

EFEITOS DA IRRIGAÇÃO E DO ESPAÇAMENTO DE PLANTAS SOBRE A COLHEITA MECANIZADA DO FEIJOEIRO**Sidnei Osmar Jadoski**

*UNESP – Campus de Botucatu – Faculdade de Ciências Agronômicas
Departamento de Engenharia Rural - Cx. Postal 237.
jadoski@fca.unesp.br (014) 6802 - 7165*

Reimar Carlesso

*UFSM - Santa Maria-RS - Centro de Ciências Rurais
Departamento de Engenharia Rural 97119-900*

Antonio Evaldo Klar

*UNESP – Campus de Botucatu – Faculdade de Ciências Agronômicas
Departamento de Engenharia Rural*

1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes populações, espaçamentos de plantas e manejos da água de irrigação, sob aspectos morfológicos da cultura do feijoeiro visando melhor adequação das plantas à implementação da colheita mecanizada direta. Dois experimentos foram conduzidos no ano agrícola 1997/1998, em área do Departamento de Engenharia Rural da UFSM-RS, utilizando a cultivar de feijão preto BR-FEPAGRO 44, de habito de crescimento indeterminado (tipo II). O experimento 1, para estudo do efeito do espaçamento de plantas foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), fatorial (3x3), com quatro repetições. Os tratamentos constaram de três populações de plantas (175, 250 e 325 mil plantas ha⁻¹) e três espaçamentos entre as linhas de cultivo (35, 50 e 65 cm). Irrigações foram aplicadas para elevar o conteúdo de água no solo ao limite superior de disponibilidade de água às plantas cada vez que a evapotranspiração máxima da cultura (E_m) acumulava 25 mm. O experimento 2, com diferentes manejos da água de irrigação foi conduzido em lisímetros de drenagem. Foram utilizadas cinco repetições em DIC. Os tratamentos consistiram de aplicação de quatro lâminas críticas de irrigação (15, 30, 45 e 60 mm), a partir de valores da E_m acumulada da cultura. Irrigações foram aplicadas para elevar o conteúdo de água no solo ao limite superior de disponibilidade de água às plantas. Os resultados demonstraram que a altura das plantas e da extremidade da primeira vagem em relação à superfície do solo, são parâmetros afetados pela população de plantas e manejo da água de irrigação. A utilização de uma população de aproximadamente 250 mil plantas ha⁻¹, associado ao uso de irrigação com aplicação de lâmina crítica de 30 mm, foi o melhor tratamento, para a obtenção de plantas mais altas e com as vagens inferiores mais afastadas da superfície do solo, porém, os valores obtidos para estes parâmetros são ainda insuficientes para a o uso da colheita mecanizada direta desta cultivar.

UNITERMOS: feijoeiro, irrigação, espaçamento de plantas, colheita mecanizada.

JADOSKI, S. O., CARLESSO, R., KLAR, A. E. EFFECT OF IRRIGATION AND PLANT DENSITY ON BEAN MECHANICAL HARVEST.**2 ABSTRACT**

The study was set up with the objective of evaluate the effects of different plant population, plant spacing and irrigation water management on the morphological patterns of bean plants, to improve plant adequacy for mechanical harvest. Two experiments were conducted in the Agricultural Engineering Department of Federal University of Santa Maria, during 1997/98 growing season using the variety BR-FEPAGRO 44 (type II). The first experiment, with different plant densities, was conducted in a completely randomized design, factorial (3 x 3), with four replications. The treatments consisted of three plant populations (175, 250 and 325 thousand plants ha⁻¹) and three row spacings (35, 50 and 65cm). The irrigation was applied when cumulative maximum crop evapotranspiration (E_m), reached 25 mm. The second experiment was set up with different irrigation treatments placed on a set of 24 lysimeters, under a rain shelter to protect plants against natural precipitation. The irrigation treatments were based on the E_m (15, 30, 45 e 60 mm, obtained from the class A pan evaporation) and distributed in a completely randomized design, with five replications. The results showed that plant population and irrigation water management affected the plant height and the tip height of the first pod. The utilization of 250 thousand plants ha⁻¹ population, associated to the 30 mm irrigation treatment, were the most adequate management for the best mechanical harvest among the applied treatments. However, the attained values were not sufficient for the best mechanical harvest for this bean variety.

KEYWORDS: bean; irrigation; plant spacing; mechanical harvest.

3 INTRODUÇÃO

O feijoeiro é cultivado em praticamente todas as regiões do Brasil, principalmente em lavouras de pequeno e médio porte onde de modo geral é a cultura de maior destaque, responsável pela maior fonte de renda destas propriedades.

As exigências da cultura quanto ao clima e à disponibilidade hídrica são responsáveis pela grande oscilação na oferta do produto no decorrer dos anos, bem como pelas baixas produtividades alcançadas, onde a média nacional mantém-se estagnada em torno dos 600 kg ha⁻¹ ao longo dos últimos trinta anos (IBGE, 1964; IBGE, 1996). No entanto, resultados de pesquisas demonstram que com a utilização e adequado manejo da irrigação este rendimento pode ultrapassar a 2000 kg ha⁻¹ (Massignam et al., 1998).

