

BIOMETRIA E DESENVOLVIMENTO DE PINHÃO-MANSO IRRIGADO COM DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA RESIDUÁRIA E ADUBAÇÃO FOSFATADA

ANTONIO EVAMI CAVALCANTE SOUSA*, HANS RAJ GHEYI, FREDERICO ANTONIO LOUREIRO SOARES, ELKA COSTA SANTOS NASCIMENTO², LEANDRO OLIVEIRA DE ANDRADE²

RESUMO - O crescimento demográfico não só demanda maior exploração e utilização da água, mas também gera diferentes tipos de água residuária, como efluentes que são lançados diretamente nos cursos hídricos. Neste contexto, objetivou-se, com este trabalho, avaliar a viabilidade do uso de água residuária de origem doméstica sobre o crescimento de plantas de pinhão-manso, durante o terceiro ano de produção cultivado em ambiente protegido. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados sendo que os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 5 x 2, constituindo os fatores cinco níveis de reposição hídrica – RH (0,25; 0,50; 0,75; 1,00 e 1,25 do consumo da água pela planta) e duas doses de fósforo (135 e 200 g planta⁻¹ ano⁻¹) com quatro repetições. As plantas foram cultivadas em condições de vaso com capacidade de 200 L e no início do 3º ano de produção (presente trabalho) foi realizada uma poda drástica. As variáveis altura de planta, diâmetro caulinar, número de folhas e área foliar do pinhão-manso foram influenciadas pelas lâminas de reposição hídrica do consumo a partir dos 30 dias após a poda (DAP). O número de folhas e o diâmetro caulinar foram afetados pelas doses de fósforo aos 30 e 90 DAP, respectivamente. A altura de planta e a área foliar foram influenciadas pela interação dos fatores aos 30, 60 e 90 DAP. Já o peso de frutos e a eficiência do uso da água do pinhão-manso foram afetados pelas lâminas de reposição hídrica aplicadas, no entanto, não foram afetadas pelas doses de fósforo.

Palavras-chave: *Jatropha curcas* L. Reúso. Índices fenológicos. Nutrição mineral.

BIOMETRICS AND DEVELOPMENT OF PHYSIC NUT IRRIGATED WITH DIFFERENT DEPTHS OF WASTEWATER AND PHOSPHORUS FERTILIZATION

ABSTRACT - The population growth not only demands further exploration and use of water, but generates different types of wastewater, such as sewage which is dumped directly into watercourses. In this context, the aim of this study was to evaluate the influence of the use of wastewater from domestic sources on the growth of plants of physic nut during the third year of production under protected ambient. A randomized block design in a 5 x 2 factorial scheme was used, the factors being five levels of water replacement – WR (0.25, 0.50, 0.75, 1.00 and 1.25 times water consumed by the plant) and two levels of phosphorus (135 and 200 g plant⁻¹ year⁻¹) with four replications. Plants were grown in recipients with a capacity of 200 L and in the beginning of the 3rd year of production (present study) a drastic pruning was performed. The variables plant height, stem diameter; leaf number and leaf area of the physic nut were influenced by the depth of water replacement from 30 days after pruning (DAP). The leaf number and stem diameter were affected by phosphorus dose at 30 and 90 DAP, respectively. The plant height and leaf area were influenced by the interaction (WR x phosphorus dose) at 30, 60 and 90 DAP. The weight of the fruit and water use efficiency of physic nut were affected by the depth of water applied but were not influenced by phosphorus dose.

Keywords: *Jatropha curcas* L. Reuse. Phenological indices. Mineral nutrition.

* Autor para correspondência.

Recebido para publicação em 12/05/2011; aceito em 11/01/2012.

Projeto de pesquisa de Pós-Graduação UAEA/CTRN/UFCG e financiado pelo CNPq

Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, UFCG, Caixa Postal 10078, 58.109-970, Campina Grande – PB; evami@ibest.com.br

Núcleo de Engenharia de Água e Solo, UFRB, Cruz das Almas – BA, hans@pq.cnpq.br

IF Goiano, Campus Rio Verde, Acesso Rod. Sul Goiana Km 01, Zona Rural, Rio Verde – GO; fredalsoles@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A aplicação de efluente de esgotos no solo é uma forma efetiva de controle da poluição, além de uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica em regiões áridas e semiáridas. Os maiores benefícios dessa forma de reúso estão associados aos aspectos econômicos, ambientais e de saúde pública (SILVA et al., 2009).

O uso de efluentes na irrigação é uma prática antiga em países como Austrália, Israel, Estados Unidos, Egito, Arábia Saudita, Tunísia, México, Chile e Peru (HUSSAR et al., 2005; RODRIGUES et al., 2009). No Brasil, o reúso de águas servidas não é relevante, mas se registram vários exemplos de utilização de esgotos sanitários em irrigação, em geral de forma espontânea e não controlada, principalmente em periferias das grandes cidades (MEDEIROS et al., 2007).

A utilização das águas residuárias tratadas na agricultura é importante não apenas por servir como fonte extra de água, mas também de nutrientes para as culturas (SANDRI et al., 2007). Neste contexto, as plantas desempenham papel importante, extraindo macro e micronutrientes disponibilizados pelas águas residuárias, necessária ao seu crescimento, evitando acúmulo, a consequente salinização do solo e a contaminação das águas superficiais e subterrâneas (RIBEIRO et al., 2009).

