



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE IPAMERI
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal



INFLUÊNCIA DO ESTRESSE NUTRICIONAL NA SEVERIDADE DO DÉFICIT HÍDRICO EM PLANTAS DE PINHÃO MANSO

MARIANA SIQUEIRA DO CARMO

MESTRADO

Ipameri-GO
2014

MARIANA SIQUEIRA D O CARMO

**INFLUÊNCIA DO ESTRESSE NUTRICIONAL NA
SEVERIDADE DO DÉFICIT HÍDRICO EM PLANTAS DE
PINHÃO MANSO**

Orientador: Prof. Dr. Fábio Santos Matos

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Unidade Universitária de Ipameri como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal para obtenção do título de MESTRE.

**Ipameri
2014**

Carmo, Mariana Siqueira do.

Influência do estresse nutricional na severidade do déficit hídrico em plantas de pinhão manso/ Mariana Siqueira do Carmo – 2014.

27 f. il.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Santos Matos

Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ipameri, 2014.

1. Ciências Agrárias. 2. Agronomia. 3. Produção Vegetal.
I. Título.

DEDICATÓRIA

À minha família e aos meus queridos amigos, por tornarem esta caminhada possível e mais feliz.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, professor Fábio Santos Matos, por não medir esforços para a melhoria da minha formação acadêmica. Agradeço pela oportunidade de ser orientada por esse grande profissional. Obrigada pelas orientações e pelos ensinamentos transmitidos.

A Universidade Estadual de Goiás - Unidade Universitária de Ipameri, pela oportunidade de cursar o mestrado.

A FAPEG pela concessão da bolsa de mestrado.

Aos meus pais Lourêncio do Carmo Ribeiro e Luciane dos Santos Siqueira do Carmo, por depositarem, suas esperanças, em mim e por chegarem tão perto da perfeição.

Agradeço a vocês, Larissa, Hilton Junior, Clair Kássio e Vanessa, que sempre se prontificaram a me ajudar. Muito obrigada pela dedicação, são pessoas como vocês que dão à vida, um sentido.

Aos integrantes do grupo de estudos em Fisiologia da Produção, que se esforçaram durante a execução deste trabalho.

A todas as pessoas que, contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigada!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVO	4
3 MATERIAL E MÉTODOS	5
3.1 Desenho experimental	5
3.2 Variáveis de crescimento	6
3.3 Teor relativo de água na folha (TRA)	6
3.4 Transpiração	6
3.5 Pigmentos fotossintéticos	6
3.6 Procedimentos estatísticos	7
4 RESULTADOS	8
5 DISCUSSÃO	13
6 CONCLUSÕES	16
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

RESUMO

Tendo em vista o melhor entendimento fisiológico da deficiência hídrica e nutricional ocorrendo simultaneamente, objetivou-se com o presente estudo avaliar a implicação da adubação nitrogenada no déficit hídrico em plantas de pinhão manso. O trabalho foi conduzido sobre bancadas a pleno sol, na Universidade Estadual de Goiás, Unidade de Ipameri, Goiás. O experimento foi montado seguindo o delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 5 x 2 [(cinco doses de Uréia (0; 1,2; 2,4; 3,6; 4,8g de uréia por vaso e dois níveis de suprimento hídrico: irrigado e não irrigado)] e cinco repetições. As sementes de pinhão manso foram semeadas em vasos contendo 5L de substrato composto por Latossolo Vermelho-Amarelo, areia e esterco na proporção de 3: 1: 0,5, respectivamente. No momento da adubação nitrogenada (10 dias após a germinação), cada vaso recebeu 1,2 g de Super Fosfato Simples e 2,4 g de Cloreto de Potássio, como fonte de P_2O_5 e K_2O respectivamente. Aos 60 dias após a germinação, metade das plantas foram submetidas a 7 dias de déficit hídrico, e a outra metade foi irrigada diariamente. No 7º dia sem irrigação, as plantas foram analisadas e em seguida reidratadas por cinco dias quando novamente foram analisadas. Aos 67 e 72 dias após a germinação, foram feitas as seguintes análises: número de folhas, altura de planta, diâmetro de ramo, transpiração, teor relativo de água, área foliar, clorofila total, razão de massa radicular, razão de massa caulinar, razão de massa foliar, razão parte aérea/sistema radicular, e biomassa total. As doses de nitrogênio utilizadas na adubação e a disponibilização deste nutriente pela matéria orgânica do solo contribuíram para ausência de interação entre os fatores déficit hídrico e doses de nitrogênio. Em condição de déficit hídrico, as plantas de pinhão manso apresentam redução do crescimento vegetativo e aumento da partição de biomassa para o sistema radicular. As plantas de pinhão manso são tolerantes ao déficit hídrico e apresentam como estratégia o retardo da desidratação.