Além dos fatores climáticos e de fertilidade do solo, que limitam a produtividade, o montante de produção de feijão é também limitado pela dificuldade de expansão das lavouras cultivadas com a cultura. A suscetibilidade ao acamamento das plantas no final do ciclo e a própria arquitetura da planta, apresentando em geral as vagens inferiores muito próximas ao solo e fora do alcance das lâminas de corte das ceifadoras tradicionais, são fatores que dificultam a operacionalização da colheita mecanizada desta cultura, tornando o cultivo restrito à áreas menores, onde as operações de colheita são realizadas manualmente (Araújo, 1997).

Para a maioria dos cultivares de feijoeiro disponíveis no Brasil, cerca de 50% das vagens situam-se abaixo do alcance das lâminas de corte das ceifadoras (Silva & Fonseca, 1996). Alonço & Antunes (1997), destacam que a maior parte destes cultivares apresenta a primeira vagem inserida à uma altura que varia entre 5 e 10 cm, dificultando o emprego da colheita mecanizada direta, prática que Silva et al. (1983) & Silveira (1991), salientam ser viável quando as vagens inferiores da planta apresentarem-se à no mínimo 15 cm acima da superfície do solo.

De forma tradicional na colheita do feijoeiro, as plantas são arrancadas inteiras e enleiradas formando pilhas em pontos específicos dentro da lavoura ou até mesmo fora desta, para serem trilhadas. Neste tipo de manejo da colheita, os restos culturais não são repostos sobre a área de cultivo, conseqüentemente, os nutrientes acumulados tanto na parte aérea como em boa parte do sistema radicular das plantas são removidos, o que de acordo com Pozebon et al. (1997), torna a cultura altamente associada com a diminuição da fertilidade do solo.

O desenvolvimento de cultivares de porte mais ereto, com altura da primeira vagem mais elevada e com menor tendência ao acamamento, aliado a técnicas de produção, como o emprego de irrigação, para buscar um maior desenvolvimento das plantas nas lavouras, são estratégias a serem utilizadas visando a utilização de mecanização direta ou semi-direta na colheita do feijoeiro. Possibilitando também desta forma, maior aplicação e manutenção da fertilidade do solo, devolvendo a este os nutrientes acumulados na matéria seca das plantas, prática dificilmente realizada quando a colheita da cultura é efetuada de forma manual.

Cultivares de feijoeiro de porte ereto (tipo II) quando cultivadas em condições adequadas de população e espaçamento de plantas, apresentam elevação da altura de inserção das vagens. Quando o aumento da população ocasiona maior altura das plantas, de uma maneira geral a altura de inserção da primeira vagem é também positivamente associada, no entanto, de acordo com Alcântara et al. (1991) as plantas tendem a estolar e acamam mais facilmente no final do ciclo, ficando as vagens muito próximas do solo, o que dificulta a colheita.

Como a obtenção de variedades adaptadas à colheita com automotrizas convencionais tem se mostrado difícil, Araújo et al. (1997) descrevem alguns equipamentos projetados para mecanizar algumas fases do processo de colheita. Neste processo indireto são utilizados equipamentos como arrancador-enleirador e recolhedor-trilhadora em opções distintas. Contudo, para que as perdas sejam mínimas as plantas devem apresentar características como porte ereto, boa altura da extremidade da primeira vagem em relação ao solo, resistência à deiscência das vagens e ao acamamento das plantas (Silva e Fonseca, 1996).

Basicamente pode-se salientar que as opções para o aumento das lavouras de feijão colhidas mecanizadamente apontam para dois caminhos, o primeiro é inerente ao melhoramento de plantas para adaptação destas aos equipamentos de colheita disponíveis e o segundo relaciona-se ao desenvolvimento de novos equipamentos, que se adaptem às atuais características da cultura. Contudo, para Silva et al. (1983), seja qual for o processo de mecanização utilizado, não se deve esperar que as vagens fiquem muito secas para se proceder a colheita, sendo que as operações devem ser realizadas nas primeiras horas do dia ou durante a noite, quando as vagens encontram-se úmidas, para reduzir a degradação natural.

Finalmente, deve-se considerar que a colheita mecanizada do feijão é uma alternativa para as lavouras com áreas maiores e que apresentam problemas de falta de mão-de-obra para essa operação. Neste sentido, conforme Silva et al. (1983), uma análise realizada pelo CNPAF-EMBRAPA mostrou que o sistema tradicional é o mais econômico, o que afasta a possibilidade de uma grande eliminação de mão-de-obra com a mecanização das colheitas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em área experimental do Departamento de Engenharia Rural, da Universidade Federal de Santa Maria-RS, em latitude de 29° 41' 24''S e longitude de 53° 48' 42''W. Na região a temperatura do mês mais frio oscila entre -3°C e 18°C e a do mês mais quente é superior a 22°C, a precipitação média anual é de 1322 mm a 1769 mm. O solo do local pertence a unidade de mapeamento São Pedro, classificado como Podzólico vermelho-amarelo (Brasil, 1973).

