

DESENVOLVIMENTO DO PINHÃO-MANSO (*Jatropha curcas* L.) EM FUNÇÃO DA IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL¹

NELMÍCIO FURTADO DA SILVA^{2*}, MARCONI BATISTA TEIXEIRA³, FERNANDO NOBRE CUNHA⁴, FREDERICO ANTÔNIO LOUREIRO SOARES, RENATO CAMPOS DE OLIVEIRA⁴

RESUMO - Para obter sucesso e lucratividade com a cultura do pinhão-manso, a irrigação é um fator decisivo. Neste sentido, objetivou-se com esta pesquisa avaliar o crescimento do pinhão-manso irrigado via gotejamento subsuperficial. O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação instalada na área experimental do IFGoiano – Câmpus Rio Verde, em um delineamento experimental inteiramente casualizado, utilizando cinco tratamentos descritos da seguinte maneira: T1 – aplicação de uma lâmina de água de 100% da reposição hídrica por meio do tipo 1 de tubo gotejador; T2 – aplicação de uma lâmina de água de 50% da reposição hídrica por meio do tipo 1 de tubo gotejador; T3 – aplicação de uma lâmina de água de 100% da reposição hídrica por meio do tipo 2 de tubo gotejador; T4 – aplicação de uma lâmina de água de 50% da reposição hídrica por meio do tipo 2 de tubo gotejador; e T5 – sem reposição hídrica com cinco repetições. Os resultados obtidos foram submetidos à análise da variância pelo teste F e em casos de significância, a análise de regressão foi realizada a análise de regressão. Para os dados de vazão dos gotejadores, utilizou-se estatística descritiva. A aplicação da lâmina de irrigação igual a 100% utilizando o gotejador 1 apresentou maior desenvolvimento das plantas, quando comparada aos demais tratamentos.

Palavras-chave: Potencial bioenergético. Lâmina de irrigação. Vazão média. Fotossíntese.

PHYSIC NUT (*Jatropha curcas* L.) DEVELOPMENT UNDER EFFECT OF SUBSURFACE DRIP IRRIGATION

ABSTRACT - The trial was developed under greenhouse conditions in the experimental area of IFGoiano - Campus Rio Verde. The research aimed to evaluate the growth of physic nut irrigated with subsurface drip system. The experimental design was completely randomized, using two irrigation depths (100% and 50% of irrigation depth) and two models of driplines (M1 and M2) with five replicates (containers) each treatment. Data was submitted to analysis of variance by F test, and in cases of significance, regression analysis was performed. For the data flow of the drippers, we used descriptive statistics. The application of irrigation equal to 100% using the dripper model presented a major development when compared to other treatments.

Keywords: Bioenergetic potential. Irrigation depths. Average flow. Photosynthesis.

*Autor para correspondência.

¹Recebido para publicação em 10/03/2013; aceito em 09/07/2014.

Projeto de pesquisa financiado pelo CNPq.

²Departamento de Irrigação, IF Goiano – Câmpus Rio Verde, Caixa Postal 66, 75.901-970, Rio Verde - GO, nelmiciofurtado@gmail.com.

³Departamento de Irrigação, IF Goiano – Câmpus Rio Verde, Caixa Postal 66, 75.901-970, Rio Verde - GO, marconibt@gmail.com; fredalsoles@hotmail.com.

⁴Departamento de Irrigação, IF Goiano – Câmpus Rio Verde, Caixa Postal 66, 75.901-970, Rio Verde - GO, fernandonobrecunha@hotmail.com; renatocoagro@gmail.com.

INTRODUÇÃO

Devido ao esgotamento de recursos não-renováveis, como petróleo e carvão, à emissão em excesso de gases poluentes para o meio ambiente e ao aquecimento global, o homem busca fontes alternativas de energia que tenham menor impacto ambiental e sejam renováveis (ACHTEN et al., 2008).

Entre as espécies com potencial bioenergético, o pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) apresenta melhores condições, pois, além de apresentar boa produtividade, não compete com os alimentos, já que seu óleo não é comestível como ocorre com o milho e a soja. O pinhão-manso é de fácil cultivo e seu óleo tem variações pouco significativas de acidez. Possui melhor estabilidade à oxidação do que o óleo de soja e o de dendê, além de boa viscosidade em comparação ao de mamona (BASTOS, 2003). Diante da preocupação atual com o efeito estufa, aquecimento global e com a limitação ao uso das reservas de combustível fóssil, o pinhão-manso, entre outras oleaginosas, tem despertado interesse dos produtores, do governo e das instituições de pesquisa por sua rusticidade. Nesse contexto, com a possibilidade do uso do óleo de pinhão-manso para a produção de biodiesel, amplas perspectivas são abertas para o aumento das áreas de plantio com essa cultura (DRUMOND et al., 2010). A cultura apresenta características desejáveis tanto na renovação da base energética nacional como na agricultura familiar, favorecendo a permanência do homem no campo (DALLACORT et al., 2010).

Sob condições de sequeiro, o pinhão-manso cresce em regiões com precipitações pluviométricas variando de 480 a 2.380 mm anuais e temperaturas médias anuais entre 18°C e 28,5°C (SATURNINO et al., 2005).