Palavras-chave: Nitrogênio, Seca, Produção vegetal.

ABSTRACT

Given the better understanding of the physiological fluid and nutritional deficiency occurring simultaneously, the objective of this study was to evaluate the implication of nitrogen fertilization on water stress in plants of *Jatropha*. The study was conducted in five gallon pots on benches in full sun, the State University of Goias, Unit Ipameri, Goias. The experiment was conducted following the completely randomized design in factorial arrangement 5 x 2 [(five urea rates (0; 1,2; 2,4; 3,6; 4,8g of urea per pot and two levels of water supply: irrigated and non-irrigated)] and five replications. *Jatropha* seeds were sown in pots containing 5L substrate composed of Oxisol Red-Yellow, sand and manure in the proportion of 3: 1: 0,5, respectively. At the time of nitrogen fertilization (10 days after germination), each pot received 1,2g of Single Super Phosphate and 2,4g of Potassium Chloride as a source of P₂O₅ and K₂O respectively. At 60 days after germination, half of the plants were subjected to 7 days of water deficit, and the other half was irrigated daily. On the 7th day without irrigation, plants were analyzed and then rehydrated for five days when they were again analyzed. After 67 and 72 days after germination, the following analyzes were made: number of leaves, plant height, branch diameter, sweating, relative water content, leaf area, total chlorophyll, root mass ratio, stem mass ratio, leaf mass ratio, aerial part / root system ratio, and total biomass. The nitrogen used in fertilizers and the availability of this nutrient for soil organic matter contributed to the lack of interaction between the factors water deficit and nitrogen. In water stress conditions, plants of *Jatropha* have reduced vegetative growth and increased biomass partitioning to the root system. *Jatropha* plants are drought tolerant and have a strategy to delay dehydration.

Keywords: Nitrogen, Drought, Plant production.

1 INTRODUÇÃO

O aumento de gases que intensificam o efeito estufa na atmosfera terrestre em decorrência de ações antrópicas, como queima de combustíveis fósseis e usos do solo, tem comprometido os recursos naturais e a sobrevivência humana. A constante preocupação com a poluição ambiental tem intensificado a busca por combustíveis renováveis, tipo biodiesel, visando reduzir o consumo de combustíveis fósseis (MATOS et al., 2009).

Os biocombustíveis são derivados de biomassa renovável que podem substituir, parcial ou totalmente, combustíveis derivados de petróleo e gás natural em motores a combustão ou em outro tipo de geração de energia (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, ANP, 2014). Os biocombustíveis poluem menos por emitirem menos compostos que os combustíveis fósseis no processo de combustão dos motores e também porque seu processo de produção tende a ser mais limpo. O Brasil apresenta grande potencial para produção de biocombustíveis em grande parte de sua extensão territorial, em função de suas características edafoclimáticas, biodiversidade, disponibilidade de área e mão-de-obra, bem como comprovada competência técnica no campo da ciência agrícola (DIAS et al., 2007).

As principais matérias-primas utilizadas para produção do biodiesel no Brasil são soja e sebo bovino, com contribuições de 27,13%, 68,13%, respectivamente, sendo os outros materiais responsáveis por apenas 4,73% da produção (ANP, 2014). Existe, portanto, a necessidade, de diversificar a produção de matéria prima para produção de biodiesel por meio da introdução de espécies promissoras. Entre as espécies oleaginosas com potencial para produção de biodiesel, destaca-se a *Jatropha curcas* L.

