

Uniformidade de aplicação de água, variáveis de produção e índice de área foliar da cultivar de feijão Iapar 57

Roberto Rezende^{1*}, Antônio Carlos Andrade Gonçalves¹, José Antônio Frizzone², Paulo Sérgio Lourenço de Freitas¹, Altair Bertonha¹ e Carlos Aberto Bastos Andrade¹

¹Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil.

²Departamento de Engenharia Rural, Esalq/USP, Piracicaba, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência.

RESUMO. O efeito da uniformidade da irrigação por aspersão sobre a cultura de feijão, *Phaseolus vulgaris* L. (Leguminosae-Faboideae), foi avaliado estudando o índice de área foliar e algumas variáveis de produção. Foram adotados quatro espaçamentos entre aspersores, correspondentes a quatro valores de coeficientes de uniformidade das irrigações realizadas. As variáveis estudadas foram índice de área foliar (IAF), número de vagem por planta, o número de grãos por vagem, a massa de cem grãos e o rendimento de grãos. Os resultados mostraram que a irrigação ótima para o máximo IAF foi a de máxima uniformidade, o que não corresponde ao ótimo para a produção.

Palavras-chave: irrigação, uniformidade, produção.

ABSTRACT. Bean yield and growth affected by sprinkler irrigation uniformity. Sprinkler irrigation uniformity effects on bean yield, *Phaseolus vulgaris* L. (Leguminosae-Faboideae), and crop growth were studied. Number of pods by plant, number of grain by pod, mass of one hundred grains and crop yield were measured to quantify crop yield. To express crop growth, leaf area index (LAI) was measured before harvesting. Four irrigation uniformity levels were imposed, corresponding to four sprinkler spacing. Highest LAI was verified on the best uniformity treatment, but highest crop yield was obtained in production.

Key words: irrigation, uniformity, production.

Introdução

Apesar do crescente uso, a irrigação tem apresentado problemas ocasionados por diagnósticos mal-elaborados, projetos dimensionados sem os devidos critérios e, principalmente, por manejo inadequado dos recursos hídricos e edáficos, possivelmente resultando em baixa produtividade das culturas e reduzido retorno dos investimentos. Para o estabelecimento de condições ótimas de desenvolvimento vegetal, torna-se indispensável adotar medidas de planejamento do uso dos recursos hídricos e de operação dos sistemas, baseadas nas condições locais.

O planejamento e a operação dos sistemas de irrigação devem ser definidos com base em parâmetros de desempenho que expressem sua qualidade, determinada a partir dos valores de lâmina aplicada, armazenada e perdida por percolação.

Simultaneamente aos esforços concentrados no aprimoramento dos próprios métodos de aplicação de água, notáveis avanços tecnológicos têm sido

relatados em quase todos os aspectos agrônômicos associados à agricultura irrigada, principalmente em relação ao manejo da irrigação.

A irrigação se caracteriza como uma tecnologia que sempre está apresentando expressivas inovações, capazes de assegurar níveis de desempenho cada vez mais elevados dos sistemas, nas mais diferentes e adversas condições. Esses notáveis avanços tecnológicos têm sido resultados de pesquisas, as quais promovem o desenvolvimento da ciência de irrigação, numa busca permanente do melhor resultado aliado a menor custo.

A disponibilidade do recurso "água" é cada dia mais preocupante e, com a utilização da técnica da irrigação, essa disponibilidade tende a reduzir, tornando-se cada vez mais necessário o uso criterioso dessa técnica, com altos níveis de uniformidade e eficiência no uso da água. Para atender essas exigências, a preocupação com a qualidade da irrigação se faz necessária, tanto no processo de planejamento e operação dos sistemas como no manejo das irrigações (Frizzone, 1998).

A uniformidade de aplicação de água se encontra atualmente entre os poucos parâmetros de desempenho de irrigação, que muitos especialistas na área consideram importantes para a averiguação do desempenho de irrigação. A uniformidade afeta a eficiência dos sistemas de irrigação, a qual está relacionada com a quantidade de água necessária ao desenvolvimento e ao rendimento de uma determinada cultura. Solomon (1984) e Hunsaker e Bucks (1987) afirmam que a uniformidade dos sistemas de irrigação influencia no rendimento das culturas.

O crescimento de um organismo é definido como uma alteração em seu volume e peso, conforme Fernández *et al.* (1982), ou ainda, como a variação temporal da quantidade de matéria das plantas (Pereira e Machado, 1987). É um fenômeno quantitativo afetado pela altitude e longitude e que pode ser mensurado por meio de parâmetros, tais como acúmulo de matéria seca, número de nós, índice de área foliar (IAF), entre outros.

