

Estratégia morfofisiológica de tolerância ao déficit hídrico de mudas de pinhão manso

Fábio Santos Matos; Hilton Dion Torres Junior; Vanessa do Rosário Rosa; Priscilla Gomes de Freitas Santos; Luis Francisco de Oliveira Borges; Ricardo Pires Ribeiro; Tárik Galvão Neves; Clair Kássio Lamberty Cruvinel

Universidade Estadual de Goiás (UEG), Unidade de Ipameri-GO, Rodovia: GO 330, Km 241 Anel Viário s/n, Ipameri-GO, CEP: 75780-000. E-mail: fabio.agronomia@hotmail.com

Resumo: O Pinhão manso é uma planta tolerante ao déficit hídrico, no entanto, pouco se sabe sobre as estratégias de tolerância a seca. A elucidação dos mecanismos de tolerância a seca poderá viabilizar a exploração comercial da espécie em regiões semiáridas. Pretendeu-se identificar as estratégias morfofisiológicas de tolerância ao déficit hídrico de plantas de pinhão manso. O trabalho foi conduzido no campo experimental da Universidade Estadual de Goiás, unidade de Ipameri, Goiás. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições. Sementes de pinhão manso foram semeadas em vasos de quatro litros contendo uma mistura de solo, areia e esterco na proporção de 3:1:1, respectivamente. Após a análise da composição da mistura, realizou-se a adubação e correção do pH. As plantas foram cultivadas a pleno sol e irrigadas diariamente. Aos 60 dias após a germinação, as plantas foram submetidas a regimes hídricos diferenciais: plantas diariamente irrigadas com manutenção da umidade do solo na capacidade de campo (100% da capacidade de campo) e plantas submetidas à desidratação através da suspensão da irrigação (0% da capacidade de campo durante cinco dias; 0% da capacidade de campo durante 10 dias e 0% da capacidade de campo durante 15 dias). As plantas desidratadas foram reirrigadas durante cinco dias e em seguida foram realizadas as análises destrutivas. O metabolismo CAM em plantas sob restrição hídrica aumenta a possibilidade de sobrevivência e torna o pinhão manso tolerante ao déficit hídrico. As mudas de pinhão manso apresentam como estratégia de tolerância a seca o retardo da desidratação.

Palavras chave: *Jatropha curcas*, seca, desidratação

Morphophysiological strategy of tolerance to water deficit of *Jatropha curcas* seedlings

Abstract: The *Jatropha curcas* is a plant tolerant to drought, however, little is known about the strategies of drought tolerance. The elucidation of the mechanisms of drought tolerance may facilitate the commercial exploitation of the species in semiarid regions. In order to identify the morphophysiological strategies of tolerance to water deficit of *Jatropha curcas* plants, this work was conducted in the experimental field of the University of Goiás, Unit Ipameri, Goiás. A completely randomized design with four treatments and six replications was used. Seeds of *Jatropha curcas* were sown in pots containing four liters of a mixture of soil, sand and manure in the ratio of 3:1:1 respectively. After analysing the composition of the mixture, fertilization and pH correction was done. The plants were grown in full sun and watered daily. At 60 days after germination, the plants were subjected to different water regimes: plants daily irrigated with maintaining soil moisture at field capacity (100% of field capacity) and plants subjected to water deficit through the suspension of irrigation (0% field capacity for five days; 0% field capacity for 10 days and 0% field capacity for 15 days). The plants dehydrated were rehydrated for five days and then performed the destructive analysis. The imposition of CAM metabolism in plants under water restriction increases the chance of survival and makes the *Jatropha curcas* tolerant to drought. The seedlings of *Jatropha curcas* present as drought tolerance strategy of delaying dehydration.

Key words: *Jatropha curcas*, drought, dehydration

Introdução

Entre os vários recursos essenciais para produção vegetal, a água é o mais abundante e também, o mais limitante. A restrição hídrica é a mais importante limitação a produtividade agrícola. Aproximadamente 35% da superfície terrestre é considerada árida ou semi-árida, não recebendo precipitação para suprimento hídrico adequado para a maioria das espécies cultivadas (DIAZ-LÓPEZ et al., 2012a). As atuais previsões sinalizam para o aquecimento global e aumento dos períodos de seca em inúmeras regiões do planeta. À medida que os recursos hídricos tornam-se escassos, o desenvolvimento de plantas tolerantes a seca passa a ser prioridade para obtenção de altas produtividades. A seleção de plantas com eficientes estratégias de tolerância ao déficit hídrico constitui importante ferramenta para o melhoramento genético de plantas.