Dois experimentos foram conduzidos no ano agrícola 1997/1998, utilizando-se o cultivar de feijão preto BR-FEPAGRO 44, de hábito de crescimento indeterminado (tipo II). No experimento 1, o cultivo foi realizado utilizando-se diferentes populações e espaçamento de plantas, buscando-se estabelecer o arranjo de plantas mais adequado para a maximização da altura da primeira vagem em relação à superfície do solo. No experimento 2, a cultura foi submetida à

aplicação de diferentes lâminas críticas de irrigação, buscando-se avaliar a possibilidade de o manejo da água de irrigação ocasionar incrementos na altura da primeira vagem, em relação aos resultados obtidos no experimento 1.

A análise química do solo da área de ambos os experimentos foi realizada pelo Laboratório de Análises de Solo do Departamento de Solos/UFSM. A adubação foi realizada de acordo com a análise química e seguindo recomendações da COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC (1995) para a cultura do feijoeiro. Os adubos fosfatados e potássicos foram aplicados na linha de semeadura como adubação de base. O nitrogênio foi aplicado 1/3 na semeadura e o restante dividido em duas aplicações de cobertura, realizadas aos 25 e 40 dias após a emergência das plantas (DAE).

A semeadura foi realizada em linhas, com densidade inicial superior a desejada. A população de plantas foi corrigida após desbaste manual, realizado aos cinco DAE. A emergência das plantas foi considerada quando cerca de 50% das plântulas haviam emergido.

Para o manejo da irrigação, a estimativa da evapotranspiração de referência ($ET_o = E_o \times K_p$) foi obtida com base na evaporação do Tanque Classe A (E_o). A evapotranspiração máxima da cultura ($ET_m = ET_o \times K_c$) foi determinada utilizando-se os valores de coeficiente de cultura (K_c) propostos por Doorenbos & Kassan (1979). Os valores de temperaturas máximas e mínimas, evaporação do Tanque Classe A, umidade relativa do ar, insolação e precipitação pluvial do período de realização dos experimentos, foram obtidos na estação meteorológica da UFSM, situada a aproximadamente 400m da área experimental.

O experimento 1, com diferentes populações e espaçamento de plantas foi conduzido na safra, o cultivo foi realizado em sucessão à cultura do milho, em sistema de plantio direto, a cultura da ervilhaca (*Vicia sativa* L.) foi utilizada para cobertura do solo na entressafra. A semeadura foi realizada no dia 17 de outubro de 1997, tendo a emergência das plantas ocorrido aos cinco dias após a semeadura. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, bifatorial (3×3), com quatro repetições. As três populações de plantas utilizadas foram 175, 250 e 325 mil plantas ha^{-1} e os três espaçamentos entre linhas de cultivo foram 35, 50 e 65 cm. As unidades experimentais apresentavam dimensões de 3 x 4 metros e as linhas de cultivo foram orientadas longitudinalmente no sentido Leste Oeste.

A irrigação foi realizada por um sistema de aspersão convencional fixo, instalado na área experimental. Partindo-se de condições de máxima disponibilidade de água no solo às plantas, lâminas de irrigação de 25 mm eram aplicadas quando o montante de evapotranspiração máxima acumulado da cultura atingia este mesmo valor.

A duração do ciclo semeadura-colheita foi de 94 dias, sendo que a colheita do experimento foi realizada no dia 19 de janeiro de 1998, aos 89 DAE.

O experimento 2, com aplicação de diferentes lâminas críticas para o manejo da água de irrigação foi conduzido na safrinha, em 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 através de uma cobertura móvel de polietileno impermeável, com acionamento mecânico. A semeadura foi realizada no dia 19 de fevereiro de 1998 tendo a emergência das plantas ocorrido seis dias após.

Com base nos resultados obtidos no experimento 1, estabeleceu-se o espaçamento de 35 cm entre linhas e 11,4 cm entre plantas na linha, totalizando uma população de 250 mil plantas ha^{-1} . O experimento foi arranjado no delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco repetições. Os tratamentos constaram de quatro manejos da água de irrigação, sendo estas aplicadas para elevar o conteúdo de água no solo ao limite superior de disponibilidade de água às plantas, quando a evapotranspiração máxima da cultura indicava uma lâmina acumulada de 15, 30, 45 e 60 mm, respectivamente.

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 10 cm nas laterais dos lisímetros.

A colheita do experimento foi realizada no dia 31 de maio de 1998, aos 96 DAE, apresentando uma duração de 102 dias para o ciclo semeadura-colheita.

No início de ambos os experimentos foram selecionadas e identificadas três plantas em cada parcela para as determinações não destrutivas inerentes à altura das plantas, que foram realizadas duas vezes por semana até o estabelecimento do máximo crescimento, medindo-se a distância vertical entre a superfície do solo até a inserção do trifólio do último nó vegetativo visível na haste principal da planta. A altura das vagens foi determinada na colheita, medindo-se a distância entre a superfície do solo e a extremidade inferior da primeira vagem da planta, em dez plantas localizadas na parte central de cada parcela.

