Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Diferentes métodos de manejo de irrigação e doses de adubação nitrogenada nos componentes de produtividade e eficiência no uso da água

Different Irrigation Management Methods and Fertilizer Doses of Nitrogen In Productivity Components And Efficiency In Water Use

Arthur Pacheco, Adriano Silva Lopes, Gabriel Queiroz Oliveira, Adriano França, Luan Eudes Silva
Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Rua Visconde de Taunay, nº 361, Aquidauana-MS. CEP:79200-000. E-mail: arthur_ap@hotmail.com

Recebido em: 29/04/2014 Aceito em:05/10/2015

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do manejo da irrigação e da adubação nitrogenada de cobertura nos componentes de produtividade e eficiência do uso da água da cultura do feijoeiro. O experimento foi realizado em Aquidauana-MS, utilizando o cultivar de feijão pérola que foi semeado no período de inverno de 2011, em sistema de plantio direto. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em parcelas subdivididas, composto por três manejos de irrigação (tanque Classe A - TCA, Hargreaves-Samani - HG e Penman-Monteith - PM) e quatro doses de adubação nitrogenada (0, 50, 100 e 150 kg ha^{-1}). Foram avaliados a produtividade de grãos (PG), massa de 100 grãos (MCG), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV) e a eficiência no uso da água (EUA) pela cultura. Para os métodos de manejo de irrigação foi utilizado teste de médias com Tukey a 5%; para as doses de adubação nitrogenada foram realizadas análises de regressão. Conclui-se que o cultivo do feijoeiro em sistema de plantio direto não é influenciado pelos manejos de irrigação quanto as variáveis PG, MCG, NGP, NVP e EUA. O manejo de irrigação TCA proporciona interação com as doses de nitrogênio para as variáveis PG, NVP, NGP e EUA, sendo que os maiores valores foram obtidos próximos à dose de 150 kg ha^{-1} e os menores valores foram obtidos com as doses estimadas próximas a 50 kg ha^{-1}.

Palavras-chave: evapotranspiração, Hargreaves-Samani, nitrogênio, Penman-Monteith, *Phaseolus vulgaris*

Abstract: The objective of this study was to evaluate the influence of irrigation management and nitrogen fertilization on yield components and water use efficiency of common bean. The experiment was conducted in Aquidauana-MS using the "Pérola" cultivar was sown in the winter of 2011, in no-tillage system. The experimental design was a randomized block design in split plots, composed of three irrigation management (Class A pan - TCA, Hargreaves-Samani - HS and Penman-Monteith - PM) and four nitrogen fertilizer rates (0, 50, 100 and 150 kg ha^{-1}). The yield of grain (PG), weight of 100 grains (MCG), number of pods per plant (NVP), number of grains per plant (NGP) and number of seeds per pod (NGV) and the efficiency of water use (EUA) crop. For methods of irrigation management was used in medium withTukey test at 5%; for nitrogen fertilization regression analyzes were performed. It was concluded that cultivation of common bean in no-tillage system is not influenced by irrigation management as the PG, MCG, NGP, NVP and EUA variables. The irrigation management TCA provides interaction with nitrogen for PG, NVP, NGP and EUA variables, whereas the highest values were obtained near 150 kg ha^{-1} and the lowest values were obtained with the estimated close to 50 kg ha^{-1} rates.

Keywords: evapotranspiration, Hargreaves-Samani, nitrogen, Penman-Monteith, *Phaseolus vulgaris*

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Introdução

Apesar de o Brasil ser o maior produtor mundial de feijão e a área ocupada com a cultura do feijoeiro aumentar a cada ano, ainda tem se verificado baixas produtividades para essa cultura e isso tem ocorrido, muitas vezes, por decorrentes falta de recursos financeiros dos produtores ou até mesmo pela falta de mão de obra qualificada no manejo da cultura (CONAB, 2014).

Ainda, a variabilidade climática é apontada como um dos fatores determinantes para que a produtividade esteja em patamares abaixo dos desejados e, com isso, a melhor época para realização da semeadura depende muito da região devido a influência do fotoperíodo, temperatura e da pluviosidade, uma vez que a ausência de água no final do ciclo de maturação constitui em uma melhor qualidade do grão, tendo em vista que o mercado é muito exigente quanto a aparência do produto (Rodrigues, 2009).

Neste sentido, a deficiência hídrica limita a produtividade vegetal, sendo considerado um grande problema para a agricultura podendo reduzir significativamente os rendimentos das lavouras.

A resposta financeira do cultivo do feijoeiro em época de inverno despertou interesse de grandes agricultores que adotam tecnologias avançadas. Nos últimos anos, a irrigação tem possibilitado a produção de feijão nessa época, onde o índice pluviométrico é menor do que em relação ao verão (Ascoli, 2008). Nesse período, devido a qualidade superior e a menor quantidade de produto no estoque, os preços pagos aos produtores são mais favoráveis, dando segurança para que investimentos sejam adotados.

Entre os tratos culturais, a irrigação constitui alternativa viável para substancial melhoria da produtividade. A finalidade básica da irrigação é proporcionar água à cultura de maneira a atender toda a exigência hídrica durante o ciclo cultural (Santana et al., 2009). Quando semeado em sistema plantio direto, este se torna uma alternativa rentável para agricultores que dispõe desta tecnologia, porque a presença de palha reduz a evapotranspiração na cultura, condicionando maior tempo de água disponível no solo (Oliveira et al., 2010a).