A tolerância à seca é uma resultante de várias características (anatômicas, morfológicas, fisiológicas, moleculares) que se expressam diferente e concomitantemente, dependendo da severidade e da taxa de imposição do déficit hídrico, da idade e das condições nutricionais da planta, do tipo e da profundidade do solo, da carga pendente de frutos, da demanda evaporativa da atmosfera e da face de exposição do terreno. Portanto, a adoção de uma única estratégia de adaptação à seca é, certamente, inadequada para qualquer tipo de ambiente (SAMBATT;CAYLOR, 2007). A escolha de espécies tolerantes ao déficit hídrico assegura renda aos produtores rurais de ambientes semi-áridos. Dentre as oleaginosas promissoras para o semi-árido destaca-se a espécie *Jatropha curcas* L.. (pinhão manso).

O pinhão manso é uma espécie oleaginosa originária da América Central, considerada planta rústica e adaptada as diversas condições edafoclimáticas (DIAS et al., 2007; FREITAS et al., 2011; MATOS et al., 2012). Trata-se de uma espécie de grande potencial econômico, sobretudo por suas sementes ser constituírem matéria-prima para a produção de óleo para biodiesel. Esta característica tem contribuído para o aumento da exploração comercial dessa

cultura. As principais matérias-primas utilizadas para a produção do biodiesel no Brasil são soja, sebo bovino e algodão, com contribuições de 83,8%, 14,4% e 0,32%, respectivamente, sendo os outros materiais graxos responsáveis por apenas 2,48% da produção (ANP, 2012). Existe a necessidade, portanto, de diversificar os tipos de matéria prima para produção de biodiesel por meio da introdução de espécies promissoras, como o pinhão manso (DIAS et al., 2007).

Jatropha curcas L. desenvolve-se sob condições climáticas diversas, desde regiões tropicais muito secas a úmidas, tolerando precipitações pluviométricas entre 600 e 1500 mm ano⁻¹. É uma espécie xerófila com folhas decíduas e tolerância a falta de água, pode sobreviver com 200 mm de pluviosidade anual, até três anos de secas consecutivas, paralisando o crescimento nesses períodos (DRUMMOND et al., 1984; ARRUDA et al., 2004; SATURNINO et al., 2005; SEVERINO et al., 2006; POMPELLI et al., 2010).

Com a possibilidade do uso do óleo de pinhão manso para a produção de biodiesel, abrem-se amplas perspectivas para o aumento das áreas de plantio com esta cultura em regiões áridas e semi-áridas, contudo, os plantios comerciais de pinhão-manso no Brasil ainda estão ocorrendo de forma tímida em função do baixo conhecimento científico. Atualmente, há duas grandes preocupações quanto ao cultivo do pinhão manso: primeiro, existem poucas informações sobre os aspectos agrônômicos básicos da cultura e segundo, trata-se de uma espécie silvestre com nenhum grau de melhoramento (MAES et al., 2009; RIBEIRO et al., 2013). O pinhão manso ainda é considerado uma planta silvestre (FAIRLESS, 2007; ACHTEN et al., 2008), e existem poucas informações disponíveis a respeito da performance desta espécie. Com o desenvolvimento de novas pesquisas, espera-se que a cultura deixe de ser potencial e passe a ser efetivamente uma matéria-prima para o mercado de biodiesel (ANDRÉO-SOUZA et al., 2010).

As pesquisas com déficit hídrico em pinhão manso tem-se concentrado em plantas com idade superior a seis meses, porém, o período de produção de mudas gira em torno de 60 dias.

Tendo em vista a necessidade de buscar informações dessa natureza para a produção de mudas para o plantio em campo, bem como o melhor entendimento dos atributos para tolerar a seca, possibilitando sua exploração comercial em condições de baixa disponibilidade hídrica, o presente estudo objetivou identificar as estratégias morfofisiológicas de tolerância ao déficit hídrico de plantas de pinhão manso para fomentar programas de melhoramento genético.

Material e Métodos

Desenho experimental

O trabalho foi conduzido em bancada a pleno sol no campo experimental da Universidade Estadual de Goiás, unidade de Ipameri, Ipameri, Goiás, com coordenadas geográficas (Lat. 17° 43' 19" S, Long. 48° 09' 35" W, Alt. 773 m). Esta região possui clima tropical com inverno seco e verão úmido (Aw), de acordo com a classificação de Köppen. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições. Sementes de pinhão manso foram semeadas em vasos de quatro litros contendo uma mistura de solo, areia e esterco na proporção de 3:1:1, respectivamente. Após a análise da composição da mistura, realizou-se a adubação e correção do pH de acordo com recomendações técnicas para a cultura (DIAS et al., 2007). As mudas foram irrigadas diariamente com volume de água correspondente a evapotranspiração diária. A quantidade de água fornecida a planta foi estimada seguindo recomendações de Allen et al. (2006). Aos 60 dias após a germinação, as plantas foram submetidas a regimes hídricos diferenciais: plantas diariamente irrigadas com manutenção da umidade do solo na capacidade de campo (100% da capacidade de campo) e plantas submetidas à desidratação através da suspensão da irrigação (0% da capacidade de campo durante cinco dias; 0% da capacidade de campo durante 10 dias e 0% da capacidade de campo durante 15 dias). A capacidade dos vasos foi adotada como o conteúdo de água retida pelo solo após sofrer saturação e consequente ação da gravidade até o cessamento da drenagem, segundo Souza et al. (2000). As plantas desidratadas foram reirrigadas durante cinco dias e em seguida foram realizadas as seguintes análises: teor relativo de água, clorofila e carotenóides totais, área foliar total, razões de massa foliar, caulinar e radicular,

