

Desenvolvimento da cultura do feijoeiro submetida a dois sistemas de manejo de irrigação e de cultivo

Luiz Carlos Pavani¹, Adriano da Silva Lopes^{2*} e Gener Tadeu Pereira³

¹Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. ²Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Rod. Aquidauana/CERA, km 12, 79200-000, Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil. ³Departamento de Ciências Exatas, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: lopes@uem.br

RESUMO. A cultura do feijoeiro apresenta elevada importância no contexto agrícola nacional. Além de ser uma cultura que atende às características da agricultura familiar, também é cultivada em áreas extensivas com alta tecnologia. Pesquisas relacionadas ao desenvolvimento do feijoeiro frente às variantes edafoclimáticas regionais vêm assumindo papel de destaque, principalmente por se tratar de uma planta sensível tanto ao déficit quanto ao excesso hídrico. O objetivo deste trabalho foi avaliar a cultura do feijoeiro de ‘inverno’ submetida a dois métodos de manejo de irrigação, em pivô central, um via solo por meio de tensiômetros, outro via clima por meio do tanque Classe ‘A’, em dois sistemas de plantio, convencional e direto, no primeiro ano. Foram avaliados o índice de área foliar (IAF), massa seca total (MS) de plantas e a variação do potencial mátrico de água no solo. Concluiu-se que os manejos de irrigação e os sistemas de plantio não resultaram em diferenças no IAF e nem no acúmulo de matéria seca total ao longo do ciclo da cultura; o manejo da irrigação por tensiometria acarretou maior variação no potencial mátrico de água no solo do que o método via clima por meio do tanque Classe ‘A’.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, potencial mátrico, tanque Classe ‘A’, tensiômetro.

ABSTRACT. Growth of dry bean crop submitted to two water management and tillage systems. The dry bean has great importance to Brazilian agriculture. In addition to being a crop that meets the characteristics of family agriculture, it is also cultivated in extensive areas using high technology. Research related to the behavior and development of the bean crop in relation to regional soil and climatic variants have assumed a prominent role, especially because it is a plant that is sensitive both to the lack and excess of water in the soil. The objective of this research was to compare two methods of management of center pivot irrigation: a) soil sensor (tensiometry) and b) simplified climatological water balance – Class A pan; in conventional and no-tillage systems of soil cultivate (first year), on the irrigated dry bean winter crop growing under center pivot in succession to the corn crop in a Oxisol soil. The leaf area index (IAF), dry matter plant production and variation of the soil matrix potential were evaluated. It was concluded that both irrigation managements and tillage systems did not result in differences in IAF, nor in dry matter accumulation along the crop cycle; the tensiometry method brought on a larger variation in the soil matrix potential than the Class ‘A’ simplified climatological method.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, matrix potential, Class ‘A’ pan, tensiometer.

Introdução

Os aspectos relacionados ao fornecimento adequado de água às plantas vêm assumindo grande parte das preocupações dos agricultores irrigantes. O manejo adequado da irrigação tem sua importância relacionada aos custos de energia elétrica, bem como à conservação do solo e da água. Diante disso, a aplicação de água, na quantidade requerida pelas culturas e no momento apropriado, torna-se de fundamental importância dentro do contexto desses recursos naturais.

Existe um consenso de que o estresse hídrico na planta pode causar danos econômicos severos ao agricultor e, mesmo em condições de irrigação, a aplicação da água no momento certo e na quantidade apropriada tem sido fator de estudos pelos pesquisadores, porém ainda pouco utilizado pelos agricultores irrigantes; ou seja, mesmo dispondo de modernos equipamentos de irrigação, a falta de critérios para sua utilização vem constituindo-se como principal fator limitante para o pleno sucesso da agricultura irrigada.

A deficiência hídrica atua na maioria dos processos fisiológicos e morfológicos das plantas, e seus danos econômicos resultantes dependem da duração, intensidade, frequência e época em que ocorrem (GUIMARÃES et al., 1996).

O feijoeiro de inverno é uma cultura de grande importância socioeconômica, principalmente no Estado de São Paulo, com produtividade correspondente ao dobro das safras das águas e da seca (RAPASSI et al., 2003). Em solos de cerrado, Teixeira et al. (2008) também concluíram que, comparativamente às safras das águas e da seca, a de inverno destacou-se como a mais produtiva.