O feijoeiro destaca-se como uma das principais culturas anuais em adaptação ao plantio direto, caracterizado por proporcionar maior incremento de cobertura vegetal sobre a superfície do solo, favorecendo vários fatores de cultivo, como o amortecimento da energia do impacto das gotas da chuva e da irrigação sobre o solo, e minimizando a perda de água por evaporação (Bernardes et al., 2010).

Assim, durante o desenvolvimento da cultura deve-se aplicar a quantidade exata de água para que não haja excesso nem déficit de água no solo. Assim, existem três aspectos a serem considerados nas estratégias de manejo da irrigação: o momento apropriado da aplicação, a quantidade de água necessária em cada aplicação e o consumo total de água da cultura durante o seu ciclo. Outro fator a ser considerado para o bom desenvolvimento da cultura está ligado à adubação, principalmente quando se trata de agricultura irrigada em que a cultura tem melhores condições de expressar seu potencial produtivo (Peiter et al., 1999).

Em estudos realizados por Barbosa Filho & Silva (2000), que avaliaram a adubação e calagem no feijoeiro irrigado em solos do cerrado, verificou-se que, entre as deficiências nutricionais que ocorrem na cultura do feijoeiro irrigado, a de nitrogênio (N) é a mais frequente. Também relatam que, na adubação nitrogenada, tem-se usado uma aplicação por ocasião do plantio e uma aplicação em cobertura, num total não superior a 50 kg ha^{-1} de N.

Entretanto, essa adubação pode ser insuficiente para atender às necessidades do feijoeiro irrigado, uma vez que, nessas condições, Sant'Ana et al. (2011) relatam que a eficiência de uso de nitrogênio pelo feijoeiro é variável com as doses aplicadas, sendo que as relações entre o índice de colheita de grãos e o índice de N na colheita com as doses de N foram quadráticas e os índices máximos foram estimados com a dose de 140 kg ha^{-1} de N.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi verificar a influência do manejo da irrigação e da adubação nitrogenada em cobertura sobre os componentes de produtividade e eficiência no uso da água na cultura do feijoeiro, no

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

município de Aquidauana – MS, em sistema plantio direto.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na área experimental de agricultura da Universidade Estadual de Mato grosso do Sul, Unidade Universitária de Aquidauana (UEMS/UUA), com coordenadas geográficas 20° 20' Sul, 55° 48' Oeste e altitude média de 207 metros. O clima da região, segundo a classificação de KÖPPEN, é do tipo Aw, definido como clima tropical quente sub-úmido, com precipitação média anual de 1200 mm, sendo dezembro e janeiro os meses mais chuvosos. O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, fisicamente profundo, moderadamente drenado e com textura arenosa (Schiavo et al., 2010).

Os dados climáticos foram obtidos por meio da estação climatológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada no município de Aquidauana-MS, consistindo em dados diários de temperatura máxima e mínima, umidade relativa do ar, radiação solar global e velocidade do vento. Para os dados de precipitação pluviométrica, os dados foram coletados na área experimental utilizando um pluviômetro tipo *Ville de Paris*, onde a precipitação no período vegetativo teve um total de 28 mm acumulados e na fase de florescimento e enchimento de grãos um total de 43,5 mm.

As temperaturas média, mínima e máxima ocorridas no período do experimento, bem como o somatório térmico (graus-dia acumulados) estão apresentadas na Figura 1. Para o cálculo de graus-dia tomou-se como temperatura base inferior 10 ºC e temperatura base superior 35 ºC (Miranda & Campelo Junior, 2010). A temperatura média no período do ensaio foi de 22,5 ºC, sendo a média das temperaturas máximas de 30,0 ºC e a média das mínimas de 15,0 ºC.

Com relação ao desenvolvimento da cultura, o florescimento da cultura ocorreu quando havia um acumulado de 514,1 graus-dia, sendo que o início de enchimento de grãos ocorreu quando estava com 734,8 graus-dia acumulados. A maturação fisiológica foi atingida com um acúmulo de 1048,9 graus-dia, aos 84 DAE. Esses resultados estão de acordo com os observados por Mullins & Straw (1999), que verificaram faixa de variação na soma térmica de 1.017 a 1.605 graus-dia para a cultura do feijoeiro atingir a maturação fisiológica.