Essa espécie cresce melhor em condições de chuvas anuais acima de 600 mm, sendo tolerante a longos períodos de estiagem, até 2 anos, e em segui-

da, volta a crescer quando ocorre a chuva. O uso da irrigação induz maior crescimento vegetativo das plantas (ABDRABBO; NAHED, 2008). Mesmo sendo a espécie *Jatropha curcas* de baixa exigência hídrica, sobrevivendo em condições de baixa precipitação e adaptada a condições de calor, alta luminosidade e à semiaridez, a garantia de produção será maior com uso de irrigação (SOUZA et al., 2010).

A irrigação localizada subsuperficialmente apresenta elevado potencial de utilização em função da perspectiva de eficiência de uso da água. Para o sistema de gotejamento enterrado, a intrusão radicular constitui um dos principais aspectos de manejo a ser considerado, visando a assegurar a vida útil prevista em projeto (COELHO, 2007). Na cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), o problema é ampliado devido ao grande número de raízes.

Embora seja uma espécie que sobrevive em condições de seca, adaptada à semiaridez, com o problema da escassez de água em algumas regiões torna-se necessário um manejo correto da irrigação que identifique as lâminas de água ideais para que se obtenha equilibrada produção das culturas, ou ainda, uma economia de água (CARVALHO et al., 2011).

Desta forma, objetivou-se com esta pesquisa avaliar o crescimento do pinhão-manso irrigado via gotejamento subsuperficial, utilizando duas lâminas de reposição hídrica em ambiente protegido e a caracterização hidráulica dos gotejadores.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação instalada na área experimental do IFGoiano – Câmpus Rio Verde. A casa de vegetação possui cobertura de filme plástico de polietileno transparente de 150 micras e laterais fechadas, com tela tipo sombrite com 30% de interceptação (Figura 1).

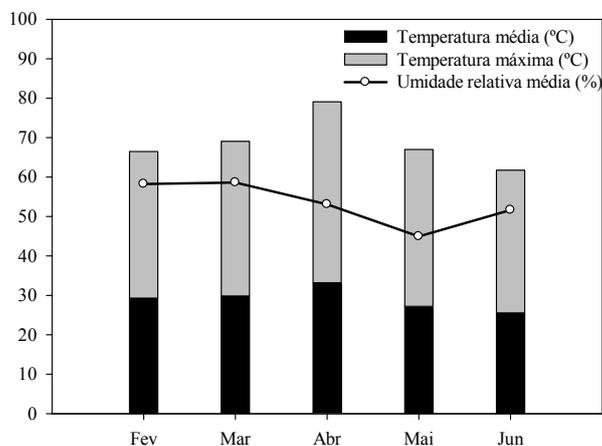


Figura 1. Dados meteorológicos da casa de vegetação durante o período de avaliação em Rio Verde – GO, 2011.

A cultura foi condicionada em vasos plásticos com dimensões de 0,4 m (diâmetro) x 0,60 m (altura) preenchidos com pedra brita nº 02 (0,1 m) e solo separadamente, compondo uma camada de solo de 0,50 m de profundidade. Para a separação entre a camada de pedra e de solo, foi utilizada manta bidin (Figura 2).

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado, com cinco repetições, num esquema fatorial com dois modelos de gotejadores (M1 e M2) e duas lâminas de irrigação (50 e 100% de reposição hídrica). Avaliou-se o efeito de 5 tratamentos: T1 – lâmina de irrigação com 100% da reposição hídrica por meio de um tubo gotejador com vazão de 1 L h⁻¹; T2 – lâmina de irrigação com 50% da reposição hídrica por meio de um tubo gotejador com vazão de 1 L h⁻¹; T3 – lâmina de irrigação com 100% da reposição hídrica por meio de um tubo gotejador com vazão de 1,5 L h⁻¹; T4 – lâmina de irrigação com 50% da reposição hídrica por meio de um

tubo gotejador com vazão de 1,5 L h⁻¹; e T5 – sem reposição hídrica, sendo neste tratamento o solo mantido na capacidade de campo durante todo desenvolvimento da cultura através de aplicações de água constantes sem utilização de gotejadores.

As plantas cresceram inicialmente em um viveiro de mudas (fase de produção de mudas). A operação de transplante foi realizada quando as mudas atingiram de 13 a 15 cm. A área sistematizada para o transplante das mudas foi mantida saturada por 2 a 3 dias antes da operação. As mudas de pinhão-mansó foram acondicionadas em recipientes (vasos plásticos) com dimensões de 0,4 m (diâmetro) x 0,60 m (altura) preenchidos com pedra brita nº 02 (0,1 m) e solo separadamente, compondo uma camada de solo de 0,50 m de profundidade. Para a separação entre a camada de pedra e de solo, foi utilizada manta bidin (Figura 2).