biomassa total, altura da planta, diâmetro do caule, transpiração da planta e eficiência de uso da água. As análises ocorreram sempre no período da manhã entre 07:00 e 10:00 horas, com exceção da taxa transpiratória que foi analisada durante todo o período luminoso do dia.

Acúmulo de biomassa

O número de folhas, área foliar, altura de planta e diâmetro do caule foram mensurados utilizando régua graduada e paquímetro digital. As análises destrutivas foram realizadas em seguida, quando folhas, raízes e caules foram destacados e colocados para secar em estufa a 72 °C até atingir massa seca constante e, em seguida pesados separadamente. Com os dados de massa seca foram calculados a razão de massa da folha (RMF), razão de massa da raiz (RMR), razão de massa do caule (RMC) e biomassa total Cavatte et al. (2012).

Teor relativo de água na folha (TRA)

Para obtenção do teor relativo de água foram retirados cinco discos foliares de 12 mm de diâmetro cada, pesados e colocados por seis horas para saturar em placas de petri com água destilada. Em seguida, os discos foram novamente pesados e colocados para secar à temperatura de 70 °C por 72 horas, sendo posteriormente obtido o peso seco em gramas (Turner, 1981). Para cálculo do teor relativo de água utilizou-se da seguinte fórmula:

$$\text{TRA} = \frac{\text{Massa fresca} - \text{massa seca}}{\text{Massa túrgida} - \text{massa seca}} \times 100$$

Transpiração e eficiência de uso da água

A transpiração diária foi estimada por gravimetria, mediante diferença do peso dos vasos com intervalo de uma hora entre 07:00 e 18:00 horas. Para o cálculo da eficiência de uso da água utilizou-se os dados de transpiração e biomassa acumulada ao longo do tempo conforme Cavatte et al. (2012).

Pigmentos fotossintéticos

Para a determinação da concentração de clorofilas e carotenóides totais (Cl_{a+b}) foram retirados discos foliares (terceiro par de folhas totalmente expandidas) de área conhecida e colocados em vidros contendo dimetilsulfóxido (DMSO). Posteriormente, foi feita extração em banho-maria à 65 °C por três horas. Alíquotas foram retiradas para leitura espectrofotométrica a

Resultados

490, 646 e 663 nm. O conteúdo de clorofila *a* (Cl *a*) e clorofila *b* (Cl *b*) foram determinados seguindo a equação proposta por Wellburn (1994).

Procedimentos estatísticos

As variáveis foram submetidas à análise de variância segundo delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (plantas diariamente irrigadas com 100% da capacidade de campo, plantas submetidas à desidratação com 0% da capacidade de campo durante cinco dias; 0% da capacidade de campo durante 10 dias e 0% da capacidade de campo durante 15 dias) e seis repetições. A parcela correspondeu a uma planta útil. Diferenças entre as médias dos tratamentos foram analisadas pelo teste de Newman-Keuls, a 5% de probabilidade utilizando o *software* SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2011).