Jatropha curcas L. é uma espécie originária da América Central sendo também encontrada em várias regiões do Brasil (SOUZA et al., 2012). É um arbusto pertencente à família das euforbiáceas, que de acordo com Beltrão (2011), abrange cerca de 317 gêneros e 8 mil espécies. A planta é monóica, apresenta crescimento rápido, podendo alcançar mais de cinco metros de altura, desenvolve-se sob condições climáticas diversas, desde regiões tropicais muito secas à úmidas, tolerando precipitações pluviométricas entre 600 e 1500 mm ano⁻¹. É uma espécie xerófita 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 (ARRUDA et al., 2004; SATURNINO et al., 2005; SEVERINO et al., 2006; POMPELLI et al., 2010). A planta adapta-se a solos pouco férteis, de modo geral inaptos à agricultura de subsistência, proporcionando desta maneira, uma nova opção econômica às regiões carentes do país, (AKBAR et al., 2009).

Jatropha curcas L. conhecida popularmente como o pinhão manso, apresenta algumas características desejáveis, tais como, óleo de alta qualidade físico-química, podendo ser usado para produção de biodiesel e bioquerosene (DURÃES et al., 2011). Trata-se de uma planta com inúmeras utilidades, podendo ser utilizada, partes vegetativas, subprodutos e principalmente as sementes. A planta é utilizada há muito tempo no emprego medicinal e folclórico, na iluminação de casas e produção de sabão e tinta. A seiva possui propriedades antimicrobianas e cicatrizantes e as raízes são diuréticas (NUNES, 2007). As folhas além de combaterem doenças de pele também apresentam algumas aplicações. A Embrapa Semi-Árido (Petrolina-PE) tem avaliado a qualidade do pinhão manso como potencial forrageira.

De acordo com Almeida (2007), as folhas ainda podem servir para a elaboração de diversos medicamentos (o chá, por exemplo, combate a malária) e para alimentar a lagarta do bicho-da-seda. E como subproduto do processamento da semente para a obtenção de óleo, é obtido a torta, um biofertilizante rico em nitrogênio, potássio, fósforo e matéria orgânica, capaz de combater as doenças do solo, entre elas os nematóides. (ARRUDA et al., 2004). A casca pode ser utilizada tanto para proteção do solo contra erosão como para o estabelecimento de cercas vivas (OPENSHAW, 2000). O óleo tem variações pouco significativas de acidez, maior estabilidade à oxidação do que o óleo de soja e dendê, e menor viscosidade que o óleo de mamona (BASTOS, 2003).

Segundo Drumond 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, por se tratar de uma espécie selvagem, ou seja, não melhorada, ainda existem poucas informações agronômicas a respeito, principalmente em condições de estresse hídrico e nutricional.

O nitrogênio é o nutriente requerido em maior quantidade pelas culturas, seguido pelo potássio. É considerado o principal nutriente para o desenvolvimento da planta (ALVIM; BOTREL, 2001). Como parte do metabolismo global das plantas, o metabolismo do nitrogênio é afetado pelo déficit hídrico, visto que, além da diminuição da expansão celular (TAIZ; ZEIGER, 2004), vários processos fisiológicos, entre eles a síntese de aminoácidos, são amplamente alterados (SILVEIRA et al., 2003; SODEK, 2004; MARIN et al., 2006). Além disso, o estresse hídrico provoca ainda reduções drásticas na atividade de redutase de nitrato (SINHA; NICHOLAS, 1981). A redutase de nitrato é a primeira enzima na via de assimilação do nitrato, e provavelmente representa o passo limitante na incorporação desse nutriente (CAMPBELL, 1988).

Apesar de muito estudado, o pinhão manso carece de conhecimentos agronômicos básicos como: práticas de manejo adequadas, tolerância a estresses abióticos e recomendação de adubação. Ainda não há manual de adubação para a cultura do pinhão manso, o fornecimento de nutrientes

baseia-se nas exigências nutricionais de culturas da mesma família, principalmente mamona. Faz-se necessário a realização de estudos para elucidação de aspectos agronômicos básicos, bem como, o desempenho fisiológico da espécie em condição de estresse abiótico para uma segura recomendação técnica.

Em condições naturais, os estresses abióticos podem ocorrer simultaneamente, causando às vezes, danos irreversíveis as plantas. Sabe-se que o metabolismo do nitrogênio é afetado nos estágios iniciais do déficit hídrico em função da sensibilidade da enzima redutase do nitrato (YIN et al., 2013); no entanto, estudos avaliando a possibilidade da minimização dos efeitos do déficit hídrico caso a disponibilidade de nitrogênio esteja adequada ainda são escassos.