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) pertence à família *Euphorbiaceae*, e uma espécie com amplo potencial agrícola, destacando-se pela produtividade e qualidade satisfatória do óleo, visando à produção de biodiesel. Recentemente, despertou interesse comercial no país, por apresentar características desejáveis tanto na renovação da base energética nacional como na agricultura familiar, favorecendo a permanência do homem no campo (DALLACORT et al., 2010). De acordo com Oliveira et al. (2010), o pinhão-manso está sendo considerado opção agrícola vantajosa para o Nordeste, por se tratar de espécie exigente em insolação e com forte resistência à seca. Segundo Drummond et al. (2010) esta oleaginosa produz em média 330 kg ha⁻¹ de sementes, em condições de sequeiro e 1.200 kg ha⁻¹ em área irrigada no primeiro ano de produção e, conforme Tominaga et al. (2007), o pinhão-manso tem potencial para atingir 8.000 kg ha⁻¹, após o quarto ano de produção, dependendo do manejo de irrigação.

Em geral, os solos brasileiros, em especial os do Nordeste, são ácidos e de baixa fertilidade natural, principalmente em nitrogênio e fósforo, que limitam o rendimento das culturas (SOUZA et al., 2009). Limitações de fósforo no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento das raízes e da parte aérea, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de fósforo a níveis adequados no decorrer de seu crescimento (GRANT et al., 2001).

O suprimento adequado de fósforo é diferente dos demais nutrientes essenciais, desde o estágio inicial

de crescimento da planta, para garantir bom desenvolvimento (ZUCARELI et al., 2006). Neste sentido, Almeida Júnior et al. (2009) obtiveram, pesquisando doses de fósforo em mamona, cultura da mesma família do pinhão-manso diferença significativa positiva, afirmando que o fósforo age no crescimento nos primeiros meses de cultivo.

Em função do exposto objetivou-se, com este trabalho, avaliar a viabilidade da aplicação de lâminas de irrigação com água residuária de origem doméstica e duas doses de fósforo sobre o crescimento, produção de frutos e eficiência do uso da água do pinhão-manso durante o terceiro ano de cultivo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no período de fevereiro a setembro de 2009, em casa de vegetação pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, PB, com as seguintes coordenadas geográficas: 07°15'18" de latitude Sul, 35°52'28" de longitude Oeste e altitude média de 550 m. O clima da região é do tipo Csa, que representa clima mesotérmico, subúmido com período de estiagem quente e seco (4 a 5 meses) e período chuvoso de outono a inverno, conforme a classificação climática de Köppen, adaptada ao Brasil (COELHO; SONCIN, 1982).

Adotou-se o delineamento em blocos casualizados e os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 5 x 2, sendo o primeiro fator a reposição do consumo hídrico (0,25; 0,50; 0,75; 1,00 e 1,25 do consumo de água pela planta) e o segundo, os níveis de fósforo (DP₁ - 135 e DP₂ - 200 g planta⁻¹ ano⁻¹) com quatro repetições. Os tratamentos de referência foram a lâmina de irrigação de 100% e a dose de 135 g por planta (TOMINAGA et al., 2007). A água residuária foi proveniente do riacho Bodocongó, que serve de córrego para efluente doméstico a céu aberto e apresentou pH, 7,5; CE, 1,3 dS m⁻¹; P, K, N total, Ca e Mg, respectivamente, 6,7; 31,8; 59,7; 42,9 e 41,2 mg L⁻¹, após tratada em um reator UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket).

O ensaio foi iniciado em abril de 2007 em espaçamento de 1,6 x 1,7 m. Utilizaram-se, como lisímetros de drenagem, recipientes plásticos com capacidade de 200 L e uma planta por vaso. O material de solo utilizado foi classificado como Argissolo Acinzentado Eutrófico (SANTOS et al., 2006), textura franco-arenosa, não salino e não sódico, retirado na camada de 0-30 cm de profundidade e proveniente do distrito de São José da Mata, Campina Grande, PB.

Para os dois primeiros anos do experimento foram seguidas as recomendações de adubação sugeridas por Novais et al. (1991) para ensaios conduzidos em ambientes protegidos. Antes do plantio, na fundação aplicou-se 100, 300 e 150 mg kg⁻¹ de solo de N, P₂O₅ e K₂O utilizando-se, como fonte de nutri-

entes, uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente e para o segundo ano de cultivo seguiu-se a mesma recomendação para adubação de fundação, porém como adubação de cobertura.

No início do terceiro ano de cultivo foi realizada uma poda drástica, deixando-se todas as plantas com 60 cm de altura. Na adubação mineral foram incorporados ao solo 80 g planta⁻¹ de N e 62 g planta⁻¹ de K₂O, além das respectivas doses de fósforo (135 ou 200 g planta⁻¹ ano⁻¹). A quantidade de fertilizante utilizado foi fracionada igualmente com aplicação mensal durante 12 meses.