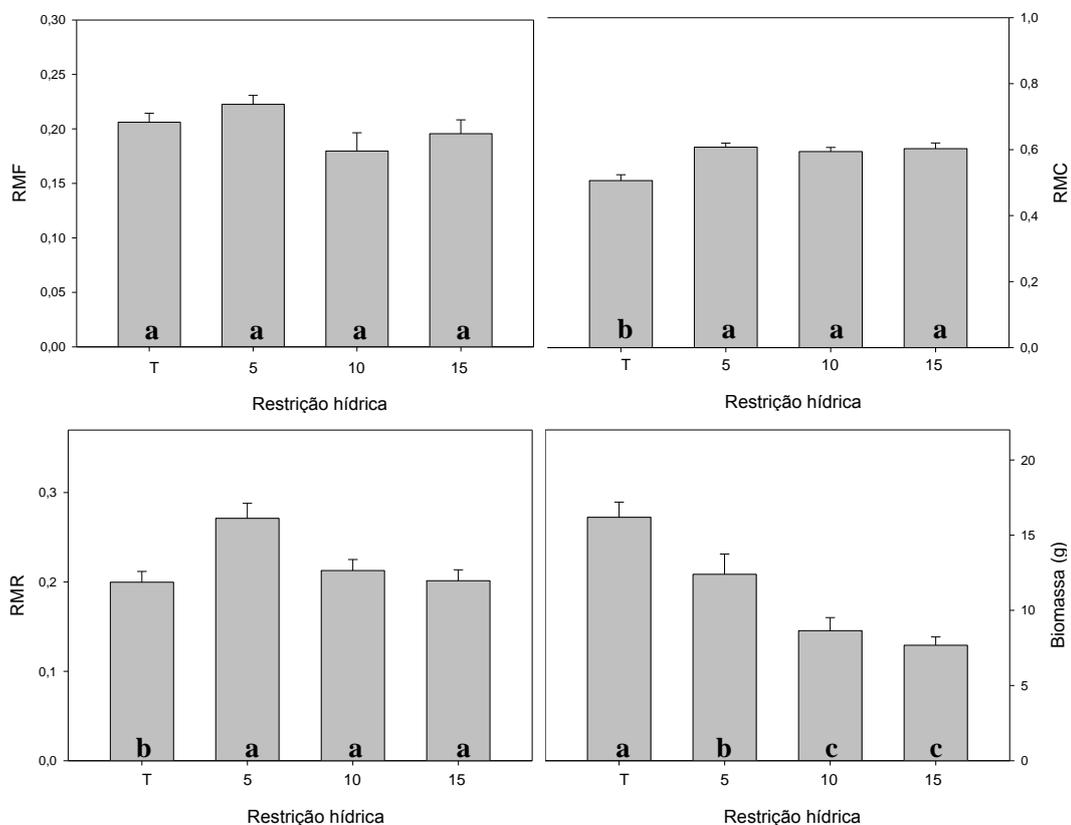
Acúmulo de biomassa

Os dados referentes ao acúmulo e partição de biomassa encontram-se na figura 1. A razão de massa caulinar apresentou ligeiro

aumento nas plantas sob déficit hídrico em relação à testemunha. O acréscimo foi, em média, 15% maior nas plantas sob déficit hídrico (5; 10 e 15 dias sem irrigação) em relação a testemunha. As razões de massa radicular e foliar aumentaram nas plantas sob déficit hídrico em relação à testemunha. O acréscimo foi, em

média, 15% maior nas plantas sob déficit hídrico (5; 10 e 15 dias sem irrigação) em relação a testemunha. As razões de massa radicular e foliar apresentaram variação não significativa entre os tratamentos. A biomassa total foi, em média, 23%; 47% e 53% inferiores nas plantas com 5; 10 e 15 dias sem irrigação em relação a testemunha, respectivamente.

Figura 1 - Razões de massa foliar, caulinar, radicular e biomassa total de mudas de pinhão manso submetidas ao déficit hídrico de 05; 10 e 15 dias sem irrigação



Teor relativo de água na folha e eficiência de uso da água

Os dados referentes ao teor relativo de água na folha e eficiência de uso da água são mostrados na Figura 2. O teor relativo de água foi, em média, 15% menor nas plantas tratadas com déficit hídrico em relação às testemunhas. O teor relativo de água apresentou ligeiro aumento após a reirrigação das plantas tratadas. A eficiência de uso da água apresentou acréscimos de 84%, 85% e 93% nas plantas tratadas com 5; 10 e 15 dias sem irrigação, respectivamente em relação as testemunhas. Na reirrigação, as plantas tratadas apresentaram significativa redução da eficiência de uso da água.

Pigmentos fotossintéticos

Os dados referentes às concentrações de carotenóides e clorofilas totais são mostrados na Figura 3. A concentração de clorofilas totais apresentou pequena variação entre os tratamentos. Em geral, houve ligeiro aumento da concentração deste pigmento após reirrigação das plantas. A concentração de carotenóides totais foi, em média, 11%, 50% e 42% superior nos tratamentos com 5, 10 e 15 dias sem irrigação respectivamente, em relação as testemunhas. A concentração de carotenóides totais continuou a aumentar na reirrigação das plantas tratadas.

Figura 2 - Teor relativo de água e eficiência de uso da água de mudas de pinhão manso submetidas ao déficit hídrico de 5; 10 e 15 dias sem irrigação.