A análise estatística foi realizada utilizando-se o programa Statistical Analysis System – SAS. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão, em nível de significância de 5%.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No experimento 1, onde o cultivo foi desenvolvido com diferentes populações e espaçamentos de plantas, verificou-se que o crescimento vertical das plantas ocorreu até os 70 DAE, fase de enchimento dos grãos, quando foi observado o estabelecimento da máxima altura das plantas. De acordo com os resultados evidenciou-se que a altura das plantas diminuiu linearmente com o aumento da população (Figura 1). Não foi observado, no entanto, efeito significativo do espaçamento entre linhas de cultivo e nem interação significativa entre os fatores população de plantas e espaçamento entre linhas de cultivo para este parâmetro (Quadro 1).

Resultados similares são apresentados por Cunha & Silva (1978) e Nienhuis & Singh (1985), que estudando cultivares com este tipo de hábito de crescimento, também verificaram que a redução na população ocasionou aumento na

altura das plantas. Com relação à este fator é importante salientar que a fase de crescimento vegetativo das plantas estende-se no geral até o início do florescimento (35 a 40 DAE), porém, em cultivares de feijoeiro do tipo II, como a utilizada neste experimento, é normal a ocorrência de crescimento mesmo nos estádios mais avançadas do ciclo, posteriores à fase de crescimento vegetativo.

As diferenças na altura das plantas foram evidenciadas a partir da fase de pleno florescimento (49 DAE), demonstrando que este fator não é significativamente afetado pela competição entre as plantas nas fases mais iniciais do ciclo de desenvolvimento da cultura (Quadro 1). Westermann & Crothers (1977) descrevem que o aumento da população de plantas aumenta a competição por fotoassimilados, podendo afetar o crescimento e o desenvolvimento da cultura. Além disto, em plantas de crescimento indeterminado, a partir do florescimento das plantas ocorre maior competição entre o crescimento vegetativo e o desenvolvimento dos órgãos reprodutivos, sendo a canalização dos fotoassimilados destinada prioritariamente ao desenvolvimento reprodutivo.

Com relação à radiação solar, o comportamento inverso entre a altura e a população de plantas, indica que dentro dos limites avaliados, o aumento da população de plantas não ocasionou um ambiente competitivo por luminosidade a ponto de induzir ao estiolamento das plantas.

A altura da extremidade da primeira vagem das plantas não foi afetada pelo espaçamento entre linhas de cultivo. Entretanto, a variação na população de plantas ocasionou alterações significativas neste parâmetro (Quadro 1), o ajuste de uma função quadrática demonstra que a máxima eficiência técnica para a altura das vagens foi observada com uma população de, aproximadamente, 235 mil plantas ha⁻¹, resultando em uma distância média de 7,3 cm entre a extremidade da primeira vagem e a superfície do solo (Figura 2).

Este resultado está de acordo com EMBRAPA (1996), que descreve que o cultivar BR-FEPAGRO 44 em populações de 200 a 250 mil plantas ha⁻¹ apresenta as vagens a uma altura de aproximadamente 7,0 cm acima da superfície do solo. Já Alonço & Antunes (1997) utilizando o mesmo cultivar, com população de 250 mil plantas ha⁻¹ em cultivo convencional, observaram um valor médio de 5,70 cm para este parâmetro.

De acordo com resultados apresentados por Nienhuis & Singh (1985), a cultura do feijoeiro em populações de aproximadamente 100 mil plantas ha⁻¹, apresenta elevada concentração de frutificação nos nós basais da haste principal, no entanto, com o aumento da população a frutificação passa a concentrar-se em nós mais altos, elevando a

QUADRO 1 – Quadrados médios da análise da variância da altura de plantas e da extremidade da primeira vagem (AEV) do feijoeiro para as diferentes populações de plantas e espaçamentos entre linhas de cultivo. Santa Maria-RS, 1998.

DAE	Pop.	Causas de variação										
		Pop. linear		Pop. quadrática		Esp. linear		Esp. quadrática		Pop*	Esp. Resíduo	CV %
		2	1	1	1	1	1	4	27			
	<i>GL</i>											
23	1,1884	0,0187	2,358	ns	1,897	0,226	3,568	ns	1,271	ns	2,820	17,3
28	2,3404	2,4512	2,229	ns	1,131	0,199	2,063	ns	2,943	ns	4,807	18,3
31	39,595	24,990	54,20	*	0,946	0,056	1,836	ns	11,33	ns	11,77	20,8
35	37,965	33,717	5,213	ns	5,462	3,836	2,087	ns	8,740	ns	13,29	22,3
38	12,239	24,341	0,137	ns	4,112	6,010	2,215	ns	9,452	ns	17,77	19,4
42	64,226	11,93	16,52	ns	22,26	30,73	13,79	ns	30,81	ns	30,06	19,6
49	129,03	249,16	8,911	ns	34,44	73,50	5,390	ns	21,00	ns	40,78	17,5
58	359,70	521,64	197,77	ns	226,26	262,33	28,322	ns	96,635	ns	58,806	18,1
70	396,12	530,72	261,51	ns	423,37	291,09	40,657	ns	102,57	ns	68,778	18,9
AEV	19,607	12,484	26,730	*	1,0608	0,8363	1,2854	ns	0,5853	ns	2,6441	27,2

* = Significativo à nível de probabilidade 0,05

Pop = população Quadrática, linear = Regressão... Esp = espaçamento entre linhas de cultivo GL = Graus de liberdade CV = Coeficiente de variação

posição das vagens em relação à superfície do solo. Willamil Lucas (1987) e Lemos et al., (1993) também verificaram que o aumento da população de plantas ocasionou elevação na altura de inserção das vagens. Porém, de acordo com Alcântara et al. (1991), apesar de em maiores populações a altura de inserção das vagens ser mais elevada, a verticalidade das plantas é reduzida aproximando as vagens ao solo.

