectivamente 1601 e 1485 kg/ha.
- O feijoeiro utilizou mais eficientemente a água aplicada, na terceira época de parcelamento (N_2), tendo alcançado um máximo de 0,584 kg de feijão/m³ de água aplicada.
- A diferença mais acentuada no consumo de água pela cultura ocorreu no período de enchimento da semente (ETA = 2,58 mm/dia) até o início da maturação (ETA = 2,95 mm/dia).
- O número médio de vagens por planta e sementes por vagens

elevou-se com a aplicação da água, segundo uma relação de natureza linear e quadrática, respectivamente. Já o peso de 100 sementes cresceu com a adição de água, apresentando relações funcionais linear (N_1), quadrática (N_0 e N_3) e cúbica (N_2).

7. SUMMARY

The objective of this work was to verify the effect of laminas of applied water, of epoch of parcelling of nitrogen fertilization and the interaction of these factors upon the components of production of bean (*Phaseolus vulgaris* L.).

The essay was conducted at the experimental field of Escola Superior de Agricultura de Lavras, utilising the Carioca cultivar.

The experimental design was blocks at random with subdivided parcels, with four replications. The parcels were constituted by five different laminas of water ($L_1 = 283$, $L_2 = 244$, $L_3 = 222$, $L_4 = 196$ and $L_5 = 169$ mm), originated from a line of sprinklers located in the area center, constituting a system of Line Source.

The subparcels were constituted by four distinct forms of parcelling of nitrogen, manually applied in cover, which doses and epochs of application expressed in days after planting (DAP) were: $N_0 =$ no application; $N_1 = 30$ kg N/ha at planting and

60 kg N/ha at 20 DAP; $N_2 = 30$ kg N/ha at planting, 30 kg N/ha at 20 DAP and 30 kg N/ha at 45 DAP; $N_3 = 30$ kg N/ha at planting, 20 kg N/ha at 20 DAP, 20 kg N/ha at 45 DAP and 20 kg N/ha at 60 DAP.

The irrigation control was determined through the Accumulated Evaporation of Class A Tank, irrigating always that the apparatus marked 30 mm. The applied lamina in each irrigation was that necessary to elevate the field capacity in the profile from 0-30 cm of depth, which moisture was gravimetrically determined.

Through the analyses of the obtained results it can be concluded that:

- The application of water increased the yield of seeds by according to a linear relation for the N_2 epoch of parcelling and quadratic for the N_0 , N_1 and N_3 , permitting to indicate 285,7; 285,6 and 312,4 mm as optimum laminas, with respective maximum productions of 1083, 1312 and 1576 kg/ha.

- The maximum productivity obtained occurred in the L_1N_2 and L_1N_3 treatments, which respectively were 1601 and 1485 kg/ha.

- The bean utilized more efficiently the applied water in the third epoch of parcelling (N_2), having reached a maximum of 0,584 kg of bean/ m^3 of applied water.

- The more accentuated difference in the water consumption by the culture occurred in the period of seed filling (2,58 mm/dia) until the maturation starting (2,95 mm/dia).

- The average number of haricot bean per plant and seeds per haricot bean was elevated with the water application, by according to a relation of linear and quadratic nature, respectively. The weight of 100 seeds increased with the water addition, presenting linear (N_1), quadratic (N_0 and N_3) and cubic (N_2) functional relationships.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, D.L.; LEITÃO FILHO, H.F. & MIYASAKA, S. Características do feijão Carioca, um novo cultivar. *Bragantia*, Campinas, 30(7):23-9, abr, 1971.
2. _____; BULISANI, E.A.; GALLO, P.B. & SABINO, J.C. Resposta de três cultivares de feijoeiro à adubação nitrogenada. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1, Goiânia, 1982. *Anais... Goiânia, EMBRAPA/CNPAF*, 1982. p. 184-7.
3. AMARAL, F.A.L.; RESENDE, H.E.C.; SOBRINHO, B.M.O.C. & MALAVOLTA, E. Exigência de nitrogênio, fósforo e potássio de alguns cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.). *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, 37:223-39, 1980.
4. ANÁLISES dos principais produtos. *Agroanalysis*, Rio de Janeiro, 13(2):16-55, Fev. 1989.
5. ARAGON, E.L. & DATTA, S.K. Drought response of rice at different nitrogen levels using source sprinkler system. *Irrigation Science*, New York, 3:63-73, 1982.

