

**Tolerância de Plântulas de
Pinhão-Manso (*Jatropha curcas* L.)
ao Estresse Hídrico**



ISSN 1808-9968

Dezembro, 2013

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Embrapa Semiárido

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 111

Tolerância de Plântulas de Pinhão-Manso (*Jatropha curcas* L.) ao Estresse Hídrico

Anderson Ramos de Oliveira

Bárbara França Dantas

Marcos Brandão Braga

Bruno Leonardo Santana Santos

Embrapa Semiárido

Petrolina, PE

2013

Esta publicação está disponibilizada no endereço: www.cpsatsa.embrapa.br

Embrapa Semiárido

BR 428, km 152, Zona Rural

Caixa Postal 23

Fone: (87) 3866-3600

cpatsa.sac@embrapa.br

CEP 56302-970 Petrolina, PE

Fax: (87) 3866-3815

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Maria Auxiliadora Coêlho de Lima

Secretário-Executivo: Sidinei Anunciação Silva

Membros: Aline Camarão Telles Biasoto

Anderson Ramos de Oliveira

Ana Cecília Poloni Rybka

Ana Valéria Vieira de Souza

Fernanda Muniz Bez Birolo

Flávio de França Souza

Gislene Feitosa Brito Gama

José Mauro da Cunha e Castro

Juliana Martins Ribeiro

Welson Lima Simões

Supervisão editorial: Sidinei Anunciação Silva

Revisão de texto: Sidinei Anunciação Silva

Normalização bibliográfica: Sidinei Anunciação Silva

Tratamento de ilustrações: Nivaldo Torres dos Santos

Editoração eletrônica: Nivaldo Torres dos Santos

Foto(s) da capa: Bárbara França Dantas

1ª edição (2013): formato digital

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

É permitida a reprodução parcial do conteúdo desta publicação desde que citada a fonte.

CIP. Brasil. Catalogação na Publicação Embrapa Semiárido

Tolerância de plântulas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) ao estresse hídrico / Anderson Ramos de Oliveira... [et al.]. --- Petrolina: Embrapa Semiárido, 2013.

24 p. --- Embrapa Semiárido. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 111).

1. Semente. 2. Germinação. 3. Planta oleaginosa. 4. Resistência à seca. I. Oliveira, Anderson Ramos de. II. Dantas, Bárbara França. III. Braga, Marcos Brandão. IV. Santos, Bruno Leonardo Santana. V. Título. VI. Série.

CDD 633.85

© Embrapa 2013

Sumário

Resumo	4
Abstract	6
Introdução	7
Material e Métodos	11
Resultados e Discussão	13
Conclusões	20
Referências	20

Tolerância de Plântulas de Pinhão-Manso (*Jatropha curcas* L.) ao Estresse Hídrico

*Anderson Ramos de Oliveira*¹

*Bárbara França Dantas*²

*Marcos Brandão Braga*³

*Bruno Leonardo Santana Santos*⁴

Resumo

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) é uma oleaginosa que apresenta grande potencial produtivo para a região semiárida, podendo ser cultivado para a produção de óleo biodiesel. Contudo, seu cultivo necessita de estudos para se estabelecer e validar práticas adequadas de manejo. O objetivo deste estudo foi avaliar o desenvolvimento de plântulas de pinhão-manso submetidas a diferentes condições de estresse hídrico na região semiárida. O estudo foi desenvolvido em área experimental da Embrapa Semiárido, em Petrolina, PE. Sementes de pinhão-manso foram plantadas em vasos de polietileno contendo 8 L de solo e submetidas a diferentes níveis de reposição hídrica (100%, 75%, 50% e 25%) baseados na capacidade de campo (CC do solo). Quanto maior o estresse, menores valores observados nos parâmetros de altura, diâmetro, número de folhas, área foliar, teor de clorofila e biomassa. A taxa de crescimento absoluto foi muito baixa com solo

¹Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Produção Vegetal, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, anderson.oliveira@embrapa.br.

²Engenheira-agrônoma, D.Sc. em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, barbara.dantas@embrapa.br.

³Estudante de Ciências Biológicas, Universidade de Pernambuco (UPE), Petrolina, PE.

⁴Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Irrigação e Drenagem, pesquisadora da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, marcos.braga@embrapa.br.

em 50% da CC e nula com 25% da CC. As plantas toleram o estresse hídrico. Contudo a reposição hídrica de 100% da CC possibilita maior crescimento da cultura.

Termos para indexação: Oleaginosa, tolerância à seca, biodiesel, biocombustível.

Tolerance of Seedlings of *Jatropha curcas* L.) to Water Stress

Abstract

Jatropha curcas L.) is an oilseed crop that has great potential for productive semi-arid region, since it tolerates high temperatures and low rainfall, which can be grown to produce oil for biodiesel. However, its cultivation requires studies in order to establish and validate appropriate management practices. The objective of this study was to evaluate the development of *J. curcas* L. seedlings under different conditions of water stress in semi-arid region. The study was conducted at Embrapa Tropical Semi-Arid, Petrolina, PE, Brazil. *J. curcas* L. seeds were planted in polyethylene pots containing eight liters soil and subjected to different trials of fluid (100%, 75%, 50% and 25%) based on field capacity. The development of *J. curcas* L. seedlings was affected by water stress. The higher water stress, lower values found in the parameters of height, diameter, number of leaves, leaf area, chlorophyll content and biomass. Absolute growth rate was low with 50% of ground and zero com 25% of field capacity. The plants tolerate water stress, however fluid replacement of 100% of the field capacity allows for greater crop growth.

Index terms: oilseeds, drought tolerance, biodiesel, biofuel.

Introdução

A preocupação com a ameaça da crise energética mundial tem levado os setores tecnológicos a se lançarem na busca por alternativas energéticas para suprir as demandas atuais e futuras. O petróleo, principal fonte energética, é um bem finito, cuja extração e consumo representam problemas para as gerações futuras, uma vez que se trata de uma *commodity* que entrará em escassez considerando-se a demanda para atender as necessidades atuais e o aumento progressivo do consumo de combustíveis que ocorre anualmente (MIRCHI et al., 2012).