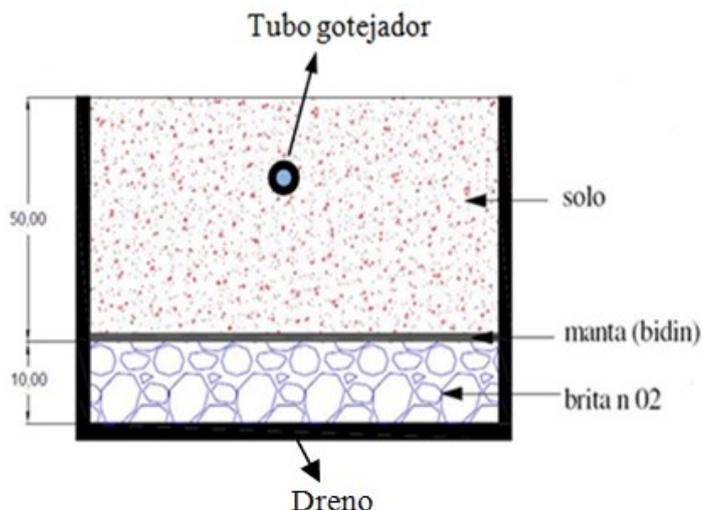


Figura 2. Esquema de montagem do recipiente para acondicionamento da cultura.

Antes do enchimento dos vasos, foi feita amostragem de solo a 0-20 e 20-40 cm de profundidade para análise física e química do solo utilizado no experimento. O solo utilizado foi classificado

como Latossolo Vermelho distroférico (LVdf), de textura média (EMBRAPA, 2006). As principais características químicas e físicas deste solo são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características físico-químicas do Latossolo Vermelho distroférico utilizado no preenchimento dos vasos, no início e no final do experimento.

Análise Física										
Argila				Silte				Areia		
----- g.kg ⁻¹ -----										
410				209				381		
Análise Química Inicial										
P ¹	M.O. ²	pH ³	K ¹	Ca	Mg	H+Al	S ⁴	T ⁵	Al	V ⁶
mg/dm ³	g/dm ³	água		----- mmol/dm ³ -----						%
3,92	43,27	6,1	2,81	57,20	19,20	64,35	79,21	143,56	0,00	55,18
Análise Química Final										
P ¹	M.O. ²	pH ³	K ¹	Ca	Mg	H+Al	S ⁴	T ⁵	Al	V ⁶
mg/dm ³	g/dm ³	água		----- mmol/dm ³ -----						%
24,32	62,18	5,8	58,31	119,70	68,40	46,20	246,31	292,51	0,00	84,21

¹Extrator de P e K, Mehlich-1. ²M.O Matéria Orgânica, g/dm³. ³pH em água, g/100 cm³ de terra. ⁴S Soma de bases, Ca + Mg + K. ⁵T Capacidade de troca de cátions, S + H+ Al. ⁶V Porcentagem de saturação de bases, V=100 S/T.

Foi confeccionadas 2 curvas de retenção de água no solo, em porcentagem de volume, correspondente às camadas de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm, no intervalo de tensão entre 5 e 1.500 kPa. De posse dos valores de umidade volumétrica e do potencial mátrico, as curvas foram ajustadas, utilizando o programa RETC (GENUCHTEN et al., 1991).

Os tratamentos tiveram início após 80 dias de estabelecimento da cultura, sendo irrigadas nesse período com uma lâmina de reposição hídrica suficiente para manter a água no solo em sua capacidade de campo.

O desenvolvimento do pinhão-manso foi avaliado a partir da aplicação dos tratamentos por meio de coletas quinzenais de dados biométricos, referentes à altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC) a 2,5 cm do colo, área foliar (AF) e número de ramificações (NR). A área foliar foi determinada pela equação 1 (SEVERINO et al., 2005):

$$AF = 0,84 (C \times L) 0,99 \quad (1)$$

Em que;

C = comprimento do limbo foliar; e

L = largura do limbo foliar.

Os seguintes tubos gotejadores forma utilizados: M1 - Plastro Hidrolite (HY) e M2 - Naan Drip (NAAN), ambos de fluxo turbulento, com pressões de serviço recomendadas pelo fabricante, M1 (0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 e 1,2 bar) e M2 (0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0 bar).

Um hidrômetro foi posicionado antes das entradas das linhas para determinação do consumo de água durante o desenvolvimento do experimento.

Para a medição da pressão de serviço, à entrada da linha de emissores foi utilizado um manômetro de bourdon digital com faixa de leitura de 0 – 4 Kgf cm⁻², permitindo que a cada medição de vazão a pressão fosse checada e, se necessário, ajustada àquela preestabelecida.

O procedimento para leitura individual da vazão dos gotejadores consistiu da pressurização do sistema, posicionamento de recipientes (1 litro) sob os respectivos gotejadores com uma defasagem de 5 segundos, retirada sequencial dos recipientes após 5 minutos com defasagem de 5 segundos e medição do volume coletado.

Para maior exatidão, foi utilizado o método gravimétrico para a determinação do volume coletado de cada emissor, expressando os valores de vazão em L h⁻¹, utilizando uma balança de precisão certificada.