2 OBJETIVO

Tendo em vista o melhor entendimento fisiológico da deficiência hídrica e nutricional ocorrendo simultaneamente, objetivou-se com o presente estudo avaliar a implicação da adubação nitrogenada no déficit hídrico em plantas de pinhão manso.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Desenho experimental

O trabalho foi conduzido em vasos de cinco litros sobre bancadas a pleno sol, na Universidade Estadual de Goiás, Unidade de Ipameri (Lat. 17° 43' 19'' S, Long. 48° 09' 35'' W, Alt. 773 m), Ipameri, Goiás. Esta região possui clima tropical úmido, (Aw) de acordo com a classificação de Köppen, com verão chuvoso e inverno seco. O experimento foi montado seguindo o delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 5 x 2 (cinco doses de uréia (0; 1,2; 2,4; 3,6; 4,8g, de uréia por vaso e dois níveis de suprimento hídrico: irrigado e não irrigado)] e cinco repetições. Cada repetição composta por um vaso com uma planta.

As sementes de pinhão manso foram semeadas em vasos contendo 5L de substrato composto por Latossolo Vermelho-Amarelo, areia e esterco na proporção de 3: 1: 0,5, respectivamente. A análise química da mistura revelou os seguintes valores: pH(CaCl₂) 5,5; 20 g dm⁻³ de matéria orgânica; 22,3 mg dm⁻³ de P; 0,52 cmolc dm⁻³ de K(Mehlich-1); 2,2 cmolc dm⁻³ (Tampão SMP) de H + Al; 1,8 cmolc dm⁻³ de Ca; 0,8 cmolc dm⁻³ de Mg; 9,7 mg dm⁻³ de Zn; 3,12 cmolc dm⁻³ de SB; 5,32 cmolc dm⁻³ de CTC; e 58,65% de saturação por bases. Após a análise da composição da mistura, realizou-se a adubação e correção do pH do substrato de acordo com recomendações agronômicas para a cultura do pinhão-manso (DIAS et al. 2007).

Após a germinação (10 dias após a germinação) realizou-se a adubação nitrogenada. No momento da adubação nitrogenada, cada vaso recebeu 1,2g de Super Fosfato Simples e 2,4g de Cloreto de Potássio, como fonte de P₂O₅ e K₂O respectivamente, seguindo recomendações de Laviola et al. (2008).

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, metade das plantas foram submetidas a sete dias de déficit hídrico, e a outra metade foi irrigada diariamente. No 7º dia sem irrigação, as plantas foram analisadas e em seguida reidratadas por cinco dias quando novamente foram analisadas.

Aos 67 e 72 dias após a germinação, realizou-se as seguintes análises: número de folhas, altura de planta, diâmetro de caule, transpiração, área foliar, clorofila total, teor relativo de água, razão de massa da raiz (RMR), razão de massa do caule (RMC), razão de massa foliar (RMF), razão parte aérea/sistema radicular (PA/SR), e biomassa total. As análises de variância foram processadas pelo software SISVAR 5.3. (FERREIRA, 2011).

3.2 Variáveis de crescimento

O número de folhas foi obtido através da contagem. A altura de planta e diâmetro do caule foram mensurados utilizando régua graduada e paquímetro respectivamente.

Para a avaliação da área foliar, utilizou-se uma trena graduada (cm), medindo-se todas as folhas quanto à largura e comprimento de todas as plantas e em seguida, foi calculada a área foliar seguindo recomendações de Severino et al. (2007).

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 calculou-se a razão de massa da folha (RMF), razão de massa da raiz (RMR), razão de massa do caule (RMC), razão parte aérea/sistema radicular (PA/SR), e biomassa total.

3.3 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, os quais foram pesados e colocados por 4 h 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 h, sendo posteriormente obtido o peso de matéria seca, em g. Para calcular o teor relativo de água utilizou-se a seguinte fórmula:

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

3.4 Transpiração

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 conforme Cavatte et al. (2012).