Assim, para suprir a crescente demanda por energia com ênfase em sustentabilidade, tem-se buscado energia menos poluente, gerada com menores custos em relação aos combustíveis fósseis, desencadeando uma corrida por fontes energéticas alternativas, as quais incluem a hidrelétrica, a eólica, a solar, a geotérmica e a agroenergética.

A fonte agroenergética é representada pelos biocombustíveis, os quais podem suprir as necessidades de energia e mitigar a poluição ambiental, uma vez que ocorre redução das emissões de óxido de enxofre e nitrogênio na atmosfera. Outra vantagem, além da econômica e da ambiental, está relacionada ao aspecto social, pois os biocombustíveis permitem a inserção de um maior número de pequenos produtores na cadeia produtiva, gerando renda e emprego no meio rural, principalmente para os agricultores familiares, reduzindo, assim, a migração para as grandes cidades, favorecendo o ciclo da economia autossustentável (COSTA; HOESCHL, 2006; LIMA, 2004; REGITANO-D'ARCE; FERRARI, 2007). Os biocombustíveis são derivados de produtos agrícolas, dentre os quais se destacam as oleaginosas, para a produção de óleo e, mais especificamente, biodiesel.

A utilização de óleos vegetais surgiu como alternativa para a substituição do diesel em motores de ignição por compressão. No Brasil, o lançamento do *Programa nacional de produção e uso do biodiesel*, em 2005, impulsionou o cultivo de plantas oleaginosas para a produção de biodiesel (BELTRÃO, 2003; CASTRO et al., 2006) e afetou

diretamente a região semiárida, onde diversas espécies oleaginosas – o pinhão-manso, licuri (*Syagrus coronata*), dendê (*Elaeis guineenses*), etc. – podem ser utilizadas para a produção de biodiesel. A vegetação predominante no Bioma Caatinga é caracterizada pela diversidade, tanto de espécies herbáceas quanto de espécies arbóreas, onde a prevalência de cada um dos componentes está relacionada às condições edafoclimáticas, notadamente, da maior e menor disponibilidade hídrica (AMORIM et al., 2005). A vegetação de Caatinga é adaptada a solos rasos, sendo a profundidade efetiva do sistema radicular baixa (0,36 m), porém, mostra-se espacialmente homogênea. Observa-se também que a profundidade da raiz na estação seca é, em média, 10 cm mais curta que o da estação chuvosa. Isso pode indicar uma estratégia de adaptação, gerando porosidade do solo para aumentar a infiltração na zona de raiz, sugerindo que a relação entre os fatores abióticos como solo e clima pode explicar, em parte, a grande diversidade de fisionomias aliada à composição florística, com muitas das espécies vegetais endêmicas no bioma (MELO et al., 2007).

Algumas espécies encontradas nessa região se destacam pela produção de óleo, como é o caso das espécies do gênero *Jatropha*, cujo representante mais expressivo é o pinhão-manso. A sua origem ainda não é bem definida e, segundo Heller (1996), é supostamente nativo da América Central, sendo encontrado em quase todas as regiões intertropicais, com ocorrência em maior escala nas regiões tropicais e temperadas.

O pinhão-manso apresenta grande potencial produtivo nessa região, uma vez que tolera altas temperaturas e baixa pluviosidade. Essa característica adaptativa confere ao pinhão-manso a possibilidade de ser utilizado como oleaginosa para a produção de biodiesel em regiões semiáridas (ARRUDA et al., 2004). A produtividade do pinhão-manso é variável. Em trabalho desenvolvido por Openshaw (2000), verificou-se que a produtividade média em sistema de sequeiro variou entre 2,5 t ha⁻¹ e 3,5 t ha⁻¹. Horschutz et al. (2012), estudando o efeito do espaçamento e da complementação hídrica no crescimento e produtividade do pinhão-manso, observaram produtividade de 1,8 t ha⁻¹ em condições de sequeiro.

O óleo oriundo do pinhão-mansó apresenta variações pouco significativas de acidez, possui mais estabilidade à oxidação do que o óleo de soja e o de dendê, além de boa viscosidade, em comparação ao de mamona. As sementes de pinhão-mansó apresentam teor médio de óleo de 42% (MELO et al., 2006). De acordo com Oliveira (2009), os teores podem ser de: 33% a 34% pela extração mecânica; 38% a 40% pela extração mecânica + química e 58% a 60% pela extração de óleo somente de albúmen. Souza et al. (2011) relatam que o teor de óleo pode ser influenciado pelos níveis de umidade no solo. Assim, a produtividade de óleo por hectare pode variar em função do manejo da espécie, das condições edafoclimáticas do local de plantio e, principalmente, do processo de extração do óleo das sementes.

Destaca-se, entre as vantagens do pinhão-mansó, o longo ciclo produtivo, que pode chegar a 40 anos, contribuindo para a conservação do solo e reduzindo o custo de produção, fator importante para a viabilidade econômica, especialmente na agricultura familiar. Contudo, seu cultivo necessita de mais estudos para que se estabeleçam e validem práticas de manejo. Verifica-se que a literatura disponível sobre a cultura do pinhão-mansó ainda é bastante escassa e por vezes conflitantes, tanto em seus aspectos produtivos e econômicos, como sociais, ambientais, políticos e energéticos (SATO et al., 2009) e a recomendação desta espécie em cultivos comerciais necessita de informações (BELTRÃO et al., 2006). No entanto, a espécie encontra-se em fase de domesticação e, de acordo com Sato et al. (2009), os estudos de todos os aspectos são eminentes, tanto no Brasil como em outros países.

Por causa da baixa e irregular pluviosidade na região semiárida, é comum ocorrer deficiência hídrica no solo, o que pode exercer influência negativa na produtividade das plantas, dependendo da duração do período seco, da fase de desenvolvimento da cultura, das características genéticas e das características edáficas da área (LARCHER, 2000). Deste modo, o monitoramento do estresse hídrico é de fundamental importância para se avaliar o desenvolvimento e a produtividade das espécies oleaginosas. De acordo com Jackson et al. (2004), a umidade do solo tem sido usada há muito tempo como um indicador do estresse hídrico das plantas, muito antes do advento das técnicas de sensoriamento remoto.

