

EFEITO DA LÂMINA DE IRRIGAÇÃO NA SENESCÊNCIA FOLIAR DO FEIJOEIRO

Reimar Carlesso¹; Sidnei Osmar Jadoski²; Marcio Furlan Maggi²; Mirta Petry³; Dolores Wolshick³

¹*Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, carlesso@ccr.ufsm.br*

²*Departamento de Agronomia, Universidade Estadual do Centro Oeste-UNICENTRO, Guarapuava, PR*

³*Departamento de Agronomia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR*

1 RESUMO

Com este trabalho, objetivou-se avaliar as variações na morfologia das plantas de feijoeiro frente a diferentes lâminas de irrigação. O experimento foi conduzido no Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal de Santa Maria, RS. A cultivar de feijão preto BR-FEPAGRO 44 – Guapo brilhante (tipo II) foi submetida a quatro regimes hídricos visando elevar o conteúdo de água no solo ao limite superior de disponibilidade às plantas, quando a evapotranspiração máxima da cultura indicava lâminas acumuladas de 15, 30, 45 ou 60 mm. Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco repetições. Com os resultados verificou-se que a partir da fase de pleno florescimento, os maiores valores de índice de área foliar e altura das plantas foram alcançados através do uso de irrigações mais frequentes com menores lâminas. Observou-se efeito significativo da irrigação sobre a altura das vagens inferiores em relação à superfície do solo, porém, não sobre o número de nós e comprimento dos entrenós na haste principal das plantas. A irrigação com aplicação de lâmina crítica de 45 mm determinada a partir da evapotranspiração máxima acumulada da cultura, limitou severamente a expansão do dossel vegetativo das plantas.

UNITERMOS: feijão, lâmina de irrigação, deficiência hídrica, senescência foliar

**CARLESSO, R.; JADOSKI, S. O.; MAGGI, M. F.; PETRY, M.; WOLSHICK, D.
BEAN LEAF SENESCENCE UNDER DIFFERENT IRRIGATION WATER DEPTH**

2 ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the application effects of different irrigation depths based on the maximum crop evapotranspiration (ET_m), on morphological modifications of bean plants. The senescence experiment was conducted in the Agricultural Engineering Department of Federal University of Santa Maria. The variety BR-FEPAGRO 44 (type II) was submitted to four irrigation water managements. The irrigation treatments were based on the ET_m (15, 30, 45 and 60 mm, obtained from the class A pan evaporation) and distributed in a completely randomized design, with five replications. The results demonstrated that leaf area index and plant height increased with the reduction of irrigation application depth after plant anthesis. The irrigation water depth affected the tip height of the first pod, however, the number of nodes per stem and internodes length was not affected. The

irrigation water management with the application of irrigation depth of 45 mm decreased severely the vegetative growth of plants.

KEYWORDS: bean, irrigation depth, drought stress, leaf senescence

3 INTRODUÇÃO

O feijoeiro é uma das culturas mais exploradas na agricultura brasileira. De acordo com Oliveira & Silva (1990) a irrigação pode ser utilizada para ajustar o índice de área foliar e reduzir a senescência das plantas possibilitando um desenvolvimento equilibrado do dossel vegetativo. Para Aziz & Lahrer (1995) o ajustamento osmótico em função da água disponível está altamente associado com a morfologia externa dos vegetais.

A cultura do feijão concentra elevada porcentagem do sistema radicular na camada superficial do solo, refletindo-se em alta sensibilidade ao déficit hídrico. Em função disso, um adequado desenvolvimento das plantas está associado a distribuição regular das chuvas ou ao eficiente uso da água de irrigação.

A área foliar é um excelente indicador da capacidade fotossintética da planta e sua determinação é importante para estudos da relação solo-água-planta. Pereira & Villa Nova (2002) concluem que as alterações no conteúdo de água na folha podem ser um bom indicativo da adequação da disponibilidade de água no solo às plantas.

O crescimento vegetal depende da taxa fotossintética por unidade de área de folha, área total disponível para a fotossíntese e duração da área foliar, fatores amplamente afetados pelo aumento da senescência da superfície foliar. A redução na disponibilidade de água no solo para as plantas acelera a senescência das folhas, para reduzir o consumo de água (Davies & Zang, 1991).

Em estudo utilizando cultivar de feijão do tipo II, Bergamaschi et al. (1987) não observaram diferenças na duração do ciclo de desenvolvimento da cultura, quando o déficit hídrico ocorreu a partir da fase final do enchimento das vagens; entretanto, a maturação foi acelerada quando o déficit se desenvolveu após o início da emissão das vagens e retardada quando ocorreu durante a formação dos botões florais e floração; além disso, o déficit hídrico causou abscisão de folhas e órgãos reprodutivos, menor exposição foliar devido aos movimentos de paraheliotropismo e mudança de coloração dos folíolos.

O período mais crítico do feijoeiro à deficiência hídrica coincide com a fase de maior consumo de água pela planta. Calvache et al. (1997) observaram maior demanda de água pelo feijoeiro no subperíodo do início do florescimento ao início de enchimento de grãos, épocas de maior índice de área foliar e atividade fotossintética das plantas. Massignam et al. (1998) consideram que a suscetibilidade mais crítica do feijoeiro à deficiência hídrica ocorre no tempo de seis dias antes até seis dias após a floração.