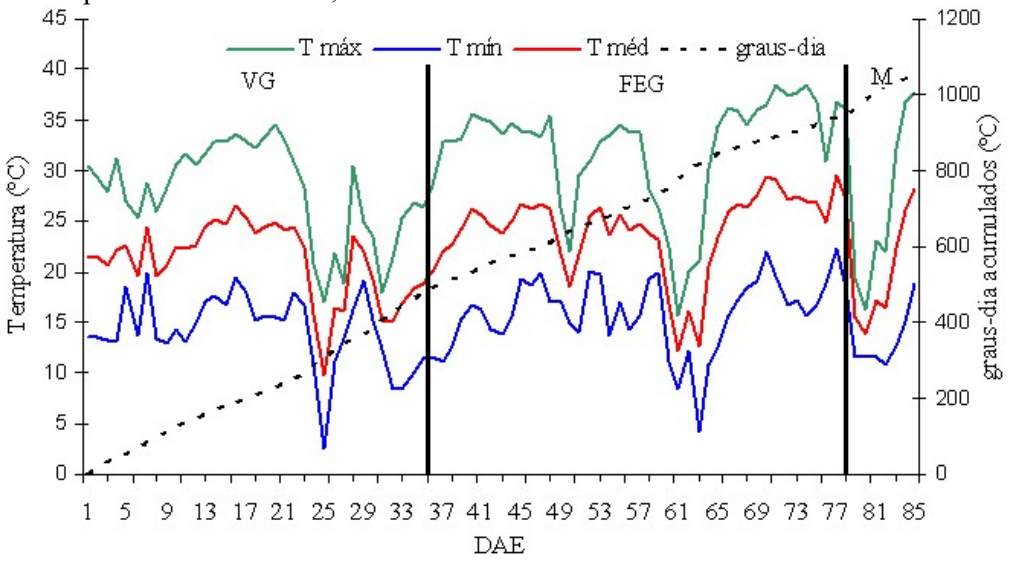


Figura 1. Temperaturas máxima, mínima e média (ºC) do ar, graus-dia acumulados (ºC) ao longo do ciclo da cultura e DAE (dias após a emergência) para as fases fenológicas da cultura do feijoeiro durante o desenvolvimento vegetativo (VG), florescimento e enchimento de grãos (FEG) e maturação (M).

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Foi utilizado o cultivar Pérola IAPAR 81, cujo tratamento de sementes ocorreu um dia antes da semeadura, que ocorreu em sistema plantio direto no dia 26 de maio de 2011, adotando espaçamento entre linhas de 0,45 metro, com 16 sementes por metro. A emergência ocorreu 9 dias após a semeadura, em 04 de junho de 2011.

O experimento foi conduzido sob sistema de irrigação por aspersão convencional, com vazão por aspersor de 2,87 $m^3 h^{-1}$ e pressão de serviço de 30 m c.a.. Os aspersores foram instalados a 1 m do solo e raio de alcance de 12 m. A área abrangida pela irrigação, em cada bloco, correspondeu a 108 m de comprimento x 24 m de largura, respeitando uma distância de 12 m de bordadura entre os mesmos. Dentro de cada bloco, também foi mantida uma distância de 12 m entre os tratamentos de manejo de irrigação. Cada unidade experimental correspondeu a 3 linhas de plantas com 5 m de comprimento, totalizando 6,75 m^2. As irrigações foram realizadas de acordo com os tratamentos empregados até o estádio R9 (maturação fisiológica).

A adubação nitrogenada foi realizada utilizando 16 kg ha^{-1}, em todas as parcelas, por ocasião da semeadura e, para a adubação nitrogenada em cobertura (estágio V4), foram aplicados os diferentes tratamentos empregados, sendo realizada quando a planta estava no estágio V4 (30 dias após emergência - DAE). Foi utilizado como fonte de nitrogênio (N) a uréia e, em seguida a realização da mesma, procedeu-se a aplicação de 8 mm de água via irrigação para incorporação do mesmo no solo, em todos os tratamentos.

A adubação potássica e fosfatada ocorreu a partir da análise química do solo (Tabela 1) e de acordo com Ambrosano et al. (1996), sendo aplicado na semeadura 200 kg ha^{-1} de adubo mineral (N-P-K) utilizando a fórmula 08-16-16.

Tabela 1. Análise química do solo.

Profundidade M	pH*	P mg dm^{-3}	M.O. %	Textura	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S	T
					$cmol_c$ dm^{-3}						
0,0-0,2	5,8	52,7	2,3	3**	1,02	2,7	0,8	0,0	2,4	4,52	6,92

*pH em água 1:2,5; **Teor de argila menor que 15%; S – Soma de bases; T – Capacidade de troca catiônica.

Quanto a aplicações de herbicidas para o controle de plantas invasoras, foi realizada uma aplicação com o herbicida fluazifop-p-butílico + formasafen (2,5 L ha^{-1}, em 200 L de calda por ha^{-1}) aos 24 DAE, no estágio V4.

Quando a cultura estava no estágio reprodutivo 5 (R5), período de florescimento, foram verificados sintomas do ataque do fungo *Macrophomina phaseolina*, causando a doença macrofomina. Não houve o controle com fungicidas, pois não existem produtos registrados no mercado para este fungo. Sendo assim, as principais medidas de controle são preventivas, como a rotação de cultura e tratamento de sementes. A colheita das parcelas foi realizada manualmente aos 84 DAE.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com parcelas subdivididas, composto por três blocos e duas replicações dentro de cada bloco (Banzatto & Kronka, 1989).

Diante da análise de variância, os manejos de irrigação foram comparados por teste de médias, sendo utilizado o teste Tukey a 5% de probabilidade e, para a interação com as doses de adubação nitrogenada, foram realizadas análises de regressão.

Os tratamentos empregados, nas parcelas, corresponderam a três manejos de irrigação (tanque Classe A - TCA, Penman-Monteith - PM e Hargreaves-Samani – HS) e, nas subparcelas, quatro níveis de adubação nitrogenada em cobertura (0, 50, 100 e 150 kg de N ha^{-1}).

Na estimativa da evapotranspiração da cultura (ETc) utilizou-se a Equação 1:

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

$$ETc = ETo \quad kc \qquad (1)$$

Em que:
ETc = Evapotranspiração da cultura (mm dia^{-1});
ETo = Evapotranspiração de referência (mm dia^{-1});
kc = Coeficiente da cultura (adimensional), onde foram utilizados valores de 0,25 para fase inicial e desenvolvimento vegetativo; 1,15 para fase de floração e enchimento de grãos; e 0,35 para a fase de maturação (Allen et al., 1998).

