

## MANEJO DA IRRIGAÇÃO PARA MAXIMIZAÇÃO DO RENDIMENTO DE GRÃOS DO FEIJOEIRO

**Sidnei Osmar Jadoski**

*Centro de Ciências Agrárias e ambientais, Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava, PR.  
CEP 85040-080. E-mail: sjadoski@unicentro.br*

**Reimar Carlesso**

**Giane Lavarda Melo**

**Marinice Rodrigues**

**Zolmir Frizzo**

*Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. CEP 97119-900. E-mail: carlesso@ccr.ufsm.br*

### 1 RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes manejos da irrigação através da aplicação de lâminas críticas determinadas a partir da evapotranspiração máxima da cultura, sobre o rendimento e componentes do rendimento de grãos do feijoeiro, bem como identificar a lâmina mais indicada para o manejo da irrigação da cultivar. O experimento foi conduzido no ano agrícola de 1999, em área do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal de Santa Maria, RS. A cultivar de feijão preto BR-FEPAGRO 44 – Guapo brilhante (Tipo II) lançamento recente da Embrapa, foi submetida a quatro manejos da água de irrigação. Os tratamentos constaram de aplicação de irrigações para elevar o conteúdo de água no solo ao limite superior de disponibilidade de água às plantas, quando a evapotranspiração máxima da cultura estimada pelo método do tanque Classe A, indicava lâminas acumuladas de 15, 30, 45 e 60 mm. Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco repetições. Os resultados demonstraram que a máxima eficiência técnica para o número de sementes por vagem, massa de mil sementes e rendimento de grãos foi obtida com a aplicação de lâminas críticas de irrigação de 26, 37 e 33 mm, respectivamente. Indicando a ocorrência de uma relação de compensação entre os componentes do rendimento massa de mil sementes e número de sementes por vagem e definindo o emprego de lâmina de irrigação de aproximadamente 30 mm como o melhor manejo para maximizar o rendimento de grãos e o índice de área foliar ativo da cultivar em estudo.

**UNITERMOS:** feijão, lâminas de irrigação, rendimento de grãos, evapotranspiração.

**JADOSKI, S. O.; CARLESSO, R.; MELO, G. L.; RODRIGUES, M.; FRIZZO, Z.  
IRRIGATION WATER MANAGEMENT TO MAXIMUM BEAN GRAIN YIELD**

### 2 ABSTRACT

The objective of this paper was to evaluate the irrigation depth effects based on maximum crop evapotranspiration (ET<sub>m</sub>), on grain yield and yield components of beans, and determine the most suitable irrigation water management for bean. The experiment was held in the Agricultural

Engineering Department of Santa Maria Federal University over 1999 growing season. The experiment was set up on a set of drainage evapotranspirometers under a removable rain shelter to protect plants against natural precipitation. The variety BR-FEPAGRO 44 (type II) was submitted to four irrigation water managements. The irrigation treatments were based on the ET<sub>m</sub> (15, 30, 45 and 60 mm, obtained from class A pan evaporation) and distributed on a completely randomized design with five replications. The results showed that the maximum technical efficiency for grains per pod, grain weight and yield were obtained through 26, 37 and 33 mm irrigation depth, respectively, which indicate the occurrence of a compensation relationship between grain weight and grains per pod.

**KEYWORDS:** Bean, evapotranspiration, irrigation depth, grain yield.

### 3 INTRODUÇÃO

O feijão é um produto agrícola de elevada expressão econômica e social. Considerado um alimento básico, constituindo-se na principal fonte de suprimento protéico das classes de menor renda da população. A produtividade média nacional, que era de 649 kg ha<sup>-1</sup> no início da década de 60 (SITUAÇÃO..., 1964), reduziu-se para 597 kg ha<sup>-1</sup> na década de 90 (ASPECTOS..., 1996), demonstrando uma estagnação da produtividade, contrastando com o grande aumento populacional do país.

A instabilidade climática afeta o feijoeiro em quase todas as regiões produtoras do Brasil, com períodos de excessos e de deficiência hídrica. Provoca grande oscilação na produção nacional de feijão, que se apresenta como uma cultura sensível à deficiência hídrica, sendo que em regiões onde ocorre distribuição irregular das precipitações pluviais o emprego de irrigação é essencial (GUIMARÃES et al., 1996).