As irrigações foram realizadas manualmente, ao final da tarde, seguindo-se um turno de rega de três dias e fixando-se a fração de lixiviação em 0,05 para a lâmina de reposição hídrica de 1,00 (RH), com vista à confirmação da capacidade de campo neste tratamento. Durante a condução do experimento foram realizados os seguintes tratamentos culturais: eliminação manual das plantas daninhas, escarificação superficial do solo a cada duas irrigações; as pulverizações foram efetuadas uma vez por semana com produtos indicados para controle preventivo de insetos e doenças fúngicas.

Avaliou-se o crescimento inicial do pinhão-mansó aos 30, 60 e 90 dias após a poda (DAP) por meio da determinação de altura de planta, diâmetro caulinar, número de folhas e área foliar. No final do ciclo (terceiro ano do cultivo) foram aferidas a massa dos frutos de pinhão-mansó e a eficiência do uso da água. Definiu-se a altura de planta considerando-se o ramo principal, mensurando-o do colo da planta até o ápice; o diâmetro caulinar foi aferido a 5 cm da superfície do solo e na contagem de número de folhas consideraram-se apenas aquelas completamente expandidas, maiores de 3 cm de comprimento. A área foliar foi estimada segundo recomendações de Severino et al. (2007).

A colheita dos frutos foi realizada a cada três dias, e os quais foram postos para secagem ao ar, por mais três dias. Após este procedimento os frutos foram pesados em balança de precisão (0,01 g) e a eficiência do uso da água (EUA) foi determinada pela relação entre o peso dos frutos (kg) e o volume de água (m³) efetivamente consumido em cada parcela (planta), de acordo com a metodologia descrita por Barker et al. (1989).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, teste F, e nos casos de significância realizou-se análise de regressão polinomial linear e quadrática, utilizando-se o software estatístico SISVAR-ESAL (FERREIRA, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados houve efeito significativo ($p < 0,01$) das lâminas de reposição hídrica com água residuária para as variáveis altura de planta e diâmetro caulinar de plantas de pinhão-mansó (Tabela 1). Observa-se, também, efeito significativo ($p < 0,05$), para interação de reposição hídrica e doses de fósforo aos 30 dias após a poda (DAP) para altura de planta e efeito significativo ($p < 0,01$) isolado das doses de fósforo aos 90 DAP para diâmetro caulinar.

Em todas as épocas de avaliação estudadas observou-se resposta linear à reposição do consumo hídrico para a variável altura de planta, sendo os maiores valores 73,53; 104,39 e 134,29 cm, obtidos quando se aplicou a lâmina 1,00 da reposição do consumo hídrico (RH) (Figura 1).

Constatou-se redução na altura, de 15,23; 35,17 e 47,71% nas plantas irrigadas com lâmina de 0,25 RH aos 30, 60 e 90 DAP, respectivamente,

Tabela 1. Resumo da análise de variância para altura de planta (AP) e diâmetro caulinar (DC) avaliado aos 30, 60 e 90 dias após poda (DAP) em planta de pinhão-mansó (*Jatropha curcas* L.) cultivado sob diferentes lâminas de reposição hídrica com água residuária e fertilizados com fósforo.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio					
		AP			DC		
		30 DAP	60 DAP	90 DAP	30 DAP	60 DAP	90 DAP
Reposição hídrica (RH)	4	372,12**	3222,15**	7920,96**	2044,16**	2481,71**	2167,72**
Reg. linear	1	1114,52**	11980,51**	26462,81**	7799,28**	9526,61**	8520,19**
Reg. quadrática	1	16,05ns	318,94ns	4068,08**	155,34ns	130,72ns	116,04**
Desvio regressão	2	178,96ns	294,58ns	576,48ns	111,01ns	134,76*	17,33ns
Dose de fósforo (DP)	1	257,56ns	184,90ns	3,60ns	0,11ns	14,40ns	230,88**
Interação (RH x DP)	4	226,68*	246,78ns	390,41ns	30,57ns	33,46ns	20,59ns
Bloco	3	235,67**	59,77ns	630,07ns	11,90ns	11,53ns	19,69ns
Resíduo	27	64,21	115,75	241,20	36,51	32,29	21,43
CV (%)		11,48	11,68	13,38	8,11	7,25	5,99

** significativo ($p < 0,01$), * significativo ($p < 0,05$) e ns não significativo ($p > 0,05$) pelo teste F

quando comparados a lâmina 1,00 RH (Figura 1). Esses resultados corroboram com Silva et al. (2009) que, em estudo do cultivo de pinhão-mansó com variação de 0,25 a 1,25 de reposição da evapotranspiração com água residuária, obtiveram efeito significativo sobre a altura de planta ajustando-se melhor ao modelo linear.

Para Hsiao (1973), muitos processos fisiológicos das plantas são afetados pelo déficit hídrico e, como o crescimento das plantas é controlado pela divisão celular seguido de sua expansão, uma quantidade de água não suficiente mantém as células das zonas de crescimento em condições de flacidez, reduzindo o coeficiente de divisão celular e a expansão de todas as células impedindo, desta forma, o crescimento vegetativo das plantas. Concordando com os dados obtidos neste trabalho, justifica-se o desenvolvimento reduzido da altura de planta do pinhão-mansó submetido a baixos níveis de disponibilidade de água.

