

CRITÉRIOS DE MANEJO NA IRRIGAÇÃO DO FEJJOEIRO EM SOLO DE TEXTURA ARENOSA

RAMILOS RODRIGUES DE BRITO¹; HÉLIO GRASSI FILHO²; JOÃO CARLOS CURY SAAD³; VALDENIR QUEIROZ RIBEIRO⁴ E SIMONE RAQUEL MENDES OLIVEIRA⁵

¹Eng. Agrônomo, Doutorando em Irrigação e Drenagem, UNESP/FCA, Botucatu – SP. email: ramilos@hotmail.com

²Eng. Agrônomo, Professor Doutor, Departamento de Solos e Recursos Ambientais, UNESP/FCA, Botucatu – SP

³Eng. Agrônomo, Professor Doutor, Departamento de Engenharia Rural - UNESP/FCA, Botucatu – SP

⁴Eng. Agrônomo, Mestre em Estatística Experimental, Pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina – PI.

⁵Eng. Agrônomo, Doutora em Engenharia Agrícola, Professora Colégio Técnico de Teresina, Teresina – PI.

1 RESUMO

Dentre aspectos mais importantes para o sucesso da agricultura irrigada destaca-se o manejo da água aplicada. No mercado existe uma diversidade de metodologias e instrumentos para tal fim, entretanto, o monitoramento do nível de água no solo utilizando o tensiômetro tem se mostrado eficaz. Nesse trabalho foram avaliados dois métodos de manejo da irrigação, um baseado na tensão da água no solo e o outro com base na depleção da água disponível, com o objetivo de verificar qual deles promove maior produtividade de grãos para a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em um solo de textura arenosa. Os tratamentos foram compostos por cinco níveis de tensão (–30, –40, –50, –60 e –70 kPa) e cinco níveis de depleção (30, 40, 50, 60 e 70% da AD), com quatro repetições delineados em blocos casualizados. O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido no Departamento de Solos e Recursos Ambientais (UNESP/FCA), Botucatu - SP. Avaliou-se os parâmetros: Número de vagens por planta (NVP); Produção de vagens por planta (PVP, g); Comprimento da vagem (COMPV, cm); Número de grãos por vagem (NGV); Peso de grãos por vagem (PGV, g); Peso de 100 grãos (P100G, g) e Produção de grãos (PG, g planta⁻¹). Não foram evidenciadas diferenças significativas entre os métodos de irrigação, entretanto, as maiores produtividades de grãos de feijão ocorreram para a tensão de – 30 kPa, resultando em 12,10 g planta⁻¹ e 11,04 g planta⁻¹ para 40% da AD.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., tensão, depleção, componentes de produção.

BRITO, R. R. de; GRASSI FILHO, H.; SAAD, J. C. C.; RIBEIRO, V. Q.; OLIVEIRA, S. R. M.

MANAGEMENT CRITERIA FOR BEAN IRRIGATION IN SANDY TEXTURE SOIL

2 ABSTRACT

One of the most important contributors to the success of irrigated agriculture is an efficient management of water applied by irrigation. Several methodologies and tools exist in the market for that purpose, however, monitoring the soil water level using tensiometers has proved to be effective. This study evaluated two methods of irrigation management, one based on soil water tension and the other on depletion of available water. The objective was to evaluate

which one would promote higher grain yield. Treatments consisted of five levels of tension: (-30, -40, -50, -60 and -70 kPa) and five levels of depletion (30, 40, 50, 60 e 70% AD) with four replicates. The experimental design was randomized blocks. The experiment was conducted in a greenhouse at the Soil Sciences/Natural Resources Department (UNESP/FCA), Botucatu, São Paulo state. The following parameters were evaluated: Number of pods per plant (NPP, g), production of pods per plant (PPP, g), pod length (PL, cm), number of grains per pod (NGP), grain weight per pod (GWP, g), weight of 100 grains (W100G, g) and grain production (GP, g plant⁻¹). No significant differences were found between the irrigation methods, however, the highest bean grain yield was observed for tension of -30 kPa, which resulted in 12.10g plant⁻¹ and 11.04 g plant⁻¹ for 40% AD.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L., tension, depletion, yield components

3 INTRODUÇÃO

É inquestionável a importância do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na alimentação do brasileiro, pois além de conter uma boa quantidade de carboidratos e ser rico em ferro é uma ótima fonte de proteínas. O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de feijão, e os principais estados produtores são Paraná, Bahia, Minas Gerais, Mato Grosso, São Paulo e, Goiás, os quais respondem por mais de 67% da produção nacional (CONAB, 2014). Ainda assim, a produção nacional de feijão é instável devido aos baixos níveis tecnológicos dos pequenos agricultores, dado seu caráter de subsistência.

O feijoeiro é considerado uma planta sensível à deficiência hídrica e ao excesso de água no solo (SILVEIRA; STONE, 2004). O fator água na produção da cultura influencia as variáveis biométricas (índice de área foliar, altura da planta, produtividade, número de vagens por planta e número de grãos por vagem), observando valores maiores nas plantas que receberam maiores quantidades de água (MONTEIRO; ANGULO FILHO; MONTEIRO, 2010).