Com a análise dos resultados deste experimento, verifica-se que para este cultivar a utilização de uma população de aproximadamente 235 mil plantas ha⁻¹, conduz a máxima contribuição dos fatores que levam à ocorrência de maior altura das vagens, em relação aos fatores que ao contrário, ocasionam uma aproximação destas à superfície do solo, destacando-se entre estes o desenvolvimento de frutificação em nós basais na planta decorrentes da redução da população ou a diminuição da altura e maior acamamento das plantas decorrentes do incremento da população.

No experimento 2, com aplicação de diferentes lâminas críticas de irrigação, o cultivo foi desenvolvido com uma população de 250 mil plantas ha^{-1} , baseado nos resultados do experimento 1, discutidos acima. Verificou-se que os quatro diferentes manejos da água de irrigação não ocasionaram alterações significativas na altura das plantas do feijoeiro durante as fases de crescimento vegetativo e pré-floração da cultura (Quadro 2). Entretanto, a partir do início da fase de florescimento (42 DAE) observou-se uma pronunciada desaceleração no crescimento em altura das plantas submetidas ao manejo da irrigação com aplicação de lâmina crítica de 60 mm, em relação aos demais tratamentos (Figura 3).

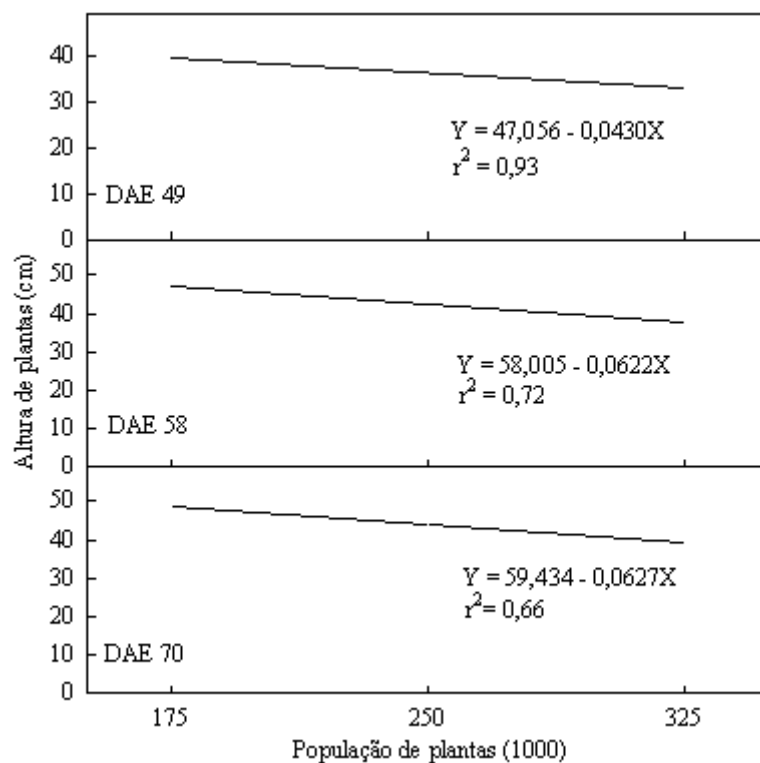


Figura 1 – Altura das plantas do feijoeiro cultivado sob diferentes populações de plantas. Santa Maria-RS, 1998.

A paralisação do crescimento vertical das plantas ocorreu aproximadamente aos 73 DAE (Figura 3). O efeito dos tratamentos sobre este parâmetro pode ser representado através do ajuste de uma equação quadrática, onde verifica-se que as plantas atingem máxima altura quando a lâmina de irrigação aplicada é de aproximadamente 27 mm (Figura 4).

O ajuste matemático a uma equação quadrática do fator altura de plantas frente ao manejo da irrigação, foi também observado por Giralt (1979), onde a utilização de um intervalo entre irrigações de 6 dias, ocasionou plantas com maior altura, em comparação aos intervalos de 3, 9 e 12 dias. Maurer et al. apud Moreira et al. (1996),

também verificaram que plantas de feijoeiro que foram bem irrigadas apresentaram um porte maior do que as plantas submetidas à períodos de deficiência hídrica no solo. Entretanto, Braga et al., (1999) verificaram que a deficiência hídrica ocasionou maior desenvolvimento radicular do feijoeiro, fator que pode ser importante quando se deseja que a verticalidade das plantas seja mantida.