A maioria das culturas possui períodos críticos, durante os quais o suprimento inadequado de água causa reduções na produção e alterações no desenvolvimento das plantas. Durante a fase vegetativa do desenvolvimento do feijoeiro, o déficit hídrico tem efeito indireto no rendimento de grãos, pela redução da área foliar das plantas. Se o déficit ocorrer durante a floração, provoca abortamento e queda das flores, com redução do número de vagens por planta; se ocorrer no enchimento dos grãos, prejudica a formação de sementes ou

reduz seu peso (GUIMARÃES, 1988). Para Portes (1996), no feijoeiro a principal fonte de fotoassimilados para a formação dos grãos é obtida durante o período pós-florescimento e durante o crescimento das vagens.

Para o estabelecimento de um correto manejo da irrigação, tem-se dois aspectos intrínsecos a serem considerados. O primeiro é o das condições naturais da fonte supridora de água, pelo custo elevado da captação e distribuição. Na maioria dos projetos de irrigação a disponibilidade de água tende a ser limitada, sendo, portanto, essencial a sua otimização. O segundo é baseado na resposta da cultura à lâmina de água aplicada. Para English & Raja (1996), lâminas excessivas além de onerarem o custo de produção, também são prejudiciais por reduzirem o rendimento da cultura. Por outro lado, lâminas insuficientes expõem a cultura a condições de deficiência hídrica, reduzindo seu potencial produtivo. Desta forma, o conhecimento das respostas da cultura a diferentes níveis de manejo da irrigação, permite o manejo racional do sistema, fornecendo água às plantas de forma a maximizar o seu rendimento e o melhor aproveitamento da água.

Muitos modelos utilizados para determinar a disponibilidade de água no solo às plantas necessitam de dados climáticos difíceis de serem obtidos, na maioria das vezes só disponíveis nas estações meteorológicas. Necessitam também de informações atuais sobre a cultura, de determinação trabalhosa, como altura das plantas e índice de área foliar. Por isso, estão sendo menos utilizados, em favor de métodos mais práticos, baseados em

dados climatológicos de obtenção simplificada e que apresentam interação direta com o dossel vegetativo das plantas (RITCHIE & JOHNSON, 1990). Klar (2000), salienta que a escolha do método de irrigação e o monitoramento das condições hídricas do solo são fatores intrínsecos para o adequado uso da água na agricultura irrigada.

A lâmina crítica de irrigação pode ser estabelecida experimentalmente, em função da resposta da cultura frente ao montante de água evapotranspirada do solo entre duas irrigações consecutivas. A evapotranspiração máxima da cultura pode ser utilizada como parâmetro base para o estabelecimento desta lâmina crítica.

Uma das principais vantagens do manejo da irrigação a partir da reposição da lâmina de evapotranspiração máxima acumulada da cultura é a possibilidade da determinação do momento e da quantidade de água de irrigação a ser aplicada, através do uso do Tanque Classe A. Por ser este um dispositivo simples, instalado em local acessível da propriedade, requerendo pequena qualificação do pessoal envolvido nas determinações e possibilita ainda a opção de automação das leituras através de acessórios adequados. Além disso, não são necessárias determinações de um número elevado de características do solo, algumas das quais somente efetuadas em laboratórios especializados (CARLESSO, 1998).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes manejos da irrigação através da aplicação de lâminas críticas determinadas a partir da evapotranspiração máxima da cultura, sobre o rendimento e componentes do rendimento de grãos do feijoeiro, bem como identificar a lâmina mais indicada para o manejo da irrigação da cultivar BR-FEPAGRO 44.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no ano agrícola de 1999, em área experimental do Departamento de Engenharia Rural, da Universidade Federal de Santa Maria, RS

(29°41'24"S latitude, 53°48'42"W longitude e 95 m altitude). Na região a precipitação média anual é de 1322mm a 1769mm. Durante o desenvolvimento do experimento a temperatura média diária oscilou entre 28 °C e 13 °C, com médias mensais decrescentes de 24,6 °C para 14,9 °C durante os meses de fevereiro a maio. O solo do local pertence a unidade de mapeamento São Pedro, classificado como Podzólico vermelho-amarelo (BRASIL, 1973), correspondente a Argissolo Vermelho distrófico arênico (EMBRAPA, 1999).