Segundo Brito (2012) a grande problemática da irrigação são os baixos índices de eficiência, devido a diversos fatores técnicos, climatológicos, de manejo do solo e dos cultivos. No que se refere ao manejo de água aplicada, apesar de avaliar de forma indireta a deficiência hídrica de uma cultura, o controle da tensão de água no solo tem se mostrado eficaz, mesmo possuindo um limite de operação (-80 kPa). O tensiômetro tem sido recomendado para esse propósito como ferramenta simples e prática para indicar o momento de irrigar, com base no potencial matricial ou com base na depleção de água no solo.

O solo funciona como um reservatório de água para fornecer às plantas à medida de suas necessidades. Ele é constituído de partículas de diferentes frações granulométricas ou texturas. Solos de textura arenosa são leves, bem drenados e com menor capacidade de retenção de água.

Há várias recomendações técnicas para a cultura do feijoeiro no tocante a irrigação como, realizar a irrigação quando a tensão da água no solo atingir -35 kPa (SILVEIRA; STONE, 1994), bem como quando a teor de água no solo for de aproximadamente -39 kPa (FREITAS et al. 2012) ou -37 kPa (FIGUEIREDO et al. 2008). Para a depleção, o valor recomendado é de 0,45, ou seja, irrigar quando tiver sido consumido 45% do intervalo superior de água disponível (ALLEN et al. 1998). A questão prática é que estes dois critérios não resultam no mesmo teor de água para as diferentes texturas do solo.

Sabendo da diferença entre tensões e depleções, tem-se como objetivo verificar qual destes métodos de manejo da irrigação, resulta em maior produtividade para a cultura do feijoeiro em solo de textura arenosa.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi desenvolvido em ambiente protegido de 19 de Abril a 20 de Julho de 2013, no Departamento de Solos e Recursos Ambientais (22°30' S, 48°15' W e 830 metros) da Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP – Campus de Botucatu, Estado de São Paulo.

Sendo conduzido em vasos plásticos, o solo foi coletado, seco ao ar e peneirado em uma malha de 10 mm. Em seguida, coletaram-se subamostras para caracterização dos atributos físicos e químicos (Tabela 1). Foi determinada a curva característica de água no solo utilizando o modelo de Genuchten (1980) com o programa computacional Soil Water Retention Curve - SWRC versão 3.0 beta (DOURADO NETO et al., 2001). Os valores da umidade na capacidade de campo (CC, -10 kPa) e ponto de murcha permanente (PMP, -1.500 kPa) foram, respectivamente, 7,74 cm³cm⁻³ e 2,65 cm³cm⁻³.

Modelou-se o ensaio em um delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições e dez tratamentos (-30 kPa, -40 kPa, -50 kPa, -60 kPa, -70 kPa, 30% AD, 40% AD, 50% AD, 60% AD e 70% AD).

Com o propósito de caracterizar o ambiente climático, foram registrados diariamente os valores de Temperatura do ar (T, °C) e de Umidade relativa do ar (UR, %), auferidos por um Termo-higrômetro digital instalado na estufa.

Tabela 1. Atributos físico-químicos do solo determinados pelo Laboratório de Fertilidade e Laboratório de Física do Solo no Departamento de Solos e Recursos Ambientais da UNESP – FCA. Botucatu – SP.

Classe	pH	M.O.	P _{resina}	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
Textural	CaCl ₂	-- mg dm ⁻³ --				----- mmol _c dm ⁻³ -----					
Arenoso	4,1	4,3	1,8	4,6	18,0	3,0	2,3	1,4	6,7	24,8	27,2
				Areia	Argila	Silte					
				----- g dm ⁻³ -----							
				944	50	6					

A calagem do solo foi realizada antes da semeadura, visando elevar a saturação de bases a 70% (VAN RAIJ et al., 1996), juntamente uma aplicação de 1.910 mg dm⁻³ de Superfosfato simples (SFS) para elevar o teor de P₂O₅ a 100 mg dm⁻³.

Foram semeadas cinco sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) do grupo comercial carioca, cultivar BRS Ametista, em vasos plásticos com capacidade de 8 litros, com o solo na capacidade de campo. Dez dias após a germinação, foi realizado o desbaste, permanecendo a densidade populacional com três plantas por vaso.

Quinzenalmente, realizaram-se fertirrigações de uma solução contendo 22,2 mg dm⁻³ de Uréia, 160 mg dm⁻³ de Cloreto de Potássio (KCl) e com uma solução estoque (8 mL de solução de micronutrientes e 8 mL de Fe-EDTA). Os micronutrientes contidos na solução são 2,86 g de Ácido Bórico (H₃BO₃); 1,81 g de Cloreto Manganoso Tetra hidratado (MnCl₂.4 H₂O);

0,10 g de Cloreto de Zinco ($ZnCl_2$); 0,04 g de Cloreto de Cobre ($CuCl_2$); 0,02 g de Ácido Molibídico Hidratado ($H_2MoO_4 \cdot H_2O$) dissolvidos em 1,0 L de água deionizada. Os nutrientes contidos na solução Fe-EDTA são 26,2 g de Ácido Etilenodiamino Tetra-Acético Ferroso (EDTA); 268 mL de Hidróxido de Sódio (NaOH); 24,0g de $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ dissolvidos em 1,0 L de água deionizada.