Posteriormente, foram tabulados os dados e feitos os cálculos a vazão, do coeficiente de variação de vazão e uniformidade de distribuição de água, utilizando as equações enumeradas de 2, 3 e 4, respectivamente.

$$q = \frac{P}{1000 t} 60 \quad (2)$$

$$CV_q = \frac{s}{q} 100 \quad (3)$$

$$UD = \frac{q_{25}}{q} 100 \quad (4)$$

em que:

P – peso da água coletada, g;

t – tempo de coleta, min;

q – vazão do gotejador, L h⁻¹.

CV_q – coeficiente de variação de vazão, %;

s – desvio padrão da vazão dos gotejadores

usados, L h⁻¹;

UD – uniformidade de distribuição de água, %; e

q₂₅ – vazão média de ¼ dos menores valores de vazão, L h⁻¹.

Aos 72 dias após o início da aplicação dos tratamentos, foram realizadas as medidas de fluorescência da clorofila *a* entre 8:00 e 11:30 horas, utilizando um fluorômetro portátil modulado MINI-PAM (Walz, Effeltrich, Germany). Os parâmetros avaliados foram: rendimento quântico potencial do fotossistema II (Fv/Fm), calculado após 30 minutos de adaptação ao escuro por meio de pinças; rendimento quântico efetivo do fotossistema II (ΔF/Fm'), determinado por meio da sobreposição de um pulso de saturação em folhas previamente adaptadas à luz ambiente, sendo calculado como ΔF/Fm' = (Fm' - F). O ΔF/Fm' foi utilizado para estimar a taxa aparente de transporte de elétrons (ETR). O coeficiente de extinção não-fotoquímica foi calculado como NPQ = (Fm - Fm')/Fm'.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise da variância pelo teste F, e em casos de significância, foi realizada a análise de regressão. Para os dados de vazão dos gotejadores, utilizou-se estatística descritiva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Figura 3 que o tratamento 1 proporcionou a maior altura de planta entre todos os tratamentos, superando em 22,64, 13,05, 15,96 e 21,95% os tratamentos 2, 3, 4 e 5, respectivamente, os tratamentos 2 e 5 não demonstraram uma diferença considerável entre si, enquanto que o tratamento 3 não demonstrou o mesmo comportamento observado em 2, 4 e 5.

O diâmetro do caule das plantas que receberam os tratamentos 1 e 3 não apresentaram incrementos consideráveis; entretanto o tratamento 1 foi maior

ou apresentou um melhor desempenho quando comparado ao 2, 4 e 5; os tratamentos 2 e 4 foram semelhantes, mostrando acréscimo apenas em relação ao tratamento 5; e o diâmetro do caule para os tratamentos 3 e 4 também foram semelhantes (Figura 3).

Em relação à capacidade fotossintética das plantas, observa-se que os tratamentos 1, 2 e 4 tiveram o mesmo desempenho, visto não haver ocorrido grandes diferenças entre estes no que diz respeito a área foliar (Figura 3), pois esta variável se relaciona diretamente com a capacidade fotossintética de interceptação da luz, influenciando diretamente no desenvolvimento das plantas.

Houve em média uma redução de 29% no número de ramificações das plantas irrigadas com 50% da reposição hídrica quando comparado com a lâmina de irrigação de 100% de reposição hídrica, mostrando que o pinhão-manso é exigente em água para uma boa ramificação (Figura 3). Horschutz et al. (2012) observaram que a partir dos 240 DAT verificou-se efeito significativo para a condição hídrica com as plantas com complementação hídrica apresentando maior altura, resultados que indicam que as plantas irrigadas têm um desenvolvimento vegetativo maior.