A ETo foi obtida em função dos tratamentos empregados. Para o manejo da irrigação com o TCA, segundo Allen et al. (1998), utilizou-se a Equação 2:

$$ETo_{(TCA)} = ECA \quad kp \qquad (2)$$

Em que:
$ETo_{(TCA)}$ = Evapotranspiração de referência estimada pelo método do tanque Classe A (mm dia^{-1});
ECA = Evaporação do tanque Classe A (mm dia^{-1});
kp = Coeficiente do tanque Classe A (0,75 adimensional).

Na estimativa da ETo pelo o método de PM, utilizou-se a Equação 3 (Allen et al., 1998):

$$ETo_{(PM)} = \frac{0{,}408\Delta(Rn - G) + \gamma\left(\frac{900U_2}{T_{méd} + 273}\right)(es - ea)}{\Delta + \gamma(1 + 0{,}34U_2)} \qquad (3)$$

Em que:
$ETo_{(PM)}$ = Evapotranspiração de referência estimada pelo método Penman-Monteith (mm dia^{-1});
Δ = Declinação da curva de saturação do vapor da água (kPa $ºC^{-1}$);
Rn = Saldo de radiação (MJ m^{-2} dia^{-1});
G = Fluxo de calor no solo (MJ m^{-2} dia^{-1});
γ = Constante psicrométrica (kPa $ºC^{-1}$);
U_2 = Velocidade média do vento a 2 m acima da superfície do solo (m s^{-1});
$T_{méd}$ = Temperatura média do ar (ºC);
es = Pressão de saturação de vapor (kPa);
ea = Pressão atual de vapor (kPa).

Já, para a estimativa da ETo pelo método HS, utilizou-se a Equação 4 (Pereira et al., 1997).

$$ETo_{(HS)} = 0{,}0135kt \;\; Ra\,(T_{máx} - T_{mín})^{0,5}\,(T_{méd} + 17{,}8) \qquad (4)$$

Em que:
$ETo_{(HS)}$ = Evapotranspiração de referência estimada segundo método de Hargreaves-Samani (mm dia^{-1});
Ra = Radiação extraterrestre (MJ m^{-2} dia^{-1});
$T_{máx}$ = Temperatura máxima do ar (ºC);
$T_{mín}$ = Temperatura mínima do ar (ºC);
$T_{méd}$ = Temperatura média do ar (ºC);
kt = Coeficiente empírico empregado em regiões continentais (0,162) (adimensional).

Ao final do ciclo da cultura foram avaliados a eficiência do uso da água (EUA), produtividade de grãos (PG), número de vagens por planta (NVP), massa de 100 grãos (MCG), número de grãos por planta (NGP) e o número de grãos por vagem (NGV). Foram contadas todas as plantas de cada parcela, bem como o número total de vagens produtivas, estimando assim o NVP.

A massa média de 100 grãos foi realizada tomando-se da produção de grãos colhidas na área útil de cada parcela, 3 amostras aleatórias de 100 grãos que foram pesadas em balança de precisão de 0,01 g e depois determinadas as suas umidades para correção do resultado para 13%. Em seguida, estimou-se a produtividade de grãos em kg ha^{-1}. Com os dados de número de plantas, NVP, MCG e da massa total de grãos, estimou-se o NGV e NGP.

A EUA (kg m^{-3}) foi calculada por meio da razão entre a produtividade média de grãos (kg ha^{-1}) e a evapotranspiração total da cultura (ET, mm) convertida em volume de água para todo o ciclo da cultura (m^3 ha^{-1}).

Resultados e Discussão

Pela Tabela 2 e Figura 2 observa-se que o manejo de irrigação TCA proporcionou os maiores valores de evapotranspiração máxima (10,1 mm dia^{-1}) e, também, os menores valores de evapotranspiração mínima (0,6 mm dia^{-1}), apresentando assim maiores variações com

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

altos picos de evapotranspiração em comparação com os métodos HS e PM. Pacheco et al. (2012) reforçam este argumento, relatando que no quinto ano de sistema de plantio direto, ano de 2010, nesta mesma área, os resultados mostraram que o método TCA também resultou em grandes variações de ETo.

Segundo Vescove & Turco (2005), o método do TCA superestimou a evapotranspiração de referência (ETo) em 26% no período verão-outono e 24% no período inverno-primavera, em relação ao método-padrão da FAO (Penman-Monteith) no município de Araraquara-SP. Na região norte do Estado da Bahia, os resultados de estimativa da ETo, que utilizam como variável de entrada a temperatura do ar e a radiação solar global, tiveram desempenho melhor do que o método do TCA (Oliveira et al., 2010b).

Tabela 2. Evapotranspiração máxima da cultura (ETc máx), média (ETc méd) e mínima (ETc mín), lâmina de irrigação (LI), lâmina total (LT) e turno de rega médio (TR) em função do manejo de irrigação durante o ciclo do feijoeiro.

Manejo de irrigação	ETc máx	ETc méd	ETc mín	LI	LT[1]	TR
		mm dia^{-1}		Mm		dias
TCA	10,9	4,2	0,6	255,8	327,3	6,0
HS	5,9	3,3	1,1	225,0	296,5	7,0
PM	6,1	3,0	0,9	175,1	246,6	8,4

[1] Irrigação + chuva.