A deficiência hídrica ocasiona redução na multiplicação e na expansão das células (Turner, 1986), na extensibilidade plástica e elástica dos tecidos (Neumann, 1995), resultando em menor crescimento do dossel vegetativo das plantas. Para Zhang & Davies, (1989), uma das principais respostas das plantas à redução de umidade do solo é limitar o consumo de água, reduzindo as perdas e a taxa de expansão do dossel vegetativo das plantas. Por outro lado, Forsythe & Legarda (1978) verificaram que o excesso de água no solo também é prejudicial ao desenvolvimento do feijoeiro.

Quadro 2 – Quadrados médios da análise da variância da altura de plantas e da extremidade da primeira vagem (AEV) para os quatro tratamentos de manejo da água de irrigação. Santa Maria-RS, 1998.

Causas de variação						
DAE	Tratamento	Repetição	Tratamento	Tratamento	Resíduo	CV %
GL	3	4	1	1	12	
17	0,6520	0,7467	1,0890 ns	0,0030 ns	0,4674	5,9
21	0,6633	0,6620	1,1560 ns	0,1080 ns	0,4566	5,3
24	2,2912	0,3792	5,9290 *	0,9363 ns	0,6799	5,7
28	3,7432	0,7520	4,3560 ns	5,9853 ns	16,323	7,4
31	4,2280	12,237	7,9210 ns	1,6803 ns	26,950	8,4
35	11,081	3,412	11,881 ns	4,7203 ns	47,660	9,6
38	24,535	32,467	10,816 ns	25,025 ns	80,384	10,2
42	139,32	17,422	10,001 ns	61,061 *	11,718	11,3
45	54,414	59,782	5,6250 ns	53,600 *	91,352	11,6
49	67,097	78,667	1,6000 ns	43,200 *	13,234	12,2
52	96,348	10,279	0,5760 ns	73,008 *	18,503	11,4
56	129,34	35,132	16,129 ns	30,603 *	16,450	12,1
59	169,23	25,192	21,904 ns	105,28 *	25,712	15,1
63	177,13	29,879	19,015 *	111,73 *	27,262	16,2
66	220,08	4,8405	39,204 *	138,24 *	18,198	14,9
70	215,23	6,5037	18,225 ns	101,20 *	33,235	15,5
73	247,14	5,2032	28,561 ns	108,68 *	26,880	16,5
AEV	3,1698	4,7020	1,9360 ns	6,9120 *	1,4256	21,9

* = Significativo à nível de probabilidade 0,05

Pop = população

Quadrática, linear = Regressão...

Esp = espaçamento entre linhas de cultivo

GL = Graus de liberdade

CV

= Coeficiente de variação

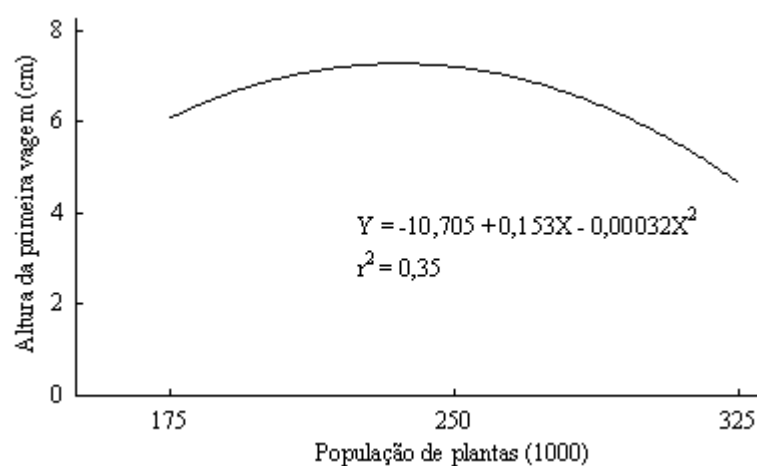


Figura 2 – Altura da extremidade da primeira vagem das plantas do feijoeiro cultivado sob diferentes populações de plantas. Santa Maria-RS, 1998..

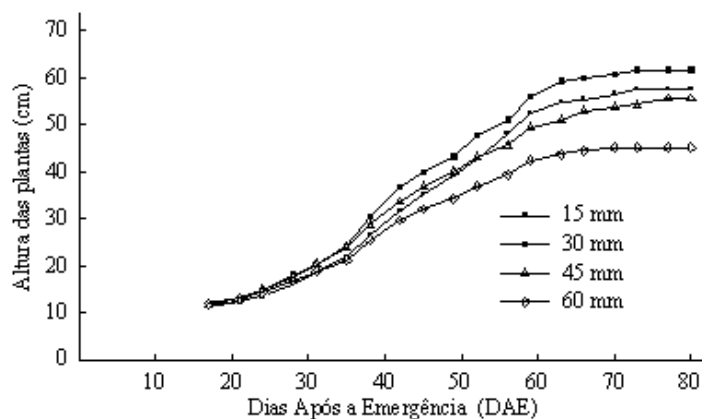


Figura 3 – Variação da altura das plantas do feijoeiro cultivado sob diferentes lâminas críticas de irrigação. Santa Maria-RS, 1998..