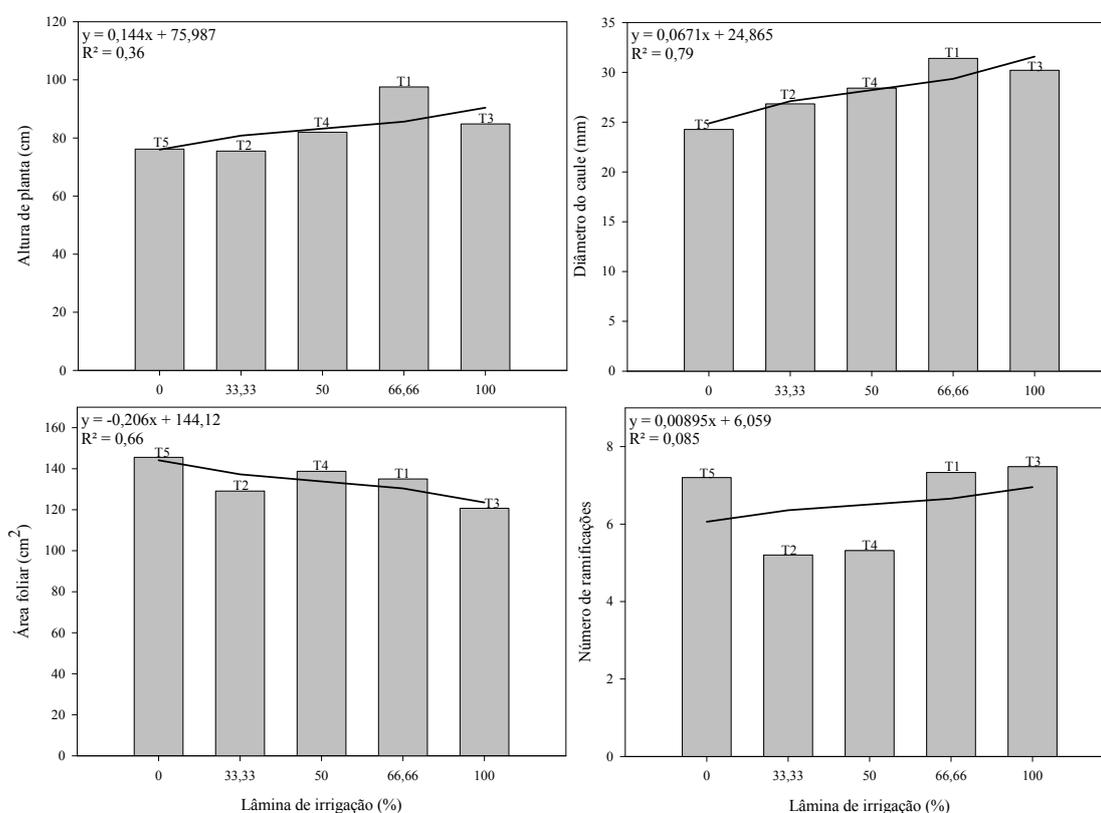


Figura 3. Altura de planta (A), diâmetro do caule (B), área foliar (C) e número de ramificações (D) em função dos tratamentos (T1 e T3 = 100% da lâmina de irrigação, T2 e T4 = 50 % da lâmina de irrigação, T5 = sem reposição hídrica).

As curvas de vazão em função da pressão, coeficiente de variação de vazão e uniformidade de distribuição de água para os dois modelos de gotejadores ensaiados, utilizando diferentes lâminas de irrigação, estão apresentados nas Figuras 4 e 5. Observa-se que a vazão nominal indicada pelo fabricante do M1 é igual a 1,0 L h⁻¹ para a pressão de 1 bar, no entanto, a confecção da curva de vazão em função da pressão em condições de gotejo enterrado mostrou que a vazão média em condições subsuperficiais se aproximou da vazão nominal (1,0 L h⁻¹) indicada pelo fabricante somente quando foi aplicada pressão de serviço superior a 1,0 bar, mostrando que esse modelo de gotejador tem adequado funcionamento com a pressão de serviço em torno de 1,2 bar, tornando-se mais nítido quando analisados os parâme-

tros de coeficiente de variação de vazão e uniformidade de distribuição de água, em que é possível observar que quanto mais se aproximou da vazão nominal, menor foi o coeficiente de variação de vazão e maior a uniformidade de distribuição de água. A vazão média de emissores pode ser considerada bom parâmetro para avaliar alterações quanto ao funcionamento adequado de emissores, seja devido a problemas de entupimento, seja a outros problemas (CARARO et al., 2006).

Já para o M2, observa-se que a vazão nominal indicada pelo fabricante é igual a 1,5 L h⁻¹ para a pressão de 1 bar. A confecção da curva de vazão em função da pressão mostrou que esse gotejador permite que a vazão média se aproxime da vazão nominal quando se aplica a pressão de serviço de 1,5 bar, em

condições de irrigação por gotejamento subsuperficial. Os sistemas de irrigação localizados apresentam como principal vantagem a eficiência de uso e de aplicação de água cujos fatores que afetam sua uniformidade seguem a seguinte ordem: obstruções,

coeficiente de variação de fabricação, expoente de descarga do emissor, sensibilidade do emissor, sensibilidade do emissor à temperatura, variações de pressão, dentre outros (ASAE, 2008).