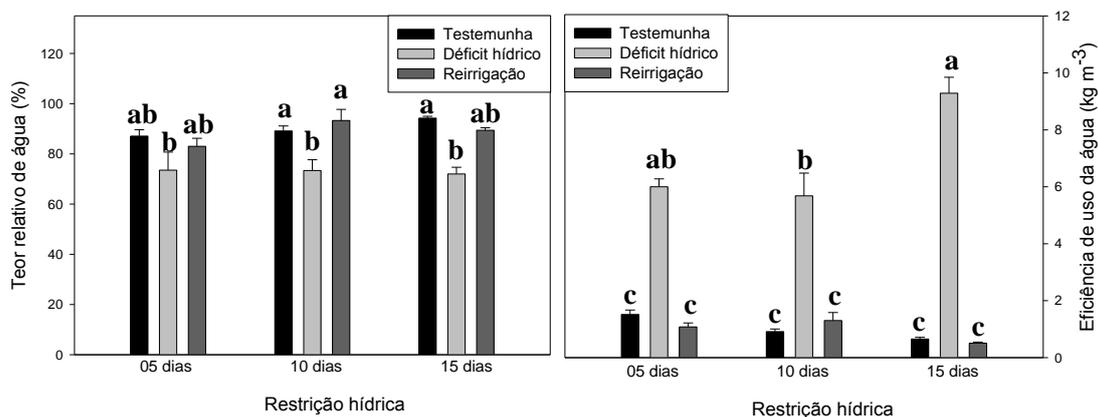
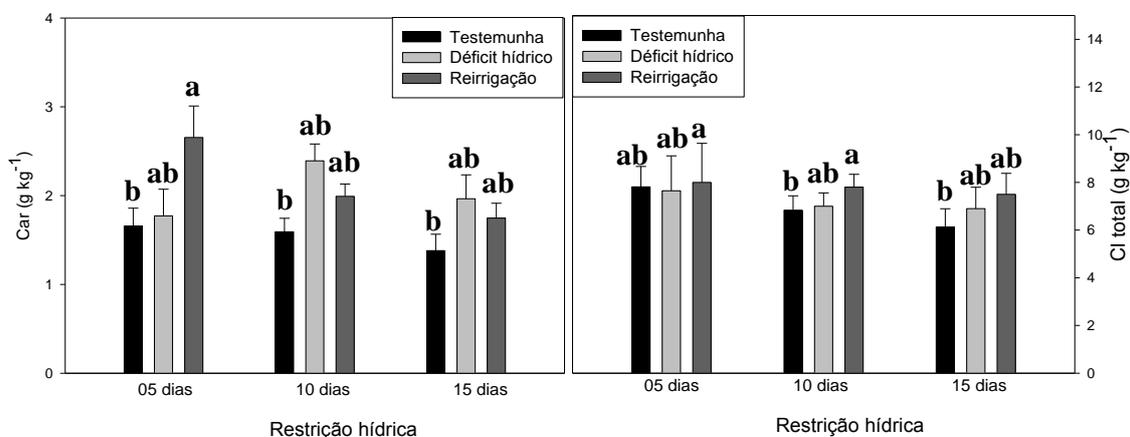


Figura 3 - Concentrações foliares de carotenóides e clorofilas totais de mudas de pinhão manso submetidas ao déficit hídrico de 5; 10 e 15 dias sem irrigação.