A escassez de água interfere diretamente no crescimento e desenvolvimento de culturas agrícolas, pois influencia diversos processos fisiológicos e bioquímicos como o fechamento estomático, o declínio na taxa de crescimento, o acúmulo de solutos e antioxidantes e a expressão de genes específicos de estresse, dentre outros (GUIMARÃES, 1998). Estimativas da produtividade agrícola em resposta ao armazenamento e demanda de água do sistema solo-planta-atmosfera podem ser baseadas nos efeitos morfológicos e fisiológicos do estresse causados na cultura (GARDNER et al., 1985). Segundo Taiz e Zeiger (2002), o deficit hídrico pode ser definido como todo conteúdo de água de um tecido que está abaixo do conteúdo de água mais alto exibido no estado de maior hidratação. O estresse hídrico é, em geral, definido como um fator externo, que exerce influência prejudicial sobre a planta. A produtividade das plantas é limitada pela água, o que a torna dependente da disponibilidade deste recurso e do uso eficiente do mesmo.

A eficiência do uso da água relaciona a produtividade biológica ou produtividade de frutos com o consumo hídrico/evapotranspiração. Na Região Nordeste, o recurso água é limitado em algumas áreas e a distribuição das chuvas, na maioria dos estados, não supre adequadamente as necessidades hídricas das culturas durante todo ano, interferindo no crescimento e desenvolvimento das plantas (FAGAN et al., 2009). Por isso, em áreas onde há possibilidade de captação de água de cursos hídricos, como é o do Rio São Francisco, no Submédio do Vale do São Francisco, realiza-se a irrigação das culturas. Contudo, o alto consumo de água em projetos de irrigação e as múltiplas disputas pelos recursos hídricos pressionam a agricultura irrigada a planejar modelos de irrigação que permitam maior eficiência do uso da água (BARRETO et al., 2004).

Considerando-se o pouco conhecimento sobre o cultivo do pinhão-manso, a necessidade de se produzir biocombustível para atender à demanda nacional e de se produzir com a máxima eficiência do uso da água em áreas irrigadas, objetivou-se com este trabalho avaliar o desenvolvimento de plântulas de pinhão-manso submetidas a diferentes condições de estresse hídrico na região semiárida.

Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido em área experimental da Embrapa Semiárido, em Petrolina, PE, cujas coordenadas geográficas são: latitude: 9°09'S e longitude: 40°22'W e altitude de 365,5 m. O solo, tipo Argissolo Amarelo eutrófico, foi coletado em área de Caatinga não manejada, apresentando os seguintes atributos na camada de 0-20 cm: 762,5 g kg⁻¹ de areia; 210,2 g kg⁻¹ de silte; 27,3 g kg⁻¹ de argila; pH (H₂O) = 5,3; matéria orgânica = 6,8 g kg⁻¹; P (Mehlich 1) = 3,0 mg dm⁻³; H + Al = 1,81 cmol_c dm⁻³; K⁺ = 0,20 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 1,0 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 0,5 cmol_c dm⁻³; Na⁺ = 0,02 cmol_c dm⁻³; capacidade de troca catiônica = 3,53 cmol_c dm⁻³ e saturação por bases = 49%.

As sementes de pinhão-manso, colhidas quando os frutos encontravam-se amarelos com manchas marrons, apresentavam alta germinação e vigor, com 97% de plântulas normais e índice de velocidade de germinação de 8,5 plântulas dia⁻¹ (DANTAS et al., 2010), foram plantadas em vasos de polietileno com capacidade de 8 L. Foram colocadas três sementes em cada vaso, na profundidade de 3,0 cm. As plântulas foram cultivadas durante 15 dias em casa de vegetação com cobertura de sombrite (50%). Após esse período, as plântulas foram transferidas para ambiente aberto simulando condição de aclimatação que antecede o transplântio definitivo no campo (Figura 1).



Fotos: Anderson Ramos de Oliveira.

Figura 1. a) Plântulas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) cultivadas sob sombreamento até 15 dias; b) plântulas de pinhão-manso em fase de desbaste.

Durante o período de germinação, o solo dos vasos foi mantido na capacidade de campo (CC), a fim de possibilitar um estande uniforme de plantas. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, sendo os tratamentos de estresse hídrico representados por 25%, 50%, 75% e 100% de reposição hídrica da CC, a cada 2 dias, em 40 repetições por tratamento, sendo cada vaso uma unidade amostral. Realizou-se, previamente, o teste de CC, verificando-se a água retida no vaso. O teste gerou a regressão linear $y = 0,001x + 6,6909$ ($R^2 = 0,99$), onde y é o peso do vaso e x a umidade, a qual foi considerada para a reposição das diferentes lâminas de irrigação, sendo estas baseadas na água retida no solo. Para o fornecimento de água às plantas consideraram-se as alterações climáticas ocorridas durante o período experimental.

O clima da região, segundo Köppen, é do tipo BSW_h, tropical semiárido, conforme descrito por Reddy e Amorim Neto (1983). As chuvas concentram-se entre os meses de novembro e abril, com precipitação média anual em torno de 540 mm, irregularmente distribuída. A temperatura média anual é de 26,5 °C, variando entre 21 °C e 32 °C, com uma evaporação média anual em torno de 2.000 mm. A umidade relativa do ar média anual em torno de 67,8%, com 3.000 horas de brilho solar e a velocidade média dos ventos de 2,3 m/s. As condições climáticas foram monitoradas durante todo o experimento, sendo as médias de umidade relativa de 64%, de temperatura de 24,9 °C e de precipitação de 12,7 mm ao longo dos 3 meses de estudo.