Para maior avanço da agricultura irrigada, além do conhecimento das necessidades hídricas das culturas é necessário, também, se dispor de técnicas simplificadas de manejo dos sistemas de irrigação. Analisando os resultados de experimentos envolvendo as culturas do feijão, milho e sorgo, Carlesso (1998) salienta que o estabelecimento de lâminas críticas permite praticidade na realização do manejo do sistema de irrigação, pela determinação do momento e quantidade de água a se aplicar às plantas, através do controle da lâmina de água evapotranspirada do solo, que pode ser estimada com facilidade a partir da evaporação do Tanque Classe A.

O objetivo deste experimento foi avaliar as alterações na morfologia das plantas de feijoeiro devidas a variações no manejo da água de irrigação com aplicação de diferentes lâminas, determinadas a partir da evapotranspiração máxima da cultura.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido 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). 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 dos lisímetros pertence à unidade de mapeamento São Pedro, classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo, correspondente a Argissolo Vermelho distrófico arênico (Embrapa, 1999).

Para o cultivo foi utilizado um conjunto de lisímetros de drenagem construídos em fibra de vidro com dimensões de 1,40 m x 0,95 m e profundidade de 1,0 m, protegidos das precipitações pluviais por uma cobertura móvel de polietileno. As plantas de feijão foram submetidas a quatro lâminas de irrigação, aplicadas para elevar o conteúdo de água no solo ao limite superior de disponibilidade às plantas, quando a evapotranspiração máxima da cultura (E_{tm}) indicava lâmina acumulada de 15, 30, 45 ou 60 mm (lâmina crítica). Empregou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco repetições, sendo os tratamentos aplicados a partir dos 17 dias após a emergência das plantas (DAE).

As irrigações foram aplicadas com a utilização de regadores graduados, distribuindo-se a lâmina correspondente de maneira uniforme sobre a superfície do solo.

A cultivar de feijão preto BR-FEPAGRO 44 - Guapo Brillhante, de crescimento indeterminado (tipo II) foi cultivada na safrinha para os Estados da região Sul do país, com semeadura realizada no dia 19 de fevereiro. Efetuou-se espaçamento de 35 cm entre linhas e 11,4 cm entre plantas na linha, totalizando uma população de 250 mil plantas ha⁻¹, este espaçamento foi utilizado com base em resultados de experimentos anteriores na mesma área. A emergência das plântulas ocorreu sete dias após a semeadura (50% das plântulas emergidas) e aos seis dias após a emergência foi realizado ajuste para corrigir a população para 250 mil plantas ha⁻¹.

Para aplicação de adubação seguiram-se recomendações para a cultura do feijoeiro, da Comissão de Fertilidade do solo - RS/SC (1995). Aplicou-se 100 kg N ha⁻¹, 10 kg P₂O₅ ha⁻¹ e 40 kg K₂O ha⁻¹. Os adubos fosfatados e potássicos foram aplicados na linha de semeadura como adubação de base e o nitrogênio aplicado 1/3 na semeadura e o restante dividido em duas aplicações, realizadas aos 25 e 40 dias após a emergência das plantas.

Utilizou-se a evaporação do Tanque Classe A (E_o) como base para estimar a evapotranspiração de referência (E_{To} = E_o x K_p). Para estimar a evapotranspiração máxima da cultura (E_{Tm} = E_{To} x K_c) foram empregados os valores de coeficiente de cultura (K_c) propostos por Doorenbos & Kassan (1979).

Aos 12 DAE foram selecionadas três plantas de cada parcela para as determinações não destrutivas de área foliar, altura de plantas, número de nós na haste principal e senescência das folhas, realizadas duas vezes por semana durante o ciclo de desenvolvimento da cultura. A área foliar das plantas foi determinada a partir da equação linear $Y = -3,3097 + 1,7883 X$, ($r^2 = 0,987$), desenvolvida a partir da análise de regressão entre dados da multiplicação do comprimento pela máxima largura do folíolo central do trifólio (variável independente) e a área foliar real do trifólio (variável dependente). Para definir o índice de

área foliar empregou-se a razão entre a área fotossinteticamente ativa das folhas na planta (área foliar total desprezando-se a área dos trifólios senescidos) e a área superficial de solo ocupado pela planta.

A altura das plantas foi estabelecida pela distância vertical entre a superfície do solo até a inserção do trifólio do último nó vegetativo visível na planta. Obteve-se o número de nós através da contagem desde o nó cotiledonar até o último nó vegetativo da haste principal e o comprimento dos entrenós pela razão entre o número de nós e a altura da planta. Para a altura das vagens mediu-se, na colheita (96 DAE), a distância vertical entre a superfície do solo e a extremidade livre (oposta ao ponto de inserção do pedúnculo) da primeira vagem da planta, em dez plantas por parcela.

A análise estatística foi realizada utilizando-se o programa Statistical Analysis System – SAS. Determinou-se a análise da variância e regressão, em nível de significância de 5%.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A evapotranspiração máxima acumulada da cultura no período de 17 a 96 DAE foi de 149,5 mm, representando valores médios de aproximadamente 1,9 mm dia⁻¹, a distribuição da evapotranspiração ao longo do tempo é apresentada na Figura 1. Durante este período, o total de água aplicado foi de 143, 124, 139 e 124 mm, como conseqüência da necessidade de realização de 9, 4, 3 e 2 irrigações para os tratamentos com aplicação de lâminas de 15, 30, 45 e 60 mm, respectivamente. As diferenças na lâmina total de água aplicada aos tratamentos são decorrentes da evapotranspiração ocorrida entre a data da última irrigação nos diferentes níveis de manejo e a colheita do experimento.