O índice de área foliar (IAF) é uma medida da área foliar correspondente à superfície de tecido foliar, produzida sobre determinada área de solo. Como a folha é o principal local da fotossíntese, a taxa de produção de matéria seca pelas comunidades vegetais é função da superfície foliar, conforme estabelecido por Shibles e Weber (1965).

Segundo Kûet e Marshall (1971), o IAF reflete a capacidade produtiva atual de uma comunidade vegetal, sendo que esse índice, o arranjo das folhas e a altura das hastes são usualmente os fatores mais importantes na competição por luz.

Em feijoeiro, o rendimento em grãos depende do IAF no florescimento. Um maior crescimento dos ramos resultará em aumento de área foliar, em maior interceptação de luz e, portanto, em maior produtividade, tanto de matéria seca quanto de grãos (Jones, 1971; White, 1988).

O índice de área foliar de uma cultura mostra-se como um parâmetro eficaz para indicar a capacidade fotossintética, sendo sua determinação importante em estudos que relacionam nutrição de plantas, competição e relações solo-planta-atmosfera (Luchiari Junior, 1978; Bergamaschi, 1984; Oliveira e Silva, 1990). Quando há problemas nutricionais e escassez de água, as plantas carecem de matérias-primas para a síntese de um sistema foliar extenso, e o IAF permanecerá insuficiente (Larcher, 1986).

Alvim e Alvim (1969) observaram valores de IAF de 1,4 a 7,6 na cultura do feijoeiro solteiro, enquanto que Portes (1996) relatou valores experimentais de IAF variando de 0,75 a 2,20 e de 0,80 a 4,0, respectivamente, durante o ciclo de plantas de

feijoeiro dos cultivares Carioca e Aporé, ambos de hábitos de crescimento indeterminados, submetidos ou não a adubações nitrogenadas foliares dos 25 dias até o final do florescimento. Para os dois cultivares, o máximo valor de IAF foi observado ao redor do 55º dia do ciclo, declinando rapidamente a partir do 85º dia.

O feijoeiro é sensível tanto à deficiência quanto ao excesso de água no solo, principalmente nas fases de florescimento e de desenvolvimento das vagens. O consumo de água pela cultura varia basicamente com o estágio de desenvolvimento, cultivar e condições climáticas locais. Em geral, o consumo total de água pode variar de 300 a 500 mm por ciclo, quando cultivado no sistema de preparo de solo convencional, e de 250 a 400 mm, em plantio direto (Moreira e Stone, 1995).

Fancelli (1987) afirma que a cultura do feijoeiro exige um mínimo de 250 mm de água, sendo muito mais importante a sua distribuição do que a disponibilidade total, refletindo-se principalmente nos períodos considerados críticos quanto à exigência de água: emergência, o início do florescimento e a formação de vagens.

A eficiência de utilização da água pela cultura em relação ao rendimento obtido é um parâmetro de grande importância, sobretudo em locais onde a atividade de produção de feijão é diretamente determinada pela prática da irrigação, refletindo na rentabilidade e eficiência da produção. Para a cultura do feijoeiro, o valor da eficiência de uso da água, no caso da produção de grãos com umidade de 10%, é da ordem de 0,3 a 0,6 kg . m⁻³, segundo Doorenbos e Kassam (1979).

Resende *et al.* (1981) e Stone *et al.* (1988), observaram que o IAF no florescimento foi bastante afetado pelos níveis de estresse hídrico, concordando com resultados similares obtidos por Guimarães (1992), de 11,6 e 41,5% no IAF do cultivar Carioca, sob estresses de moderado a severo, respectivamente. Bascur *et al.* (1985) obtiveram maior manutenção da área foliar sob deficiência hídrica para o cultivar Negro Argel de feijoeiro, que é bem resistente à seca, com conseqüentes maiores pesos de matéria seca e de produtividade.