Na maioria das regiões produtoras, o problema da baixa produtividade tem as suas causas, entre outros fatores, na tecnologia rudimentar utilizada e nas variações climáticas, principalmente a deficiência hídrica (PESSOA et al., 1996), quando ocorre na fase vegetativa (STONE; MOREIRA, 2001), em função da redução da área assimilatória que atingirá a fase de enchimento de grãos (GUIMARÃES et al., 1996).

Particularmente em regiões em que durante uma parte do ano as condições de temperatura e de radiação solar são suficientes para a produção de culturas agrícolas, mas existe um déficit hídrico importante, como nas regiões Norte, Nordeste e Noroeste do Estado de São Paulo, a adoção de técnicas conjugadas de plantio direto e de irrigação tem-se mostrado promissora, sob o ponto de vista de melhor explorar a terra e os insumos e também sob o aspecto conservacionista.

Na região Central do Brasil, a semeadura direta do feijoeiro irrigado por aspersão, na resteva da cultura anterior, vem tendo aceitação cada vez maior por ser uma alternativa de manejo correto e sustentável de sistemas agrícolas intensivos (STONE; SILVEIRA, 1999).

Pela utilização do sistema plantio direto com sucessão de culturas em áreas que eram tradicionalmente cultivadas no sistema convencional, espera-se que ocorram, ao longo do tempo, mudanças no microclima do sistema solo-planta, principalmente pela manutenção, por um período maior, da cobertura vegetal morta da cultura remanescente sobre o solo. Isso reflete em mudanças fisiológicas e morfológicas nas culturas e favorece a conservação qualitativa e quantitativa da camada superficial do solo e do armazenamento de água na zona radicular das culturas, mantendo, por mais tempo, condições de conforto hídrico e térmico favoráveis ao desenvolvimento e crescimento das plantas.

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento da cultura do feijoeiro, quando cultivada em sistemas de plantio direto e

convencional e submetida a dois métodos de manejo da irrigação (tensiometria e tanque Classe 'A').

Material e métodos

Local, clima e solo

A área experimental onde o experimento foi conduzido situa-se no município de Jaboticabal, Estado de São Paulo, em local com as seguintes coordenadas geográficas aproximadas: 21° 14' de Latitude Sul, 48° 17' de Longitude Oeste e altitude média de 615 m. As normais climatológicas do município, como valores médios anuais do período de 1971 a 2000, são: 1.424,6 mm de chuva, 943,5 hPa de pressão atmosférica, 28,9; 16,8 e 22,2°C de temperaturas máximas, mínima e média do ar, respectivamente, 70,8% de umidade relativa do ar, insolação total de 2.585,8h e um total de 117,5 dias com chuva¹.

O solo da área foi classificado como Latossolo Roxo eutroférico típico, correspondendo ao Latossolo Vermelho eutroférico, conforme classificação da Embrapa (1999).

Instalação e condução da cultura

Utilizou-se o feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar IAC-Carioca, que foi semeado na área sob pivô central, onde ocorreu o preparo do solo na área sob plantio convencional e aplicação de herbicida glyphosate (6,0 L ha⁻¹ do p.c.) no plantio direto, sendo realizada a semeadura em 8/6/2002. A adubação de semeadura consistiu de 214 kg ha⁻¹ da formulação 10-20-20, baseada na análise química do solo, e a adubação de cobertura foi realizada aos 15 dias após a emergência (DAE), aplicando-se 70 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de nitrato de amônio. Foram aplicados inseticidas para o controle preventivo da mosca-branca (*Bemisia tabaci*), para o controle da 'mosca-minadora' (*Liriomyza* sp.), 'lagarta-elasma' (*Elasmopalpus lignosellus*) e 'vaquinha' (*Diabrotica speciosa*). Também foi aplicado, aos 25 DAE, herbicida seletivo para a cultura do feijoeiro, à base de fomesafen. O espaçamento utilizado foi de 0,45 m entre linhas, sendo semeadas 18 sementes por metro.

Sistema de irrigação, delineamento experimental e tratamentos empregados

O experimento foi conduzido em sistema de irrigação por aspersão do tipo pivô central, cujo equipamento abrange uma área aproximada de 3,3 ha; a

¹ Fonte: <www.fcav.unesp.br/departamentos/cienciasexatas/caract/estacao/estno.html>. Acesso em: 10 fev. 2005.

vazão do sistema, a uniformidade de aplicação e a de distribuição de água e a lâmina média aplicada foram avaliados antes da instalação das parcelas experimentais nas velocidades de rotação de 20, 50 e 100%.