O manejo da irrigação foi conduzido visando elevar o teor de água no solo à capacidade de campo sempre que os critérios estabelecidos fossem requeridos (-30 kPa, -40 kPa, -50 kPa, -60 kPa, -70 kPa e 30%, 40%, 50%, 60%, 70% da AD). E para isso o momento de irrigar era indicado com o auxílio de tensiômetros instalados em cada vaso e um tensímetro digital, em concordância com a curva característica de água.

A água de irrigação foi aplicada utilizando uma proveta graduada (500 mL). Após a emergência, o volume de água aplicado foi igual para todos os tratamentos, sendo diferenciada aos 60 dias após a semeadura (DAS), no momento do estágio de florescimento.

Os componentes de produção foram obtidos após a colheita, sendo coletados em três plantas de cada tratamento os seguintes caracteres: Número de vagens por planta (NVP) – número de vagens de plantas individuais da parcela; Peso de vagens por planta (PVP) – peso de vagens de cada planta da parcela, expresso em gramas (g); Comprimento da vagem (COMPV) – média de cinco vagens tomadas de cada planta da parcela, expresso em centímetros (cm); Número de grãos por vagem (NGV) – média do número de grãos de três vagens obtidos de cada planta da parcela; Peso de grãos por vagem (PGV) – média do peso de grãos de três vagens colhidos de cada planta da parcela, expresso em gramas (g); Peso de 100 grãos (P100G) – peso de 100 grãos tomadas de cada planta da parcela, expresso em gramas (g); Produtividade de grãos (PG) – peso de grãos tomado de plantas da parcela, expresso em gramas ($g\ planta^{-1}$);

Aplicou-se os testes de Bartlett e Shapiro-Wilk com o objetivo de avaliar a heterocedasticidade da variância e o ajuste dos erros (NOGUEIRA2007). Após as análises de variância convencional codificaram-se os tratamentos de acordo com os grupos de interesse, utilizando-se variáveis auxiliares, de acordo com Nesi e Garcia (2005).

Como o uso da variável auxiliar não permite testar o contraste entre os dois grupos, usou-se a função CONTRASTE do PROC GLM (SAS INSTITUTE, 2000). Para todas as análises, utilizou-se o software SAS (SAS INSTITUTE, 2000) e para comparação de médias aplicou-se o teste de Scott-Knott com o programa genes (PROGRAMA GENES, 2013).

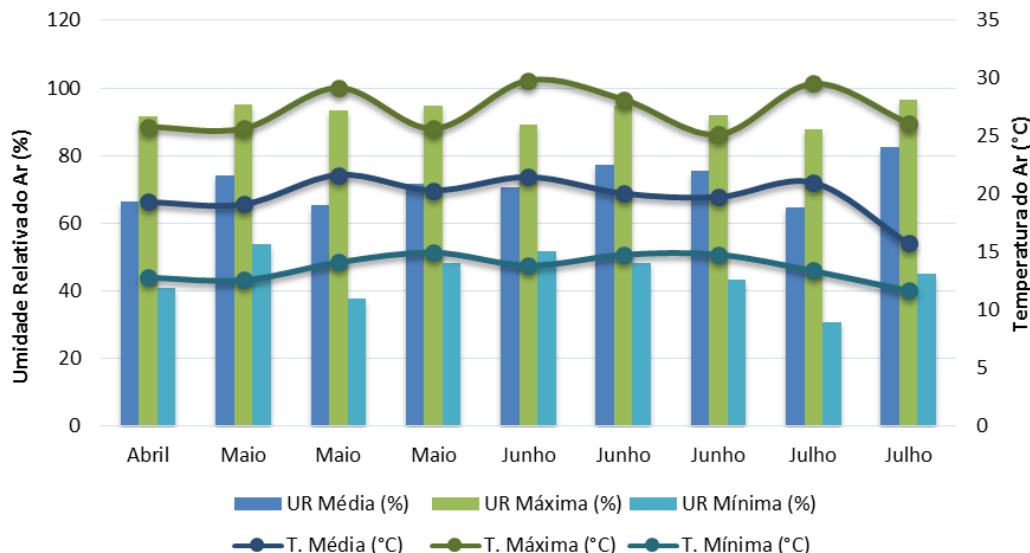
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a condução do experimento a temperatura do ar e umidade relativa do ar apresentaram variações, conforme visto na Figura 1. A temperatura média variou de 10,5°C a 27,3°C; a temperatura máxima de 17°C a 35°C e a temperatura mínima de 3,7°C a 18,4°C.

De maneira geral, ao longo do período de condução do experimento, tais médias não mantiveram-se na faixa recomendada por Barbosa e Gonzaga (2012), que para temperaturas maiores do que 35°C no florescimento, afeta bastante o rendimento de grãos. Da mesma forma, temperaturas abaixo de 12°C podem provocar abortamento de flores, concorrendo para um decréscimo no rendimento.

Por conta das alterações dos elementos climatológicos, o desenvolvimento do feijoeiro foi comprometido, provocando abortamento de flores e vagens. E de acordo com Embrapa (2003), a temperatura do ar é um dos elementos climáticos de maior importância para o crescimento e desenvolvimento do feijoeiro.