Nota-se, no desdobramento da interação RH x DP (reposição do consumo hídrico x doses de fósforo) que as plantas que receberam as lâminas 0,50, 0,75 e 1,00 RH, aos 30 DAP, apresentaram altura de 70,61; 78,37 e 80,10 cm, respectivamente, com a menor dose de fósforo (DP₁ – 135 g de P₂O₅) e nas lâminas de reposição hídrica de 0,25 e 1,25 a altura alcançada foi 66,35 e 77,22 cm, respectivamente, com a maior dose de fósforo (DP₂ – 200 g de P₂O₅), segundo a equação da regressão (Figura 2). As diferenças talvez sejam devido a variação em velocidade de brotação após a poda drástica, visto que em datas posteriores (60 e 90 DAP) o efeito da interação não foi significativo.

Os níveis de reposição de consumo hídrico promoveram efeitos significativos sobre o diâmetro caulinar, em todos os períodos estudados, se ajustaram ao modelo linear ($p < 0,01$) (Figura 3) e os valores obtidos através da equação de regressão, foram 84,40; 89,31 e 87,89 mm para a lâmina de 1,00 RH aos 30, 60 e 90 DAP. Verificaram-se reduções de 35,09; 36,64 e 35,52% nas plantas irrigadas com 0,25 RH quando comparadas com as do tratamento de 1,00 RH aos 30; 60 e 90 DAP, respectivamente, demonstrando uniformidade.

O diâmetro caulinar decresceu à medida em que diminuiu os níveis de reposição do consumo de água, como decorrência natural das condições hídricas desfavoráveis para divisão e alongamento celular afetando, possivelmente, o câmbio caulinar (RAVEN et al., 2001; TAIZ; ZEIGER, 2004).

Albuquerque et al. (2009) também constataram, avaliando a influência de níveis de água disponível no solo no crescimento do diâmetro caulinar de plantas de pinhão-mansó, efeito significativo ($p < 0,01$) ajustando-se melhor ao modelo linear obtendo-se, então, os maiores diâmetros no tratamento com 100% de água disponível no solo.

Observou-se haver efeito significativo das doses de fósforo sobre o diâmetro caulinar aos 90

DAP, apresentando médias de 79,73 e 74,93 mm para os tratamentos DP₁ e DP₂, respectivamente. Este resultado diverge dos obtidos por Souza et al. (2009) que, estudando os efeitos da adubação fosfatada para a cultura da mamoneira, espécie da mesma família do pinhão-mansó, com doses variando de 80 a 320 kg ha⁻¹, não observaram diferença significativa entre os tratamentos.

Na Tabela 2 observa-se que o número de

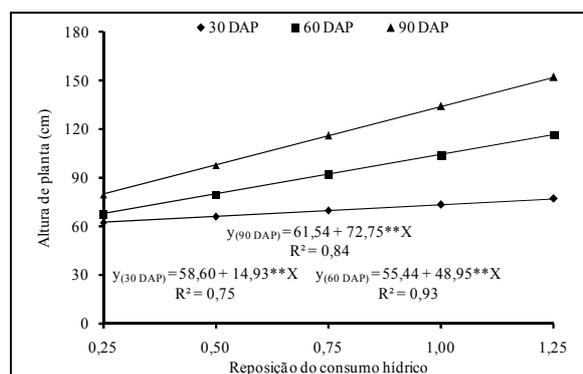


Figura 1. Altura de plantas (AP) de pinhão-mansó (*Jatropha curcas* L.) cultivado sob diferentes lâminas de reposição hídrica com água residuária e fertilizado com fósforo aos 30, 60 e 90 dias após a poda (DAP).

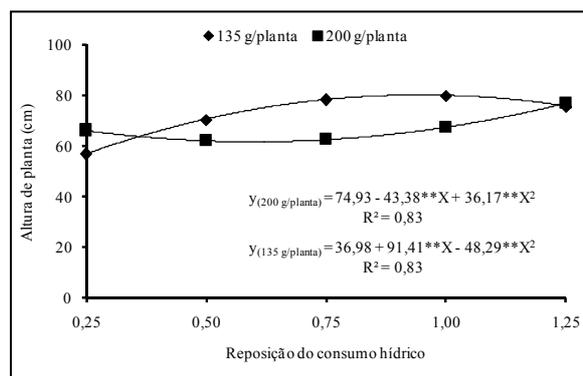


Figura 2. Efeito de doses de fósforo (P₂O₅) em diferentes lâminas de reposição hídrica com água residuária sobre a altura de planta (AP) de pinhão-mansó (*Jatropha curcas* L.) aos 30 dias após a poda (DAP).