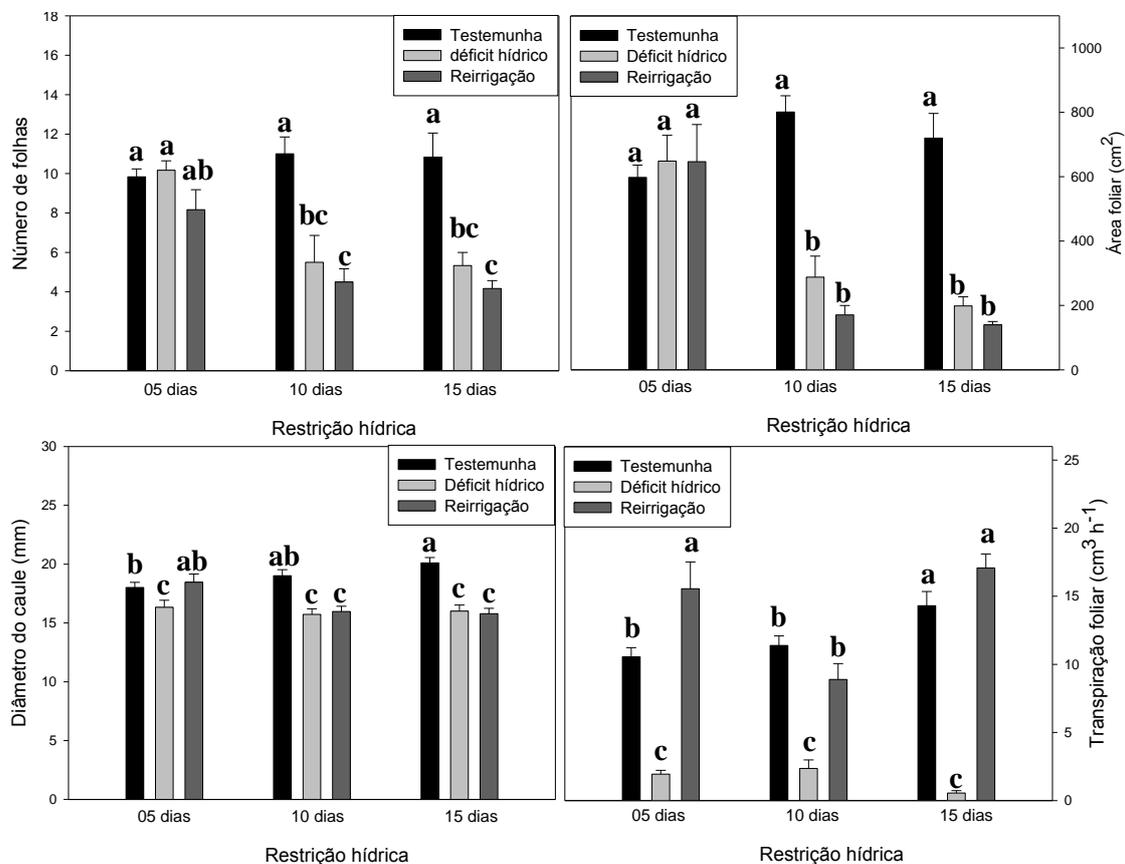


Variáveis morfológicas

Os dados referentes as variáveis morfológicas são mostrados na Figura 4. O número de folhas foi, em média, 9%, 17% e 20% menores nas plantas tratadas com 5, 10 e 15 dias sem irrigação em relação as testemunhas, respectivamente. O número de folhas continuou a reduzir nas plantas re-hidratadas. A área foliar total apresentou redução de 64% e 73% nas plantas tratadas com 10 e 15 dias sem irrigação, em relação as testemunhas, respectivamente.

diás sem irrigação, em relação as testemunhas, respectivamente. A redução continuou após reirrigação. O diâmetro do caule apresentou redução de 50% e 51% nas plantas tratadas com 10 e 15 dias sem irrigação em relação as testemunhas, respectivamente. A transpiração total da planta foi reduzida em média, 81%, 79% e 93% nas plantas tratadas com 5, 10 e 15 dias sem irrigação, em relação as testemunhas, respectivamente.

Figura 4 - Número de folhas, área foliar, diâmetro do caule e transpiração foliar de mudas de pinhão manso submetidas ao déficit hídrico de 5; 10 e 15 dias sem irrigação.



Discussão

Embora o óleo de pinhão manso seja reconhecido como ideal para produção de biodiesel, podendo substituir parcialmente o diesel convencional de forma sustentável, a espécie continua carente de informação científica. A avaliação confiável do rendimento requer conhecimento agroclimático e fisiológico, que

ainda não estão disponíveis para a espécie (TRABUCCO, 2010). Pouco se conhece sobre a bioquímica e a fisiologia do pinhão manso, não existe cultivares definidas e alguns aspectos agrônômicos ainda carecem de investigação, tais como tolerância à seca (BELTRÃO, 2006).

Independentemente do tempo de restrição hídrica, as plantas comportaram-se de forma semelhante quanto ao teor relativo de água. O

caule suculento funcionando como tampão hídrico associado ao mecanismo de antecipação ao déficit hídrico, típico de plantas isoídricas, contribuiu para manutenção do elevado conteúdo de água na folha. A suculência do caule aliada ao metabolismo C_3 -CAM existente nesta espécie confere elevada tolerância ao déficit hídrico, por manter as folhas hidratadas em condição de baixa disponibilidade de água no solo. O pinhão manso possui metabolismo fotossintético intermediário C_3 -CAM (LUTTGE, 2008). A reduzida taxa transpiratória e elevada eficiência de uso da água, típicas de plantas CAM, provavelmente estejam associadas a manifestação do metabolismo ácido das Crassuláceas em condição de déficit hídrico. Os resultados corroboram aos encontrados por Abdrabbo et al. (2009) e Diaz-López et al. (2012b) que registraram aumento da eficiência de uso da água de plantas de pinhão manso com a redução da disponibilidade hídrica. O caule suculento retardou a desidratação e o metabolismo CAM aumentou a possibilidade de sobrevivência em condição de falta de água.

A iniciação e desenvolvimento do primórdio foliar são dependentes do status hídrico da planta. O déficit hídrico resultou em menor disponibilidade de água para o metabolismo vegetal, como formação e desenvolvimento de novas folhas. A redução do número de folhas e área foliar são importantes estratégias de tolerância ao déficit hídrico por reduzir a superfície transpirante. O retardo da desidratação permite a sobrevivência imediata. O ajustamento da área foliar total e número de folhas são necessários para suportar o estresse imposto e aclimatar-se a nova condição. O déficit hídrico estimula novas capacidades metabólicas e/ou estruturais mediadas pela alteração da expressão gênica (SHARPET et al., 2004).