6. ARAYA, V.R.; VIEIRA, C.; MONTEIRO, A.A.T.; CARDOSO, A.A. & BRUNE, W. Adubação nitrogenada da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) na Zona da Mata de Minas Gerais. *Revista Ceres*, Viçosa, 28(156):134-49, 1981.
7. ARAÚJO, G.A.A. Alternativas para a produção de feijão na Zona da Mata de Minas Gerais. Belo Horizonte, EPAMIG, 1981. 4 p. (Pesquisando, 34).
8. AZEVEDO, H.J. Efeito de diferentes lâminas de água e doses de adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 1984. 85 p. (Tese MS).
9. BARROS, L.G. Caracterização de alguns cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) indicados para o Brasil. Viçosa, UFV, 1980. 105 p. (Tese Doutorado).
10. BARRIOS, G. Informacion preliminar sobre ensaios de rendimento de carota (*Phaseolus vulgaris*, L.) bajo condiciones de lluvia y riego. *Agronomia Tropical*, Maracay, 16: 96-100, 1966.
11. BAUDER, J.W.; HANKS, R.J. & JAMES, D.W. Crop production function determinations as influenced by irrigation and nitrogen fertilization using a continuous variable design. *Soil Science Society American Proceedings*, Madison, 39(6):1187-91, Nov./Dec. 1975.

12. BRASIL, Ministério da Agricultura. Normais Climatológicas (MG, ES, RJ). Rio de Janeiro, 1969. 99 p.
13. BENAVIDES, J.G. Zonificación de *Phaseolus vulgaris* en función de su regime hídrico. *Agronomia Tropical*, Maracay, 19(8): 197-203, 1969.
14. BLACK, T.A.; GARDNER, W.R. & TANNER, C.B. Water storage and drainage under a row crop on sandy soil. *Agronomy Journal*, Madison, 62(1):48-51, Jan./Feb. 1970a.
15. _____; TANNER, C.A. & GARDNER, W.R. Evapotranspiration from a snap bean crop. *Agronomy Journal*, Madison, 62(1): 66-9, Jan./Feb. 1970b.
16. CANTARELL, H.; TABATABAI, M.A. Volatilização de amônia de alguns fertilizantes nitrogenados aplicados a solos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 20, Belém, 1985. Resumos... Belém, SBCS, 1985. p. 90.
17. CAIXETA, T.J.; VIEIRA, C. & BARTHOLO, G.F. A terceira época de plantio de feijão. Viçosa, UFV, 1981. 4 p. (Informe Técnico, 15).
18. CAROLUS, R.L. & SHULEUSENER, P.E. Effect of irrigation on the yield c/snap beans, sweet corn and tomatoes as influenced by certain cultura practices in 1949. *Michigan Quartely*, Michigan, 32:465-78, 1970.

19. COSTA, M.S.S.; WESTPHALEN, S.L. & BRUSAMOLIN, E.P. Variedades recomendadas para o Rio Grande do Sul. *IPAGRO-Inforna*, Porto Alegre, 14:24-5, 1976.
20. CRANDALL, P.C.; JENSEN, M.C.; CHAMBERLAIN, J.D. & JAMES, L.C. Effect of row width and direction and mist irrigation on the microclimate of bush beans. *Hort. Science*, Alexandria, 6:345-7, 1967.
21. DENMEAD, O.T. & SHAW, R.T. Evapotranspiration in relation to the development of the corn crop. *Agronomy Journal*, Madison, 51(12):725-6, Dec. 1959.
22. DOOREMBOS, J. & KASSAN, A.H. **Yield response to water**. Roma, FAO, 1979. 193 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33).
23. _____ & PRUITT, W.D. **Las necesidades de água de los cultivos**. Roma, FAO, 1976. 194 p. (Estudio FAO: Riego y Drenage, 24).
24. DOSS, B.D.; EVANS, C.E. & TURNER, J. Irrigation and applied nitrogen effects on snap beans and picking cucumbers. *Journal of the American Cociety for Horticultural Science*, Mount, 102(5):654-7, Sep. 1977.