Em anos de condições climáticas normais para a região sul do Brasil, a aplicação de uma lâmina total de irrigação, de aproximadamente 150 mm, certamente seria insuficiente para suprir a demanda da cultura, mas o período de condução do experimento coincidiu com a ocorrência de elevado montante de chuvas, sendo que na somatória dos meses de março, abril e maio, a precipitação pluvial atingiu montantes superiores a 600 mm, enquanto normalmente este valor seria de aproximadamente 200 mm. No experimento os lisímetros eram protegidos das precipitações pluviais, contudo, tais condições climáticas afetaram a demanda evaporativa da atmosfera, restringindo as perdas de água do solo.

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, em que as plantas estavam com elevado índice de área foliar e superfície transpiratória máxima, coincidiu com condições de baixa demanda atmosférica, com elevado montante de precipitação pluvial e reduzida insolação, resultando em baixos valores de evapotranspiração máxima da cultura (Figura 1).

Durante o período da emergência a 34 DAE (crescimento vegetativo), 34 a 40 DAE (pré-floração) e 40 a 45 DAE (início da fase de florescimento) não houve diferenças significativas para o índice de área foliar (IAF), porém, para o período compreendido entre 45 a 70 DAE (plena floração ao enchimento das vagens) as variações do IAF nas diferentes lâminas de irrigação podem ser representadas através do ajuste de equações polinomiais de segundo grau (Tabela 2).

Segundo as equações de regressão ajustadas para o período de 45 a 56 DAE (plena floração ao final do florescimento), a máxima eficiência técnica para o IAF foi alcançada com aplicação de uma lâmina crítica de irrigação média de 29 mm, porém, considerando-se um período mais amplo, entre 42 e 70 DAE, o qual engloba as fases de plena floração e

enchimento das vagens, este ponto de máxima eficiência é alcançado através de irrigações mais frequentes, com a aplicação de lâminas progressivamente menores; isto evidencia haverem diferentes necessidades hídricas durante as várias fases do ciclo de desenvolvimento da cultura.

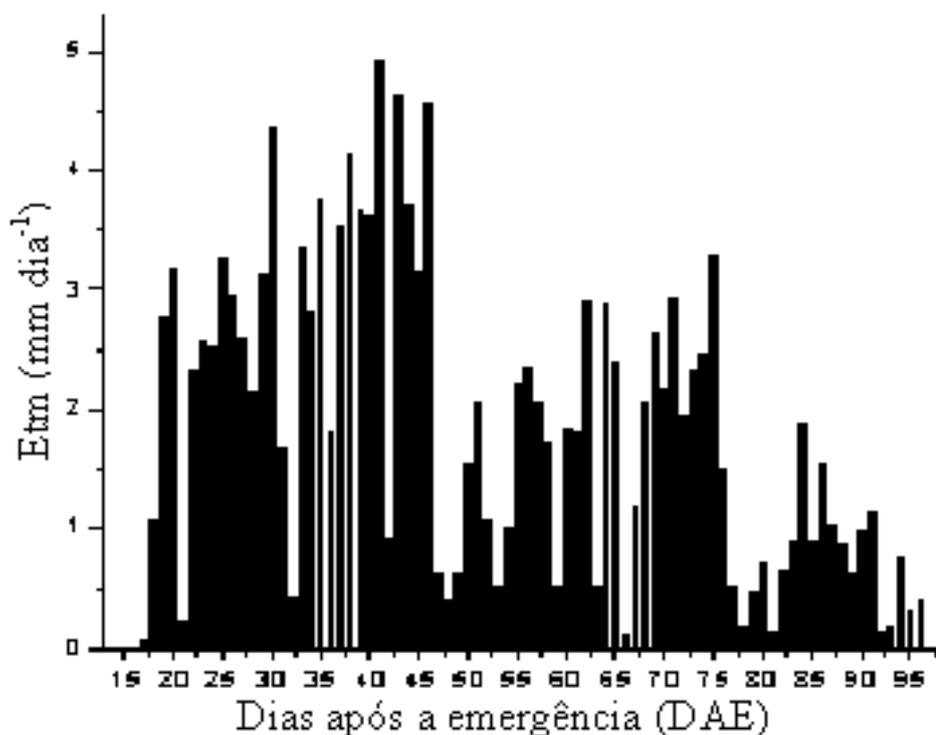


Figura 1. Evapotranspiração máxima da cultura (ETm) diária, ocorrida durante o período experimental

O manejo da irrigação com aplicação de lâmina crítica de 15 mm ocasionou maior duração da área foliar fotossinteticamente ativa. Esta característica foi evidenciada a partir dos 87 DAE, quando o IAF decresceu com o aumento das lâminas de irrigação. Próximo à colheita, aos 94 DAE, foram observados valores de IAF de 0,95 e 0,04 para plantas submetidas aos tratamentos de lâminas críticas de irrigação de 15 e 60mm, respectivamente.

Na fase de prefloração, aos 35 DAE, verificou-se acentuada redução na taxa de crescimento do IAF das plantas que receberam irrigações mais espaçadas (lâminas de 45 e 60 mm) (Figura 2). Observa-se também que as plantas manejadas com lâmina crítica de 45mm atingem valores máximos para este parâmetro aos 52 DAE, com antecipação de sete dias em relação à lâmina de 60 mm (59 DAE) e de onze dias em relação às lâminas de 15 e 30 mm (63 DAE). Estes resultados evidenciam que, para esta cultivar de feijoeiro, a ocorrência de um déficit hídrico de 45 mm ocasiona redução no crescimento das plantas.