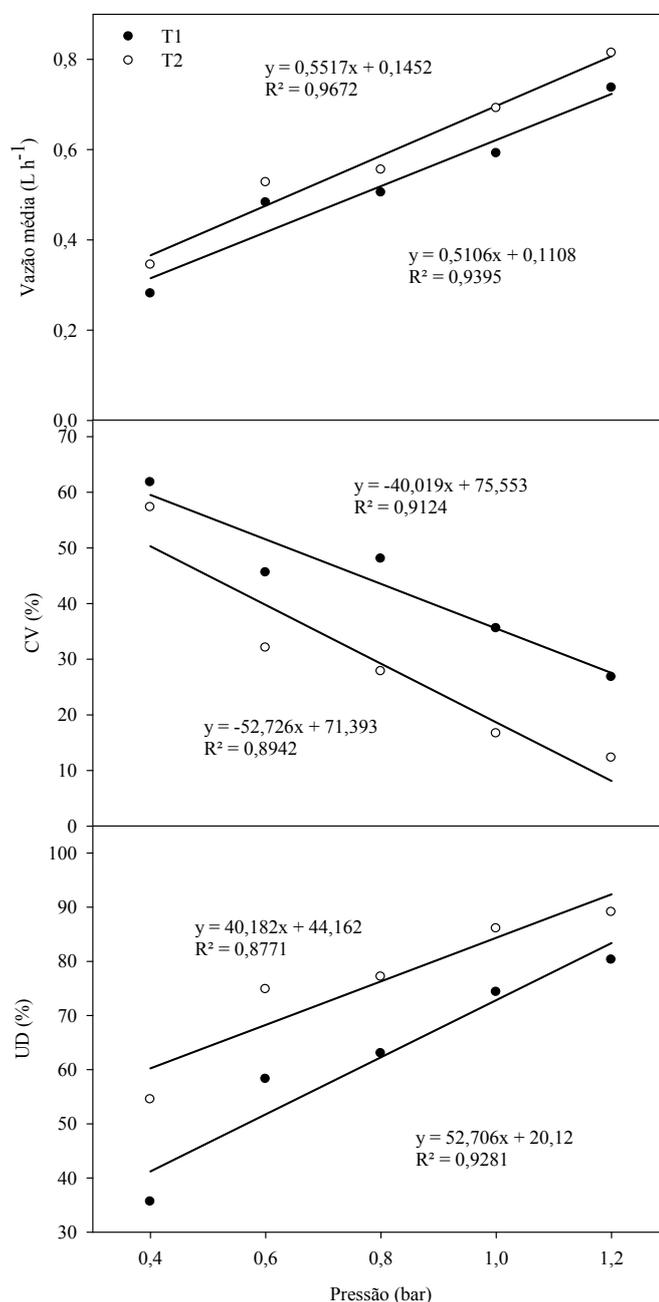


Figura 4. Curvas de vazão em função da pressão, coeficiente de variação de vazão e uniformidade de distribuição de água do M1 (T1 = 100% da lâmina de irrigação e T2 = 50 % da lâmina de irrigação).

Tal pressão de serviço é indicada para condições de campo por permitir maior economia de energia, menor coeficiente de variação de vazão e uniformidade de distribuição de água mais eficiente, no entanto, para as condições de ensaio utilizadas, a aplicação dessa pressão de serviço afetou o adequado desenvolvimento das plantas de pinhão-manso

(*Jatropha curcas* L.). Verificou-se também que não ocorreu intrusão radicular em nenhum dos tratamentos, mesmo com notável vigor do sistema radicular das plantas analisadas e, quanto ao aspecto construtivo (barreiras físicas), nenhum dos gotejadores ensaiados (usualmente recomendados para irrigação por gotejamento subsuperficial) mostrou possuir meca-

nismos que impeçam efetivamente a entrada de partículas sólidas em seu interior. A avaliação sistemática do sistema de irrigação e o monitoramento da quali-

dade da água são essenciais para prevenir o entupimento (TEIXEIRA et al., 2008).