Aos 15 dias após o plantio procedeu-se o desbaste, deixando-se apenas uma plântula por vaso. Nesta ocasião, foi avaliada a altura, o diâmetro do colo e o número de folhas de todas as plântulas, e a biomassa fresca e seca daquelas que foram cortadas, a fim de se ter informação sobre os parâmetros de crescimento antes da introdução dos tratamentos. Após a estabilização do estande, as plântulas foram submetidas aos tratamentos de disponibilidade hídrica. Mensalmente, durante 3 meses, foram sorteadas dez plantas de cada tratamento para serem submetidas à avaliação de crescimento e desenvolvimento pelo método direto ou destrutivo proposto por Watzlawick et al. (2002).

Mensurou-se o diâmetro do colo (mm) com paquímetro digital; a altura das mudas (cm) a partir do colo da planta até a inserção da última folha; o peso da biomassa fresca e seca (g) da parte aérea e raízes; a área foliar (cm²), utilizando-se analisador portátil de área foliar e o índice relativo de clorofila nas folhas, por meio do analisador SPAD-502, sendo este valor tomado a partir da média obtida em três folhas de cada plântula. As raízes foram separadas do solo por lavagem em água corrente sobre peneira com malha de 0,5 mm. Tanto a parte aérea (folhas + caule) quanto o sistema radicular das plântulas da coleta destrutiva foram acondicionados em sacos de papel para secagem em estufa de ventilação forçada, a 75 °C, até massa constante. Em seguida foram pesadas em balança semianalítica para a obtenção da massa seca das diferentes partes da planta.

A partir dos dados obtidos de peso da biomassa seca total, calculou-se a taxa de crescimento absoluto (C_t) entre 30 e 90 dias após a introdução dos tratamentos, por meio da fórmula $C_t = (W_2 - W_1) / (t_2 - t_1)$, em que W_2 e W_1 são as massas secas de duas amostragens sucessivas e t_2 e t_1 são os dias decorridos entre as duas observações (g dia⁻¹) (BENINCASA, 2003).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e à regressão polinomial ($p < 0,05$).

Resultados e Discussão

Aos 15 dias após o plantio os valores médios de altura, diâmetro e número de folhas foram 13,71 cm, 4,95 mm e três, respectivamente.

A introdução dos tratamentos de estresse hídrico, após esta fase, acarretou pequenas diferenças na variável altura de plantas ao longo do período de avaliação (Figura 2). De acordo com Drumond et al. (2010), apesar de a espécie ser considerada perene, a característica altura de plantas pode ser considerada de importância secundária, uma vez que a produção de frutos é o aspecto de interesse no cultivo do pinhão-manso. Contudo, o crescimento da planta pode ser comprometido em condições de estresse hídrico e afetar a produtividade no futuro.

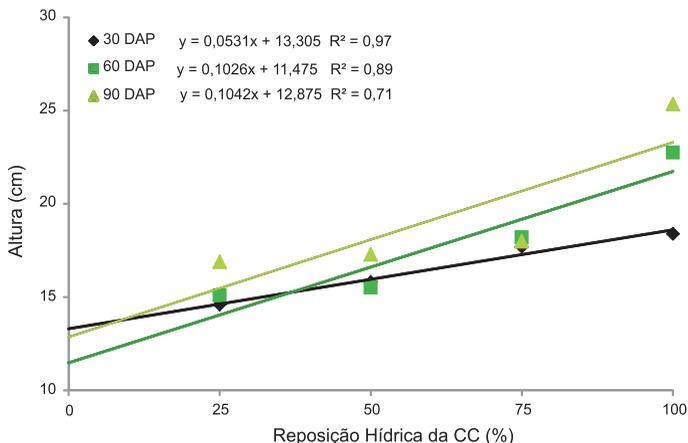


Figura 2. Comportamento da variável altura de plântulas de pinhão-manso quando submetidas a diferentes lâminas de reposição hídrica da capacidade de campo.

A altura média observada aos 30 dias (16,62 cm) após a introdução dos tratamentos de reposição hídrica de 100%, 75%, 50% e 25% da CC, discordam dos valores observados por Andrade et al. (2010) que, aos 20 dias após a emergência de plântulas de pinhão cultivado em condições irrigadas, alcançaram altura média de 49 cm. A diferença pode ser atribuída aos fatores climáticos da região, notadamente, à maior temperatura e à menor umidade relativa.

Os resultados observados corroboraram com os apresentados por Silva et al. (2009), que estudaram o cultivo de pinhão-manso sob condições de estresse hídrico e salino e constataram que a altura foi afetada linearmente, pelo estresse hídrico, durante todo o período experimental (0 a 312 dias), apresentando tendência crescente com o incremento da reposição da evapotranspiração da cultura (ETc).

Albuquerque et al. (2009) observaram que o pinhão-manso responde às lâminas de irrigação e quando cultivado em lâmina correspondente a 100% da disponibilidade hídrica, a altura das plantas é maior do que aquelas cultivadas em condições de estresse hídrico. Samba et al.

(2007) relatam que 3 meses após a semeadura de sementes de pinhão-manso em sacos de polietileno preto, a altura média das mudas variou entre um mínimo de 15 cm e um máximo de 33 cm.

O diâmetro do caule foi afetado pelo déficit hídrico em todas as épocas de avaliação. As plantas submetidas aos tratamentos com 100% e 75% de reposição hídrica apresentaram maior diâmetro do caule (Figura 3). Esses resultados assemelham-se aos observados por Abdrabbo e Nahed (2008), Frigo et al. (2008) e Faria et al. (2011), que constataram diferenças significativas entre os valores médios de diâmetro do caule obtidos nos tratamentos com e sem irrigação, em que os irrigados apresentaram, em média, valores superiores.

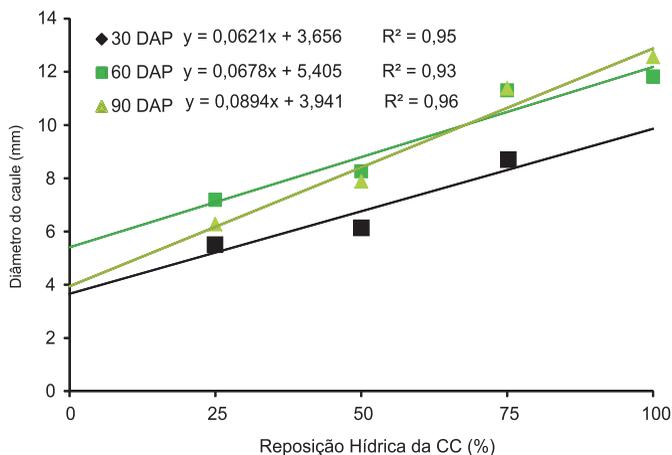


Figura 3. Comportamento da variável diâmetro do caule de plântulas de pinhão-manso quando submetidas a diferentes lâminas de reposição hídrica da capacidade de campo.