Quando o déficit ocorreu na fase de prefloração, a reaplicação de água via irrigação promoveu um rápido restabelecimento da taxa de expansão foliar das plantas irrigadas com lâmina crítica de 45mm (Figura 2 “situação A”); entretanto, quando o déficit foi superior a este valor, observa-se que, embora a resposta das plantas à irrigação tenha sido positiva, a taxa de expansão foliar não foi plenamente recuperada (Figura 2 “situação B”).

Desta forma, o IAF das plantas submetidas a este nível de irrigação, teve valores inferiores aos observados nas plantas irrigadas com lâminas de 15, 30 e 45 mm. Quando o déficit

hídrico ocorreu na fase de formação das vagens (56 DAE), a reaplicação da água via irrigação não ocasionou incremento da taxa de expansão foliar das plantas (Figura 2 “situação C”).

Tabela 1. Estatística dos resultados de IAF e altura da extremidade livre da primeira vagem (APV) para os quatro tratamentos de lâminas de irrigação.

Índice de área foliar (IAF)						
DAE	Quadrado médio			Resíduo o	CV%	Equação ajustada
	tratamento	Linear	Quadrático			
45	1,298	0,03 ns	0,767 *	0,321	14,6	$Y=3,088+0,076X-0,0013X^2$ $r^2=0,74$
49	1,351	0,02 ns	0,859 *	0,179	13,5	$Y=3,57+0,09X-0,0016X^2$ $r^2=0,86$
52	2,512	0,01 ns	1,067 *	0,564	15,7	$Y=4,01+0,029X-0,0014X^2$ $r^2=0,82$
56	2,578	0,20 ns	1,567 *	0,548	16,4	$Y=4,30+0,058X-0,0013X^2$ $r^2=0,69$
59	3,261	1,16 *	1,485 *	0,631	16,1	$Y=4,11+0,06X-0,0013X^2$ $r^2=0,73$
63	3,050	1,25 *	2,362 *	0,690	17,7	$Y=4,07+0,05X-0,0011X^2$ $r^2=0,79$
66	2,587	1,08 ns	1,869 *	0,979	18,3	$Y=4,11+0,04X-0,011X^2$ $r^2=0,84$
70	4,365	2,72 *	3,506 *	0,966	19,1	$Y=2,83+0,014X-0,0005X^2$ $r^2=0,73$
87	0,731	1,37 *	0,182 ns	0,206	35,7	$Y=1,95 - 0,02X$ $r^2=0,88$
91	0,707	1,42 *	0,354 ns	0,112	36,8	$Y=1,52 - 0,016X$ $r^2=0,84$
94	0,970	1,64 *	0,534 ns	0,061	41,4	$Y=1,225 - 0,02X$ $r^2=0,71$
Altura da primeira vagem (APV)						
DAE	Quadrado médio			Resíduo o	CV%	Equação ajustada
	tratamento	Linear	Quadrático			
96	3,169	1,93 ns	6,912 *	1,425	21,8	$Y=7,145+0,098X-0,0017X^2$ $r^2=0,79$

* Significativo ($p < 0,05$)

Segundo Gardner (1979), na medida em que avança o desenvolvimento da planta, aumenta também a proporção de folhas desenvolvidas em relação às folhas em crescimento. A rápida retomada do crescimento das folhas das plantas na pré-floração (irrigação com aplicação de lâmina de 45 mm) deve ter sido facilitada pelo fato ser relativamente maior a quantidade de folhas jovens em crescimento no dossel, em comparação à existente na fase de enchimento das vagens.

Além disso, antes do período reprodutivo os fotoassimilados são, em grande parte, canalizados para o crescimento vegetativo, sendo que no período reprodutivo surgem novos “drenos”, representados pelos órgãos de reprodução cujo desenvolvimento é prioritário

(Guilfford & Evans, 1981). Próximo à maturação das plantas a senescência das folhas mais velhas e sombreadas do dossel ocorre naturalmente. No entanto, em condições de déficit hídrico este processo é acelerado para reduzir o consumo de água (Davies & Zang, 1991). Esses resultados estão de acordo com as conclusões de Pimentel e Perez (2000), que afirmam ser o IAF um dos melhores indicadores de deficiência hídrica em feijoeiro.