Utilizou-se um conjunto de lisímetros de drenagem construídos em fibra de vidro com dimensões de 1,40m x 0,95m e profundidade de 1,0m, protegidos das precipitações pluviais através de uma cobertura móvel de polietileno impermeável. A distribuição dos tratamentos foi efetuada no delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco repetições. As plantas de feijão foram submetidas a quatro manejos da água de irrigação que foram aplicadas para elevar o conteúdo de água no solo ao limite superior de disponibilidade às plantas ( $0,36 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$ ), quando a evapotranspiração máxima da cultura (ETm) indicava lâminas acumuladas de 15, 30, 45 e 60mm. Estes tratamentos foram aplicados a partir dos 17 dias após a emergência das plantas (DAE).

As irrigações foram realizadas com utilização de regadores graduados, distribuindo-se a lâmina correspondente de maneira gradual e uniforme sobre a superfície do solo. O escoamento superficial de água foi evitado pela presença de uma borda livre de 0,10m nas laterais dos lisímetros.

A cultivar de feijão preto BR-FEPAGRO 44 - Guapo Brilhante, de crescimento indeterminado (tipo II), foi cultivada na safrinha (verão/outono). A semeadura foi realizada no dia 19 de fevereiro de 1999, com espaçamento de 0,35m entre linhas e 0,114m entre plantas na linha, totalizando uma população de 250 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$ . Este arranjo de plantas foi estabelecido com base em resultados de experimento conduzido anteriormente com este objetivo. A emergência da cultura ocorreu no dia 25 de fevereiro (50% das plântulas emergidas), aos seis DAE foi realizada contagem das plantas

emergidas e posterior desbaste para ajustar a população de plantas.

A análise química do solo foi realizada pelo Laboratório de Análise de Solos do Departamento de Solos/UFSM. A adubação de cultivo foi efetuada segundo recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo - RS/SC (1995). Foram aplicados 100 kg N ha<sup>-1</sup>, 10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> e 40 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, na forma de uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente. O nitrogênio foi aplicado de forma parcelada com 1/3 na semeadura e o restante dividido em duas aplicações em cobertura, realizadas aos 25 e 40 DAE.

A estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub> = E<sub>o</sub> x K<sub>p</sub>) foi obtida com base na evaporação do Tanque Classe A (E<sub>o</sub>). A evapotranspiração máxima da cultura (ET<sub>m</sub> = ET<sub>o</sub> x K<sub>c</sub>) foi determinada utilizando-se os valores de coeficiente de cultura (K<sub>c</sub>) e de tanque apresentados por Doorenbos & Kassan (1979). Dados climáticos, como os valores de temperaturas máximas e mínimas, umidade relativa do ar, insolação, precipitação pluvial e evaporação do Tanque Classe A, ocorridos durante o período de desenvolvimento da cultura, foram coletados na estação meteorológica da UFSM, situada a aproximadamente 250m da área experimental.

A metodologia empregada para o manejo da irrigação, utilizando-se valores fixos de lâminas a serem aplicadas em cada uma das irrigações, foi baseada em uma alternativa de manejo exequível de forma prática no campo, sendo, também, compatível com a utilização do evaporímetro do tipo Tanque Classe A. É importante salientar que a ET<sub>m</sub> obtida através da forma "ET<sub>m</sub> = ET<sub>o</sub> x K<sub>c</sub>" desconsidera a ocorrência de restrições de água no solo para as plantas, contudo, de acordo com a demanda atmosférica, à medida em que ocorre depleção de água no solo a evapotranspiração real torna-se menor do que a máxima. Por outro lado, esta é uma metodologia que apresenta funcionalidade prática para o manejo da irrigação porque assegura às plantas condições de umidade do solo sempre superiores, ou, no máximo iguais à lâmina de manejo pré-estabelecida, sendo este um dos motivos da grande utilização do Tanque Classe A para

determinações da evapotranspiração e manejo da irrigação.