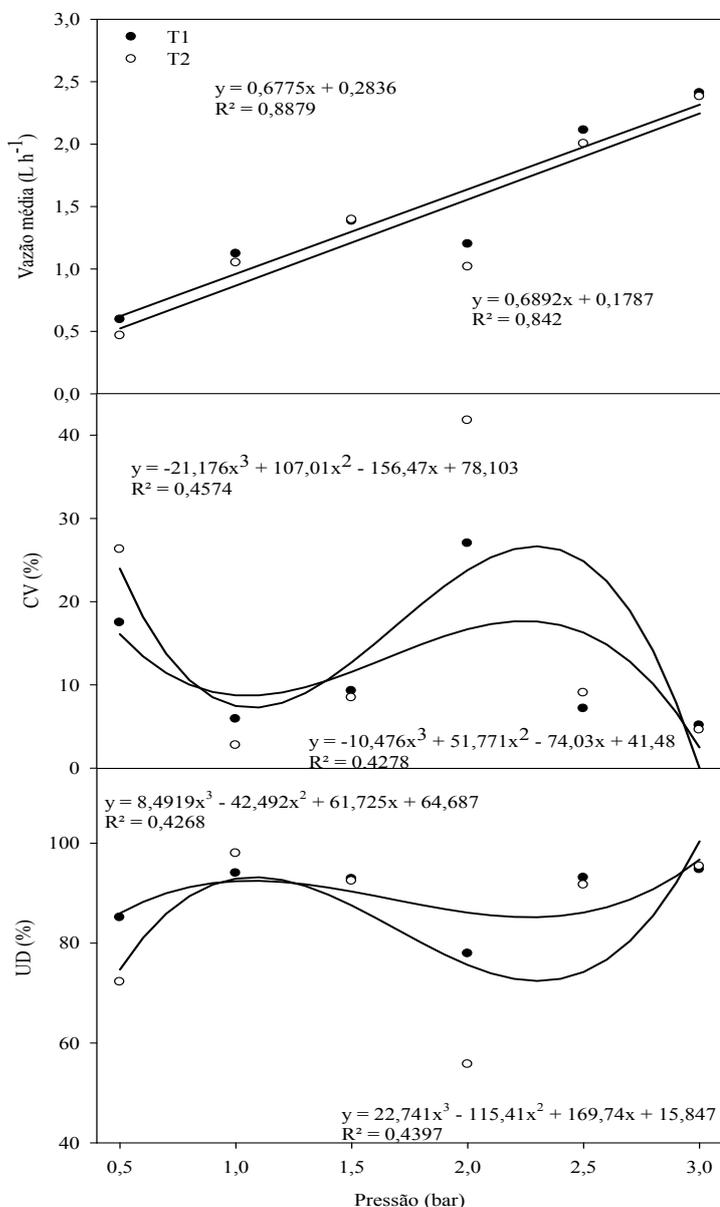


Figura 5. Curvas de vazão em função da pressão, coeficiente de variação de vazão e uniformidade de distribuição de água do M2 (T3 = 100% da lâmina de irrigação e T4 = 50 % da lâmina de irrigação).

Os valores encontrados para o rendimento quântico potencial do fotossistema II (razão F_V/F_M) não diferiram entre os tratamentos, tanto para as diferentes lâminas de irrigação, quanto para os tipos de modelos de gotejadores, e estão de acordo com os valores ótimos para esta característica (Figura 6). A eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II para a maioria das culturas é de 0,8 e os valores inferiores observados podem provocar redução no fluxo de elétrons no fotossistema II, com conseqüente redução na quantidade de energia disponibilizada para a fixação de CO_2 (CECHIN, 1996).

A capacidade fotossintética (ETR) foi maior em plantas sob regime de irrigação com lâmina de 100% para ambos os tipos de gotejadores utilizados, porém, nos tratamentos com o M1 de gotejador, as plantas apresentaram maiores valores de ETR quando comparado aos tratamentos do M2 nas duas lâminas de irrigação (Figura 7A). De modo semelhante ao resultado da ETR, os valores obtidos do rendimento quântico efetivo do fotossistema II (razão $\Delta F/F_m'$) também evidenciaram efeito mais eficiente para a lâmina de irrigação de 100% e modelo 1 de gotejador (Figura 7B). Esse comportamento se refletiu no

resultado do coeficiente de extinção não-fotoquímica (NPQ), que se mostrou menos eficiente com lâmina de irrigação de 50% e M2 de gotejador (Figura 7C).

Os tratamentos foram conduzidos de forma a ofertar as quantidades de água descritas na Tabela 2, conforme o turno de rega (50 e 100% de reposição hídrica).

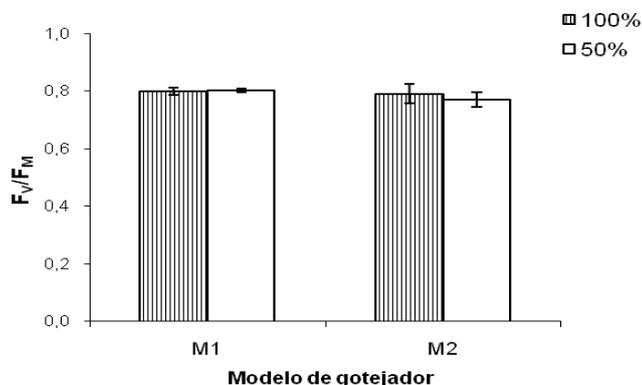


Figura 6. Rendimento quântico potencial do PSII (razão F_v/F_m) em plantas de pinhão-manso submetidas a duas diferentes lâminas de irrigação e modelos de gotejadores.

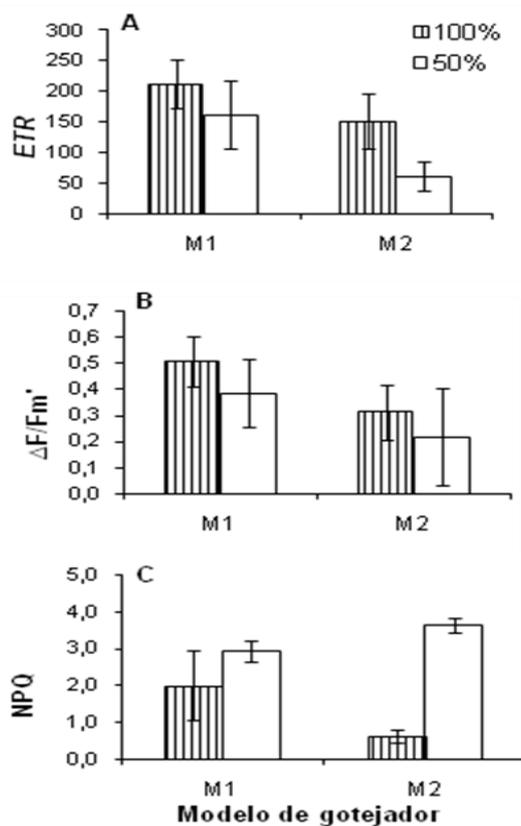


Figura 7. Capacidade fotossintética (ETR) (A), rendimento quântico efetivo do fotossistema II ($\Delta F/F_m'$) (B) e coeficiente de extinção não-fotoquímica (NPQ) (C) em plantas de pinhão-manso submetidas a diferentes lâminas de irrigação e modelos de gotejadores.