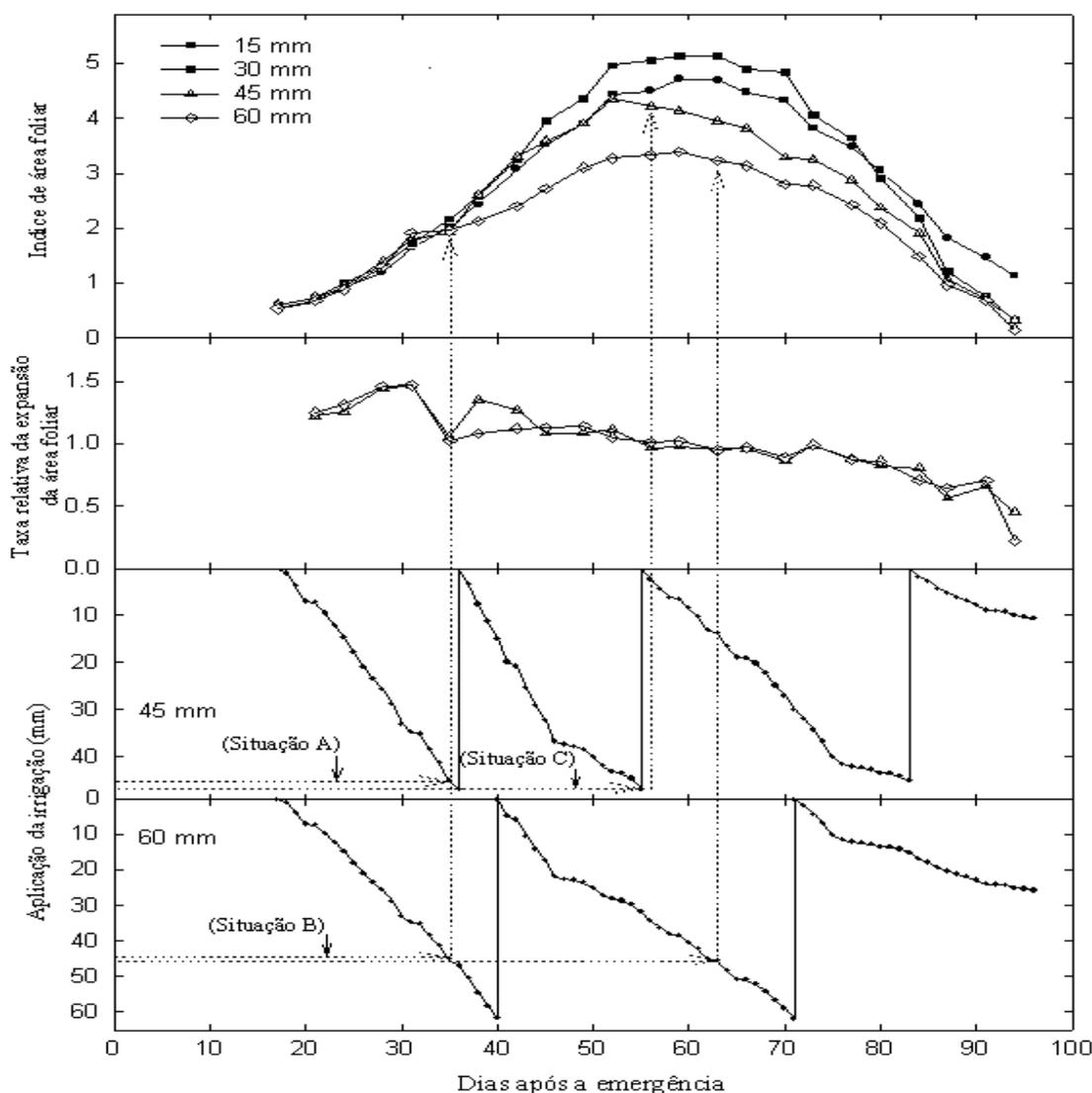


Figura 2. Variações do Índice de Área Foliar e comportamento da taxa de expansão foliar do feijoeiro submetido às lâminas de irrigação de 45 e 60 mm.

O IAF é um índice considerado como base para avaliação do sistema de acumulação de carboidratos da comunidade vegetal; de acordo com o comportamento verificado para o desenvolvimento do dossel vegetativo em função das lâminas de irrigação aplicadas, se pode inferir que o potencial produtivo da cultura deve também ter sido comprometido. Neste sentido, Nóbrega et al (2001) salientam resultados de pesquisa através dos quais se pode concluir que, na maioria dos casos, a redução da evapotranspiração é mais limitante à produtividade que a fotossíntese líquida.

As quatro lâminas de irrigação não ocasionaram alterações significativas na altura das plantas do feijoeiro durante as fases de crescimento vegetativo e préfloração da cultura; no entanto, a partir dos 42 DAE o comportamento deste parâmetro frente às lâminas críticas de irrigação aplicadas pode ser mais bem explicado pelo ajuste de equação quadrática (Tabela 3). Através da Figura 3, observa-se redução na taxa de crescimento em altura das plantas submetidas à aplicação de lâmina de 60 mm.

Tabela 2. Estatística dos resultados de altura das plantas do feijoeiro para os quatro tratamentos de manejo da irrigação.

DAE	Altura das plantas				CV%	Equação ajustada
	tratamento	Quadrado médio		Resíduo		
		Linear	Quadrático			
42	139,3	10,01 ns	61,06 *	11,71	11,3	$Y=23,68+0,07X-0,01X^2$
45	54,41	5,625 ns	53,60 *	91,35	11,6	$Y=27,41+0,07X-0,01X^2$
49	67,09	1,600 ns	43,20 *	13,23	12,2	$Y=31,51+0,69X-0,01X^2$
52	96,34	0,576 ns	73,00 *	18,50	11,4	$Y=33,97+0,79X-0,012X^2$
56	129,3	16,12 ns	30,60 *	16,45	12,1	$Y=42,68+0,53X-0,01X^2$
59	169,2	21,90 ns	105,2 *	25,71	15,1	$Y=46,49+0,70X-0,009X^2$
63	177,1	19,01 *	111,7 *	27,26	16,2	$Y=48,06+0,69X-0,013X^2$
66	220,0	39,20 *	138,2 *	18,19	14,9	$Y=46,84+0,82X-0,014X^2$
70	215,2	18,22 ns	101,2 *	33,23	15,5	$Y=48,33+0,8X-0,014X^2$
73	247,1	28,56 ns	108,6 *	26,88	16,5	$Y=49,47+0,79X-0,015X^2$