As avaliações de área foliar foram efetuadas em três plantas por parcela, marcadas no início do ciclo de desenvolvimento da cultura para a tomada de medidas não destrutivas no dossel vegetativo. Duas vezes por semana media-se o comprimento e a largura do trifólio central das folhas em expansão, a área foliar foi estimada através da equação  $Y = -3,309 + 1,788x$ , ( $r^2=0,987$ ), previamente ajustada para esta finalidade. Para o índice de área foliar (IAF) considerou-se somente a área foliar ativa na planta.

A colheita do experimento foi realizada no dia 31 de maio de 1999, aos 96 DAE. O rendimento de grãos foi determinado pela colheita de todas as plantas da parcela. Foram avaliados os componentes do rendimento: número de vagens por planta, número de sementes por vagem e massa de mil sementes. A massa de mil sementes foi determinada com a utilização de cinco sub-amostras de 100 sementes em cada repetição, e as médias obtidas foram extrapoladas para 1000. Os valores do rendimento de grãos e massa de mil sementes foram corrigidos para 13% de umidade. O número de vagens por planta foi obtido por contagem das vagens que apresentaram mais de uma semente e no mínimo 35mm de comprimento e o número de sementes por vagem foi quantificado pela razão entre o número de grãos e o número de vagens da planta. Estas características foram avaliadas em três plantas por parcela, selecionadas no início do experimento para esta finalidade.

Os dados foram analisados utilizando-se o programa Statistical Analysis System – SAS<sup>TM</sup>, V. 6.06. Determinou-se a análise da variância dos resultados em nível de significância de 5% e através de análise de regressão foram ajustadas as equações polinomiais significativas.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

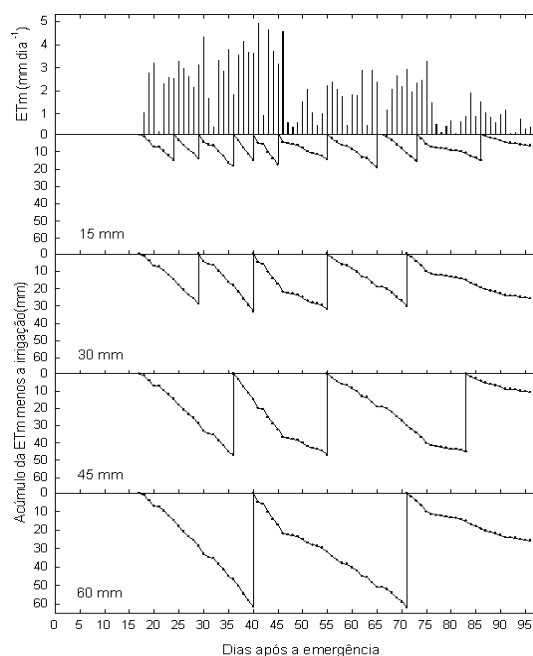
A evapotranspiração máxima acumulada da cultura no período de 17 a 96 DAE foi de

149,5mm, representando valores médios de  $1,9\text{mm dia}^{-1}$ . Nesse período foram aplicados 143, 124, 139 e 124mm, através de 9, 4, 3 e 2 irrigações para os manejos da água de irrigação com aplicação de lâminas críticas de 15, 30, 45 e 60mm, respectivamente, (Figura 1). As variações na lâmina total de água aplicada para os diferentes manejos são decorrentes da evapotranspiração máxima acumulada pela cultura, após a aplicação da última irrigação para os diferentes tratamentos.

Em anos de condições climáticas normais para a região sul do Brasil, a aplicação de uma lâmina total de irrigação de aproximadamente 150mm, certamente seria insuficiente para suprir a demanda da cultura. No entanto, no período experimental a insolação foi reduzida e a evaporação no Tanque Classe A foi aproximadamente 20% menor que a média normal para a região, devido a ocorrência de numerosos dias com céu nublado e precipitação pluvial acima da média.