25. DUTHION, C. & MORTIER, J. Effect d'un excès d'eau sur la feverole de printemps. *Comptes rendus des séances de L'Académie D'Agriculture de France*, (6):416-21, 1977.
26. EAGLEMAN, J.R. & DECKER, W.L. The role of soil moisture in evapotranspiration. *Agronomy Journal*, Madison, 57(6): 626-9, Nov./Dec. 1965.
27. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Manual de métodos de pesquisa em feijão*. Goiânia, CNPAF, 1976. 81 p.
28. ENCARNAÇÃO, C.R.F. Estudo da demanda de água do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Goiano Precoce. Piracicaba, ESALQ/USP, 1979. 62 p. (Tese MS).
29. FOOD AND AGRICULTURE OF THE UNITED NATIONS. *Dados agroclimáticos para a América Latina y el Caribe*. Roma, 1985. n.p. (Colección FAO: Producción y Protección Vegetal, 24).
30. FARIA, R.T. Estudo da lâmina de irrigação na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) utilizando o sistema de "aspersão em linha". Piracicaba, ESALQ/USP, 1981. 71 p. (Tese MS).
31. FISCHER, V.J. & WEAVER, C.K. Flowering, pod set and retention of bean in response to night temperature, humidity and soil moisture. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Mount, 99:448-50, 1974.

32. FREIRE, J.C. Condutividade hidráulica e capacidade de campo de latossolo roxo distrófico não saturado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 3(3):73-7, set./dez. 1979.
33. FRITSCHEN, L.J. & SHAW, R.H. Evapotranspiration for corn as related to pan evapotranspiration. *Agronomy Journal*, Madison, 53(2):149-50, Mar./Apr. 1961.
34. FRIZZONE, J.A. Funções de resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao uso de nitrogênio e lâmina de irrigação. Piracicaba, ESALQ/USP, 1986. 133 p. (Tese de Doutorado).
35. _____; SOBRINHO, C.; SÁ, M.E. & BUZETTI, S. Efeito da irrigação e da adubação fosfatada sobre a produção de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1, Goiânia, 1982. *Anais...* Goiânia, EMBRAPA/CNPAP, 1982. p. 169-72.
36. FORSYTHE, W.M. & PINCHINAT, A.M. Tolerância de la variedade de frijol 27-R a la inundación. Turrialba, Costa Rica, 21(2):228-30, abr./jun. 1971.
37. GALLO, J.R. & MIYASAKA, S. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos do florescimento à maturação. *Bragantia*, Campinas, 20(40):867-84, set. 1961.

38. GARRIDO, M.A.T. & TEIXEIRA, 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. 25-7.
39. _____; PURCINO, J.R.C. & LIMAS, C.A.S. Efeito de diferentes níveis de umidade do solo sobre o rendimento do feijoeiro comum, na região norte de Minas Gerais. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPACUÁRIA DE MINAS GERAIS. Projeto feijão; relatório 75/77, Belo Horizonte, 1979. p. 27-9.
40. GUIMARÃES, C.M.; STEINMETZ, S. & CASTRO, T.A.P. Uso de microlisímetros na determinação da evapotranspiração do feijoeiro da seca. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1, Goiânia, 1982. Anais... Goiânia, EMBRAPA/CNPAF, 1982. p. 137-7.
41. HAAG, H.P. & MALAVOLTA, E. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. *Bragantia*, Campinas, 26(29):381-91, ago. 1967.
42. HANKS, R.J.; KELLER, J.; RASMUSSEN, J.P. & WILSON, G.D. Line source sprinkler for continuous variable irrigation crop production studies. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, 40:426-6, 1976.

43. INFORZATO, R. & MYIASAKA, S. Sistema radicular do feijoeiro em dois tipos de solo do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, 22:447-81, 1963.
44. JANES, E.B. The effect of varying amount of irrigation on the composition of two snap beans. *Proceeding of American Society for Horticultural Science*, College Park, 51: 225-59, 1948.
45. KATTAN, A.A. & FLEMING, J.W. Effect of irrigation at specific stages of development on yield, quality, growth and composition of snap beans. *Proceedings of American Society for Horticultural Science*, College Park, 68:329-42, Dec. 1956.
46. KORNELIUS, E.; SOBRAL, L.F.; GOMES, J.C. & RODRIGUES, E.M. Efeitos de doses e épocas de aplicação de nitrogênio na produção de feijão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15, Campinas, 1975. *Anais... Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 1975. p. 167-70.
47. LIMA, C.A.S.; MARINATO, R.; CAIXETA, T.J. & DANTAS, M.S.F. Campo de observação de feijão irrigado. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. *Projeto Feijão: relatório anual 75/76*, Belo Horizonte, 1978. p. 24-5.