A fase de pré-florescimento ou início da fase reprodutiva (RS) é considerada uma das mais críticas à deficiência de água, por diversos autores citados em Fancelli e Dourado-Neto (1997). Em decorrência de um possível estresse hídrico, pode haver a suspensão brusca da emissão de novas folhas nas plantas de hábito de crescimento indeterminado (Tipo II, III, IV), com perdas de produtividade de 15 a 30% (Fancelli e Dourado-Neto, 1997). O

consumo de água nessa fase varia entre 4,0 e 4,5 mm dia⁻¹, podendo exceder 5 mm . dia⁻¹, quando as condições ambientais forem de intenso calor e baixa umidade relativa do ar (Caixeta, 1978). Também a fase de formação de vagens (R7) é extremamente sensível à deficiência hídrica, porque pode provocar a diminuição da produtividade pela redução da fotossíntese e do metabolismo das plantas. Essa diminuição na produtividade foi de 38% no período efetivo de formação de vagens, conforme observado por Garrido *et al.* (1979). Podem contribuir também para o aumento da queda de vagens imaturas (abortamento), além de causar a retração no tamanho das vagens em crescimento (Fancelli e Dourado-Neto, 1997).

Material e métodos

O presente trabalho foi conduzido na área experimental de irrigação do curso de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá, no município de Maringá, Estado do Paraná, em solo classificado como NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico (Embrapa, 1999).

O sistema de irrigação por aspersão, utilizado para cada nível de uniformidade adotado, foi composto de cinco linhas laterais, com cinco aspersores por linha, funcionando simultaneamente à mesma pressão. A pressão foi ajustada utilizando-se registros de gaveta dispostos no tubo de elevação de cada aspersor.

Os aspersores utilizados foram da marca Fabrimar, modelo A 232 ECO, bocais 5,6 x 3,2 mm. Em cada espaçamento adotado, funcionavam simultaneamente 25 aspersores, conforme pode ser observado na Figura 1.

Trabalhou-se com quatro espaçamentos entre aspersores, com a finalidade de obter altos e baixos coeficientes de uniformidade de distribuição na superfície do solo, possibilitando a comparação dos diferentes níveis de uniformidade sobre as variáveis de produção e de crescimento da cultura do feijoeiro.

Os quatro espaçamentos entre aspersores e laterais foram denominados neste trabalho de cenários, sendo o cenário 1 correspondente ao espaçamento entre aspersores de 12 x 12m, e os cenários 2, 3 e 4 correspondentes, respectivamente, aos espaçamentos de 18 x 18 m, 18 x 24 m e 24 x 24 m, (Figura 1).

As irrigações foram realizadas tendo como base a média das leituras de tensiômetros instalados nas parcelas experimentais, nas profundidades de 0,20 e 0,40 m, utilizando como limite os valores de umidade nas tensões de 0,05MPa. Em todos os cenários foi aplicada a mesma lâmina bruta de água,

em todas as irrigações, igual a 12 mm. Conseqüentemente, foram necessários diferentes tempos de irrigação para cada cenário.

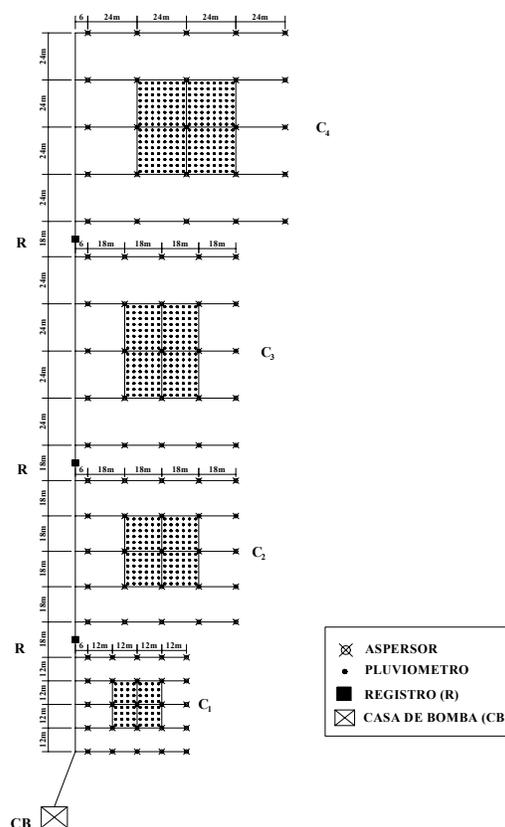


Figura 1. Sistema de irrigação no campo, mostrando os quatro cenários (C₁, C₂, C₃ e C₄)

Para a obtenção dos dados necessários aos cálculos dos parâmetros estatísticos, que caracterizam a distribuição de água do sistema de irrigação, foram medidas as precipitações com o uso de pluviômetros dispostos em malhas de 3 x 3 m, nas áreas compreendidas entre os nove aspersores centrais, nos quatro cenários utilizados. Para cada um dos cenários foram realizadas quatro amostragens. Em cada amostragem, considerou-se a área compreendida entre quatro aspersores. Em cada cenário, o número de quadrículas de 3 x 3m era diferente. Para os cenários 1, 2, 3 e 4, o número de quadrículas foi de 16, 36, 48 e 64 quadrículas, respectivamente.