O delineamento experimental utilizado foi semelhante ao de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 2, composto por três blocos, com três replicações dentro de cada tratamento em cada bloco, e os resultados foram analisados pela comparação das médias por meio do teste de Tukey, a 5% de probabilidade, bem como em análises de regressão.

A área circular abrangida pelo pivô foi dividida em oito partes, e cada octante correspondeu a um sistema de plantio, direto (PD) ou convencional (PC), juntamente com um método de manejo da irrigação, tensiometria (Tens) ou tanque Classe 'A' (TCA), conforme o esquema da Figura 1.

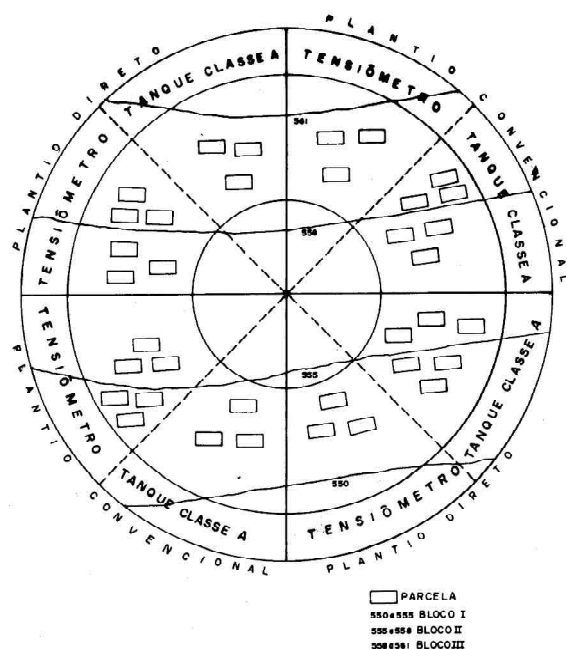


Figura 1. Esquema geral da área experimental, em que cada bloco encontra-se na área entre as cotas (m) das curvas de nível (sem escala).

Na área de PC, foram realizadas duas gradagens com grade aradora e uma com grade niveladora para o destorroamento e a incorporação de herbicida pré-plantio (trifluralina); na área de PD, foi aplicado herbicida dessecante antes da semeadura. Cada parcela experimental constou de cinco linhas por 5 m de comprimento, resultando em uma área de 2,25 m².

Nas parcelas em que o manejo da irrigação foi efetuado com tensiômetros, foi colocado, na parte central de cada uma delas, um conjunto com dois tensiômetros, um instalado a 0,15 m e outro a 0,30 m de profundidade (SILVEIRA; STONE, 2001). O tensiômetro de 0,15 m foi o de decisão do momento

de irrigar, enquanto o de 0,30 m o de controle da profundidade da lâmina aplicada. Nas parcelas de TCA, também foram instalados tensiômetros às mesmas profundidades para acompanhamento dos potenciais mátricos no solo em função desse manejo.

O momento de se proceder à irrigação foi definido quando o tensiômetro de decisão acusou valores de tensão da água no solo iguais ou maiores que 40 kPa (SILVEIRA; STONE, 2001).

A lâmina líquida, ou Água Facilmente disponível (AFD), de referência para os dois sistemas de manejo de irrigação foi calculada em função da relação entre a tensão da água no solo e a umidade volumétrica média na camada de 0 – 0,40 m (profundidade efetiva do sistema radicular, segundo Wutke et al. (2000), para a tensão de 40 kPa (AFD = 18,6 mm)).

A lâmina de irrigação, ou água disponível, consumida até o dia da irrigação ($ADCi_{(Tens)}$), em mm, foi calculada conforme a Expressão 1.

$$ADCi_{(Tens)} = (\theta_{cc} - \theta_{ai}) 1000 Z \quad (1)$$

em que:

θ_{cc} a umidade do solo na capacidade de campo ($m^3 m^{-3}$) correspondente à tensão de 10 kPa;

θ_{ai} a umidade atual do solo no momento da irrigação ($m^3 m^{-3}$);

Z a profundidade efetiva do sistema radicular da cultura.