Figura 1. Valores de Umidade relativa do ar máxima (UR Máxima, %), Umidade relativa do ar média (UR Média, %), Umidade relativa do ar mínima (UR Mínima, %) e Temperatura Máxima (T. Máxima, °C), Temperatura Média (T. Média, °C), Temperatura Mínima (T. Mínima, °C) registrados na casa de vegetação do Departamento de Solos e Recursos Ambientais– UNESP/FCA.



Segundo Aidar et al. (2002), os feijoeiros que desenvolvem-se fora dos limites de temperatura estabelecidos são acometidos de danos à produção, desde a queda de flores até o abortamento das vagens, pois os efeitos das altas temperaturas podem ser confundidos com os de deficiência hídrica. Mas quando há disponibilidade de água, a temperatura elevada provoca um elevado crescimento vegetativo em detrimento do crescimento reprodutivo.

Na Tabela 2 apresenta-se o resumo da análise de variância do ensaio de textura arenosa referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagens (NGV), peso de grãos por vagens (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). A análise revelou existir diferenças estatisticamente significativas ($P < 5\%$ e $P \leq 1\%$) para os componentes de produção analisados. Não houveram interação entre os métodos para o NVP, PVP e PGV. O coeficiente de variação dos dados registrou-se entre baixo e médio para as características.

Tabela 2. Resumo da análise de variância (Quadrados médios) referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura arenosa. Botucatu, São Paulo. 2013

F.V.	G.L.	Quadrados Médios ¹						
		NVP	COMPV	PVP	NGV	PGV	P100G	PG
Blocos	3	2,266**	0,243**	1,8209**	0,6042**	0,1104**	12,104 ^{ns}	11,479**
Tratamentos	9	1,330**	0,126**	4,4073**	0,6964**	0,1521**	52,895*	18,994**
Depleção	4	2,160**	0,122**	4,5791**	0,3705*	0,1376**	38,372**	16,068**
Tensão	4	0,80*	0,133**	5,1741**	0,6460**	0,1832**	32,604**	25,321**
D v.s. T	1	0,136 ^{ns}	0,121**	0,6534 ^{ns}	2,2014**	0,0862 ^{ns}	192,150**	5,396**
Resíduo	27	0,273	0,229	0,287	0,131	0,024	21,836	2,266
C.V	–	13,33	4,91	13,01	8,08	13,97	21,47	17,20

¹ ns: Não significativo ($p > 0,05$); *: Significativo ($0,05 \geq p \geq 0,01$); **: Significativo ($p \leq 0,01$);

Na Tabela 3 observa-se a comparação de médias entre os dez tratamentos pelo teste de Scott-Knott, que não evidenciaram diferenças estatísticas ao nível de 5% para as médias que apresentarem a mesma letra na vertical. Na cultura do feijão, a produtividade de grãos é correlacionada com os componentes da produção (COSTA; ZIMMERMANN, 1988; COIMBRA et al., 1999). Dependendo das condições, alguns componentes da produção podem aumentar e outros diminuir, facilitando a manutenção da estabilidade da produtividade de grãos (COSTA; KOHASHI-SHIBATA; COLIN, 1983).

O NVP elencou as maiores médias para os tratamentos 30% AD, 40% AD, -30 kPa, -40 kPa, -50 kPa e -60kPa, com as respectivas médias 4,75, 4,58, 4,08, 3,92, 4,59 e 4,0. Os tratamentos com menor teor de água no solo, logo, apresentaram os menores valores para a característica. Esse resultado corrobora com os encontrados por Miranda, Belmar (1977) e Stone, Moreira e Silva (1988) que também observaram redução no número de vagens por planta em feijoeiros submetidos a deficiência hídrica.

Tabela 3. Comparação de médias (agrupamentos) dos dez tratamentos pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grão por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura arenosa. Botucatu, São Paulo. 2013

Métodos	Tratamentos ¹	NVP	COMPV	PVP	NGV	PGV	P100G	PG
Depleção	30% AD	4,75 a	9,70 a	4,55 b	4,55 a	1,18 b	22,19 a	9,67 a
	40% AD	4,58 a	10,00 a	5,27 a	4,25 b	1,29 a	22,68 a	11,04 a
	50% AD	3,42 b	9,70 a	4,30 b	4,16 b	1,12 b	20,02 a	8,06 b
	60% AD	3,33 b	9,60 a	3,29 c	4,51 a	0,90 c	17,66 a	7,18 b
	70% AD	3,25 b	9,55 a	2,56 d	3,80 b	0,86 c	15,35 a	5,97 b
Tensão	-30 kPa	4,08 a	9,90 a	5,45 a	4,70 a	1,34 a	27,82 a	12,10 a
	-40 kPa	3,92 a	10,10 a	5,23 a	5,00 a	1,43 a	24,99 a	11,30 a
	-50 kPa	4,59 a	9,65 a	4,20 b	4,82 a	1,12 b	23,66 a	8,53 b
	-60 kPa	4,00 a	9,70 a	3,71 c	5,05 a	1,00 c	19,94 a	7,50 b
	-70 kPa	3,33 b	9,75 a	2,67 d	4,05 b	0,93 c	23,36 a	6,16 b

¹ Médias na vertical seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

As médias observadas para o comprimento de vagem (COMPV) estiveram no intervalo de 9,55 cm e 10,10 cm e indicou com o teste estatístico que os métodos de irrigação analisados não contribuíram para a diferenciação das médias. Tais valores revelaram-se superiores aos encontrados por Miorini (2012).