As medidas de uniformidade de distribuição expressam a variabilidade da lâmina de irrigação aplicada nas áreas adjacentes aos aspersores, isto é, mostram a dispersão dos valores obtidos em relação à lâmina média. Neste trabalho, os coeficientes de

uniformidade de irrigação foram obtidos para cada cenário utilizando as lâminas coletadas. Para descrever a uniformidade das irrigações foram usados os coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) e o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), comumente usados em irrigação.

Utilizou-se a cultivar de feijão IAPAR 57, *Phaseolus vulgaris* L. (Leguminosae-Faboideae), em função de sua alta resistência genética ao Vírus do Mosaico Dourado do Feijoeiro. Para a realização do estudo proposto, as variáveis foram avaliadas nas quatro amostragens em cada cenário nas mesmas épocas e utilizando-se sempre os mesmos critérios, isto é, obtendo-se dados em cada quadrícula de 9 m². As variáveis avaliadas foram índice de área foliar (IAF), número de vagens por planta (NV), número de grãos por vagem (NG), massa de cem grãos (MC) e rendimento de grãos (RG).

A obtenção dos dados referentes à área foliar da cultura foi feita por meio de amostragens em cinco épocas distintas, espaçadas de dez dias entre cada coleta, sendo que as mesmas ocorreram aos trigésimo, quadragésimo, quinquagésimo, sexagésimo e setuagésimo dias após a emergência das plantas. Essas amostragens foram realizadas em todas as quadrículas de 3 x 3 m, colhendo-se, aleatoriamente, duas plantas para a obtenção das áreas foliares e posteriormente do índice de área foliar.

Para estimar a área foliar, utilizou-se a técnica de disco de folha de área conhecida, recomendado por Magalhães (1979). Utilizando-se um perfurador de folhas de 3,3 cm de diâmetro, a fim de relacionar o peso seco da área conhecida do disco com o peso seco de todas as folhas de cada planta. Estes discos de folhas, em maior número possível, e obtidos de várias partes das folhas, foram acondicionados em sacos de papel e levados à estufa de aeração forçada, para secagem até peso constante. O restante das folhas usadas para a retirada dos discos e as não usadas foram acondicionadas em outro saco de papel e levadas à estufa para secagem. Estimou-se a área dessas folhas a partir das relações entre matéria seca dos discos, área total dos discos, (soma das áreas de todos os discos de uma mesma planta) e a matéria seca total das folhas amostradas, (folhas usadas, folhas não usadas e dos discos). Para determinar o IAF, dividiu-se a área foliar da planta pela área de solo disponível à mesma (Watson, 1947).

Em um período que antecedeu a colheita, o número de vagens por planta foi obtido a partir da contagem em quatro plantas escolhidas aleatoriamente dentro de cada quadrícula. E posteriormente, efetuou-se a média entre os

números de vagens das quatro plantas obtendo-se o número de vagens por planta.

O número de grãos por vagem foi obtido, também para cada quadrícula, utilizando-se todas as vagens das quatro plantas nas quais se obteve o número de vagem por planta. Posteriormente, foi calculada a média dos valores obtidos.

Para a obtenção da massa de cem grãos, foram separados aleatoriamente cem grãos das plantas de cada quadrícula, sendo as mesmas oriundas das quatro plantas das quais se obteve o número de vagem e também o número de grãos por vagem. Após terem sido separados, foram pesados em balança de precisão e, padronizando-se as umidades para 13%, obteve-se a massa de cem grãos em gramas.

Para os dados referentes a rendimento de grãos, colheu-se separadamente cada quadrícula em toda a área experimental e obteve-se a massa de grãos. Após correção da umidade dos grãos para 13%, os dados foram convertidos em kg . ha⁻¹.

Na análise dos dados, os valores de lâmina de água aplicada, coeficientes de uniformidade, IAF, e variáveis de produção, foram comparados entre tratamentos (cenários) por meio de análise de variância e teste de comparação de médias, usando o software estatístico SAS (Statistical Analysis System). Com o propósito de avaliar o atendimento às hipóteses assumidas para as distribuições dos dados, foram estimados os parâmetros da estatística descritiva, para todas as variáveis estudadas.