Em estudo desenvolvido por Silva et al. (2009), verificou-se que o diâmetro caulinar também foi afetado pela baixa disponibilidade de água no solo. Achten et al. (2010) realizaram experimento em casa de vegetação onde aplicaram três níveis de estresse hídrico em *J. curcas* L. e observaram que em condições de seca extrema (sem irrigação) o diâmetro do caule foi alterado, apresentando redução após o 12º dia. Carvalho et al. (2011), ao estudarem a influência de diferentes

lâminas de irrigação no crescimento inicial de plantas de pinhão-manso, observaram que as variáveis altura, diâmetro e taxa de crescimento absoluto de fitomassa não foram influenciadas pelas lâminas de irrigação. Contudo, verificou-se que a altura e o diâmetro caulinar aumentaram linearmente com o passar dos dias. Segundo Benincasa (2003), qualquer incremento de altura e diâmetro caulinar ao longo de um determinado período, estará diretamente relacionado ao tamanho alcançado no período anterior, ou seja, a cada período de avaliação, deve-se levar em consideração a produção de biomassa já existente. Dessa forma, o crescimento resulta da produção de matéria seca o suficiente para atender às necessidades metabólicas da planta já existente e ainda para armazenar e/ou construir novo material estrutural.

Em estudo de avaliação das alterações morfofisiológicas e eficiência de uso da água em plantas de *J. curcas* L., submetidas à deficiência hídrica, Roza (2010) concluiu que tanto a altura como o diâmetro do coleto das plântulas tiveram seu incremento comprometido nos tratamentos de seca ao longo do tempo, enquanto nos tratamentos de boa disponibilidade hídrica os valores dessas variáveis mais que dobraram.

Laime et al. (2011), avaliando o crescimento do pinhão-manso em função de níveis de água e adubação nitrogenada, observaram melhores resultados para as variáveis de crescimento quando submetido à maior dose de nitrogênio e ao maior nível de água disponível no solo.

O número de folhas foi afetado após a introdução dos tratamentos, salientando-se que após os 60 dias as plântulas entraram em período de queda de folhas, que pode ser evidenciada pela redução no número de folhas e área foliar medida aos 90 dias (Figuras 4 e 5), mesmo nas maiores disponibilidades hídricas proporcionadas pela reposição da CC. Achten et al. (2010) relataram que mudas de pinhão-manso cultivadas sob estresse de seca extrema (sem irrigação) param de crescer e começam a perder folhas. A redução na área foliar foi observada no estudo de Jaleel et al. (2009), os quais concluíram que a área foliar é a primeira característica morfológica a ser afetada com o estresse, em decorrência de prejuízos no desenvolvimento celular e, esse parâmetro, afeta também a altura e o diâmetro do coleto.

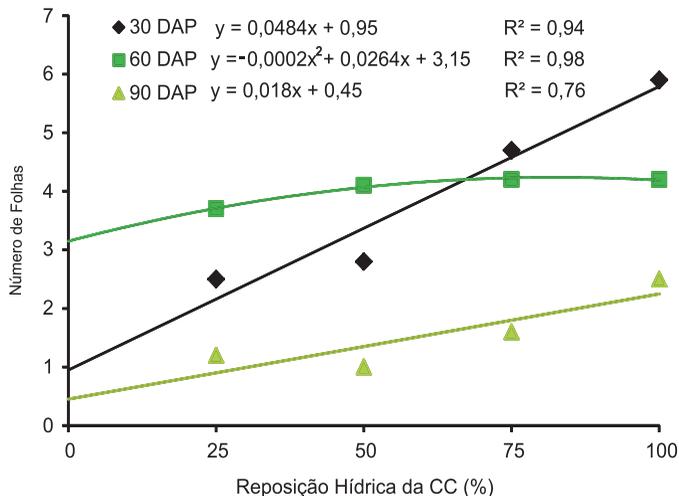


Figura 4. Comportamento da variável número de folhas de plântulas de pinhão-manso quando submetidas a diferentes lâminas de reposição hídrica da capacidade de campo.

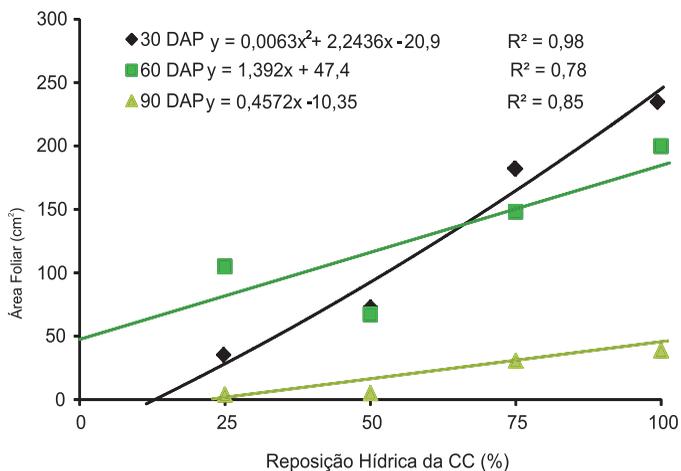


Figura 5. Comportamento da variável área foliar de plântulas de pinhão-manso quando submetidas a diferentes lâminas de reposição hídrica da capacidade de campo.