A influência das condições climáticas sobre o consumo de água pelas plantas evidencia-se durante as fases de pleno florescimento e enchimento das vagens (40 a 70 DAE). Este período, quando as plantas apresentavam desenvolvimento máximo de seu dossel vegetativo, com maior índice de área foliar e, conseqüentemente, elevada superfície transpiratória, coincidiu com o período de menor demanda atmosférica durante ciclo da cultura, quando ocorreu o maior montante de precipitação pluvial e menor insolação, resultando em baixos valores de

evapotranspiração máxima da cultura da cultura (Figura 1).



**Figura 1.** Evapotranspiração máxima da cultura (ETm) diária (*barras verticais*) e balanço entre ETm acumulada e lâmina de água aplicada via irrigação.

Os resultados demonstraram que o rendimento de grãos foi afetado pela aplicação dos tratamentos de manejo da água de irrigação (Tabela 1).

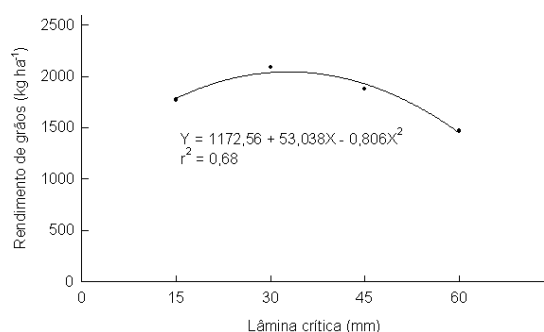
**Tabela 1.** Quadrados médios da análise da variância do número de vagens por planta, número de sementes por vagem, massa de mil sementes e rendimento de grãos do feijoeiro para os quatro tratamentos de manejo da água de irrigação.

Causas de variação	GL	Características			
		Número de vagens por planta	Número de sementes por vagem	Massa de mil sementes	Rendimento de grãos
Tratamento	3	3993,73	0,2153	1415,49	331734,5
Repetição	4	186,875	0,1737	1020,70	14933,78
Resíduo	12	893,775	0,1157	85,7644	31571,14
Trat Linear	1	980,10 ns	0,0040 ns	0,0578 ns	28960,5 ns
Trat Quadr.	1	3020,0 ns	0,5880 *	0,0258 *	228239,0 *
CV%		15,099	24,401	5,365	9,867

\* = Significativo à nível de 5% de probabilidade

Linear, quadrático = grau do polinômio ...

O ajuste de uma equação polinomial de segundo grau demonstra que a máxima eficiência técnica para o rendimento de grãos foi observada para o manejo da irrigação com utilização de lâmina crítica de aproximadamente 33mm, resultando em rendimento médio de grãos de 2045 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 2). Este rendimento representa uma produção de 34 sacas de 60 kg.ha<sup>-1</sup>, valor superior à média de produção nacional.



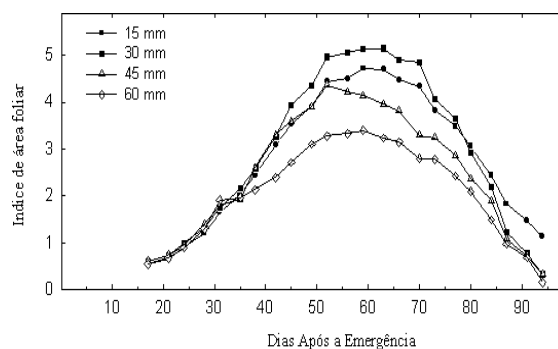
**Figura 2.** Rendimento de grãos do feijoeiro submetido a quatro manejos da irrigação.

Através da curva de rendimento de grãos em função do manejo da água de irrigação, verifica-se que a partir da lâmina ótima, para cada milímetro de redução da lâmina de irrigação associa-se uma diminuição média de 14,3 kg ha<sup>-1</sup> no rendimento de grãos. Por outro lado, para cada milímetro em que a lâmina de irrigação utilizada foi superior à lâmina ótima, ou seja, maior déficit de água no solo às plantas entre duas irrigações consecutivas, a redução média no rendimento foi de 21,96kg ha<sup>-1</sup>. Estes resultados demonstram que o efeito da deficiência hídrica sobre o rendimento de grãos, foi em média 50% superior ao ocasionado pelo excesso à umidade ótima no solo, na faixa estudada.