Tabela 2. Consumo de água (mm) em função dos tratamentos aplicados.

Tratamentos	Gotejador – M1		Gotejador – M2	
	T1 - 100%	T2 - 50%	T3 - 100%	T4 - 50%
Total (mm)	92,5	49,25	91,4	46,3

Segundo Arruda et al. (2004), o pinhão-manso é uma espécie xerófila, com forte tolerância à falta de água. Pode sobreviver com 200 mm de pluviosidade anual, até três anos de secas consecutivas, paralisando o seu crescimento nesses períodos. Neste sentido, os resultados obtidos apontam para a possibilidade de a espécie ser afetada fisiologicamente em condições de oferta de água superior às suas necessidades. Essa possibilidade ficou evidenciada pelo resultado observado, em que plantas irrigadas tanto na lâmina de 50%, quanto na de 100%, utilizando o gotejador M1, apresentaram melhor eficiência fotosintética, mesmo sob uma menor quantidade de água fornecida por este gotejador.

CONCLUSÕES

A aplicação da lâmina de irrigação igual a 100%, utilizando o gotejador modelo 1, apresentou maior desenvolvimento das plantas, quando comparada aos demais tratamentos.

As características avaliadas para a fluorescência da clorofila *a* não foram afetadas pelos tratamentos com lâminas de 100% e 50% de irrigação ou pelos diferentes modelos de gotejadores.

Os modelos de gotejadores testados apresentaram um déficit no volume de água aplicado em condições subsuperficiais, evidenciado uma possível inconformidade com as especificações técnicas do fabricante.

O gotejador modelo 1 apresentou resultado inferior ao modelo 2, em relação à oferta de água na lâmina de 100 e 50% de irrigação, apontando uma possível favorecimento das plantas de pinhão-manso a uma menor oferta de água.

Em projetos dimensionados com gotejamento subsuperficiais utilizando estes dois modelos de gotejadores, recomenda-se trabalhar na pressão de serviço recomendada pelo fabricante, mas com compensações da lâmina de reposição.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

REFERÊNCIAS

ASAE – American Society of Agricultural and Biological Engineers – **Design and Installation of Microirrigation Systems**. EP405.1 APR1988 (R2008).2008. 3 p.

ABDRABBO, A. A. K.; NAHED, M. M. ATTA, Response of *Jatropha curcas* L. to water deficit: Yield, water use efficiency and oilseed characteristics. **Biomass and Bioenergy**, v. 33, n. 10, p. 1343-1350, 2008.

ACHTEN, W. et al. *Jatropha* bio-diesel production and use. **Biomass and Bioenergy**, v. 32, n. 12, p. 1063-1084, 2008.

ARRUDA, F. P. et al. Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista de Oleaginosas e Fibras**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 789-799, 2004.

BASTOS, R. K. X. **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura**. Rio de Janeiro: ABES; São Paulo: Rima, 2003. 253 p.

CARARO, D. C. et al. Analysis of clogging in drip emitters during wastewater irrigation. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 22, n. 2, p. 251-257, 2006.

CARVALHO, C. M. et al. Influência de diferentes lâminas de irrigação no crescimento inicial do pinhão manso. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 5, n. 1, p. 75-81, 2011.

CECHIN, I. Uso de sistemas portáteis de fluorescência na avaliação do estresse. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BOTÂNICA DE SÃO PAULO, 20, 1996, São Carlos, **Anais...** São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 1996. p. 1-28.

COELHO, R. D. **Contribuições para a irrigação pressurizada no Brasil**. 2007. 192 p. (Livre-Docência) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

DALLACORT, R. et al. Aptidão agroclimática do pinhão-manso na região de Tangará da Serra, MT. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 373-379, 2010.

DRUMOND, M. A. et al. Desempenho agrônomo de genótipos de pinhão manso no semiárido pernambucano. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 1, p. 44-47, 2010.

FREITAS, R. G. et al. Genetic evaluation of *Jatropha curcas* na importante oilseed for biodiesel production. **Genetics and Molecular Research**, v. 10, p. 1490-1498, 2011.

GENUCHTEN, M. TH. VAN; LEIJ, F. J.; YATES, S. R. **The RETC code for quantifying the hydraulic functions of unsaturated soils, version 1.0**. U. S. Salinity Laboratory, USDA, ARS, Riverside, Cali-

fornia, 1991. Disponível em:
<<http://www.usssl.ars.usda.gov/models.htm>>. Acesso em: 22 out. 2010.

HORSCHUTZ, A. C. O. et al. Crescimento e produtividade do pinhão-manso em função do espaçamento e irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 10, p. 1093–1099, 2012.

SARTUNINO, M. H. et al. Produção de oleaginosas para biodiesel. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 44 -78, 2005.

SEVERINO, L. S. et al. **Método para determinação da área foliar da mamoneira**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 20 p. (Embrapa Algodão. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 55).

SOUZA, Y. A. et al. Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.32, n. 2, p.83-92, 2010.

TEIXEIRA, M. B. et al. Tratamento para desentupimento de gotejadores convencionais. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 2, p. 235-248, 2008.