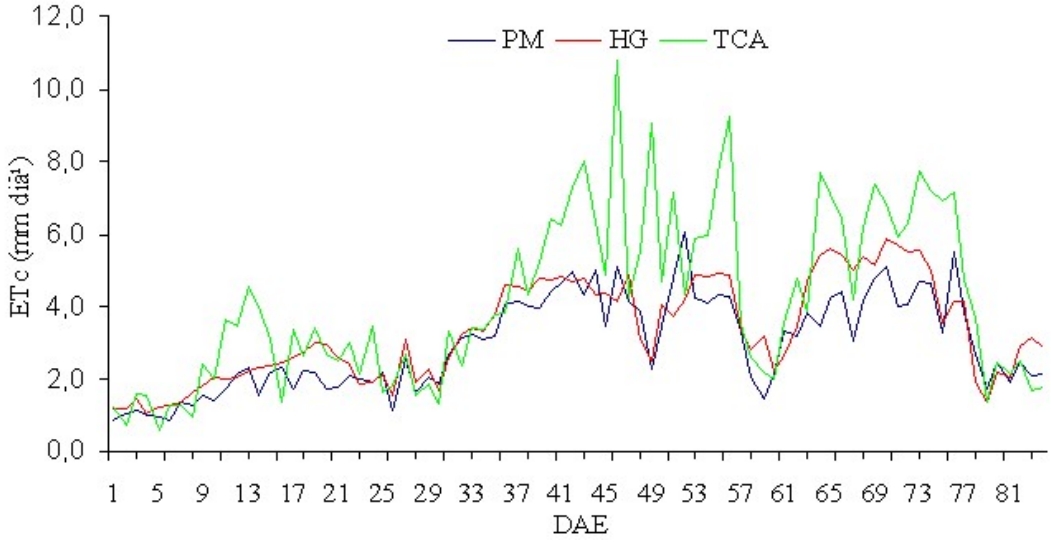


Figura 2. Evapotranspiração da cultura do feijoeiro durante o crescimento e desenvolvimento da cultura (dias após emergência – DAE) utilizando o manejo com tanque Classe A (TCA), Hargreaves-Samani (HS) e Penman-Monteith (PM).

De acordo com a lâmina de irrigação aplicada (LI) durante o ciclo da cultura, o manejo TCA resultou em maior lâmina (255,8 mm), sendo que o manejo PM resultou em menor quantidade de água aplicado (175,1 mm), essa diferença pode ser explicado pelo fato do manejo TCA superestimar a ETo. No ano de 2007, Lopes et al. (2011) obtiveram as lâminas aplicadas, durante o experimento realizado em Aquidauana-MS, na ordem de 329,9 e 350,5 mm para os manejos HS e TCA, respectivamente. E para Queiroz et al. (1996) o melhor desenvolvimento do feijoeiro irrigado é obtido com lâminas entre 400 e 600 mm durante o ciclo, sendo que o manejo TCA foi o que mais se aproximou desse valor.

Verifica-se, na Tabela 3, que não houve diferença significativa para as variáveis analisadas de PG, MCG, NGP, NVP e EUA. Já, para o número de grãos por vagem (NGV), o manejo PM foi superior ao manejo HS.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

A média de PG para o método TCA foi de 1371,8 kg ha^{-1}, sendo que para os métodos HS e PM a média resultou em 1197,3 e 1098,9 kg ha^{-1}. Sendo assim, esses resultados estão acima da média nacional e próximo da média estadual, porém, por se tratar de cultivo irrigado, as produtividades encontradas foram abaixo do que os resultados obtidos por Lopes et al. (2011), que encontraram produtividade de 3031,1 e 3005,0 kg ha^{-1} com o método TCA e HS, respectivamente, que não diferiram entre si, destacando que os manejos de irrigação a partir da estimativa da ETo pelo método TCA e HS proporcionam maiores valores de produtividade de grãos e número de grãos por vagem em relação ao manejo por monitoramento da umidade do solo (tensiômetros).

Tabela 3. Produtividade de grãos (PG), massa de 100 grãos (MCG), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVP) e eficiência no uso da água (EUA) utilizando os manejos de irrigação, tanque Classe A (TCA); Hargreaves-Samani (HS); Penman-Monteith (PM).

Manejos de irrigação	PG (kg ha^{-1})	MCG (g)	NGP	NGV	NVP	EUA (kg m^{-3})
TCA	1371,8 a	23,7 a	25,7 a	3,2 ab	7,5 a	0,42 a
HS	1197,3 a	23,1 a	21,2 a	2,8 b	7,5 a	0,40 a
PM	1098,9 a	23,2 a	26,7 a	3,7 a	7,3 a	0,49 a
CV (%)	31,6	10,2	28,0	21,2	22,5	31,40
DMS	336,7	2,4	7,3	0,7	1,7	0,12

CV = Coeficiente de Variação; DMS = Diferença Mínima Significativa.

Já para o sétimo levantamento realizado pela CONAB (2014), a produtividade nacional 2013/2014 de feijão foi de 1045 kg ha^{-1} para as três safras, sendo esta produtividade maior do que a safra 2011/2012. Para o feijão de inverno a região Centro-Oeste obteve produtividade média de 1701 kg ha^{-1}, sendo que o Estado de Mato Grosso do Sul – MS teve participação com produtividade média de 1438 kg ha^{-1}.