Notou-se um acréscimo de 48% no peso de vagem por planta (PVP), os tratamentos que mais se destacaram foram 40% AD, -30 kPa e -40 kPa com os valores médios de 5,27 g, 5,54 g e 5,23g, respectivamente. Os tratamentos 70% AD e -70 kPa revelaram-se com as menores médias, 2,56 g e 2,67 g, sendo justificado pelo mínimo teor de água no solo que tais tratamentos armazenam. Esses resultados aproximaram-se dos observados por Summerfield et al. (1976) que, no feijão-caupi, relataram uma redução de 50% no número e peso das vagens normais.

Os métodos de irrigação influenciaram também o NGV, recebendo maiores destaques para os tratamentos 30% AD (4,55), 60% AD (4,51), -30 kPa (4,7), -40 kPa (5,0), -50 kPa (4,82) e -60 kPa (5,05). As menores médias apresentaram-se para os tratamentos 40% AD (4,25), 50% AD (4,16), 70% AD (3,80) e -70 kPa (4,05). Os resultados verificados nesse experimento mostraram-se maiores que os publicados por Miorini (2012) estudando a produtividade do feijoeiro sob supressão de irrigação, em vasos.

Foi detectado a interferência dos métodos de irrigação no PGV, sendo este, fracionado em três grupos (a, b, c), as maiores médias foram expostas pelos tratamentos do grupo "a", 40% AD (1,29 g), -30 kPa (1,34 g) e -40 kPa (1,43 g). Os grupos "b" e "c" foram associados aos tratamentos menos produtivos, sendo 30% AD (1,15 g), 50% AD (1,12 g), 60% AD (0,9 g), 70% AD (0,86 g), -50 kPa (1,12 g), -60 kPa (1,0 g) e -70 kPa (0,93 g).

O P100G foi, estatisticamente, igual para todos os tratamentos. Segundo Shouse et al. (1981), este componente de produção reflete a relação entre fonte e dreno. Quando o peso de 100 sementes é reduzido, isto indica que a produção é limitada na fonte. Este fenômeno pode ocorrer em virtude do grande número de vagens, como no caso dos tratamentos adequadamente irrigados, ou pelo efeito do estresse hídrico sobre a fotossíntese ou translocação de fotoassimilados. O maior peso da semente pode refletir uma compensação para limitação de tamanho do dreno.

Os resultados alcançados com os componentes refletiram significativamente na produtividade do feijoeiro, observando-se que os tratamentos de maior frequência de irrigação revelaram maiores produtividades, sendo estes 30% AD (9,67 g planta⁻¹), 40% AD (11,04 g planta⁻¹), -30 kPa (12,1 g planta⁻¹) e -40 kPa (11,3 g planta⁻¹). Os demais tratamentos representaram as menores produtividades 50% AD (8,06 g planta⁻¹), 60% (7,18 g planta⁻¹) AD, 70% AD (5,97 g planta⁻¹), -50 kPa (8,53 g planta⁻¹), -60 kPa (7,50 g planta⁻¹) e -70 kPa (6,16 g planta⁻¹).

Após a comparação de médias entre os dois métodos de irrigação (Tabela 3), fez-se um desdobramento dos dados para a verificar o efeito das médias dentro de cada método (Depleção e Tensão), quais são expostos nas Tabelas 4 e 5.

Na Tabela 4 está o agrupamento de cinco tratamentos de Depleção pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade estatística. O NVP não apresentou alterações, elencando os mesmos tratamentos, 30% AD (4,75) e 40% AD (4,58), como maiores, igualmente ao apresentado na Tabela 4. As menores médias evidenciaram-se nos tratamentos 50% AD (3,42), 60% AD (3,33) e 70% AD (3,25).

Tabela 4. Comparação de médias (agrupamentos) dos cinco tratamentos (Depleção) pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura arenosa. Botucatu, São Paulo. 2013

Método	Tratamento ¹	NVP	COMPV	PVP	NGV	PGV	P100G	PG
Depleção	30% AD	4,75 a	9,70 a	4,55b	4,55 a	1,18a	22,19 a	9,67a
	40% AD	4,58 a	10,00a	5,27 a	4,25 a	1,29 a	22,68 a	11,04a
	50% AD	3,42 b	9,70 a	4,30 b	4,16 a	1,12 a	20,02 a	8,06 b
	60% AD	3,33b	9,60 a	3,29 c	4,51 a	0,90 b	17,66 a	7,18 b
	70% AD	3,25 b	9,55 a	2,56 c	3,80a	0,86 b	15,35a	5,97 b