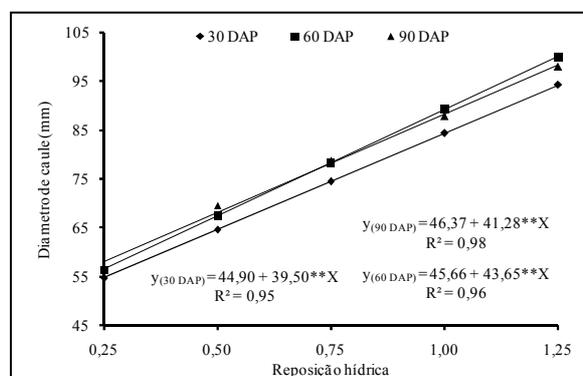


Figura 3. Diâmetro caulinar (DC) em planta de pinhão-mansó (*Jatropha curcas* L.) cultivado sob diferentes lâminas de reposição hídrica com água residuária e fertilizado com fósforo aos 30, 60 e 90 dias após a poda (DAP).

folhas foi significativamente ($p < 0,01$) influenciado pelas lâminas de reposição hídrica aos 30, 60 e 90 DAP e pelas doses de fósforo aos 30 DAP. A variável área foliar também foi afetada significativamente ($p < 0,01$) pelas lâminas de reposição, pelas doses de fósforo, isoladamente, aos 60 e 90 DAP e também se obteve efeito interativo aos 30, 60 e 90 DAP para

reposição do consumo hídrico das plantas e doses de fósforo (RH x DP).

A disponibilidade de água no solo influenciou, de forma linear, o número de folhas em plantas de pinhão-mansó, em todas as épocas avaliadas (Figura 4).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para número de folhas (NF) e área foliar (AF) aos 30, 60 e 90 dias após poda (DAP) em planta de pinhão-mansó (*Jatropha curcas* L.) cultivado sob diferentes lâminas de reposição hídrica com água residuária e fertilizado com fósforo.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio					
		NF			AF		
		30 DAP	60 DAP	90 DAP	30 DAP	60 DAP	90 DAP
Reposição hídrica (RH)	4	4655,29**	17629,09**	77275,34**	0,57**	11,93**	20,18**
Reg. linear	1	18180,45**	69502,05**	299757,61**	1,94**	46,50**	74,82**
Reg. quadrático	1	195,57ns	869,14ns	8041,08**	0,24**	1,11**	1,49**
Desvio regressão	2	122,56ns	72,58ns	651,33ns	0,05**	0,06ns	2,20**
Dose de fósforo (DP)	1	1322,50**	837,23ns	184,90ns	0,01ns	0,42**	3,34**
Interação (RH x DP)	4	35,44ns	215,79ns	477,71ns	0,03**	2,79**	3,32**
Bloco	3	201,77ns	1218,96**	1304,10ns	0,01ns	0,12**	0,23ns
Resíduo	27	110,79	225,35	1118,21	0,01	0,02	0,14
CV (%)		17,56	11,96	17,43	18,58	9,20	16,93

** significativo ($p < 0,01$), * significativo ($p < 0,05$) e ns não significativo ($p > 0,05$) pelo teste F

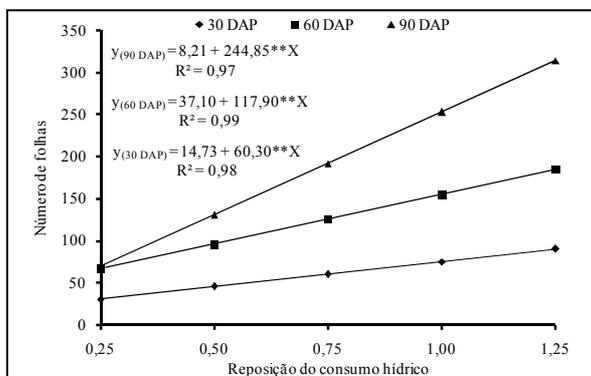


Figura 4. Número de folhas (NF) em planta de pinhão-mansó (*Jatropha curcas* L.) cultivado sob diferentes lâminas de reposição hídrica com água residuária e fertilizado com fósforo, aos 30, 60 e 90 dias após a poda (DAP).

As plantas irrigadas com 0,25 RH apresentaram reduções de 60,28; 54,04 e 72,56% quando comparadas com as plantas que receberam 1,00 RH aos 30, 60 e 90 DAP. Silva et al. (2009), avaliando o crescimento do pinhão-mansó submetido a cinco níveis de reposição da evapotranspiração com água residuária, obtiveram diferença estatística somente para número de folhas, aos 60 dias após transplantio, com obtenção de decréscimos de 48,79; 54,35 e 50,14% em plantas irrigadas com 0,25 RH quando comparadas com as plantas que receberam 1,00 RH nas três avaliações seguintes. Isso pode ser justificado, segundo Taiz e Zeiger (2004), pela redução do número de folhas nas plantas à

divisão celular, que é um processo que depende do turgor e, portanto, é extremamente sensível à disponibilidade de água no solo para as plantas; assim, a restrição hídrica limita não só o tamanho da planta, mas também o número de folhas, ainda, segundo estes autores, as folhas desenvolvem uma cutícula mais grossa, para reduzir a perda de água por transpiração medidas que aumentam a eficiência de uso de água pela planta, conforme constatado nas plantas de pinhão-mansó que recebiam a menor lâmina de irrigação.

Os níveis de reposição do consumo hídrico ocasionaram efeito significativo sobre a área foliar aos 30 DAP e persistiu nas avaliações seguintes ajustando os dados ao modelo de regressão linear (Figura 5).