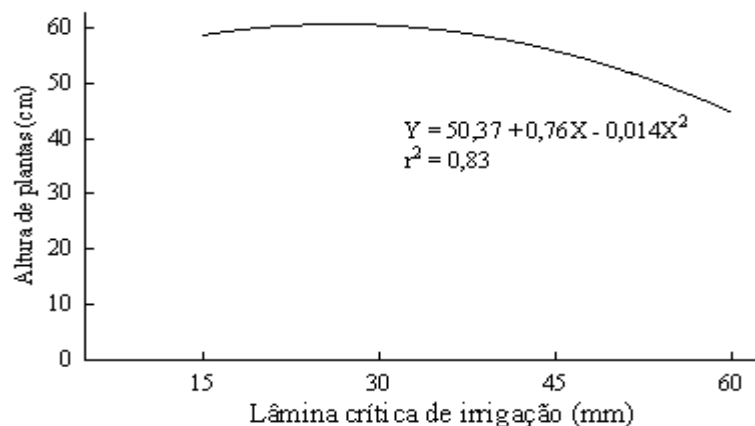


Figura 4 – Altura máxima das plantas do feijoeiro cultivado sob diferentes lâminas críticas de irrigação. Santa Maria-RS, 1998..

Com relação a altura das vagens, observou-se que o efeito do manejo da água de irrigação foi significativo (Quadro 2). A análise de regressão com o ajuste de uma equação quadrática demonstra que o ponto de máxima eficiência técnica foi alcançado com a aplicação de uma lâmina crítica de irrigação de 29 mm, onde a distância média entre a extremidade da primeira vagem da planta e a superfície do solo é de 8,6 cm (Figura 5). Lâmina crítica de irrigação semelhante também ocasionou os maiores valores de altura das plantas, indicando associação positiva entre o crescimento vertical e a altura de inserção das vagens.

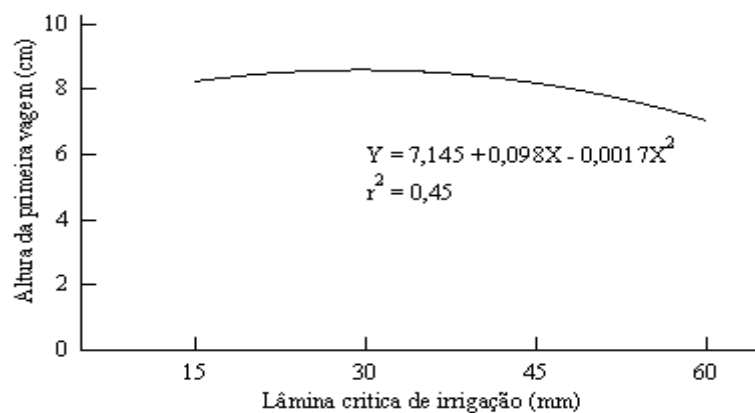


Figura 5 – Altura da extremidade da primeira vagem das plantas do feijoeiro cultivado sob diferentes lâminas críticas de irrigação. Santa Maria-RS, 1998..

Analisando-se comparativamente os resultados dos dois experimentos, observa-se que o valor de 7,3 cm para a altura da extremidade da primeira vagem obtido com a otimização da população de plantas, pode ser elevado para 8,6 cm com o adequado manejo da água de irrigação. Desta forma, pode-se salientar que a utilização de uma população de aproximadamente 250 mil plantas ha⁻¹, associado ao uso de irrigação com turno de rega definido por uma evapotranspiração máxima acumulada de 30 mm, constitui-se em uma alternativa eficaz de manejo da cultura na lavoura, para a obtenção de um maior distanciamento entre a extremidade das vagens inferiores da planta e a superfície do solo.

Estes resultados expressam, porém, que os valores observados de altura da extremidade da primeira vagem em relação à superfície do solo, estão ainda abaixo dos preconizados por Silva et al. (1983) e Silveira (1991), para uma boa adequação deste cultivar a colheita mecanizada direta empregando-se colhedoras automotrizes convencionais. No entanto, a colheita mecânica indireta onde as operações de arranquio e enleiramento são realizadas com equipamento distinto ao utilizado para o recolhimento e trilha das plantas, pode ser uma alternativa para o cultivar, cujas características morfológicas mostram-se adequadas para este fim, conforme Araújo et al. (1997).

6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados do presente trabalho podem ser extraídas as seguintes conclusões sobre o cultivar de feijoeiro BR-FEPAGRO 44:

A altura das plantas apresenta um aumento linear com a redução da população entre 325 e 175 mil plantas ha⁻¹.

Esta cultivar de feijoeiro, na população de 235 mil plantas ha⁻¹, apresenta maior altura da extremidade da primeira vagem da planta em relação à superfície do solo.

O manejo da água de irrigação com aplicação de lâmina crítica de aproximadamente 30 mm, ocasiona os maiores valores de altura de plantas e da extremidade da primeira vagem.