A aplicação do manejo pelo tanque Classe 'A' considerou o balanço em 24h entre a evapotranspiração da cultura (ET_c), segundo Allen et al. (1998), e a chuva total coletada em um pluviômetro tipo 'Ville de Paris'. Assim, o cálculo da lâmina líquida real ou $ADCi_{(TCA)}$ foi obtido de acordo com a Expressão 2.

$$ADCi_{(TCA)} = \sum_n^t (ET_c - P) \quad (2)$$

em que:

$$ADCi_{(TCA)} \geq AFD (18,6 \text{ mm});$$

(tj-ti) a duração do intervalo, em dias, entre duas irrigações.

A ET_c ($mm \text{ dia}^{-1}$) foi estimada de acordo com a metodologia apresentada em Doorenbos e Pruitt (1976), pela Expressão 3.

$$ET_c = ECA K_p K_c \quad (3)$$

em que:

ECA a evaporação medida no tanque Classe 'A' ($mm \text{ dia}^{-1}$);

Kp o coeficiente de tanque (adimensional) e Kc o coeficiente de cultura simplificado (adimensional) estimado diariamente para a cultura do feijoeiro (ALLEN et al., 1998).

Os valores de Kc corresponderam a 0,4; 1,15 e 0,35, para as fases de desenvolvimento inicial (K_{c_i}), floração e enchimento de vagens (K_{c_m}) e maturação (K_{c_f}), respectivamente. Durante a fase inicial, o Kc foi sendo incrementado até atingir o valor de 1,15, aos 40 DAE; para isso, obteve-se a diferença entre o K_{c_m} e o K_{c_i} , e o resultado foi dividido pelo número de dias, cujo valor foi sendo adicionado ao valor do dia anterior. O mesmo procedimento foi utilizado para o K_{c_f} , dos 69 aos 98 DAE, sendo, entretanto, o resultado da diferença entre K_{c_m} e K_{c_f} dividido pelo número de dias e subtraído do valor do dia anterior.

Foram avaliados os seguintes parâmetros: índice de área foliar (IAF), massa seca total de planta e variação do potencial mátrico do solo.

O IAF foi avaliado semanalmente em cada parcela, a partir dos 20 DAE até 89 DAE, realizando-se duas amostragens por parcela, de forma não-destrutiva, com o aparelho LAI-2000 da Li-Cor (LI-COR, 1992). Foram realizadas 36 estimativas de IAF por tratamento (em cada amostragem).

A massa seca total de plantas foi avaliada semanalmente (dos 27 aos 90 DAE). Foram realizadas amostragens de plantas no dia posterior ao da estimativa do IAF, e consistiram na retirada de três plantas por parcela, sendo 27 plantas por tratamento, totalizando 108 plantas por amostragem semanal, que eram acondicionadas em sacos de papel e levadas para secagem em estufa com circulação de

ar a, aproximadamente, 70°C por, no mínimo, 24h. Em seguida, foram pesadas em balança com resolução de 0,01 g. A variação do potencial mátrico do solo até a profundidade Z, em cada condição, foi avaliada por meio dos tensiômetros instalados na camada de 0-0,40 m.

Resultados e discussão

O desenvolvimento do IAF dos 20 aos 89 dias após a emergência das plântulas (DAE), para cada tratamento, pode ser observado nos gráficos da Figura 2.

Houve bom ajuste entre DAE e IAF (Tabela 1), cujos valores de R se aproximam da unidade. Pode-se observar que os maiores valores de IAF variaram entre 3,5 e 4,4 e ocorreram entre 66 e 69 DAE (período de enchimento de grãos); os tratamentos TCA apresentaram esses índices em torno de dois dias antes de Tens. Verifica-se que não houve diferença de IAF, em cada amostragem, entre manejo de irrigação (Figura 3) nem entre sistemas de plantio (Figura 4). Também não houve interação significativa entre sistema de plantio e manejo de irrigação.

A área foliar da cultura é, em geral, excelente indicador da capacidade fotossintética da planta, e a sua determinação é importante para os estudos de nutrição, competição e relações solo-água-planta (BENINCASA et al., 1976). Segundo Fancelli (1991) citado por Vieira Júnior et al. (1998), uma redução do índice de área foliar útil diminui a área fotossinteticamente ativa, com conseqüente redução na produção de fotoassimilados.