A deficiência hídrica provoca alterações morfológicas e anatômicas nas plantas a ponto de desbalancear a absorção de água e a taxa transpiratória. Dentre as mudanças morfológicas, as reduções do número e tamanho das folhas são as mais expressivas (ACHTEN et al., 2010; DIAZ-LÓPEZ et al., 2012a). As mudas submetidas a 15 dias sem irrigação apresentaram elevado índice de senescência e abscisão foliar. A elevada taxa de degradação de clorofilas, característica típica de folhas senescendo, contribuiu para redução deste pigmento nas folhas de mudas submetidas ao déficit hídrico de 15 dias sem irrigação.

A presumível maior concentração de carotenóides nas plantas tratadas e nas reirrigadas está relacionada com o eficiente mecanismo de fotoproteção da espécie, conforme relatado por Pompelli et al., (2010).

A redução da biomassa total em condição de déficit hídrico é evento comum em plantas de pinhão manso (DIAZ-LÓPEZ et al., 2012b). O menor número de folhas, menor área foliar, degradação de clorofilas e senescência foliar associadas a reduzida condutância estomática, afetaram a taxa de assimilação líquida de carbono em plantas submetidas ao déficit hídrico, resultando em menor taxa cumulativa de carbono em nível de dossel e, conseqüentemente, menor acúmulo de biomassa. Não obstante, registre-se que todas as plantas sobreviveram e apresentaram sinais de recuperação após reirrigação. A redução do número de folhas, área foliar e outros parâmetros após a reirrigação referem-se ao reduzido tempo de recuperação das plantas após o déficit hídrico.

A alta eficiência de uso da água, reduzida transpiração, retardo da desidratação e ajustamento da área foliar em condição de déficit hídrico aliados ao rápido ajuste destas variáveis nas plantas reirrigadas possivelmente seja resultado do metabolismo intermediário " C_3 -CAM" da espécie.

Conclusões

As mudas de pinhão manso são tolerantes ao déficit hídrico e apresentam como estratégia de tolerância o retardo da desidratação, para tal, a espécie reduz a taxa transpiratória e matem a hidratação dos tecidos utilizando a água armazenada no caule suculento.

O retardo da desidratação e aumento da eficiência de uso da água são mecanismos que podem possibilitar a pré-seleção de materiais promissores para programas de melhoramento genético.

Agradecimentos

A Universidade Estadual de Goiás pelo disponibilização da área experimental e infraestrutura.

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**, v.33, n.3, p.1343–1350, 2009.
- 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**, v.34, p.667–676, 2010.
- ACHTEN, W.M.J.; VERCHOT, L.; FRANKEN, Y.J.; MATHIJS, E.; SINGH, V.P.; AERTS, R.; MUYS, B. *Jatropha* bio-diesel production and use. **Biomass and Bioenergy**, 32: 1063–1084, 2008.
- ALLEN, R. G.; PRUIT, W. O.; WRIGHT, J. L.; HOWELL, T. A.; VENTURA, F.; SNYDER, R.; ITENFISU, D.; STEDUTO, P.; BERENGENA, J.; YRISARRY, J. B.; SMITH, M.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; PERRIER, A.; ALVES, I.; WALTER, I.; ELLIOTT, R. A recommendation on standardized surface resistance for hourly calculation of reference ETo by the FAO56 Penman-Monteith method. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.81, n.1, p.1-22, 2006.
- ANDRÉO-SOUZA, Y.; PEREIRA, A. L.; SILVA, F. F. S.; RIEBEIRO-REIS, R. C.; EVANGELISTA, M. R. V.; CASTRO, R. D.; DANTAS, B. F. Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, p.83-92, 2010.
- ARRUDA, F.P.; BELTRÃO, N.E.M.; ANDRADE, A.P.; PEREIRA, W.E.; SEVERINO, L.S. Cultivo do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.8, p.789-799, 2004.
- ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/id=472>>. Acesso em: 20 mai. 2012.
- BELTRÃO, N.E.M. Considerações gerais sobre o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) e a necessidade urgente de pesquisas, desenvolvimento e inovações tecnológicas para esta planta nas condições Brasileiras. Campina Grande, **EMBRAPA**, 2006. 4p.
- CAVATTE, P.C.; OLIVEIRA, A.A.G.; MORAIS, L.E.; MARTINS, S.C.V.; SANGLARD, L.M.V.P.; DAMATTA, F.M. Could shading reduce the negative impacts of drought on coffee? A morphophysiological analysis **Physiologia Plantarum**, v.144, n.2, p.111–122, 2012.
- DIAS, L.A.S.; LEME, L.P.; LAVIOLA, B.G.; PALLINI, A.; PEREIRA, O.L.; CARVALHO, M.; MANFIO, C.E.; SANTOS, A.S.; SOUSA, L.C.A.; OLIVEIRA, T.S. & DIAS, D.C.F.S. Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) para produção de óleo combustível. 1 ed. Viçosa, **L.A.S. Dias**, 2007. 40p.
- DÍAZ-LÓPEZ, L.; GIMENO, V.; ISIMÓN, I.; MARTÍNEZ, V.; RODRÍGUEZ-ORTEGA, W.M.; GARCÍA-SÁNCHEZ, F. *Jatropha curcas* seedlings show a water conservation strategy under drought conditions based on decreasing leaf growth and stomatal conductance, **Agricultural Water Management**, v.105, n.9, p.48– 56, 2012a.
- DÍAZ-LÓPEZ, L. D.; GIMENO, V.; LIDÓN, V.; SIMÓN, I.; MARTÍNEZ, V.; SÁNCHEZ, F. G. The tolerance of *Jatropha curcas* seedlings to NaCl: An ecophysiological analysis. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.54, n.2, p.34-42, 2012b.
- DRUMMOND, O. A. “Cultura do pinhão manso”. Belo Horizonte: **EPAMIG**. 99 p. 1984.
- FAIRLESS, D. Biofuel: the little shrub that could maybe. **Nature**, v.449, p.652–655, 2007.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.1039-1042, 2011.
- FREITAS, R.G.; MISSIO, R.F.; MATOS, F.S.; RESENDE, M.D.V.; DIAS, L.A.S. Genetic evaluation of *Jatropha curcas*: an important oilseed for biodiesel production. **Genetics and Molecular Research**, v.10, n.3, p.1490-1498, 2011.