48. LUCHIARI, A. Determinação do coeficiente de cultura (Kc) para feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) pelo método do balanço hídrico. Piracicaba, ESALQ/USP, 1978. 59 p. (Tese MS).
49. MACK, H.J.; BOERMA, L.L.; WOLFE, J.W.; SISTRUNK, W.A. & EVANS, D.D. Effects of soil moisture and nitrogen fertilizer on pole beans. Agricultural Experiments Station Bulletin, Oregon, (97):1-27, 1966.
50. MacMASTER, LE BARON, COREY, HAWTHORN & TOOLE. The influence of soil moisture on snap beans seed production Idaho. Agricultural Experiments Station Bulletin, Oregon, (435):1-15, 1965.
51. MAFRA, R.C.; VIEIRA, C.; BRAGA, J.M.; SIQUEIRA, C. BRANDES, D. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Absorção de nutrientes. *Experientiae*, Viçosa, 17:217-39, maio, 1974.
52. MAGALHÃES, A.A. & MILLAR, A.A. Efeito do déficit de água no período reprodutivo sobre a produção de feijão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 13(2):55-60, fev. 1978.
53. MARQUES, R. Influência de três tipos de cobertura vegetal sobre a capacidade de infiltração básica (CIB). Lavras, 1985. 22 p. (Monografia).

54. MASCARENHAS, H.A.A.; MIYASAKA, S.; IGUE, T.; VIEGA, A.A. & ALVES, S. Influência das formas de fertilizantes nitrogenados e suas épocas de aplicação na cultura do feijoeiro. *Bragantia*, Campinas, 25(4):41-2, jun. 1966.
55. MAURER, A.R.; ORMROD, D.P. & SCOTT, N.J. Effect of five soil water regimes on growth and composition of snap beans. *Canadian Journal of Plant Science*, Ottawa, 49:271-8, 1969.
56. 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, 4:83-8, 1980.
57. MENESES, D.M. & PINTO, M.M. Influência do fator hídrico no desenvolvimento da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na baixada fluminense. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Rio de Janeiro, 2:383-9, 1967.
58. MIRANDA, O.N. & BELMAR, C.N. Déficit hídrico y frecuencia de riego en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agricultura Técnica*, Santiago, 37(3):111-7, 1977.
59. MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S. & MASCARENHAS, H.A.A. Modo e época da aplicação de nitrogênio na cultura do feijoeiro. *Bragantia*, Campinas, 22(40):511-19, set. 1963.

60. MUIRHEAD, W.H. & WHITE, J.G. The influence of soil water potential on the flowering patter, pod set and yield of snap beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Irrigation Science*, New York, 3:45-56, 1981.
61. NEPTUNE, A.M.L. & MURAKOTA, T. Aplicação da uréia 15_N em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Carioca. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 2(1): 51-5, jan./abr. 1978.
62. NETTLES, F.V. Two years results of the effect of several irrigation treatmentes on the yield of cabbage and snap beans. *American Society for Horticultural Science*, Alexandria, 51:463-7, 1948.
63. PAVANI, L.C. Evapotranspiração e produtividade do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Goiano Precoce) sob três níveis de potencial da água no solo. Piracicaba, ESALQ/USP, 1985. 171 p. (Tese MS).
64. PROGRAMA NACIONAL DE IRRIGAÇÃO. Tempo de irrigar; manual do irrigante. São Paulo, 1987. 160 p.
65. PORTES, T.A. Manual de métodos de pesquisa em feijão: parâmetros fisiológicos e agronômicos empregados na pesquisa com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Goiânia, EMBRAPA/CNPAF, 1981. 22 p. (Suplemento, 1).