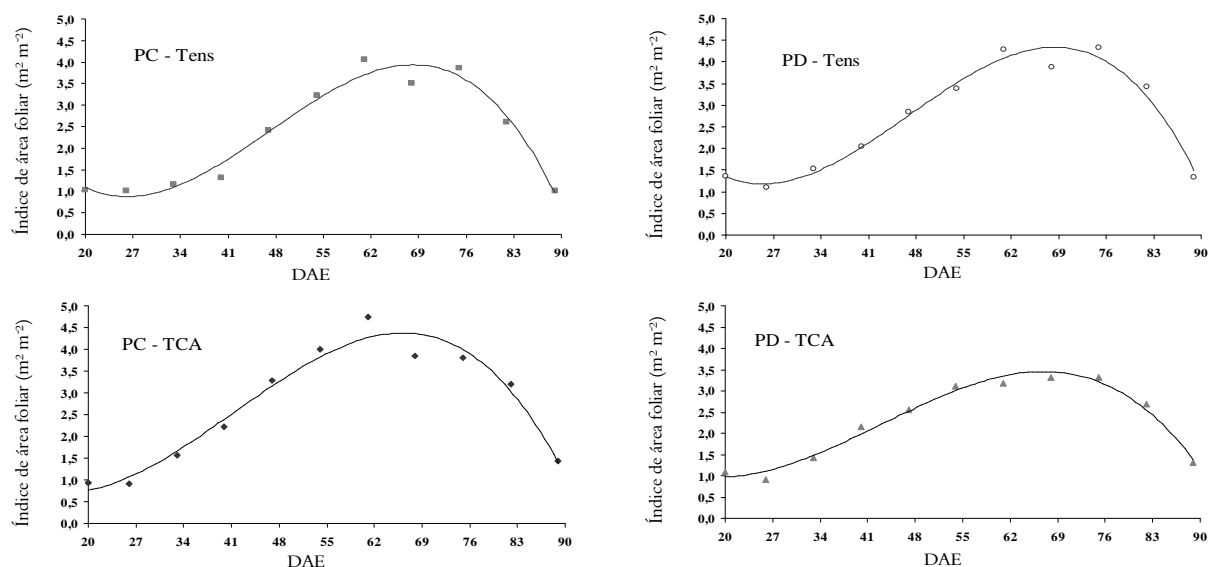


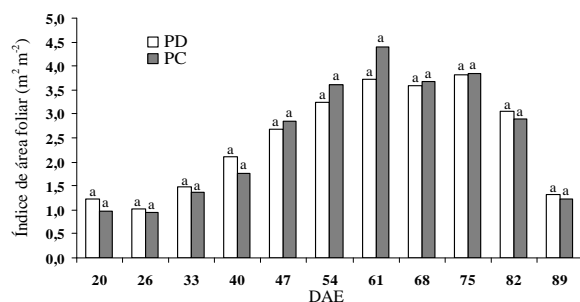
Figura 2. Índice de área foliar ($m^2 m^{-2}$), entre 20 e 89 DAE, para os tratamentos plantio convencional e tensiometria (PC – Tens), plantio direto e tensiometria (PD – Tens), plantio convencional e tanque Classe 'A' (PC – TCA) e plantio direto e tanque Classe 'A' (PD – TCA).

Tabela 1. Equação de ajuste do índice de área foliar (IAF) em função de dias após a emergência (DAE), coeficiente de ajuste (R^2), IAF máximo e época de ocorrência (DAE) do IAF máximo.

Tratamentos	Equação: IAF = f (DAE)	R^2	IAF máximo	Época (DAE)
PC-Tens	IAF = -0,000082 DAE ³ + 0,011628 DAE ² - 0,439303 DAE + 5,881940	0,96	4,0	68
PC-TCA	IAF = -0,000059 DAE ³ + 0,007300 DAE ² - 0,190810 DAE + 2,123891	0,96	4,4	66
PD-Tens	IAF = -0,000079 DAE ³ + 0,011146 DAE ² - 0,412874 DAE + 5,774452	0,97	4,4	69
PD-TCA	IAF = -0,000045 DAE ³ + 0,005814 DAE ² - 0,172005 DAE + 2,445963	0,98	3,5	67