- LUTTGE, U. Stem Cam in arborescent succulents. **Trees - Structure and Function**, v.22, p.139-148, 2008.
- MAES, W.H.; ACHTEN, W.M.J.; REUBENS, B.; RAES, D.; SAMSON, R.B. MuysPlant–water relationships and growth strategies of *Jatropha curcas* L. seedlings under different levels of drought stress. **Journal of Arid Environments**, v.73, p.877-884, 2009.
- MATOS, F.S.; OLIVERIA, L.R.; FREITAS, R.G.; EVARISTO, A.B.; MISSIO, R.F. & CANO, M.A.O. Physiological characterization of leaf senescence of *Jatropha curcas* L. populations. **Biomass and Bioenergy**, v.45, p.57-64, 2012.
- POMPELLI, M. F.; LUÍS, R. B.; VITORINO, HERMERSON. S.; GONÇALVES, E. R.; ROLIM, E. V.; SANTOS, M. G.; CORTEZ, J. S. A.; FERREIRA, V. M.; LEMOS, E. E.; ENDRES, L. Photosynthesis, photoprotection and antioxidant activity of purging nut under drought deficit and recovery. **Biomass and bioenergy**, v.34, n.8, p.1207-1215, 2010
- RIBEIRO, R. P. ; BORGES, L. P. ; NEVES, T. G. ; CRUVINEL, C. K. L. ; MATOS, F.S. ; FREITAS, R. G. . APLICAÇÃO DE BENZILADENINA EM PLANTAS DE PINHÃO MANSO, **Revista Agrotecnologia**, v. 04, p. 57-67, 2013.
- SAMBATTI, J., CAYLOR, K.K. When is breeding for drought tolerance optimal if drought is random?". **New Phytologist**, v.175, n.1, p.70-80, 2007.
- SATURNINO, H.M. Cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). **Informe Agropecuário**, 26:44-78, 2005.
- SEVERINO, L.S. Viagem à Índia para prospecção de tecnologias sobre mamona e pinhão manso. Campina Grande: **Embrapa do algodão**, 56p. (Documento, 153), 2006.
- SHARPET, R.E.; POROYKO, V.; HEJLEK, L.G.; SPOLLEN, W.G.; SPRINGER, G.K.; BOHNERT, H.J.; NGUYEN, H.T. Root growth maintenance during water deficits: physiology to functional genomics. **Journal of Experimental Botany**, v.55, n.407, p.2343-2351, 2004.
- SOUZA, C. C.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, I. F.; AMORIM NETO, M. S. Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3, p.338-342, 2000.
- TRABUCCO, A.; ACHTEN, W.M.J.; BOWE, C.; AERTS, R.; ORSHOVEN, J.V.; NORRGROVE, L. & MUYS, B. Global mapping of *Jatropha curcas* yield based on response of fitness to present and future climate. **Global Change Biology Bioenergy**, v.2, p.139-151, 2010.
- TURNER, N. C. Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. **Plant and Soil**, v. 58, n. 1/3, p.339-366, 1981.
- WELLBURN, A.R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology**, v.144, p.307-313, 1994.

Recebido: em 10/01/13
Aceito: em 24/03/14