O teor de clorofila (Figura 6) foi pouco afetado pelo estresse hídrico, tanto aos 30 quanto aos 60 dias. Apenas aos 90 dias observou-se redução mais acentuada no teor de clorofila, mesmo nas condições de maior reposição hídrica. Tal resultado corrobora com o estudo de Roza (2010), no qual foi observado que os pigmentos clorofila *a*, *b*, total e carotenoides presentes em folhas maduras não foram muito afetados com a diminuição da água no substrato. Matos et al. (2009) relataram que a menor razão clorofila/carotenoide nas folhas resulta em maior fotoproteção e tal fato é observado quando mudas de pinhão-manso são transferidas de viveiros sombreados para o campo, em que elas apresentam, usualmente, sintomas típicos de escaldadura (danos fotooxidativos).

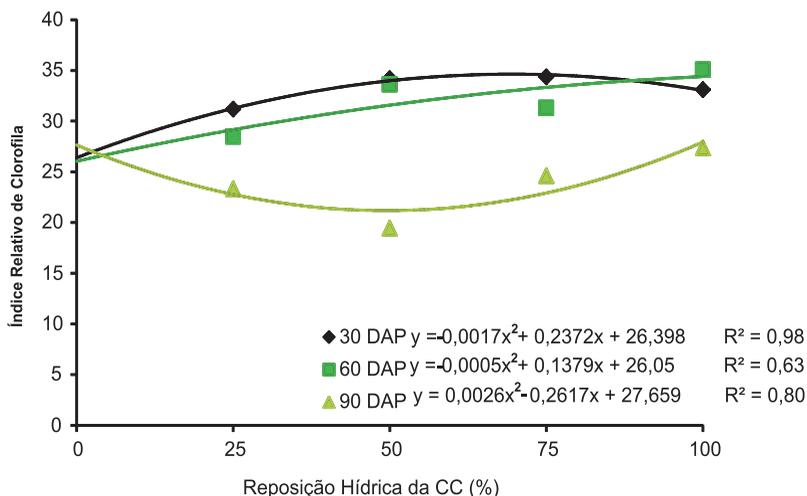


Figura 6. Comportamento da variável índice relativo de clorofila de plântulas de pinhão-manso quando submetidas a diferentes lâminas de reposição hídrica da capacidade de campo.

Observou-se que a biomassa variou em função dos tratamentos adotados e que os tratamentos com maior disponibilidade hídrica apresentaram maior biomassa fresca e seca (Figura 7a e 7b). De acordo com Lopes et al. (2005), a massa seca da planta é um importante parâmetro na avaliação do crescimento, pois sua determinação no ciclo da cultura possibilita que se estime o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

Os resultados obtidos na avaliação da fitomassa corroboram com o estudo de Roza (2010), que concluiu que a produção de massa seca total obtida em tratamento com o maior estresse hídrico foi inferior aos demais tratamentos, nos quais a inferioridade chegou a 9,4 vezes em relação ao tratamento com maior disponibilidade hídrica (17,42%).

Observou-se redução da biomassa com a diminuição da disponibilidade de água no substrato. O mesmo comportamento também foi observado para a massa seca da parte aérea, da raiz (Figura 7c e 7d) e na taxa de crescimento absoluto, na qual o maior incremento de biomassa foi observado sob maior disponibilidade hídrica.

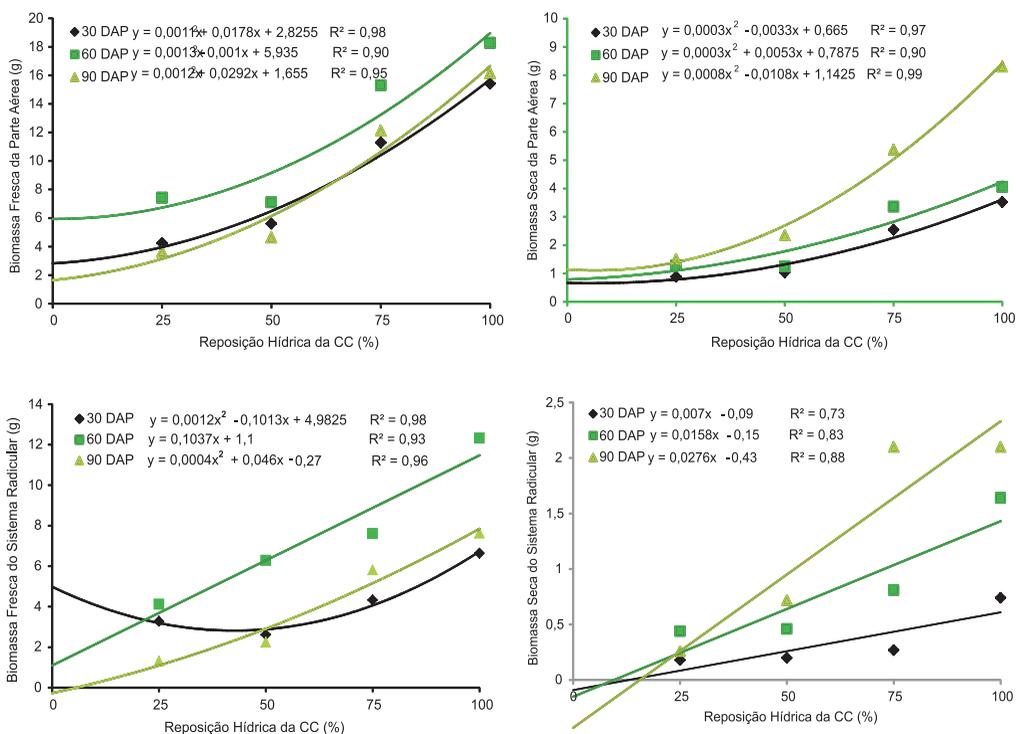


Figura 7. Produção de biomassa fresca (a) e seca (b) da parte aérea e produção de biomassa fresca (c) e seca (d) do sistema radicular de plântulas de pinhão-manso submetidas a diferentes lâminas de reposição da capacidade de campo.