A utilização de uma população de aproximadamente 250 mil plantas ha⁻¹, associado ao uso de irrigação com aplicação de lâmina crítica de 30 mm, demonstrou ser a alternativa mais adequada de manejo, para a obtenção de plantas com vagens inferiores mais elevadas da superfície do solo, porém, os valores obtidos para estes parâmetros são ainda insuficientes para a adequação morfológica das plantas desta cultivar ao uso da colheita mecanizada direta.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÂNTARA, J. P. et al. Avaliação de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em diferentes densidades de semeadura e condições de ambiente. *Ciênc. e Prát.*, v.15, n.4, p.375-84, 1991.
- ALONÇO, A. dos S., ANTUNES, I. F. Semeadura direta de trigo, visando a colheita mecanizada direta. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.32, n.9, p. 919-22, 1997.
- ARAÚJO, A. G., BACK, N., LEAL, L. M. C. Desenvolvimento do projeto de uma colhedora-enleiradora de feijão para pequenos agricultores. *Eng. Rural*, v.8, n.1, p. 65-73, 1997.
- BRAGA, B. M., RAMOS, M. M., GOMIDE, R. L. Influência de quatro frequências de irrigação na distribuição radicular, em três estádios de desenvolvimento da cultura do feijoeiro. *Irriga*, v.4, n.3, p.175 – 82, 1999.
- BRASIL. *Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul*. Recife: Ministério da Agricultura, Divisão de pesquisa Pedológica - DNPA, 1973. 413p. (Boletim técnico 30).
- 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: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul/CNPT-EMBRAPA, 1995. 223p.
- CUNHA, J. M., SILVA, C. C. Estudo sobre fertilidade e densidade de semeio de feijão. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. *Projeto feijão: relatório 75/76*. Belo Horizonte, 1978. p.16-9.
- DOORENBOS, J., KASSAN, A. H. *Efectos del agua em el rendimiento de los cultivos*. Roma: FAO, 1979. 212p. (Riego y drenage, 33)
- EMBRAPA-FEPAGRO. *Uma nova cultivar de feijão para o Rio Grande do Sul - BR-FEPAGRO 44 – Guapo brilhante*. Estado do Rio Grande do Sul: Secretaria da Ciência e Tecnologia. 1996. (Folheto)
- FORSYTHE, W. M., LEGARDA, B. L. Soil water management and red bean production: I. Mean maximum soil moisture suction. *Turrialba*, v.28, n.1, p.81-6, 1978.
- GIRALT, P. E. Regimen de riego del cultivo de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ciencia y técnica en la agricultura. Riego y Drenaje* v.2, n.1, p.5–28, 1979.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. *Anuário Estatístico do Brasil*. Seção 3: Aspectos da atividade agropecuária e extração vegetal. Brasília, 1996. p. 3-83.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. *Anuário Estatístico do Brasil*. Situação econômica, Brasília, 1964. p.53-268.
- LEMONS, L. B., FORNASIERI FILHO, D., PEDROSO, P. A. C. Comportamento de cultivares de feijoeiro com distintos hábitos de crescimento em diferentes populações, em semeadura de inverno. *Científica*, v.21, n.1, p.113 – 20, 1993.
- MASSIGNAM, A. Ecofisiologia do feijoeiro. V. Relação entre o rendimento de grãos e a deficiência hídrica do solo. *Ver. Brás. de Agrometeorol.*, v.6, n.1, p.63-68, 1998.

- MOREIRA, J. A. A., SILVEIRA, P. M., STONE, L. F. Irrigação. In: ARAÚJO, R. S. et al. *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.
- NIENHUIS, J. & SINGH, S. P. Effects of location and plant density on yield and architectural traits in dry beans. *Crop Sci.*, v.25, n.4, p.579-84, 1985.
- POZZEBON, E. J., CARLESSO, R. KONIG, O. Acumulação de nutrientes no feijoeiro. *Pesq. Agropec. Gaúcha*, v.3, n.2, p. 157-61, 1997.
- SILVA, G., FONSECA, J. R., CONTO, A. J. *A colheita mecanizada do feijão no Brasil*. Inf. Agropec., v.9, n.103, p.40 – 2, 1983.
- SILVA, J. G., FONSECA, J. R. Colheita. In: ARAÚJO, R. S. et al. *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p.523-41.
- SILVEIRA, G. M. *As máquinas para colheita e transporte*. São Paulo: Globo, 1991. 183p.
- TURNER, M. C. Estomatal behavior and water status of maize, sorghum, and tobacco under field conditions. II. At low soil water potential. *Plant Physiol.*, v.53, p.360-65, 1986.
- WESTERMANN, D. T., CROTHERS, S. E. Plant population effects on the seed yield components of beans. *Crop Sci.*, v.17, p.493-96, 1977.
- WILLAMIL LUCAS, J. M. Influência da densidade de população sobre a produção em variedade de feijão vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) de porte baixo. Piracicaba, 1987. 69p. (Dissertação de Mestrado em Agronomia)-Universidade de São Paulo-ESALQ/USP, 1987.
- ZHANG, J., DAVIES, W. J. Sequential response of whole plant water relations to prolonged soil drying and the involvement on xylem sap ABA regulation in the regulation of estomatal behavior of sunflower plants. *New Phytol.*, v.113, p.167-74, 1989.