Os resultados obtidos estão de acordo com os observados por Stansell & Smittle (1980), que avaliaram o comportamento da cultura do feijoeiro submetido a condições de umidade variando desde a máxima disponibilidade de água no solo às plantas até a tensão da água no solo de -75 kPa, obtendo o máximo rendimento de grãos quando a tensão da água no solo era de -25 kPa. Hedge &

Srinivas (1990) também encontraram uma relação quadrática entre o rendimento de grãos do feijoeiro e o manejo da água de irrigação, sendo que o rendimento de grãos foi máximo com a aplicação de lâmina total de irrigação de aproximadamente 280mm. Weaver et al. (1984) salientam que em cultivares de feijão do tipo II o rendimento de grãos é mais afetado pela disponibilidade de água às plantas do que em cultivares do tipo I.

Efetuada-se um estudo mais detalhado do comportamento das plantas frente aos tratamentos, observa-se que a reposição da evapotranspiração com aplicação de irrigações baseadas em lâmina crítica de aproximadamente 30 mm ocasionou maior índice de área foliar (Figura 3) e maior rendimento de grãos (Figura 2). Diversos autores salientam relação altamente positiva entre IAF e rendimento de grãos (ACOSTA-GALLEGOS & SHIBATA, 1989; STONE & PEREIRA, 1994; PIMENTEL & PEREZ, 2000). Os primeiros autores sugerem que um elevado desenvolvimento do dossel vegetativo das plantas é condição intrínseca a ser considerada, quando se busca atingir elevado rendimento de grãos da cultura do feijoeiro.

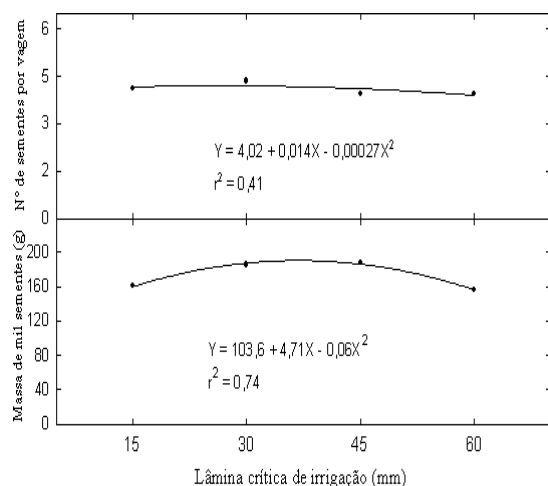


**Figura 3.** Comportamento do índice de área foliar ativo do feijoeiro submetido às lâminas críticas de irrigação de 15, 30, 45 e 60 mm.

Os resultados indicam que o manejo da água de irrigação ocasionou alterações estatísticas significativas nos componentes do rendimento de grãos. Com exceção do número de vagens produzidas pelas plantas, que não

diferiu entre os tratamentos, sendo observado valores médios de 8,8 vagens por planta (Tabela 1). Conforme Acosta-Gallegos & Adams (1991), este componente do rendimento é determinado na fase inicial do florescimento das plantas, sendo sensível à ocorrência de déficit hídrico neste período. Através de uma análise da Figura 1, observa-se que as plantas submetidas aos quatro manejos da água de irrigação foram irrigadas no período compreendido entre 36 e 40 DAE, dispondo, portanto, de bom suprimento de água no solo na fase inicial do período de florescimento da cultura. Por outro lado, as diferenças no rendimento demonstram que o manejo da irrigação ocasionou alterações no enchimento das vagens formadas.

Os valores de número de sementes por vagem e massa de mil sementes ajustaram-se a uma equação polinomial de segundo grau, estabelecida em função da variação dessas características em relação às lâminas de irrigação aplicadas (Tabela 2). O número de sementes por vagem apresentou a máxima eficiência técnica com aplicação de lâmina crítica de irrigação de 26mm. Esta lâmina foi menor do que a observada para a maximização da massa de mil sementes, que apresentou os maiores valores com lâmina crítica de irrigação de 37mm, (Figura 4).