Resultados e discussão

Na Tabela 1, são apresentados os valores médios, para 15 irrigações, dos coeficientes de uniformidade para os quatro cenários. Nesta tabela, pode-se observar que a variação dos coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC), entre as irrigações, é pequena em todos os cenários, o que é expresso por valores de coeficientes de variação (Cv) inferiores a 2%. Isto mostra que o padrão de aplicação de água pouco se alterou com o passar do tempo.

Tabela 1. Valores médios dos coeficientes de uniformidade (CUC, CUD), média (\bar{X}), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (Cv) para os quatro cenários.

Coef.	Cenário 1			Cenário 2			Cenário 3			Cenário 4		
	\bar{X}	s	Cv									
CUC	94,1a	0,69	0,7	85,6b	1,39	1,6	65,6c	1,15	1,8	57,9d	0,53	0,9
CUD	91,0a	1,10	1,2	78,7b	2,18	2,8	46,2c	1,82	3,9	23,6d	0,70	3,0

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5%

Os valores médios do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), obtidos para os dados de lâmina aplicada, para os cenários 1 e 2, foram superiores ao valor mínimo aceitável citado em

literatura (80%), para o desempenho normal do sistema de aspersão. O mesmo não ocorre para os cenários 3 e 4, cujos valores de CUC são inferiores ao valor aceitável. Os valores médios de CUC diminuem com o aumento do espaçamento entre aspersores, sendo as diferenças entre cenários significativas pelo teste de Tukey, para $\alpha = 5\%$. Estes coeficientes confirmam as diferentes qualidades das irrigações estabelecidas entre cenários.

Os valores médios do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), obtidos para os dados de lâmina aplicada, diminuíram com o aumento do espaçamento entre aspersores. As diferenças entre os valores médios correspondentes aos cenários foram significativas pelo teste de Tukey, em nível de 5%. Para no cenário 1, os valores de CUC e CUD, pouco diferem entre si, uma vez que a irrigação é realizada com alta uniformidade de lâmina aplicada. Para os demais cenários, a diferença entre os coeficientes cresce, evidenciando a desuniformidade da irrigação, bem como a maior sensibilidade do CUD aos menores valores. Assim como para CUC, os valores de Cv obtidos entre irrigações para o CUD evidenciam a semelhança entre as 15 irrigações realizadas.

As estatísticas descritivas para os resultados das variáveis de produção, rendimento de grãos (RG), número de vagens por planta (NV), número de grãos por vagem (NG) e massa de cem grãos (MC) são mostradas na Tabela 2, para os quatro cenários.

O rendimento de grãos da cultura foi influenciado pela qualidade da irrigação realizada. Os diferentes cenários deram origem a produções que diferem entre si, conforme apresentado na Tabela 2. A maior produtividade, no entanto, foi obtida no cenário 2, correspondente ao espaçamento de 18 x 18m. A

produtividade obtida no cenário com maior uniformidade (cenário 1) foi maior que a obtida no cenário 4 apenas, demonstrando que a maior uniformidade não implicou em máxima produtividade. Considerando o fato de que uniformidade elevada está associada ao maior custo do sistema de irrigação, fica caracterizada a importância de se identificar um nível adequado de uniformidade para as condições nas quais se faz a irrigação.

O cenário 4 deu origem a menor produtividade (RGc4), o que está associado ao fato de que, neste espaçamento 24 x 24 m, ficam áreas relativamente grandes sem irrigar, na região central de cada quadrícula entre quatro aspersores, promovendo redução da produtividade.

O número de vagens por planta seguiu o mesmo comportamento da variável rendimento de grãos. O maior valor foi obtido no cenário 2 e o valor obtido no cenário 1 foi maior que o do cenário 4 apenas. Para esta variável, no entanto, o cenário 3 deu origem a um valor que não difere estatisticamente daqueles obtidos para os cenários 1 e 2, expressando a menor sensibilidade desta variável às diferentes condições de irrigação adotadas.

O número de grãos por vagem apresentou comportamento semelhante ao das outras variáveis. O maior valor foi obtido para o cenário 2 (NGc2) e o menor para o cenário 4 (NGc4). Os cenários 1 e 3 deram origem a valores que não diferiram estatisticamente entre si. O mesmo ocorreu com a massa de cem grãos, mostrando que a irrigação mais favorável à cultura não foi aquela realizada com maior uniformidade, mas aquela referente ao espaçamento de 12 x 18 m, a qual pode ser caracterizada como de alta uniformidade, segundo os critérios usuais (CUC = 85,6% para lâmina aplicada).