As plantas irrigadas com 0,25 RH apresentaram redução em área foliar de 80,70; 97,44 e 91,19%, quando comparadas com as plantas que receberam 1,00 RH aos 30, 60 e 90 DAP, respectivamente. A área foliar foi, portanto, a variável de crescimento mais afetada, reforçando a sensibilidade das cultivares a condição de estresse hídrico (baixos níveis de reposição de água). Rodrigues et al. (2009) também verificaram efeito significativo para área foliar em plantas de mamoneira, causando grandes reduções na área foliar até 100 dias após semeadura, corroborando com os resultados desta pesquisa.

Explicando melhor estes fatos, Fageria (1989), afirma que em situação de estresse hídrico a grande maioria dos vegetais busca alternativas para

diminuir o consumo de água e, principalmente a transpiração; entre as adaptações mais conhecidas, o autor cita a diminuição da área foliar reduzindo, em consequência, as perdas de água por transpiração.

Observou-se efeito significativo em área foliar de plantas submetidas às doses de fósforo aos 60 DAP, apresentando médias de 1,69 e 1,48 m² para DP₁ e DP₂, respectivamente, o que demonstra que as plantas que receberam a menor dose (135 g planta⁻¹) se desenvolveram mais. Aos 90 DAP os valores obtidos foram 1,93 e 2,51 m² para DP₁ e DP₂, respectivamente. Nesta avaliação houve o inverso, as plantas que se desenvolveram mais foram as que receberam a dose de 200 g de fósforo por planta.

Também se observa efeito significativo para interação dos fatores reposição do consumo hídrico e doses de fósforo (RH x DP) sobre o crescimento da área foliar aos 30, 60 e 90 dias após a poda (Figura 6).

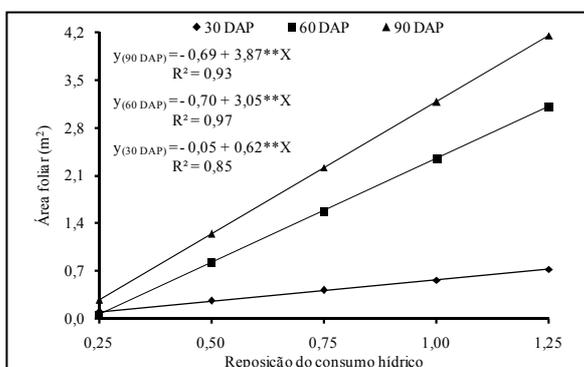


Figura 5. Área foliar (AF) em planta de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) cultivado sob diferentes lâminas de reposição hídrica com água residuária, fertilizado com fósforo aos 30, 60 e 90 dias após a poda (DAP).

Conforme a Figura 6A, aos 30 DAP as plantas que receberam as lâminas de 0,25; 0,50 e 0,75 RH e a dose de 135 g de P₂O₅ obtiveram área foliar superior à das plantas que receberam 200 g de P₂O₅ e que, para as plantas que receberam as lâminas de 1,00 e 1,25 RH, os resultados foram opostos.

Em relação à área foliar aos 60 DAP (Figura 6B) as plantas que receberam lâminas de 0,25 e 0,50 RH e 200g de fósforo foram superiores às que receberam 135 g de fósforo; no entanto, as plantas que receberam lâminas de RH 0,75; 1,00 e 1,25 foram superiores quando adubadas com 135 g de fósforo.

A maior área foliar encontrada entre as plantas que receberam 200 g de P₂O₅ foi sob lâmina RH 1,25 com 4,56 m² (Figura 6C) e as que receberam 135 g foi a das plantas irrigadas com a mesma lâmina com média de 3,74 m². Contudo, pode-se observar que no estágio inicial as áreas foliares foram próximas, apesar disto, com o desenvolvimento do pinhão-manso a dose de 200 g de P₂O₅ (DP₂) foi 24% superior à dose 135 g de P₂O₅ (DP₁) quando irrigadas com a lâmina 1,00 RH aos 90 DAP.

As variáveis peso de frutos e eficiência do uso da água do pinhão-manso indicaram efeito significativo ($p < 0,01$) nas lâminas de reposição hídrica do consumo hídrico (Tabela 3). Observa-se também que não houve efeito significativo para as doses de fósforo, isoladamente, e para a interação entre os fatores reposição hídrica e doses de fósforo no pinhão-manso.

O peso de frutos obtidos conforme equação da regressão 0,75; 1,00 e 1,25 RH foi de 284,05; 634,59 e 1.125,00 g, respectivamente (Figura 7). Houve decréscimo de 88,43 e 55,24% para 0,50 e 0,75 RH e acréscimo de 77,28% para 1,25 RH respectivamente, quando comparado com o da lâmina de 1,00 RH aplicado no pinhão-manso. Estes resultados corroboram com os alcançados por Silva et al. (2009), que estudaram o efeito de níveis de reposição da evapotranspiração com água residuária na produção de frutos de pinhão-manso.