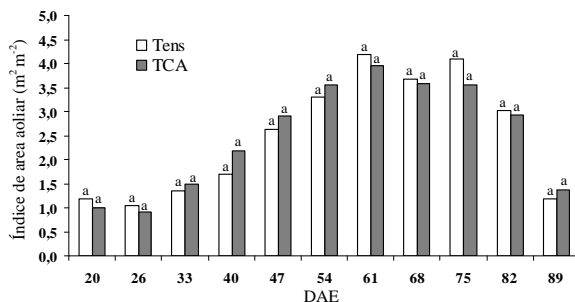
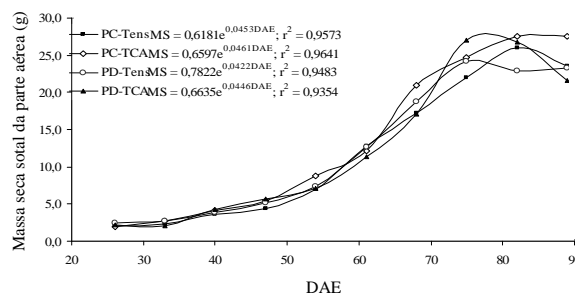
Neste trabalho, verifica-se que os manejos de irrigação aplicados e os sistemas de cultivo no primeiro ano não afetaram a capacidade fotossintética do feijoeiro (Figuras 3 e 4). Já Urchei et al. (2000) concluíram que o plantio direto aumentou significativamente o índice de área foliar na cultura do feijoeiro. Para Oliveira e Silva (1990), o IAF do feijoeiro irrigado chegou a 3,73 m² m⁻², valor intermediário aos valores encontrados neste trabalho.

Considerando que existe correlação significativa positiva entre acúmulo de massa seca na parte aérea e na planta toda com a produção de grãos (URCHEI et al., 2000; SORATTO et al., 2006), menor massa de planta pode produzir menor quantidade de fotoassimilados, o que se pode traduzir em menor número de vagens produtivas por planta, menor número de grãos por vagem, menor massa de grãos e, conseqüentemente, em menor produtividade (ARF et al., 2004; SORATTO et al., 2006), demonstrando que plantas mais robustas, com mais ramificações e que produzem maior número de estruturas reprodutivas, acarretam maiores produtividades de grãos.

**Figura 3.** Índice de área foliar (IAF), entre 20 e 89 DAE, para os tratamentos PC e PD. Letras iguais sobre as barras verticais indicam diferenças não-significativas, na mesma época, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). C.V. = 23,1%.

Com relação à massa seca da planta (Figura 5), verifica-se que, a partir dos 76 DAE, os valores permaneceram com pouca alteração, atingindo os máximos entre 76 e 90 DAE, correspondendo a 24,15; 26,98; 25,97 e 27,61 g pl⁻¹, para PD-Tens, PD-TCA, PC-Tens e PC-TCA, respectivamente.

Urchei et al. (2000), analisando o crescimento de duas cultivares de feijoeiro, concluíram, porém, que o sistema de plantio direto aumentou a produção total de matéria seca, quando comparado ao sistema de plantio convencional.

**Figura 4.** Índice de área foliar (IAF), entre 20 e 89 DAE, para os tratamentos Tens e TCA. Letras iguais sobre as barras verticais indicam diferenças não-significativas, na mesma época, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). C.V. = 23,1%.**Figura 5.** Massa seca total (gramas planta⁻¹), entre os 27 e 90 DAE, para todos os tratamentos.

PC – plantio convencional; PD – plantio direto; Tens – tensimetria; TCA – tanque Classe 'A'

Como resultado do manejo de irrigação TCA, o solo foi mantido com valores médios de potenciais mátricos mais elevados e próximos ao limite superior (capacidade de campo) do que o Tens, na maioria dos períodos analisados (Figura 6). Em termos médios (Tabela 2), os tratamentos TCA (PC e PD) produziram valores de potenciais mátricos maiores do que os Tens (PC e PD), os quais, conjugados com os valores correspondentemente maiores de umidade do solo obtidos nas respectivas curvas de retenção, produziram maiores variações na quantidade de água disponível.

Procedendo-se à análise dos valores dos desvios-padrão do potencial mátrico, ainda na Tabela 2, verifica-se que a média dos desvios (para o perfil do solo de 0-0,3 m), ao longo do ciclo da cultura, foi sempre maior nos tratamentos Tens do que nos TCA. Isto evidencia maiores amplitudes de variação dos potenciais mátricos do solo no manejo pelo Tens.

Infer-se dessa análise que as plantas de feijoeiro que se desenvolveram com o manejo de irrigação pelo

TCA estiveram sujeitas a um maior conforto hídrico do que as plantas submetidas ao manejo pelo Tens.