Tabela 2. Estatísticas descritivas para as variáveis de produção: rendimento de grãos (RG) Kg/ha, número de vagens por planta (NV), número de grãos por vagem (NG) e massa de cem grãos, em gramas (MC)

Variáveis	Estatística descritiva								
	N	Média	Mediana	Min.	Máx.	S	Cv	d	d*
RGc1	64	2333,2 c	2249,9	1503,6	3520,0	429,4	18,4	0,13	0,17
NVc1		9,2 b	9,3	6,3	12,5	1,8	19,3	0,09	
NGc1		5,8 b	5,8	4,3	7,2	0,6	10,0	0,09	
MCc1		21,6 b	22,0	19,3	22,9	1,2	5,5	0,18	
RGc2	144	2759,1 a	2877,9	1520,0	3521,0	558,9	20,3	0,13	0,13
NVc2		10,0 a	9,0	5,8	15,3	2,2	21,9	0,18	
NGc2		6,1 a	6,2	4,6	7,6	0,5	8,9	0,08	
MCc2		22,2 a	22,4	19,4	23,9	1,1	4,8	0,09	
RGc3	192	2422,8 b	2415,6	1503,6	3655,4	525,0	21,7	0,08	0,10
NVc3		9,6 ab	9,3	5,8	15,3	2,0	20,8	0,12	
NGc3		5,6 b	5,8	3,0	7,2	0,8	14,8	0,16	
MCc3		21,8 b	22,1	16,0	23,9	1,9	8,6	0,2	
RGc4	256	1501,5 d	1466,8	835,4	2315,6	306,7	20,4	0,12	0,08
NVc4		7,9 c	7,8	2,0	13,0	2,1	26,0	0,11	
NGc4		4,6 c	4,6	2,0	5,8	0,7	16,3	0,18	
MCc4		20,1 c	20,5	15,2	22,5	1,4	7,1	0,15	

Médias de cada variável seguidas de letras diferentes, não são iguais pelo teste de Tukey para $\alpha = 5\%$, d* = d crítico pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, para $\alpha = 5\%$

Naturalmente, o maior espaçamento (24 x 24m), na medida que deu origem a áreas relativamente grandes sem irrigação, promoveu os piores resultados, uma vez que nestas áreas a cultura sofreu os efeitos do déficit hídrico. A redistribuição de água no solo não foi suficiente para compensar as irregularidades de aplicação de água.

O rendimento médio de grãos no cenário 2 (RGc2) foi de 2759 kg . ha⁻¹, um valor que pode ser considerado elevado, mesmo em condições de irrigação, para a latitude em questão, segundo Fancelli e Dourado-Neto, 1997. Para o cenário 3 e o cenário 1, os rendimentos médios foram de 2423 e 2333 kg . ha⁻¹, respectivamente, revelando também alta produtividade. Para o cenário 4, o rendimento médio de 1500 kg . ha⁻¹ revela a redução de produtividade associada à redução da uniformidade da irrigação, embora a lâmina média tenha sido constante entre cenários. Isto torna o espaçamento referente ao cenário 3 uma condição conveniente, uma vez que uma substancial redução de equipamento necessário promoveu pequena redução de produtividade.

Como se observa na Tabela 2, embora o rendimento de grãos tenha variado entre os cenários, principalmente entre o cenário 4 e os demais, o coeficiente de variação (Cv) para essa variável pouco se modificou, apresentando valores praticamente iguais entre o cenário 4, de menor produtividade e o cenário 2, de maior produtividade. Isto revela dispersão semelhante em torno do valor médio em ambos os casos, mostrando que a redução do valor da variável foi uniforme em toda a área irrigada.

Para avaliar o efeito das diferentes irrigações sobre o desenvolvimento vegetativo da cultura, o índice de área foliar (IAF) foi medido em cinco épocas durante o ciclo da cultura. Observou-se uma interação significativa entre cenários e épocas, indicando que o comportamento das plantas nos quatro cenários depende da época. Na Tabela 3, estão apresentados os valores médios de índice de área foliar para as cinco épocas.