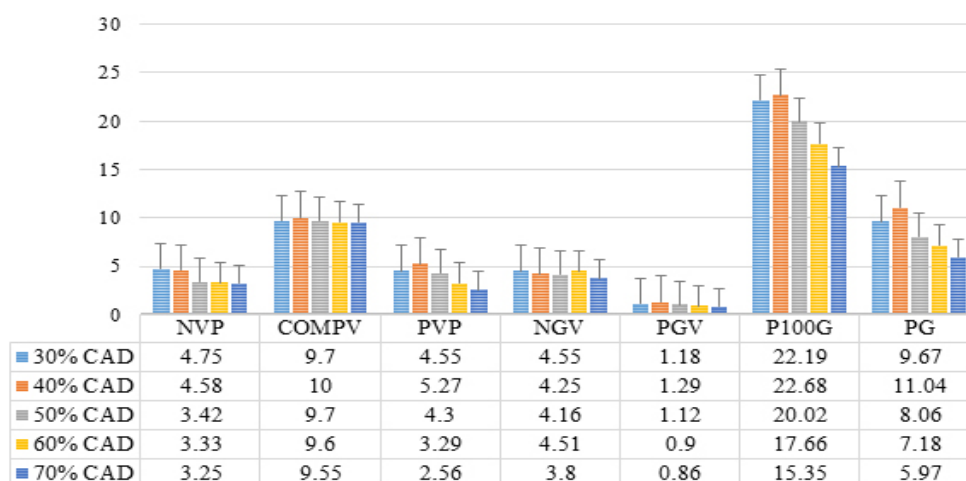
¹ Médias na vertical seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

O teste estatístico aplicado não constatou diferença significativa para os componentes COMPV, NGV e P100G. No peso de vagem por planta (PVP) os tratamentos foram arranjados em três grupos (a, b, c), o maior peso de vagem se apresentou no tratamento 40% AD (5,27 g), e foi seguido pelos tratamentos 30% AD (4,55 g), 50% AD (4,3 g), 60% AD (3,29 g) e 70% AD (2,56 g).

O PGV apresentou as maiores médias para os tratamentos 30% AD (1,18 g), 40% AD (1,29 g) e 50% AD (1,12 g). As menores médias se apresentaram para os tratamentos 60% AD (0,90 g) e 70% AD (0,86). A PG dividiu-se em dois grupos (a, b) e expôs maiores valores de médias nos tratamentos 30% AD (9,67 g planta⁻¹) e 40% AD (11,04 g planta⁻¹). Os tratamentos 50% AD (8,06g planta⁻¹), 60% AD (7,18g planta⁻¹) e 70% AD (5,97 g planta⁻¹) evidenciaram as menores médias.

Constata-se na Figura 2 a propensão de cada tratamento para cada componente de produção estudado, que fora descrito na Tabela 3. Em 70% dos componentes de produção, o tratamento 40% AD exprimiou maiores valores de média. Por isso nota-se que os tratamentos representados pelos níveis mais elevados de teor de água no solo, ou seja, de menor tensão, apresentaram as maiores produtividades. Pois segundo Sebanek (1992) a absorção ótima de água pelas plantas ocorre de 60 a 70 % da capacidade máxima do solo.

Figura 2. Agrupamentos dos cinco tratamentos (Depleção) pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura arenosa. Botucatu, São Paulo, 2013



A comparação de médias foi também realizada para o método de Tensão (Tabela 5) pelo teste de Scott-Knott e possibilitou verificar os tratamentos que mais se destacaram para este método de irrigação. Os componentes NVP, COMPV e P100G não mostram-se afetados pela diferenciação do teor de água do solo.

Tabela 5. Comparação de médias (agrupamentos) dos cinco tratamentos (Tensão) pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura arenosa. Botucatu, São Paulo, 2013.

Método	Tratamento ¹	NVP	COMPV	PVP	NGV	PGV	P100G	PG
Tensão	- 30 kPa	4,08 a	9,90a	5,45 a	4,70 a	1,34 a	27,82 a	12,10 a
	- 40 kPa	3,92 a	10,10 a	5,23 a	5,00 a	1,43 a	24,99 a	11,30a
	- 50 kPa	4,59 a	9,65 a	4,20 b	4,82 a	1,12 b	23,66 a	8,53 b
	- 60 kPa	4,00a	9,70 a	3,71 b	5,05 a	1,00 b	19,94 a	7,50 b
	- 70 kPa	3,33 a	9,75 a	2,67 c	4,05 b	0,93 b	23,36 a	6,16 b

¹ Médias na vertical seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

O PVP foi decomposto em grupos (a, b, c), no grupo “a” estiveram os tratamentos que mais se destacaram, sendo -30 kPa (5,45 g) e -40 kPa (5,23 g). Em segundo lugar, grupo “b”, foi composto pelos tratamentos -50 kPa (4,20 g) e -60 kPa (3,71 g). O tratamento -70 kPa foi o que apresentou menor média, 2,67 g.

O NGV foi dividido em dois grupos (a, b) sendo que 80% dos tratamentos concentraram-se apenas no grupo “a”, que são -30 kPa (4,7), -40 kPa (5,0), -50 kPa (4,82) e -60 kPa (5,05). O menor tratamento obteve média de 4,05, representando o tratamento -70 kPa.