Tabela 2. Valores médios de potencial mátrico (Ψ_m , kPa), ao longo do ciclo da cultura (para o perfil de solo de 0 a 0,3 m), com o respectivo desvio-padrão, para todos os tratamentos.

	PC-Tens	PD-Tens	PC-TCA	PD-TCA
Ψ_m	-28,3	-32,2	-18,2	-14,7
Desvio-padrão	10,1	11,8	7,5	4,1

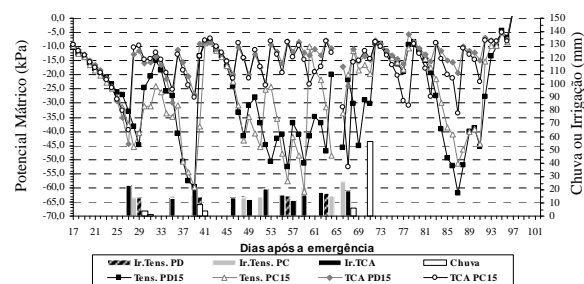


Figura 6. Variação do potencial mátrico de água no solo, a 0,15 m de profundidade e precipitação (irrigação e chuva) recebida pela cultura. Ir. – irrigação; Tens. – tensiometria; TCA – tanque Classe ‘A’; PD – plantio direto; PC – plantio convencional; 15 – profundidade de 0,15 m.

No entanto, o maior conforto hídrico no solo não se traduziu em maior desenvolvimento da área foliar nem em maior produção de matéria seca; evidencia-se que, em função das condições climáticas médias ocorridas durante o ciclo da cultura (temperatura, umidade relativa, radiação solar e vento), foi possível às plantas da variedade cultivada de feijoeiro tolerar as maiores variações de umidade e de potencial mátrico no solo, na zona radicular, promovidas pelo manejo com tensiômetros. Além disso, segundo Reichardt e Timm (2004), a quantidade de água absorvida do solo pelas plantas não é somente função do seu potencial, mas, também, da habilidade das raízes em absorver a água do solo com que estão em contato, bem como das propriedades do solo no fornecimento e na transmissão dessa água às raízes, em uma proporção que satisfaça às exigências da transpiração.

Em virtude de deficiência hídrica, o feijoeiro apresenta limitações no seu desenvolvimento (GOMES et al., 2000), fato que não aconteceu em nenhum dos tratamentos empregados. A importância da boa disponibilidade hídrica no solo para o maior acúmulo de nutrientes na planta foi evidenciada por Pozzebon et al. (1996; 1997), para N, P e K na parte aérea, e por Pessoa et al. (1996) e Silveira e Moreira (1990), para doses de P em função de diferentes lâminas de irrigação. O efeito das condições ambientais, notadamente as climatológicas, na tolerância mostrada pelo feijoeiro

nos tratamentos Tens, foi incorporado aos cálculos das irrigações pelo método do TCA, uma vez que este considera a ET_c que, estimada pelo método do tanque Classe ‘A’, é apresentada como uma função da evapotranspiração de referência (ET_o) e do coeficiente de tanque (K_p), os quais incorporam os efeitos do balanço de energia, do déficit de pressão de vapor, do vento, da umidade relativa e da advecção horizontal de calor (DOORENBOS; KASSAM, 1979; ALLEN et al., 1998).

Tomando como referencial o potencial matricial de -40 kPa no tensiômetro controle (0,15 m de profundidade) e a profundidade efetiva de 0,30 m para as condições edafoclimáticas que prevaleceram durante o ciclo da cultura, isso indica que o controle da irrigação manteve, em média, durante a maior parte do tempo, as condições hídricas preconizadas para o feijoeiro nos boletins da FAO (DOORENBOS; KASSAM, 1979; ALLEN et al., 1998).

Conclusão

No primeiro ano de implantação do sistema plantio direto, em comparação com o sistema convencional de cultivo do solo e de manejo de irrigação, as principais conclusões foram:

- os sistemas de cultivo do solo, plantio direto e convencional e os sistemas de manejo de irrigação, tensiometria e tanque Classe ‘A’ não produziram diferenças no índice de área foliar e na massa seca das plantas da cultura do feijoeiro;
- a aplicação do manejo de irrigação por tensiometria resultou em maior variação do potencial mátrico no solo, ao longo do ciclo da cultura, do que no manejo pelo tanque Classe ‘A’.