Tabela 3. Valores médios de índice de área foliar para cinco épocas, caracterizadas pelo número de dias após a emergência (DAE)

Cenários	Épocas				
	30 DAE	40 DAE	50 DAE	60 DAE	70 DAE
1	0,90 a	1,68 a	2,42 a	2,88 a	3,24 a
2	0,79 b	1,51 b	2,23 b	2,69 b	3,06 b
3	0,63 b	1,32 c	2,06 c	2,46 c	2,87 c
4	0,45 c	0,84 d	1,37 d	1,90 d	2,27 d

Dentro das épocas, médias seguidas de letras diferentes não são iguais pelo teste de Tukey, para $\alpha = 1\%$

Dentro de cada época, exceto para 30 dias, todas as médias diferem entre si pelo teste de Tukey, com

$\alpha = 1\%$. O aumento dos espaçamentos entre aspersores e, conseqüentemente diminuição de uniformidade da irrigação, promoveu redução dos valores de IAF. Ao contrário das variáveis usadas para quantificar a produção da cultura, o IAF foi máximo para a máxima uniformidade. Estes resultados mostram que a irrigação ótima para o máximo IAF não corresponde ao ótimo para a produção. Este fato pode ser em parte explicado devido ao valor do IAF da cultura na época de florescimento. Vários autores (Alvim e Alvim, 1969; Kûet e Marshall, 1971; Yoshida, 1972; Portes e Carvalho, 1996), afirmam que o IAF reflete a capacidade produtiva de uma comunidade vegetal, sendo que esse índice influencia na competição por luz. Também conforme Brougham (1958), o aumento de produção ocorre até um certo valor de IAF, denominado de valor "crítico", após o qual, se houver aumento de produção, é insignificante. Davis (1945) verificou que a correlação entre a área foliar e o rendimento pode ser positiva ou negativa, dependendo das condições climáticas na fase de formação das vagens. Resultados de Portes e Carvalho (1983) e Laing et al (1983) mostram que nem sempre os genótipos que produzem mais folhas geram, proporcionalmente, mais grãos e que a relação entre maior produção de grãos é dada pela eficiência da área foliar (EAF), que relaciona a produção de grãos com a duração da área foliar.

Quando o espaçamento entre aspersores muda de 12 x 12 m para 18 x 18 m, a quantidade de equipamento necessário reduz substancialmente, enquanto a uniformidade de irrigação, embora decresça, ainda permanece adequada (CUC > 80%). Embora o IAF seja menor para o maior espaçamento entre aspersores, todas as variáveis de produção atingem o máximo nesta condição.

Conclusão

Conforme metodologia utilizada e também de acordo com as condições especificadas nas quais o trabalho foi realizado, os resultados permitem concluir que a irrigação ótima para o máximo IAF foi a de máxima uniformidade, que não correspondeu ao ótimo para a produção. E a uniformidade máxima não implicou em maior rendimento de grãos. Embora não tenha promovido rendimento de grãos máximo, o espaçamento de 18 X 24 m promoveu pequena queda de valor da variável rendimento de grãos. Como este espaçamento implica em menor uso de componentes do sistema, isto torna a relação custo/benefício mais conveniente.