**Figura 4.** Número de sementes por vagem e massa de mil sementes do feijoeiro submetido a quatro manejos da água de irrigação.

A obtenção de maior rendimento de grãos com a utilização de uma lâmina crítica de irrigação de 33mm, demonstra que nesta amplitude de variação das lâminas de irrigação, os decréscimos no rendimento decorrentes da redução do número de grãos por vagem, foram em parte, compensados pelo aumento de massa das sementes. O efeito de compensação entre os componentes primários do rendimento em cultivares de feijão do tipo II foi também observado por Fronza (1994). Hostalácio & Valio (1984) e Moreira et al. (1996) salientam resultados de pesquisas com a aplicação de diferentes manejos da irrigação, e concluem que o déficit hídrico afeta de forma diferenciada os componentes do rendimento do feijoeiro, ocasionando redução no rendimento de grãos da cultura. De acordo com Pimentel & Herbert (1999) em condições de deficiência hídrica a taxa fotossintética das plantas é amplamente comprometida, o que, geralmente, se reflete em reduções no rendimento de grãos.

Quanto às condições de disponibilidade hídrica às plantas no período reprodutivo, verifica-se através da Figura 1 que as plantas submetidas aos tratamentos com lâminas críticas de irrigação de 15 e 30mm, tiveram uma menor amplitude do turno de rega, recebendo um maior número de irrigações durante o referido período, quando comparado aos demais tratamentos. A redução da disponibilidade de água no solo, além da faixa de depleção de 30 a 35 mm, diminuiu a expansão do índice de área foliar, com efeitos diretos sobre o crescimento dos grãos, e, de forma menos pronunciada sobre o número de grãos formados. Este comportamento é aceitável, pois no ciclo reprodutivo, primeiramente é definido o número de grãos, sendo que o crescimento destes, dependerá da disponibilidade de carboidratos formados pela planta, os quais, por sua vez, têm dependência direta da taxa fotossintética e área foliar ativa no dossel.

A redução no rendimento de grãos do feijoeiro, pela ocorrência de deficiência hídrica durante o período reprodutivo, é ocasionada pela alta percentagem de abscisão das flores e abortamento de óvulos, reduzindo o número de sementes por vagem, componente do rendimento de grande sensibilidade à

deficiência hídrica (Parjol, citado por MOREIRA et al., 1996). De forma similar, Hostalacio & Valio (1984), também verificaram maiores efeitos da deficiência hídrica sobre o número de sementes por vagem em relação aos demais componentes do rendimento de grãos do feijoeiro. Contudo, Acosta-Gallegos & Shibata (1989) e Guimarães et al. (1996) observaram que a massa das sementes de feijão foi mais afetada quando a deficiência hídrica ocorreu durante a formação e enchimento das vagens da cultura, em comparação à ocorrência de deficiência hídrica nos estádios iniciais do período reprodutivo.

Os resultados da análise do comportamento produtivo da cultivar de feijoeiro BR-FEPAGRO 44, em relação à aplicação das lâminas críticas de irrigação de 15, 30, 45 e 60mm, demonstram que o manejo da água de irrigação com a utilização de uma lâmina crítica de aproximadamente 30 a 35 mm ocasionou os maiores valores de rendimento de grãos, ocorrendo uma relação de compensação entre os componentes do rendimento massa de mil sementes e número de sementes por vagem.

## 6 CONCLUSÕES

Para a cultivar de feijoeiro BR-FEPAGRO 44, o máximo rendimento de grãos é alcançado manejando a irrigação com aplicação de lâmina crítica de 30 a 35 mm.

A partir da lâmina crítica de 30 a 35 mm, o aumento da depleção da água no solo entre irrigações consecutivas ocasiona maiores perdas de produtividade de grãos, em relação ao manejo efetuado a partir de lâminas críticas inferiores.

A máxima eficiência técnica do manejo da água de irrigação para o máximo rendimento de grãos indica uma relação de compensação entre os componentes do rendimento massa de mil sementes e número de sementes por vagem.