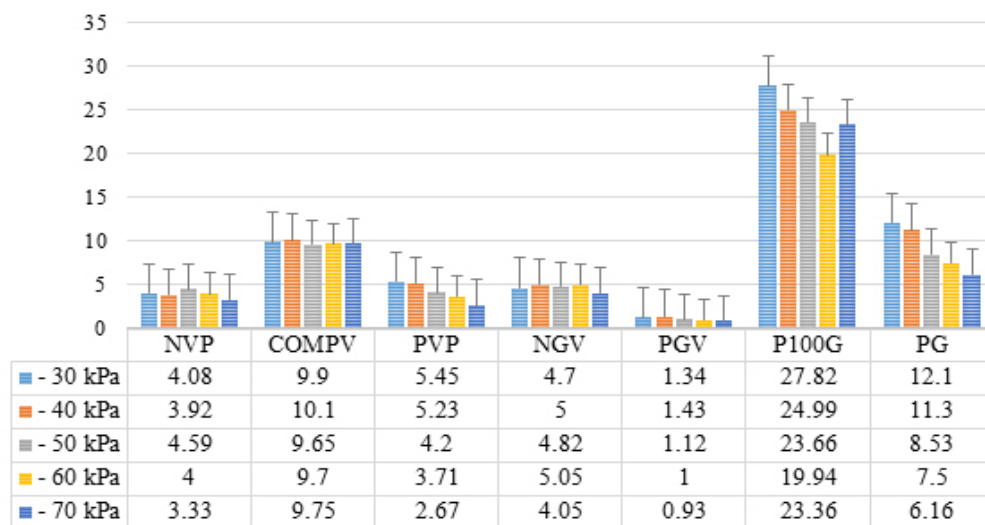
Para o componente PGV, apenas dois tratamentos apresentaram as maiores médias, -30 kPa (1,43 g) e -40 kPa (1,43 g). As menores médias e seus respectivos tratamentos foram 1,12 g (-50 kPa), 1,0 g (-60 kPa) e 0,93 g (-70 kPa).

A produtividade (PG, g planta⁻¹) alcançou as maiores médias nas menores tensões aplicadas, -30 kPa (12,1 g planta⁻¹) e -40 kPa (11,3 g planta⁻¹). Estas foram seguidas das menores produtividades e seus respectivos tratamentos, -50 kPa (8,53 g planta⁻¹), -60 kPa (7,5 g planta⁻¹) e -70 kPa (6,16 g planta⁻¹). Weaver et al. (1984) perceberam que a diminuição do potencial da água no solo de -50 kPa a -100 kPa reduz a produção total de grãos por planta de 20% a 40%; mas o número de sementes por vagem e o peso de 100 sementes não foram reduzidos.

Pode ser conferido na Figura 3 o comportamento dos tratamentos para cada componente de produção analisado, que fora descrito na Tabela 7, de maneira mais ampla. Dentre os tratamentos destaca-se -30 kPa e -40 kPa, pois influenciaram significativamente os componentes de produção. Hedge e Srinivas (1990) obtiveram as maiores produções de matéria seca, produção de grãos, absorção de nutrientes e eficiência no uso da água de irrigação quando o potencial mátrico diminuía de -25 kPa a -45 kPa, quando comparado com irrigação a potenciais mátricos menores (-65 kPa a -85 kPa). Na característica P100G, mesmo não havendo significância estatística entre as médias, constata-se que houve um comportamento incomum para o tratamento -70 kPa e tal fato pode ter acontecido no processo de aquisição dos dados.

Explicita-se na Tabela 6, que o método da Tensão, para o solo arenoso, apresentou resultados mais significativos quando comparado ao método de Depleção, pois pela comparação dos contrastes entre os métodos, dois parâmetros revelaram resultados significativos, sendo o número de grãos por vagem (NGV) e peso de 100 grãos (P100G). No entanto, a produtividade (PG, g planta⁻¹) se mostra indiferente aos métodos aplicados, haja vista que não sofrera variação significativa.

Figura 3. Agrupamento dos cinco tratamentos (Tensão) pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura arenosa. Botucatu, São Paulo. 2013



Esse comportamento pode estar relacionado a textura arenosa, pois neste tipo, o solo seca mais rápido por possuir maior macroporosidade, o que possibilita a passagem da água com maior facilidade entre os poros, alcançando maiores profundidades. E nesta movimentação da água para as camadas mais profundas, ela carrega junto os nutrientes essenciais às plantas, diminuindo por conseguinte o efeito da diferença de lâmina acumulada.

Tabela 6. Comparação dos contrastes entre métodos (Depleção v.s. Tensão) referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura arenosa. Botucatu, São Paulo. 2013

Componentes de Produção	Métodos de Irrigação ¹	
	Depleção	Tensão
NVP	3,87 A	3,98 A
COMPV	9,71 A	9,82 A
PVP	3,99 A	4,25 A
NGV	4,25 B	4,72 A
PGV	1,07 A	1,16 A
P100G	19,58 B	23,95 A
PG	8,38 A	9,12 A

¹Médias na horizontal seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste “F” ao nível de 5% de probabilidade.

6 CONCLUSÃO

Não houveram diferenças significativas entre os métodos de irrigação aplicados.

As frações de -30 kPa e -40 kPa, exerceram efeitos positivos sobre a produtividade de grãos do feijoeiro no solo de textura arenosa.

Os níveis de 30% AD e 40% AD, exerceram efeitos positivos sobre a produtividade de grãos do feijoeiro no solo de texturas arenosa.

7 REFERÊNCIAS

AIDAR, H.; SILVA, S. C. da; KLUTHCOUSKI, J.; THUNG, M. **Sistema de produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais: época de plantio**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. 4 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 55).

ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D., SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop requirements**. Irrigation and Drainage Paper No. 56, FAO, Rome, Italy, 1998.

BARBOSA, F.R.; GONZAGA, A.C.O. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012.

BRITO, R. R. **Crítérios de manejo na irrigação do feijoeiro em três texturas de solo**. 2014. 53f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

BRITO, R. R. de; GOMES, E. R.; LUDWIG, R., Uso da água na irrigação. **Fórum ambiental de Alta Paulista**. v. 8, n. 2, 2012. ISSN 1980-0827

COIMBRA, J.L.M.; GUIDOLIN, A.F.; CARVALHO, F.I.F.; COIMBRA, S.M.M.; MARCHIORO, V.S. Análise de trilha I: Análise do rendimento de grãos e seus componentes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.2, p.213–218, 1999.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento Disponível: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_02_11_15_22_20_boletim_graos_fevereiro_2014.pdf>. Acesso em: 10abril. 2014

COSTA, J.C.G.; ZIMMERMANN, M.J.O. Melhoramento genético. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). A cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: **Potafos**. 1988. p. 229–245.

COSTA, J.G.C.; KOHASHI-SHIBATA, J.; COLIN, S.M. Plasticidade no feijoeiro comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.2, p.159–167, 1983

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPMANS, J. W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S.; LOPES, P. P. **Programa para confecção da curva de retenção de água no solo, modelo Van Genuchten**. Soil Water Retention Curve, SWRC (version 3,00 beta). Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Informação tecnológica. Feijão: o produtor pergunta, a EMBRAPA responde. Brasília, DF, 2003. 203 p.

FIGUEIREDO, S. F.; POZZEBON, E. J.; FRIZZONE, J. A.; AZEVEDO, J. A.; GUERRA, A. F.; SILVA, E. M. Gerenciamento da Irrigação do feijoeiro baseado em critérios técnicos e econômicos do cerrado. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 3, p. 378 – 391, julho–setembro, 2008.

FREITAS, W. A. de; CARVALHO, J. de A.; BRAGA, R. A.; ANDRADE, M. J. B. de. Manejo da irrigação utilizando sensor da umidade do solo alternativo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**[online].2012, vol. 16, n. 3, p. 268–274. ISSN 1807–1929.

GENUCHTEN, M. T. van. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.44, p.892-898, 1980.

HEDGE, D.M.; SRINIVAS, K. Plant water relations and nutrient uptake in French bean. **Irrigation Science**, Bangalore, v.11, p.51–56, 1990.

VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M. CANGIANI. Boletim Técnico 100: **Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas, SP. 1996. 285p.

MIORINI, T. J. J. **Produtividade do feijoeiro sob supressão de irrigação em diferentes fases fenológicas**. 2012. 111 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

MIRANDA, N. O.; BELMAR, N. C. Déficit hídrico y frecuencia de riego en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). **Agricultura Técnica**, Santiago, v.37, n.3, p.111–117, 1977.

MONTEIRO, P. F. C; FILHO, R. A; MONTEIRO, R. O. C. Efeitos da Irrigação e da Adubação Nitrogenada Sobre as Variáveis Agrônômicas da Cultura do Feijão. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 4, p. 386–400, outubro–dezembro, 2010.

NESI, C. N.; GARCIA, A. A. F. Decomposição ortogonal de graus de liberdade de tratamentos utilizando variáveis auxiliares e procglm do sas. Campinas – S.P. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.1. p. 157–167. 2005.

NOGUEIRA, M. C. S. Experimentação agrônômica I: conceitos, planejamento e análise estatística. Piracicaba: M. C. S. Nogueira, 2007. 479p.

PROGRAMA GENES. Aplicativo computacional em genética e estatística experimental. Viçosa, MG: UFV, 2013. Disponível em www.ufv.br/dbg/genes/genes.htm. Acesso em: 22 nov. 2013.

SAS INSTITUTE Inc., SAS/STAT: user`s guide, version 8.1, Cary 2000, v–1, 943p.

SEBANEK, J. Plant Physiology. Amsterdam. Ed. **Elsevier Science & Technology**, 454 p. 1992.

SHOUSE, P.; DASBERG, S.; JURY, W. A.; STOLZY, L. W. Water deficit effects on water potential, yield, and water use of cowpeas. **Agronomy Journal, Madison**, v.37, p.333–336, 1981.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Irrigação. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 74–82, 2004.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L. F. Manejo da irrigação do feijoeiro: uso do tensiômetro e avaliação do desempenho do pivô central. Goiânia: EMBRAPA, p. 46 1994. (Circular Técnico, 27).

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; SILVA, S. C. da. Efeitos da tensão de água no solo sobre produtividade e crescimento do feijoeiro e produtividade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p.161–167, 1988.

SUMMERFIELD, R.J.; HUXLEY, P.A.; DART, P.J.; HUGHES, A.P. Some effects of environmental stress on seed yield of cowpea. **Plant and Soil**, v.44, p.527-546, 1976.

WEAVER, M.L.; Ng, H.; BURKE, D.W.; SILBERNAGEL, N.J.; FOSTER, K.; TIMM, H. Effect of soil moisture tension on pos retention and seed yield of bean. **Horticultural Science**, Alexandria, v.19, p.567-572, 1984.