* Significativo ($p < 0,05$)

A altura das plantas decresceu durante o ciclo da cultura (Figura 4) em relação às lâminas de irrigação, variando de 34 mm no florescimento (42 DAE) para 27 mm quando as plantas estavam com a altura máxima (73 DAE). Neste sentido, Giralt (1979) verificou que a lâmina utilizada para a irrigação afeta o crescimento em altura e a área foliar do feijoeiro, de acordo com o autor estas características que podem ser prejudicadas tanto por irrigações muito frequentes com pequenas lâminas, como por irrigações excessivamente espaçadas com maiores lâminas de irrigação. Resultados similares são citados por Moreira et al. (1996).

A deficiência hídrica reduz a multiplicação e a expansão das células, resultando em menor crescimento do dossel vegetativo das plantas. Em geral, o crescimento das plantas é afetado pela disponibilidade de água no solo, pois a extensibilidade plástica e elástica dos tecidos decresce quando estes são expostos a condições limitadas de disponibilidade hídrica, reduzindo a expansão do dossel vegetativo (Neumann, 1995).

Através dos resultados se pode verificar que a altura das plantas foi menos sensível ao déficit hídrico que o IAF. Reduções mais acentuadas no IAF foram observadas para os tratamentos com aplicação de lâmina de 45 mm, enquanto as maiores modificações na altura das plantas ocorreram com utilização de lâmina de 60 mm. Através da Figura 4 verifica-se que para o crescimento em altura, as lâminas críticas podem ser maiores, isto é, o turno de rega pode ser maior em comparação com a lâmina de irrigação necessária para a máxima expansão do dossel vegetativo. Nielsen & Nelson (1998) observaram ser o IAF do feijoeiro mais afetado pelo déficit hídrico que a altura das plantas; entretanto, os autores salientam que, se o déficit ocorre no período de crescimento vegetativo, o IAF responde mais prontamente à reposição da água no solo que a altura das plantas.

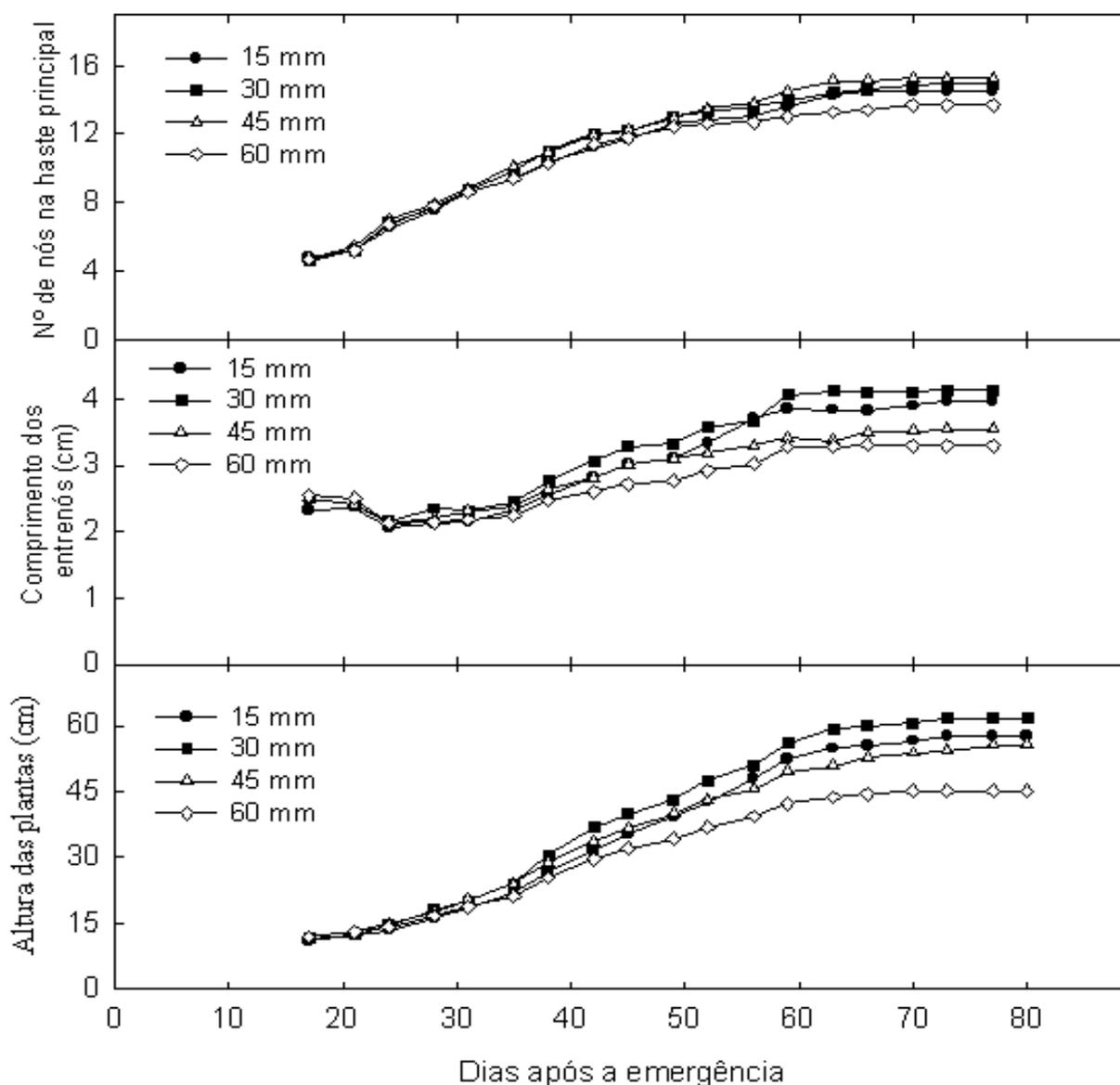


Figura 3. Características dos nós, entrenós e altura das plantas do feijoeiro submetido a quatro lâminas de irrigação.