As doses de fósforo não influenciaram o peso dos frutos e o resultado obtido condiz com aqueles obtidos por Souza et al. (2009) os quais não constataram efeito significativo quando avaliaram os componentes de produção de plantas de mamoneira em função de doses de calcário e fósforo. Segundo Fer-

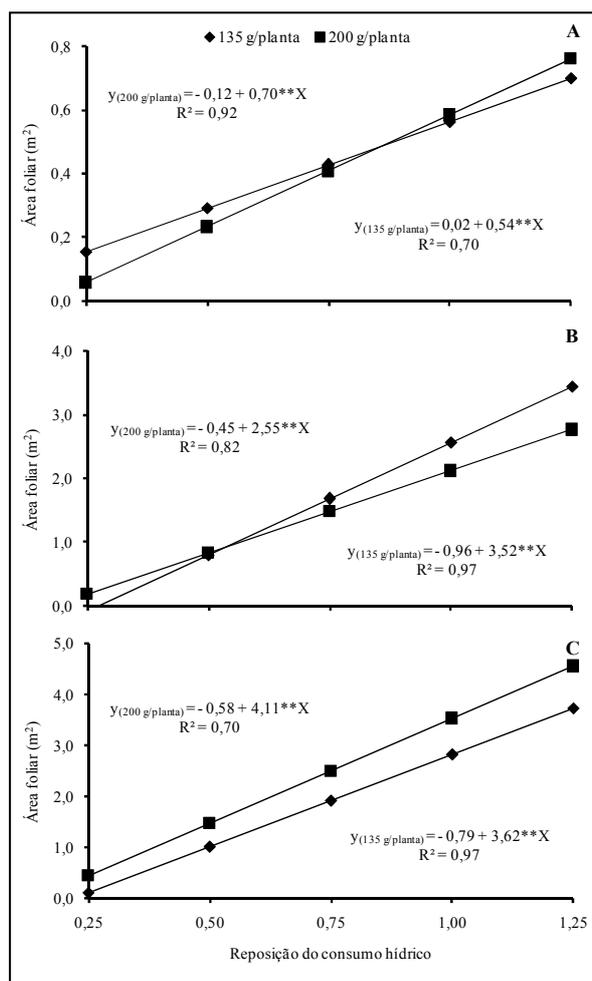


Figura 6. Efeito de doses de fósforo em área foliar de plantas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) com diferentes lâminas de reposição hídrica aos 30 (A), 60 (B) e 90 (C) dias após a poda.

reira et al. (2005) águas de efluentes tratadas podem suprir a necessidade nutricional de culturas oleaginosas de ciclo curto, como o algodoeiro herbáceo, até a produção.

Observa-se que a eficiência do uso da água foi significativamente afetada pelos níveis de reposição

hídrica, com incremento linear (Figura 8). O aumento da disponibilidade de água no solo ocasionou maior eficiência de uso da água pelas plantas de pinhão-manso, resultando em maior produção nos tratamentos com maior nível de reposição hídrica.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para peso de frutos (PF) e eficiência do uso da água (EUA) do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) cultivado sob diferentes lâminas de reposição hídrica com água residuária e fertilizado com fósforo.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio	
		PF	E.U.A.
Reposição hídrica (RH)	4	24734,70**	83225,90**
Reg. Linear	1	24437,74ns	328224,23**
Reg. quadrático	1	11,41**	3167,00**
Desvio regressão	2	2998,99ns	756,19ns
Dose de fósforo (DP)	1	23,13ns	2865,91ns
Interação (RH x DP)	4	331,23ns	1662,02ns
Bloco	3	4965,56ns	2291,12**
Resíduo	27	6004,32	676,58
CV (%)		19,22	9,24

** significativo ($p < 0,01$), * significativo ($p < 0,05$) e ns não significativo ($p > 0,05$) pelo teste F

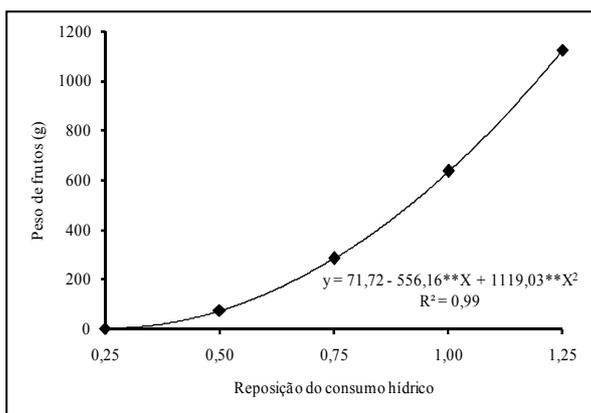


Figura 7. Peso de frutos de pinhão-manso em função da lâmina de reposição do consumo hídrico irrigado com água residuária.

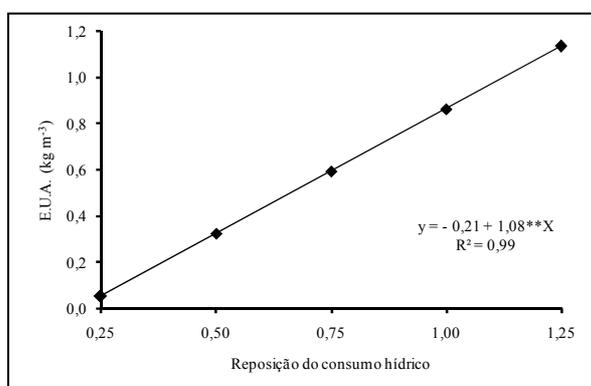


Figura 8. Eficiência do uso da água (EUA) em função da reposição do consumo hídrico de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) irrigado com diferentes lâminas com água residuária.