A Ct calculada entre 30 e 90 dias após a introdução dos tratamentos foi de 0,184 g dia⁻¹ para as plantas cultivadas em solo na CC; 0,123 g dia⁻¹ para condição de 75% de CC; 0,013 g dia⁻¹ para o tratamento com 50% e taxa de crescimento absoluta nula no tratamento com 25% da CC. Estudo realizado por Achten et al. (2010) demonstrou que quando o solo permaneceu na CC, as plântulas de *J. curcas* cresceram 0,81 ± 0,15 cm dia⁻¹ de comprimento e produziram 1,49 ± 0,31 g de massa seca dia⁻¹. Sob estresse médio (40% de água disponível), as plantas mantiveram formato de tronco similar, embora tenham crescido com taxa mais baixa (comprimento da haste: 0,28 ± 0,11 cm dia⁻¹; produção de massa seca: 0,64 ± 0,18 g dia⁻¹).

Conclusões

O desenvolvimento das plântulas de pinhão-manso foi afetado pelo estresse hídrico. Quanto maior o estresse, menores valores observados nos parâmetros de altura, diâmetro, número de folhas, área foliar, teor de clorofila e biomassa.

A taxa de crescimento absoluto foi muito baixa com solo em 50% da CC e nula com 25% da CC. As plantas toleram o estresse hídrico, contudo a reposição hídrica de 100% da CC possibilita maior crescimento da cultura.

Referências

- ABDRABBO, A. A. K.; NAHED, M. M. A. Response of *Jatropha curcas* L. to water deficits: yield, water use efficiency and oilseed characteristics. **Biomass and Bioenergy**, Kindlington, v. 3, n.10, p. 1.343-1.350, 2008.
- ACHTEN, W. M. J.; MAES, W. H.; REUBENS, B.; MATHIJS, E.; SINGH, V. P.; VERCHOT, L.; MUYS, B. Biomass production and allocation in *Jatropha curcas* L. seedlings under different levels of drought stress. **Biomass and Bioenergy**, Kindlington, v. 34, n. 5, p. 667-676, 2010.

ALBUQUERQUE, W. G.; AZEVEDO, C. A. V.; BELTRÃO, N. E. M.; FREIRE, M. A. O.; NASCIMENTO, J. J. V. R. Crescimento do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função de níveis de água e adubação nitrogenada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3., 2009, Salvador. **Energia e ricinoquímica**: anais. Salvador: Seagri: Embrapa Algodão, 2009. 1 CD-ROM.

AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. L. Flora e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de Caatinga do Seridó, RN, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, Feira de Santana, v. 19, n. 3, p. 615-623, 2005.

ANDRADE, J. R.; LIMA, N. N. C.; ALBUQUERQUE, F. A. Estudo do desenvolvimento de plantas do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) e seu potencial de fixação do CO₂ em cultivo irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1., 2010, João Pessoa. **Inclusão social e energia**: anais. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 1.362-1.367.

ARRUDA, F. P.; BELTRÃO, N. E. M.; ANDRADE, A. P.; PEREIRA, W. E.; SEVERINO, L. S. Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o Semi-Árido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 789-799, 2004.

BARRETO, A. N.; SILVA, A. A. G.; BOLFE, E. L. **Irrigação e drenagem na empresa agrícola**: impacto ambiental versus sustentabilidade. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2004. 418 p.

BELTRÃO, N. E. M. **Informações sobre o biodiesel, em especial feito com o óleo de mamona**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003. 3 p. (Embrapa Algodão. Comunicado Técnico, 177).

BELTRÃO, N. E. M.; SEVERINO, L. S.; VELOSO, J. F.; JUNQUEIRA, N.; FIDELIS, M.; GONÇALVES, N. P.; SATURNINO, H. M.; ROSCOE, R.; GAZZONI, D.; DUARTE, J. O.; DRUMOND, M. A.; ANJOS, J. B. **Alerta sobre o plantio de pinhão manso no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 15 p. (Embrapa Algodão. Documentos, 155). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPA/18309/1/DOC155.pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2014.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. Jaboticabal: Funep, 2003. 42 p.

CARVALHO, C. M.; VIANA, T. V. A.; MARINHO, A. B.; LIMA JÚNIOR, L. A.; AZEVEDO, B. M.; VALNIR JÚNIOR, M. 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.

CASTRO, J. C.; FIGLIUOLO, R.; NUNOMURA, S. M.; SILVA, L. P.; MENDES, N. B.; COSTA, M. S. T.; BARRETO, A. C.; CUNHA, T. M. F.; KOOLEN, H. H. F. Produção sustentável de biodiesel a partir de oleaginosas amazônicas em comunidades isoladas vegetais. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO BIODIESEL, 1., 2006, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: MCT: ABIPTI, 2006. p. 285-289.

COSTA, F. C.; HOESCHL, H. C. Gestão do conhecimento na cadeia produtiva de biodiesel. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO BIODIESEL, 1., 2006, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: MCT: ABIPTI, 2006. p. 30-34.

DANTAS, B. F.; SILVA, F. F. S. da; LOPES, A. P.; ARAÚJO, M. N.; SOUZA, Y. A. de **Maturação de frutos e sementes de pinhão-manso**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. 4 p. il. (Embrapa Semiárido. Comunicado Técnico, 145). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31874/1/COT145.pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2014.

DRUMOND, M. A.; SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R.; MARTINS, J. C.; ANJOS, J. B.; EVANGELISTA, M. R. V. Desempenho agrônômico de genótipos de pinhão manso no Semiárido pernambucano. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 40, n. 1, p. 44-47, 2010.

FAGAN, E. B.; PETTER, S. L.; SIMON, J.; BORCIONE, L.; LUZ, J. L.; MANFRON, P. A. Eficiência do uso de água do meloeiro hidropônico. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 2, p. 37-45, 2009.

FARIA, M. A.; EVANGELISTA, A. W. P.; MELO, P. C.; ALVES JÚNIOR, J. Resposta da cultura de pinhão manso à irrigação e à adubação com OMM-Tech®. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 1, p. 70-81, 2011.

FRIGO, M. S.; BUENA, O. C.; ESPERANCINI, M. S. T.; FRIGO, E. P.; KLAR, A. E. Análise energética do primeiro ano de cultivo do pinhão-manso em sistema irrigado por gotejamento. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 2, p. 261-271, 2008.

GARDNER, P. F.; PEARCE, R. B.; MITCHELL, R. L. **Physiology of crop plants**. Iowa: University of Iowa Press. 1985. 337 p.