66. REICHARDT, K.; LIBARDI, P.L. & SANTOS, J.M. **An analysis of soil-water movement in the field. II. Water balance in a snap bean crop.** Piracicaba, CENA/ESALQ, USP, 1974. 19 p.
67. REIS, M.S.; VIEIRA, C. & BRAGA, J.M. **Efeito de fontes, doses e épocas de aplicação de adubos nitrogenados sobre a cultura de feijão.** *Revista Ceres, Viçosa*, 19(101):25-42, jan./fev. 1972.
68. RITCHIE, J.T. **Influence of soil water status and meteorological conditions on evapotranspiration from a corn canopy.** *Agronomy Journal, Madison*, 65(6):893-7, Nov./Dec. 1973.
69. ROBINS, J.S. & DOMINGO, C.E. **Moisture deficit in relation to the growth and development of dry beans.** *Agronomy Journal, Madison*, 48(2):67-70, Feb. 1956.
70. _____; MUSICK, J.T.; FINFROCK, D.C. & RHOADES, H.F. **Grain and field crops.** In: HAGAN, R.M. et al., ed. **Irrigation of agricultural lands.** Madison, American Society of Agronomy, 1967. p. 622-39.
71. SALTER, P.J. & GOODE, J.E. **Crop responses to water at different stages of growth.** Farnham Royal, CAB, 1967. 246 p. (Research review, 2).

72. SILVA, A.M. Estudo do perfil de umidade do solo, sob influência da evapotranspiração. São Carlos, E.E.S.C., 1984. 169 p. (Tese MS).
73. SILVA, H.T. Caracterização morfológica, agrônômica e fenológica de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) comumente plantadas em diversas regiões do Brasil. Brasília, EMBRAPA/CNPAP, 1981. 51 p. (Circular Técnica, 15).
74. SILVA, A.J. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação nitrogenada. Lavras, ESAL, 1988. 85 p. (Tese MS).
75. 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. 48 p. (Tese MS).
76. SILVEIRA, P.M. & STONE, L.F. Balanço de água na cultura do feijão em Latossolo Vermelho-Amerelo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 14(2):111-5, abr. 1979.
77. _____; FONSECA, J.R. & GUIMARÃES, C.M. Consumo de água pelo feijão de 3ª época irrigado por aspersão. Goiânia, EMBRAPA/CNPAP, 1981. 5 p. (EMBRAPA/CNPAP. Comunica Técnico, 9).

78. SILVEIRA, P.M.; STEINMETZ, S.; GUIMARÃES, C.M.; AIDAR, H. & CARVALHO, J.R.P. Lâminas de água e turnos de rega na cultura do feijão de inverno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 19(2):219-23, fev. 1984.
79. SMITTLE, D.A. Response of bean snap bean to irrigation, nitrogen fertilization, and plant population. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Mount, 101(1):37-40, 1976.
80. STANSELL, J.R. & SMITTLE, D.A. Effects of irrigation regimes on yield and water use of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Mount, 105(6):869-73, 1980.
81. STEINMETZ, S. Evapotranspiração máxima no cultivo de feijão de inverno. Goiânia, EMBRAPA/CNPAF, 1984. 4 p. (Pesquisa em andamento).
82. TEIXEIRA, H.A.; RAMALHO, M.A.P.; LIMA, L.A.P.; ANDRADE, M.A. & SANTA CECÍLIA, F.C. Viabilidade do cultivo de feijão no período de inverno em Lavras, MG. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. Projeto Feijão; relatório 73/75, Belo Horizonte, 1978. p. 39-40.

83. TELMAN, G.L. Volatization losses of nitrogen as ammonia from surface applied fertilizers organic amendments, and crops residues. *Advances in Agronomy*, New York, 31:189-223, 1979.
84. TOSELO, R.N. Irrigação do Feijão. *O Agrônomo*, Campinas, 15(3/4):4-5, mar./abr. 1963.
85. VIEIRA, C. *O Feijoeiro Comum: cultura, doenças e melhoramento*. Viçosa, UFV, 1967. 220 p.
86. _____. *Cultura do Feijão*. Viçosa, UFV, 1978. 148 p.
87. VIEIRA, H.J. *Parâmetros hídricos e de crescimento de duas variedades de feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) sob diferentes condições de disponibilidade de água no solo*. Piracicaba, ESALQ/USP, 1984. 153 p. (Tese MS).
88. VILELA, E.A. & RAMALHO, M.A.P. *Análise das temperaturas e precipitações pluviométricas de Lavras, Minas Gerais*. *Ciência e Prática*, Lavras, 3:(1):71-9, jan./jun. 1979.
89. YANG, S.J. & JONG, E. Effect of aerial environmental and soil water potential on the transpiration and energy status of water in wheat plants. *Agronomy Journal*, Madison, 64(5): 574-8, Sep./Oct. 1972.