A média para a MCG, entre os diferentes tratamentos, foi de 23,3 g. De acordo com o fornecedor desta cultivar, esta apresenta como característica MCG média de 25,1 g, deste modo, a menor média encontrada no presente trabalho pode ser explicada, provavelmente, devido a ocorrência da doença macrofomina, também no estágio de enchimento de grãos (R8), resultando assim em grãos menores, influenciando na massa de grãos.

A EUA constitui-se num dos parâmetros mais adequados para se aferir o efeito de práticas agrícolas e a condução da cultura, nesse sentido, Queiroz et al. (2005) relatam que a EUA é um parâmetro importante na seleção de métodos de aplicação e manejo da água de irrigação, pois indica qual a combinação entre estes fatores que leva à maior produção com o menor consumo.

Os resultados observados para EUA nos tratamentos avaliados foram de 0,42, 0,40 e 0,49 kg m^{-3} para o TCA. HS e PM respectivamente, sendo que não houve diferença entre os manejos de irrigação. Já, para Pavani et al. (2008), o manejo de irrigação baseado no método TCA propiciou condições físico hídricas no solo que resultaram em maior EUA pela cultura do feijoeiro que o manejo de irrigação por tensiometria. Calvache et al. (1997) utilizando cultivar INIAP 4040, obtiveram resultados para EUA que variaram de 0,46 a 0,92 kg m^{-3} em tratamentos com diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio.

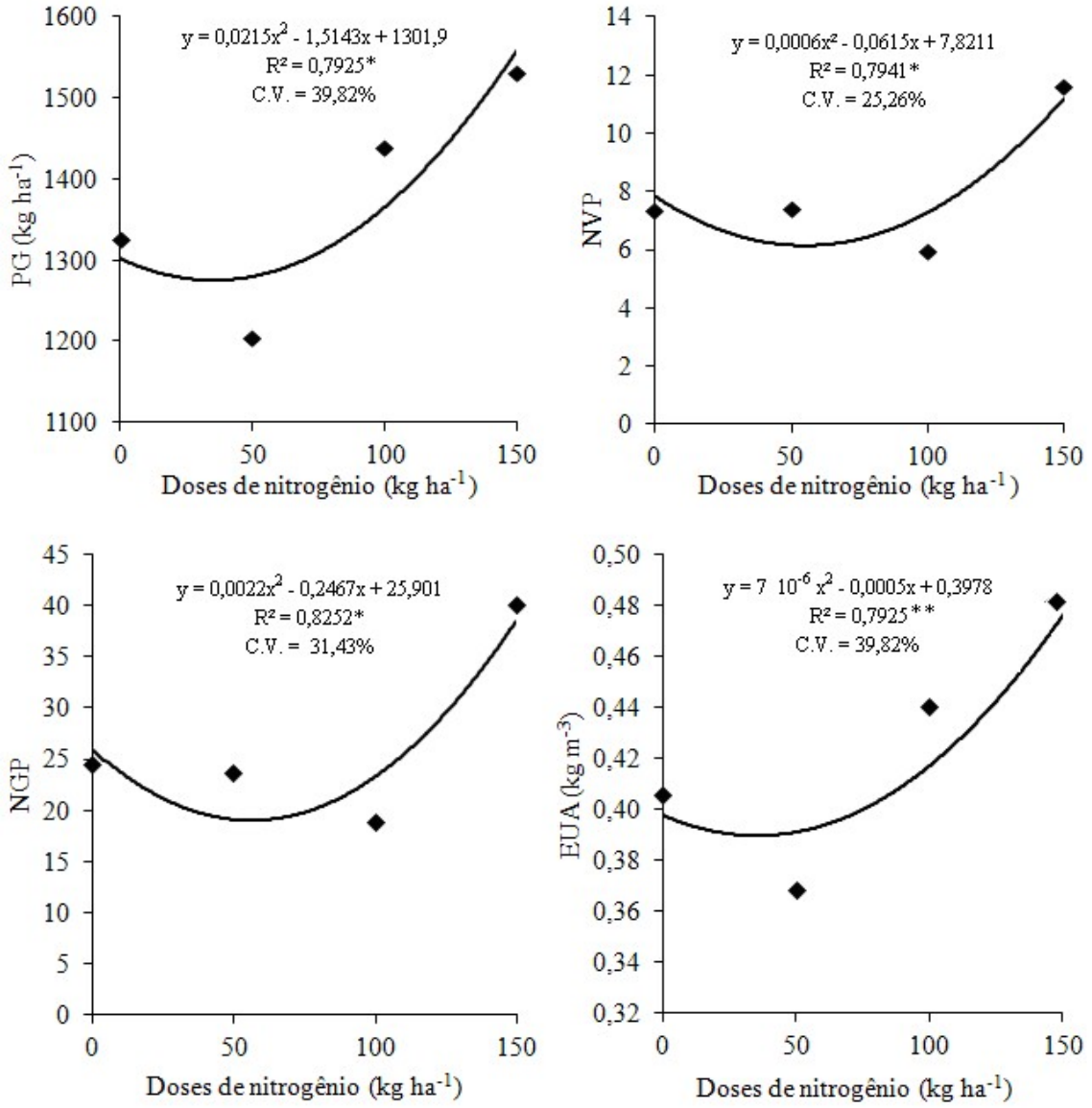
Considerando a adubação nitrogenada, verificou-se que houve interação significativa para doses de nitrogênio em função do manejo de irrigação TCA para as variáveis de PG, NVP, NGP e EUA (Figura 3), não havendo interação nos parâmetros MCG e NGV.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

O modelo de regressão que melhor se ajustou à distribuição dos valores das doses de nitrogênio em função do manejo TCA foi o quadrático, com R^2 próximos de 80% e probabilidade de F de 5% para a PG, NVP e NGP. Para a EUA, a probabilidade de F foi de 1%.