Referências

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. ET_c – single crop coefficient (K_c). In: ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. (Ed.). **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. p. 103-134. (Irrigation and drainage, 56).
- ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; NASCIMENTO, V. Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 2, p. 131-138, 2004.
- BENINCASA, M. M. P.; BENINCASA, M.; LATANZE, R. J.; JUNQUETTI, M. T. G. Método não-destrutivo para estimativa da área foliar de *Phaseolus vulgaris* L. (feijoeiro). **Científica**, v. 4, n. 1, p. 43-48, 1976.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Roma: FAO, 1979. (Irrigation and drainage, 33).

- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Las necesidades de agua de los cultivos**. FAO: Roma, 1976. (Riego y drenaje, 24).
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1999.
- GOMES, A. A.; ARAÚJO, A. P.; ROSSIELLO, R. O. P.; PIMENTEL, C. Acumulação de biomassa, características fisiológicas e rendimento de grãos em cultivares de feijoeiro irrigado e sob sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 10, p. 1927-1937, 2000.
- GUIMARÃES, C. M.; BRUNINI, O.; STONE, L. F. Adaptação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca (I. Densidade e eficiência radicular). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 6, p. 393-399, 1996.
- LI-COR. **LAI-2000 plant canopy analyzer**: instruction manual. Lincoln: Li-cor, 1992.
- OLIVEIRA, F. A.; SILVA, J. J. S. Evapotranspiração, índice de área foliar e desenvolvimento radicular do feijão irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 317-322, 1990.
- PESSOA, A. C. S.; KELLING, C. R. S.; POZZEBON, E. J.; KÖNIG, O. Concentração e acumulação de nitrogênio, fósforo e potássio pelo feijoeiro cultivado em diferentes níveis de irrigação. **Ciência Rural**, v. 26, n. 1, p. 69-74, 1996.
- POZZEBON, E. J.; CARLESSO, R.; KELLING, C.; PESSOA, A. C. S.; KÖNIG, O. Concentração de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea do feijoeiro em resposta à irrigação, fertirrigação e micronutrientes. **Ciência Rural**, v. 26, n. 2, p. 191-196, 1996.
- POZZEBON, E. J.; CARLESSO, R.; KÖNIG, O.; PESSOA, A. C. S.; KELLING, C. Acumulação de nutrientes no feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 3, n. 2, p. 157-161, 1997.
- RAPASSI, R. M. A.; SÁ, M. E.; TARSITANO, M. A. A.; CARVALHO, M. A. C.; PROENÇA, É. R.; NEVES, C. M. T. C.; COLOMBO, E. C. M. Análise econômica comparativa após um ano de cultivo do feijoeiro irrigado, no inverno, em sistemas de plantio convencional e direto, com diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Bragantia**, v. 62, n. 3, p. 397-404, 2003.
- REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri: Manole, 2004.
- SILVEIRA, P. M.; MOREIRA, J. A. A. Resposta do feijoeiro a doses de fósforo e lâminas de água de irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, n. 1, p. 63-67, 1990.
- SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. **Irrigação do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2001.
- SORATTO, R. P.; CARVALHO, M. A. C.; ARF, O. Nitrogênio em cobertura no feijoeiro cultivado em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 2, p. 259-266, 2006.
- STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura sob diferentes lâminas de irrigação e preparos do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 3, p. 473-481, 2001.
- STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeito do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 1, p. 83-91, 1999.
- TEIXEIRA, I. R.; BORÉM, A.; SILVA, A. G.; KIKUTI, H. Fontes e doses de zinco no feijoeiro cultivado em diferentes épocas de semeadura. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 2, p. 255-259, 2008.
- URCHEI, M. A.; RODRIGUES, J. D.; STONE, L. F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 3, p. 497-506, 2000.
- VIEIRA JÚNIOR, P. A.; DOURADO NETO, D.; SMIDERLE, O. J.; CICERO, S. M. Efeitos de métodos de irrigação sobre a produção e a qualidade de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 20, n. 1, p. 100-105, 1998.
- WUTKE, E. B.; ARRUDA, F. B.; FANCELLI, A. L.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; SAKAI, E.; FUJIWARA, M.; AMBROSANO, G. M. B. Propriedades do solo e sistema radicular do feijoeiro irrigado em rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 3, p. 621-633, 2000.

Received on December 18, 2007.

Accepted on May 23, 2008.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.