Os resultados evidenciam a ocorrência de relação positiva entre o rendimento de grãos e o índice de área foliar na cultura do feijoeiro.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA-GALLEGOS, J. A.; ADAMS, M. W. Plant traits and yield stability of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars under drought stress. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 117, n. 1, p. 213-219, 1991.
- ACOSTA-GALLEGOS, J. A.; SHIBATA, K. J. Effect of water stress on growth and yield of indeterminate dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 20, n. 1, p. 81-93, 1989.
- ASPECTOS da atividade agropecuária e extração vegetal. **Anuário Estatístico do Brasil**, Brasília, p. 3-83, 1996.
- BRASIL. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, PE: Departamento de Pesquisa Agropecuária, Divisão de Pesquisa Pedológica, Ministério da Agricultura, 1973. 413 p. (Boletim técnico, 30).
- CARLESSO, R. Disponibilidade de água às plantas em solos arenosos. In: FRIES, M. R. **Plantio direto em solos arenosos: alternativa de manejo para a sustentabilidade agropecuária**. Santa Maria: Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria, 1998. p. 21-51.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLOS/SC. **Recomendações da adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3.ed. Passo Fundo: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul/ Centro Nacional de Pesquisa do Trigo, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1995. 223 p.
- DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. **Efectos del agua en rendimiento de los cultivos**. Roma: FAO, 1979. 212 p. (Riego y drenaje, 33).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Serviço de Produção de Informação/Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999. 412 p.
- ENGLISH, M.; RAJA, S. N. Perspectives on deficit irrigation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 32, n. 1, p. 1-14, 1996.



- FRONZA, V. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) de porte ereto a espaçamentos entre linhas e níveis de adubação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 41, n. 235, p. 317-326, 1994.
- GUIMARÃES, C. M. **Efeitos fisiológicos do estresse hídrico**. In: ZIMMERMANN, M. J. de O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1988. p. 157-174.
- GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; BRUNINI, O. Adaptação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca II. Produtividade e componentes agrônômicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 7, p. 481-488, 1996.
- HEGDE, D. M.; SRINIVAS, K. Plant water relations and nutrient uptake in French bean. **Irrigation Science**, Berlin, v. 11, n. 1, p. 51-56, 1990.
- HOSTALÁCIO, S.; VÁLIO, I. F. M. Desenvolvimento de plantas de feijão cv. Goiano precoce, em diferentes regimes de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 211-218, 1984.
- KLAR, A. E. Critérios para escolha do método de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 5, n. 1, p. 52-82, 2000.
- MOREIRA, J. A. A.; SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Irrigação. In: ARAÚJO, R. S. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFÓS, 1996. p. 465-521.
- PIMENTEL, C.; PEREZ, A. J. C. Estabelecimento de parâmetros para avaliação de tolerância à seca em genótipos de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 46-58, 2000.
- PIMENTEL, C.; HERBERT, G. Potencial fotossintético e condutância estomática em espécies de feijão caupi sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v. 11, n. 1, p. 7-11, 1999.
- PORTES, T. A. Ecofisiologia. In: ARAÚJO, R. S. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p. 101-137.
- RITCHIE, J. T.; JOHNSON, B. S. **Soil and plant factors affecting evaporation**. Madison: American Society of Agronomy, 1990. p. 363-390.
- SITUAÇÃO econômica. **Anuário Estatístico do Brasil**, Brasília, p. 53-268. 1964.
- STANSELL, J. R.; SMITTLE, D. A. Effects of irrigation regimes on yield and water use of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal American Society Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 105, n. 6, p. 869-873, 1980.
- STONE, L. F.; PEREIRA, A. L. Sucessão arroz-feijão irrigados por aspersão. Efeitos de espaçamento entre linhas, adubação e cultivar no crescimento, desenvolvimento radicular e consumo d'água do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 6, p. 939-954, 1994.
- WEAVER, M. L. et al. Effect of soil moisture tension on pod retention and seed yield of beans. **Horticulture Science**, Alexandria, v. 19, p. 567-569, 1984.