Por meio da equação para explicar o comportamento da PG em função das doses de nitrogênio em relação ao método do TCA, verificou-se que a menor PG (1275,24 kg ha^{-1}) foi encontrada com a dose estimada de 35,22 kg de N ha^{-1}, e a máxima PG (1558,51 kg ha^{-1}) para este trabalho foi encontrado com a dose de 150 kg ha^{-1}.

Calvache et al. (1997) utilizando dose de 80 kg de N ha^{-1} e lâmina de irrigação ideal para a cultura do feijoeiro, obtiveram PG de 3237,30 kg ha^{-1}.



* probabilidade de F de 5%; ** probabilidade de F de 1%

Figura 3. Produtividade de grãos (PG), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP) e eficiência do uso da água (EUA) em função das doses de nitrogênio, utilizando o método TCA como manejo de irrigação.

Pacheco et al. (2012) observaram que não houve interação entre PG e manejos de irrigação. Assim, Rapassi et al. (2003), testando uréia e nitrato de amônio como fontes de N, com doses de 20, 40, 60, 80 e 100 kg ha^{-1} de N, no sistema plantio direto, também não constataram diferenças entre os níveis de produtividade em função das doses de N aplicadas. Esses autores justificaram tal resultado pelo fato do sistema de plantio direto aumentar o teor de matéria orgânica do solo que, mediante a mineralização, liberaria quantidades suficientes de N para atender às necessidades da planta. Outro provável fator seria pelo fato da cultura ter capacidade de realizar simbiose junto a ação de bactérias do gênero *Rhizobium*, onde essas bactérias fixam N atmosférico nas raízes das plantas.

Para explicar o comportamento do NVP pela equação, verificou-se que o menor NVP (6,24) foi encontrado com a dose estimada de 51,25 kg de N ha^{-1}. Em estudo conduzido por Pacheco et al. (2012), esses autores observaram que não houve interação para o NVP em função das doses de nitrogênio utilizando o método do TCA.

Conforme a equação de resposta apresentada das doses de N para o manejo TCA, quanto ao NGP, verifica-se que o menor NGP (18,99) foi obtido com a dose estimada de 56,07 kg ha^{-1}. Esses resultados também foram obtidos por Oliveira et al. (2009), que observaram que os resultados de NGP não foram influenciados pelas doses de nitrogênio em cobertura.

De acordo com a equação das doses de N para o manejo TCA, quanto a EUA, verifica-se, que a menor EUA (0,39 kg m^{-3}) foi encontrada com a dose estimada de 35,71 kg de N ha^{-1}. Pavani et al. (2008), utilizando o manejo TCA em sistema de plantio direto, obtiveram EUA de 0,65 kg m^{-3}.

Em estudo conduzido por Calvache et al. (1997) utilizando dose de 80 kg de N ha^{-1} e lâmina de irrigação ideal para a cultura do feijoeiro, obtiveram EUA de 0,72 kg m^{-3} e PG de 3237,30 kg ha^{-1}. Porém quando testado uma deficiência hídrica no período de desenvolvimento vegetativo, a cultura apresentou PG (3324,28 kg ha^{-1}) que não diferiu do tratamento da lâmina ideal para a cultura do feijoeiro. Assim, com a economia de água apresentada, a EUA foi de 0,92 kg m^{-3}. Os autores concluíram no trabalho que a lâmina com déficit hídrico no período de desenvolvimento vegetativo foi 12% mais eficiente do que as práticas tradicionais de manejo de irrigação.

Para explicar o comportamento das curvas representadas pelas funções (Figura 3), o N é um nutriente cuja presença ou ausência afeta a simbiose de várias formas. Desta forma, uma provável justificativa para que a dose de 0 kg de N ha^{-1} ser superior ao que quando ocorre um incremento da dose até em torno de 100 kg de N ha^{-1}, seria que a quantidade fornecida apenas teria inibido a ação das bactérias presentes no solo, não sendo suficiente para que a cultura pudesse expressar seu potencial.

Conclusões

Na região de Aquidauana – MS, o cultivo do feijoeiro em sistema de plantio direto não é influenciado pelos manejos de irrigação quanto as variáveis de produtividade de grãos, massa de 100 grãos, número de grãos por planta, número de vagens por planta e eficiência no uso da água.

O manejo de irrigação tanque Classe A é influenciado pelas doses de nitrogênio para as variáveis de produtividade de grãos, número de vagens por planta, número de grãos por planta e eficiência no uso da água.

Referências Bibliográficas

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M.; **Pan evaporation method. In: Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop requirements**. Roma: FAO, p. 78-85, 1998.

AMBROSANO, E. J.; TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B. van; CANTAELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas-SP, Instituto Agronômico, p. 187-203, 1996.

ASCOLI, A. A.; SORATTO, R. P.; MARUYAMA, W. I. Aplicação foliar de molibdênio, produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro irrigado. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 377-384, 2008.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. Experimentação Agrícola. Jaboticabal-SP, FUNEP, p. 247, 1989.