A eficiência de uso da água média nos tratamentos irrigados com água residuária, foi de $0,60 \text{ kg m}^{-3}$, resultado superior ao constatado em pesquisa semelhante, por Silva et al. (2009), ao verificarem $0,33 \text{ kg m}^{-3}$ em plantas de pinhão-manso, e por Rodrigues et al. (2009), que obtiveram $0,34 \text{ kg m}^{-3}$ para mamoneira, espécie da mesma família do pinhão-manso. Barros Júnior et al. (2008) também observaram aumento linear da eficiência de uso da água em plantas de mamoneira, resultante do incremento da disponibilidade de água no solo.

Este resultado condiz com Oliveira et al. (2010) que afirmaram que o pinhão-manso é resistente à seca e mesmo em condições críticas de disponibilidade hídrica no solo a espécie chega à produção.

CONCLUSÕES

As lâminas de reposição hídrica do consumo influenciam as variáveis de crescimento do pinhão-manso, a partir dos 30 dias após a poda;

As variáveis altura de planta e área foliar, são afetadas pela interação dos fatores (RH x DP) aos 30 e 30, 60, 90 dias após a poda, respectivamente;

O peso de frutos e a eficiência do uso da água são influenciados pelas lâminas de reposição hídrica do consumo do pinhão-manso; no entanto, não são afetadas pelas doses de fósforo.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, W. G. et al. Avaliação do crescimento do pinhão-mansó em função do tempo, quando submetido a níveis de água e adubação nitrogenada. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 68-73, 2009.
- ALMEIDA JÚNIOR, A. B. et al. Efeito de doses de fósforo no desenvolvimento inicial da mamoneira. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 217-221, 2009.
- BARKER, R. E.; FRANK, A. B.; BERDAHL, J. D. Cultivar and clonal differences for water use efficiency and yield in four forage grasses. **Crop Science**, v. 29, n. 1, p.58-61, 1989.
- BARROS JUNIOR, G. et al. Consumo de água e eficiência do uso para duas cultivares de mamona submetidas a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 4, p. 350-355, 2008.
- COELHO, M. A.; SONCIN, N. B. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Moderna, 1982. 368 p.
- DALLACORT, R. et al. Aptidão agroclimática do pinhão-mansó 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 agrônômico de genótipos de pinhão mansó no Semiárido pernambucano. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 1, 2010.
- FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília: EMBRAPA-DPU, 1989. 425 p.
- FERREIRA O. E.; BELTRÃO, N. E. de M.; KONIG, A. Efeitos da aplicação de água residuária e nitrogênio sobre o crescimento e produção do algodão herbáceo. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrósas**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 893-902, 2005.
- FERREIRA, D. F. **SISVAR 4.6**: sistema de análises estatísticas. Lavras: UFLA, 2003. 32 p.
- GRANT, C. A. et al. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 95, p. 1-5, 2001.
- HSIAO, T. C. Plant response to water stress. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 24, n. 1, p. 519-570, 1973.
- HUSSAR, G. J. et al. Efeito do uso do efluente de reator anaeróbio compartimentado na fertirrigação da beterraba. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 2, n. 1, p. 35-45, 2005.
- MEDEIROS, S. de S. et al. Uso de água residuária de origem urbana no cultivo de gérberas: Efeito nos componentes de produção. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 569-578, 2007.
- NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J. et al. (Ed.) **Métodos de pesquisa em ambiente controlado**. Brasília: Embrapa, 1991. p. 189-273. (Documento 3).
- OLIVEIRA, I. R. S de. et al. Crescimento inicial do pinhão-mansó (*Jatropha curcas* L.) em função da salinidade da água de irrigação. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 4, p. 40-45, 2010.
- RAVEN P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. Movimento de água e soluto nas plantas. In: **Biologia Vegetal**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanagara Koogan, 2001. 720 p.
- RIBEIRO, M. S. et al. Efeitos de águas residuárias de café no crescimento vegetativo de cafeeiros em seu primeiro ano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 4, p. 569-577, 2009.
- RODRIGUES, L. N. et al. Crescimento e produção de bagas da mamoneira irrigada com água residuária doméstica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, suplemento, p. 825-835, 2009.
- SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Desenvolvimento da alface Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 17-29, 2007.
- SANTOS, H. G. et al., **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 306 p.
- SEVERINO, L. S.; VALE, L. S.; BELTRÃO, N. E. de M. A simple method for measurement of *Jatropha curcas* leaf area. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrósas**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 9-14, 2007.
- SILVA, M. B. R. et al. Cultivo de pinhão-mansó sob condições de estresse hídrico e salino, em ambiente protegido. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 74-79, 2009.
- SOUZA, K. S. et al. Avaliação dos componentes de produção da mamoneira em função de doses de cal-

cário e fósforo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 4, p. 116-122, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TOMINAGA, N. et al. **Cultivo de pinhão manso para produção de biodiesel**. Viçosa, MG: CPT, 2007, 220 p.

ZUCARELI, C. et al. Adubação fosfatada, componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica em sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 9-15, 2006.