Conforme os dados estatísticos apresentados na Tabela 2, verifica-se que o manejo da água de irrigação afetou a altura das vagens inferiores das plantas. Pelo ajuste de uma equação polinomial de segundo grau constata-se que o ponto de máxima eficiência técnica foi alcançado com a aplicação de lâmina crítica de irrigação de 29 mm, sendo de 8,6cm a distância média entre a extremidade das vagens inferiores das plantas e a superfície do solo. Com essa mesma lâmina de irrigação foram também observados os maiores valores de altura das plantas, indicando associação positiva entre o crescimento vertical e a altura de inserção das vagens.

Os efeitos da irrigação sobre o feijoeiro podem ser mais bem entendidos com a avaliação do rendimento de grãos. Com o ajuste de uma equação polinomial de segundo grau, correlacionando o rendimento de grãos (Y) com os tratamentos de irrigação (X), verifica-se

que a equação $Y=1172,5+53,1X-0,81X^2$ com $r^2=0,91$ foi significativa, onde a máxima eficiência técnica foi observada para o manejo da irrigação com lâmina de aproximadamente 33 mm, resultando em rendimento médio de grãos de 2045 kg ha⁻¹. Com este resultado se pode salientar que o manejo da irrigação que ocasiona o maior crescimento das plantas em altura e vagens inferiores mais afastadas do solo, está muito próximo do manejo mais adequado para a produção de grãos da cultura.

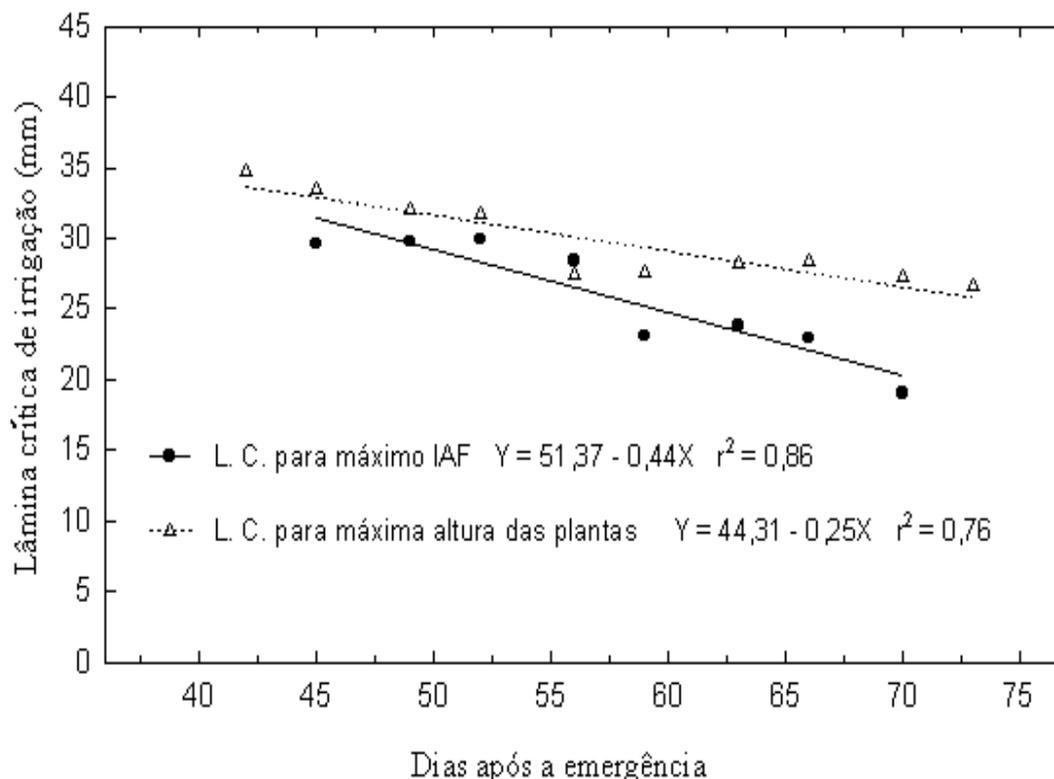


Figura 4. Lâminas de irrigação (L.C.) para a obtenção dos valores máximos de índice de área foliar (IAF) e altura das plantas do feijoeiro.

As diferentes lâminas de irrigação não ocasionaram alterações significativas no número de nós e nem no comprimento dos entrenós da haste principal das plantas (Figura 3). Para estas características Gunton & Evenson (1980) apresentam resultados similares. Stebbins (1950) considera que caracteres formados por períodos longos de atividade meristemática, como o comprimento dos entrenós, são comumente mais plásticos que os formados em períodos mais curtos, como as folhas. Schultz & Matthews (1993) salientam que as trocas gasosas e o desenvolvimento do dossel vegetativo são em geral as características da planta afetadas mais rapidamente pela deficiência hídrica no solo.