BARBOSA FILHO, M. P.; SILVA, O. F. Adubação e calagem para o feijoeiro irrigado em solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 35, n. 7, p. 1317-1324. 2000.

BERNARDES, T. G.; SILVEIRA, P. M.; MESQUITA, M. A. M. Produtividade do feijoeiro irrigado devido a reguladores de crescimento e culturas antecessoras de cobertura. **Bragantia**, v. 69, n. 2, p. 371-375, 2010.

CALVACHE, A. M.; REICHARDT, K.; MALAVOLTA, E.; BACCHI, O. O. S. Efeito da deficiência hídrica e da adubação nitrogenada na produtividade e na eficiência do uso da água em uma cultura do feijão. **Scientia Agrícola**. ed. 54, p. 232-240. 1997.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira**. Grãos - Safra 2013/2014, v. 1. Sétimo levantamento, 2014.

LOPES, A. S.; OLIVEIRA, G. Q.; SOUTO FILHO, S. N.; GOES, R. J.; CAMACHO, M. A. Manejo de irrigação e nitrogênio no feijoeiro comum cultivado em sistema plantio direto. **Revista Ciência Agronômica,** v. 42, n. 1, p. 51-56, 2011.

MIRANDA, M. N.; CAMPELO JUNIOR, J. H. Soma térmica para o subperíodo semeadura-maturação de feijão cv. Carioca em colorado do oeste, Rondônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 2, 2010.

MOURA, J. B.; GUARESCHI1, R. F.; CORREIA, A. R.; GAZOLLA, P. R.; CABRAL, J. S. R. Produtividade do feijoeiro submetido à adubação nitrogenada e inoculação com *Rhizobium tropici*. **Global Science and Technology**, v. 03, n. 03, p.66 - 71, 2009.

MULLINS, C. A.; STRAW, R. A. Determining optimum maturity of bush romano beans for machine harvest**. HortTechnology**, ed. 9, p. 448-451. 1999.

OLIVEIRA, N. T.; CASTRO, N. M. R.; GOLDENFUM, J. A. Influência da Palha no Balanço Hídrico em Lisímetros, **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.15, n.2, p. 93-103, 2010a.

OLIVEIRA, G. M.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; BISPO, R. C.; SANTOS, I. M. S.; ALMEIDA, A. C. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência na região Norte da Bahia. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 4, n. 2, p.104–109, 2010b.

OLIVEIRA, G. Q.; LOPES, A. S; CARNIEL, R.; VINCENSI, M. M. Irrigação e doses de nitrogênio no feijoeiro de inverno, em sistema plantio direto, no município de Aquidauana-MS. **Irriga**, v. 14, n. 01, p. 54-67, 2009.

PACHECO, A.; LOPES, A. S.; OLIVEIRA, G. Q. O.; SILVA, L. E. Manejo de irrigação e doses de nitrogênio em cobertura no feijoeiro em plantio direto. In: I Inovagri International Meeting & IV Winotec – Workshop Internacional da Inovações Tecnológicas na Irrigação, 2012, Fortaleza-CE. **Anais**... Fortaleza – CE, INOVAGRI. 2012.

PAVANI, L. C.; LOPES, A. S.; GALBEIRO, R. B. Manejo da irrigação na cultura do feijoeiro em sistemas plantio direto e convencional. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 1, p. 12-21, 2008.

PEITER, M. X.; CHAUDHRY, F. H.; CARLESSO, R.; Programação do manejo da irrigação de milho via modelo de simulação. **Engenharia Agrícola**, v. 19, n. 1, p. 53-63, 1999.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. Evapo(transpi)ração. Piracicaba-SP, FEALQ, 183p. 1997.

QUEIROZ, J. E.; CALHEIROS, C. B.; PESSOA, P. C. S.; FRIZZONE, J. A. Estratégias ótimas de irrigação do feijoeiro: terra como fator limitante da produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v.31, n.1, p. 55-61. 1996.

QUEIROZ, T. M.; CARVALHO, J. A.;

RABELO, G. F.; ANDRADE, M. J. B. Avaliação de sistema alternativo de automação da irrigação do feijoeiro em casa de vegetação. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 632-641. 2005.

RAPASSI, R. M. A.; SÁ, M. E.; TARSITANO, M. A. A.; CARVALHO, M. A. C. de; PROENÇA, E. R.; NEVES, C. M. T. de 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, p. 397-404, 2003.

RODRIGUES, C. M. **Irrigação localizada na cultura do feijoeiro na depressão central – RS**. Dissertação de Mestrado, UFSM, Santa Maria-RS, 2009.

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. A.; ANDRADE, M. J. B.; GERVÁSIO, G. G.; BRAGA, J. C.; LEPRI, E. B. Viabilidade técnica e econômica da aplicação de água na cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 2, p. 532-538, 2009.

SANT'ANA, E. V. P.; SANTOS, A. B.; SILVEIRA, P. M.; Eficiência de uso de nitrogênio em cobertura pelo feijoeiro irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 458–462, 2011.

SCHIAVO, J. A.; PEREIRA, M. G.; MIRANDA, L. P. M.; DIAS NETO, A. H.; FONTANA, A. Caracterização e classificação de solos desenvolvidos de arenitos da formação Aquidauana- MS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34. p. 881-889. 2010.

VESCOVE, H. V.; TURCO, J. E. P. Comparação de três métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Araraquara – SP. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 713-721, 2005.