GUIMARÃES, C. M. **Efeitos fisiológicos do estresse hídrico**. 1998. 205 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

HELLER, J. **Physic nut (*Jatropha curcas*): promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops**. Rome: IPGRI, 1996. 66 p.

HORSCHUTZ, A. C. O.; TEIXEIRA, M. B.; ALVES, J. M.; SILVA, F. G.; SILVA, N. F. 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. 1.093-1.099, 2012.

JACKSON, T. J.; CHEN, D.; COSH, M.; LI, F.; ANDERSON, M.; WALTHALL, C.; DORIASWAMY, P.; HUNT, E. R. Vegetation water content mapping using Landsat data derived normalized difference water index for corn and soybeans. **Remote Sensing of Environment**, [Philadelphia], v. 92, n. 4, p. 475-482, 2004.

JALEEL, C. A.; MANIVANNAN, P.; WAHID, A.; FAROOQ, M.; AL-JUBURI, H. J.; SOMASUNDARAM, R.; PANNEERSELVAM, R. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. **International Journal Agricultural Biology**, Faisalabad, v. 11, p. 100-105, 2009.

LAIME, E. M. O.; SILVA, A. S.; FREIRE, E. A.; LIMA, V. L. A.; OLIVEIRA, D. C. S. Crescimento inicial do pinhão manso submetido a diferentes níveis de água e doses de adubação nitrogenada. **Engenharia Ambiental: pesquisa e tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 3, p. 154-162, 2011.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 513 p.

LIMA, P. C. R. **O biodiesel e a inclusão social**. Brasília, DF: Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados, 2004.

LOPES, J. S.; DOURADO NETO, D.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; BRUM, B.; COUTO, M. R. M. Ajuste de modelos para descrever a fitomassa seca da parte aérea da cultura do milho em função de graus-dia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Sete Lagoas, v. 13, n. 1, p. 73-80, 2005.

MATOS, F. S.; MOREIRA, C. V.; MISSIO, R. F.; DIAS, L. A. S. Caracterização fisiológica de mudas de *Jatropha curcas* L. produzidas em diferentes níveis de irradiância. **Revista Colombiana de Ciências Hortícolas**, Bogotá, v. 3, n. 1, p. 126-134, 2009.

MELO, J. C.; BRANDER JÚNIOR, W.; CAMPOS, R. J. A.; PACHECO, J. G. A.; SCHULER, A. R. P.; STRAGEVITCH, L. Avaliação preliminar do potencial do pinhão manso para a produção de biodiesel. In: CONGRESSO DA REDE DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 1., 2006, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: MCT, 2006. p. 198-203.

MELO, J. I. M.; ANDRADE, W. M. Boraginaceae s.l. A. Juss. em uma área de Caatinga da ESEC Raso da Catarina, BA, Brasil, **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 21, n. 2, p. 369-378, 2007.

MIRCHI, A.; HADIAN, S.; MADANI, K.; ROUHANI, O. M.; ROUHANI, A. M. World energy balance outlook and OPEC production capacity: implications for global oil security. **Energies**, [Basel], v. 5, n. 8, p. 2.626-2.651, 2012.

OLIVEIRA, L. B. **Análise da viabilidade financeira do plantio de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) no Semi-Árido baiano voltado para produção de biodiesel: estudo de caso em uma propriedade rural em Vitória da Conquista-BA**. 2009. 136 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologias Aplicáveis à Bioenergia). Faculdade de Tecnologia e Ciências, Salvador.

OPENSHAW, K. A. Review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. **Biomass and Bioenergy**, Kindlington, v. 19, n. 1, p. 1-15, 2000.

REDDY, S. J.; AMORIM NETO, M. S. **Dados de precipitação, evapotranspiração potencial, radiação solar global de alguns locais e classificação climática do Nordeste do Brasil**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1983. 280 p.

REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; FERRARI, R. A. **Grãos e óleos vegetais: matérias-primas**. São Paulo: USP, 2007. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/departamentos/lan/pdf/2444materiasprimas.pdf>>. Acesso em: 29 out. 2010.

ROZA, F. A. **Alterações morfofisiológicas e eficiência de uso da água em plantas de *Jatropha curcas* L. submetidas à deficiência hídrica**. 2010. 67 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus.

SAMBA, A. N. S.; DIALLO, B.; DIOP, M.; DIATTA, M.; SARR, A. S.; NGUER, M.; DIOUF, M. ***Jatropha curcas***: seed germination and propagation methods. 2007. In: FACT SEMINAR, *JATROPHA CURCAS*, AGRONOMY AND GENETICS, 2007, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: [FACT Foundation], 2007. Disponível em: http://www.jatropha-alliance.org/fileadmin/documents/knowledgepool/SambaDiallo_Jatropha_Seed_Germination_and_Propagation.pdf. Acesso em: 21 fev. 2013.

SATO, M.; BUENO, O. C.; ESPERANCINI, M. S. T.; FRIGO, E. P. A cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.): uso para fins combustíveis e descrição agrônômica. **Revista Varia Scientia**, Cascavel, v. 7, n. 13, p. 47-62, 2009.

SILVA, M. B. R.; DANTAS NETO, J.; FERNANDES, P. D.; FARIAS, M. S. S. Cultivo de pinhão manso sob condições de estresse hídrico e salino, em ambiente protegido. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, [João Pessoa], v. 9, n. 2, p. 74-79, 2009.

SOUZA, A. E. C.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; MEDEIROS, E. P.; NASCIMENTO, E. C. S. Teor de óleo no pinhão manso em função de lâminas de água residuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 1, p. 108-111, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3rd ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2002. p. 423-460.

WATZLAWICK, L. F.; KIRCHER, F. F.; SANQUETTA, C. R.; SCHUMACHER, M. V. Fixação de carbono em floresta ombrófila mista em diferentes estágios de regeneração. In: SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R.; ZILLOTTO, M. A. B.; GOMES, F. S. (Ed.). **As florestas e o carbono**. Curitiba: UFPR, 2002. p. 153-173.



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



CGPE 11166