Estudando-se detalhadamente a Figura 3 observa-se que aos 24 DAE os valores médios do comprimento dos entrenós apresentam redução em relação à determinação anterior; entretanto, tal variação pode ser explicada pela forma de representação dos dados. Esta característica é obtida através da razão entre a altura e o número de nós na haste principal da planta; comparando os valores de altura das plantas e número de nós medidos aos 21 e 24 DAE observa-se que a altura das plantas teve um aumento de 11%, enquanto o número de nós na haste principal aumentou em 22%, justificando tal variação nos valores médios.

6 CONCLUSÕES

Após o início do florescimento, maiores valores de altura e de índice de área foliar das plantas são alcançados com a progressiva redução das lâminas e aumento da frequência de irrigação.

Com base na evapotranspiração máxima acumulada, a irrigação com lâminas superiores a 45 mm limita severamente a expansão do dossel vegetativo do feijoeiro.

Com base na evapotranspiração máxima acumulada a irrigação com lâminas de aproximadamente 30 mm, aumenta o crescimento das plantas em altura, as quais apresentam também as vagens inferiores mais distanciadas da superfície do solo.

O número de nós na haste principal e o comprimento dos entrenós das plantas de feijoeiro são as características menos afetadas pelas lâminas de irrigação.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZIZ, A.; LARHER, F. Changes in polyamine titers associated with the proline response and osmotic adjustment of rape leaf disc submitted to osmotic stresses. **Plant Science**, Limerick, v. 112, p. 175-186, 1995.

BERGAMASCHI, H.; VIEIRA, H. J.; OMETTO, J. C. Desenvolvimento do feijoeiro em diferentes condições de disponibilidade hídrica no solo. In: REUNIÃO nacional de pesquisa do feijão, Goiânia, 1987. **Resumos...** Brasília, EMBRAPA, CNPAF, 1987. p.91-92.

CALVACHE, M.; REICHARDT, K.; BACHI, O. S. Deficit irrigation at different growth stages of common bean. (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Imbabello). **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.54, n. especial, p.1-16, 1997.

CARLESSO, R. Disponibilidade de água às plantas em solos arenosos. In: PLANTIO direto em solos arenosos: alternativa de manejo para a sustentabilidade agropecuária. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Deptº de solos, 1998. p.21-51.

CIAT - Centro Internacional De Agricultura Tropical. **Condiciones de campo para realizar las evaluaciones del germoplasma del frijol**. Cali, 1976. 11p.

CFS - Comissão De Fertilidade Do Solo-RS/SC. **Recomendações da adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3.ed. Passo Fundo: SBCS, Núcleo Regional Sul; EMBRAPA, CNPT, 1995. 223p.

DAVIES, W. J.; ZHANG, J. Root signals and the regulation of growth and development plants in drying soil. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Standford, v.2, p.55-76, 1991.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. **Efectos del agua el rendimiento de los cultivos**. Roma: FAO, 1979. 212p. (Riego y drenage, 33).

EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412p.

GARDNER, T. R.; VIETOR, D. M.; CRAKER, L. E. Growth habit and row width effects on leaf area development and light interception on field beans. **Canadian Journal Plant Science**, Ottawa, v.59, p.191-199, 1979.

GUILFFORD, R. M.; EVANS, L. T. Photosynthesis, carbon partitioning, and yield. **Annual Review Plant Physiology**, Palo alto, v.32, p.485-509, 1981.

GUNTUN, J. L.; EVENSON, J. P. Moisture stress in navy beans. I. Effect of withholding irrigation at different phenological stages on growth and yield. **Irrigation Science**, v.2, p.49-58, 1980.

MASSIGNAM, A. M.; VIEIRA, H. J.; HEMP, S. Ecofisiologia do feijoeiro. I. Determinação do período mais crítico de deficiência hídrica do solo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.1, p.35-39, 1998.

MOREIRA, J. A. A.; SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Irrigação. In: ARAÚJO, R. S. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p.465-521.

NEUMANN, P. M. The role of cell wall adjustment in plant resistance to water deficits. **Crop Science**, Madison, v.35, p.1258-1266, 1995.

NIELSEN, D. C.; NELSON, N. O. Black bean sensitivity to water stress at various growth stages. **Crop Science**, Madison, v. 38, p. 422-427, 1998.

NÓBREGA, J. Q.; RAO, T. V. R.; BELTRÃO, N. E. de M. Análise de crescimento de feijoeiro submetido a níveis de umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.3, p.437-443, 2001.

OLIVEIRA, F. A. de; SILVA, J. J. S. Evapotranspiração, índice de área foliar e desenvolvimento radicular do feijão irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.3, p.317-322, 1990.

PEREIRA, A.; VILLA NOVA, N. Parâmetros fisiológicos e produtividade da batateira (*Solanum tuberosum* L.) submetida a três níveis de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.22, n.1, p.127-137, 2002.

PIMENTEL, C.; PEREZ, A. J. 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.

SCHULTZ, H. R.; MATTHEWS, M. A. Growth, osmotic adjustment, and cell-wall mechanics of expanding grape leaves during water deficits. **Crop Science**, Madison, v.33, p.287-294, 1993.

STEBBINS, G. L. **Variation and evolution in plants**. New York: Columbia Univ. Press, 1950. 84p.