Referências

- ALVIM, R.; ALVIM, P.T. Efeito da densidade de plantio no aproveitamento da energia luminosa pelo milho (*Zea mays*) e pelo feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), em culturas exclusivas e consorciadas. *Turrialba*, San Jose, v.19, p.389-393, 1969.
- BASCUR, G. *et al.* Termometria infrarroja en selection de genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes a la sequia. II. Crecimiento y productividad. *Turrialba*, San Jose, v.35, n.1, p.49-53, 1985.
- BERGAMASCHI, H. *Perda de água e desenvolvimento de feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) sob diferentes condições da disponibilidade hídrica no solo e da atmosfera.* 1984. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1984.
- BROUGHAM, R.W. Interception of light by foliage of pure and mixed stands of pasture plants. *Austr. J. Agric. Res.*, Collingwood, v. 9, p.39-52, 1958.
- CAIXETA, T.J. Irrigação do feijoeiro. *Inf. Agropecu.*, Belo Horizonte, v.4 n.46, p.36-40, 1978.
- DAVIS, J.F. The effects of some enviromental factors on the set of pods and yield of white cowpea beans. *J. Agric. Res.*, Washington, DC, v.70, n.7, p.237-49, 1945.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. *Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos.* Roma: FAO, 1979. (Estudio FAO. Riego y Drenaje, 33).
- EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de solos. Embrapa, 1999.
- FANCELLI, A.L. *Cultura do feijão.* Piracicaba: FEALQ, 1987.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia e fenologia do feijoeiro. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (Coord.) *Tecnologia da produção do feijão irrigado.* Piracicaba: ESALQ, Departamento de Agricultura, 1997. p.100-120.
- FERNÁNDEZ, F. *et al.* *Etapas de desarrollo de la planta de frijol comun:* guia de estudio para ser usada como complemento de la unidade tema. Cali, Colômbia: Ciat-University of Yalle, 1982.
- FRIZZONE, J.A. *Uniformidade e eficiência da irrigação.* Piracicaba: Esalq/Departamento de Engenharia Rural, 1998. 40p. (Série Didática).
- GARRIDO, M.A.T. *et al.* Efeito de diferentes regimes de irrigação sobre o rendimento do feijoeiro na região norte de Minas Gerais. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. *Projeto feijão.* Belo Horizonte, 1979. p.27-29. (Relatório 77/78).
- GUIMARÃES, C.M. *Características morfo-fisiológicas do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) relacionadas com a resistência à seca.* 1992. Tese (Doutorado) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992.
- HUNSAKER, D.J.; BUCKS, D.A. Wheat yield variability in irrigated level basins. *Trans. ASAE*, St. Joseph, v.30, n.4, p.1099-1104, July 1987.
- JONES, L.H. Adaptive responses to temperature in dwarf french beans, *Phaseolus vulgaris* L. *Ann. Bot.*, London, v.35, p.581-596, 1971.
- KÛET, J.; MARSHALL, J.K. Assessment of leaf area and other assimilating plant surfaces. In: SESTAK, Z. *et al.* (Ed.) *Plant photosynthetic production: manual of methods.* The Hague: N. V. Publ., 1971. cap.14, p.517-555.
- LARCHER, W. Utilização de carbono e produção de matéria seca. In: *Ecofisiologia Vegetal.* São Paulo: EPU, 1986. cap. 4, p.77-160.
- LAING, D.R. *et al.* Field bean. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (Los Banos, Philippines). Potential productivity of field crops under different environments. Los Banos: International Rice Research Institute, 1983. p.227-48.
- LUCHIARI JUNIOR, A. *Determinação do coeficiente de cultura (Kc) para feijão (Phaseolus vulgaris L.) pelo método do balanço hídrico.* 1978. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1978.
- MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: *Fisiologia Vegetal.* São Paulo: Editoras EPU e Edusp, 1979. v.1 p.331-350.
- MOREIRA, J.A.A.; STONE, L.F. Manejo de solo-planta e avaliação sócio-econômica dos sistemas agrícolas irrigados por aspersão na região dos cerrados. Goiânia: Embrapa, CNPAF, 1995. (Embrapa. Projeto 04.0.95.273.06; em andamento).
- OLIVEIRA, F.A.; SILVA, J.J.S. Evapotranspiração, índice de área foliar e desenvolvimento radicular do feijão irrigado. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v.25, n.3, p.317-322, 1990.
- PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. *Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais.* Campinas: IAC, 1987. 33p. (IAC. Boletim Técnico, 114).
- PORTES, T. de & CARVALHO, J. R. P. de. Área foliar, radiação solar, temperatura do ar e rendimentos em consorciação e em monocultivo de diferentes cultivares de milho e feijão. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v.18, n7, p.755-762, 1983.
- PORTES, T. de A. Ecofisiologia. In: ARAÚJO, R.S. *et al.* (Coord.). *Cultura do Feijoeiro Comum no Brasil.* Piracicaba: Potafos, 1996. p.101-137.
- RESENDE, M. *et al.* Freqüência de irrigação, desenvolvimento e produção do feijão Kidney. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v.16, n.3, p.363-370, 1981.
- SOLOMON, K.H. Yield related interpretations of irrigation uniformity and efficiency measures. *Irrig. Sci.*, Berlin, v.5, n.3, p.161-172, July 1984.
- SHIBLES, R.M.; WEBER, C.R. Leaf area, solar radiation interception and dry matter accumulation by soybeans. *Crop Sci.*, Madison, v.5, p.575-578, 1965.
- STONE, L.F. *et al.* Efeitos da tensão da água do solo sobre a produtividade e crescimento do feijoeiro. II. Crescimento. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v.23, n.5, p.503-510, 1988.
- WATSON, D. J. Comparative physiological studies on the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. *Ann. Bot.*, London, p. 41-76, 1947.

WHITE, J.W. *Conceptos basicos de la fisiología del frijol: guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema.* Cali:CIAT, 1988. (Serie: 04 5B-07.01)

YOSHIDA, S. Physiological aspects of grain yield. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, Palo Alto, v.23, p.437-464, 1972.

Received on June 13, 2002.

Accepted on September 12, 2002.