3.5 Pigmentos fotossintéticos

Para a determinação da concentração de clorofilas e carotenóides totais foram retirados discos foliares de área conhecida e colocados em vidros contendo dimetilsulfóxido (DMSO). Posteriormente, realizou-se a extração em banho-maria a 65 °C por uma hora. Retirou-se alíquotas para leitura espectrofotométrica a 480, 649,1 e 665nm. O conteúdo de clorofila *a* (Cl *a*) e clorofila *b* (Cl *b*) foram determinados seguindo a equação proposta por Wellburn (1994).

3.6 Procedimentos estatísticos

O experimento foi conduzido seguindo o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 2 [(cinco doses de uréia (0; 1,2; 2,4; 3,6; 4,8g de uréia por vaso e dois níveis de suprimento hídrico: irrigado e não irrigado)] e cinco repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste Newman Keuls, a de 5% de probabilidade. Os dados referentes a número de folhas e clorofila foram submetidos à análise de regressão utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS

A análise de variância de todas as variáveis analisadas são mostradas nas tabelas 1 e 2. Não houve interação significativa entre os fatores déficit hídrico e doses de nitrogênio. Dessa forma, o comportamento do fator déficit hídrico não depende das doses de nitrogênio, sendo, portanto, independentes. Neste caso os fatores foram estudados isoladamente.

Tabela 1. Resumo da análise de variância das variáveis: Número de folhas (NF), Altura da Planta (AP), Diâmetro do Caule (DC), Área Foliar (AF), Clorofila Total (Cl total), Carotenoides (Car) e Teor relativo de água (TRA) de plantas de pinhão manso submetidas à deficiência hídrica e doses crescentes de nitrogênio.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios						
		NF	AP (cm)	DC(mm)	AF (cm ²)	Cl total (mg kg ⁻¹)	Car (g kg ⁻¹)	TRA (%)
Repetição	4	37.8842	17.6617	8.9334	21.8333	8.6000	0.0808	0.098
Doses de Nitrogênio	4	213.39*	18.8978	3.3640	77.6333	2.7000*	0.5870	0.026
Déficit hídrico	1	264.35*	112.74*	72.3048*	385.266*	5.400**	4.8962*	0.126
Déficit x Nitrogênio	4	30.2035	4.9184	35.7339	40.6380	1.120	0.4715	0.019
Resíduo	35	46.825	15.879	10.5350	52.4333	0.4000	0.1008	0.019
CV (%)		23,6	13,37	12,7	6,8	8,9	23,8	18,5

*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. **significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 2. Resumo da análise de variância das variáveis: Transpiração (TRANS), Razão de Massa Foliar (RMF), Razão de Massa Radicular (RMR), Razão de Massa Caulinar (RMC), Razão parte aérea/ sistema radicular(PA/SR) e Biomassa (Biom) de plantas de pinhão manso submetidas à deficiência hídrica e doses crescentes de nitrogênio.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		TRANS	RMF	RMR	RMC	PA/SR	BIOM (g)
Repetição	4	17.1287	313.9238	8.9334	100.0361	2.2694	134.900
Doses de nitrogênio	4	103.787	59.5072	3.3640	55.8250	0.3277	24.900
Déficit hídrico	1	219.28**	85.5576	72.3048*	21.686	10.15	43.6000*
Déficit x nitrogênio	4	64.347	42.817	105.43	11.4841	0.2168	12.634
Resíduo	35	28.134	105.2758	10.5350	43.3430	1.92	7.5
CV (%)		13,6	43,1	12,7	35,5	9,4	12,9

*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. **significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Para as características número de folhas e clorofila total, (Figura 1) houve diferença significativa para ambos os fatores, doses de nitrogênio e déficit hídrico. Observou-se que à medida que as doses de nitrogênio foram incrementadas, houve aumento no número de folhas e concentrações foliares de clorofilas totais. Nas plantas sob déficit hídrico o número de folhas foi aproximadamente 29% maior nas plantas submetidas a maiores doses de nitrogênio em comparação com as plantas testemunhas. As plantas reidratadas apresentam resultados semelhantes, no entanto, as plantas com suprimento hídrico diário apresentaram incrementos no número de folhas em torno de 22% com a maior dose de nitrogênio em comparação com a testemunha de dose zero.

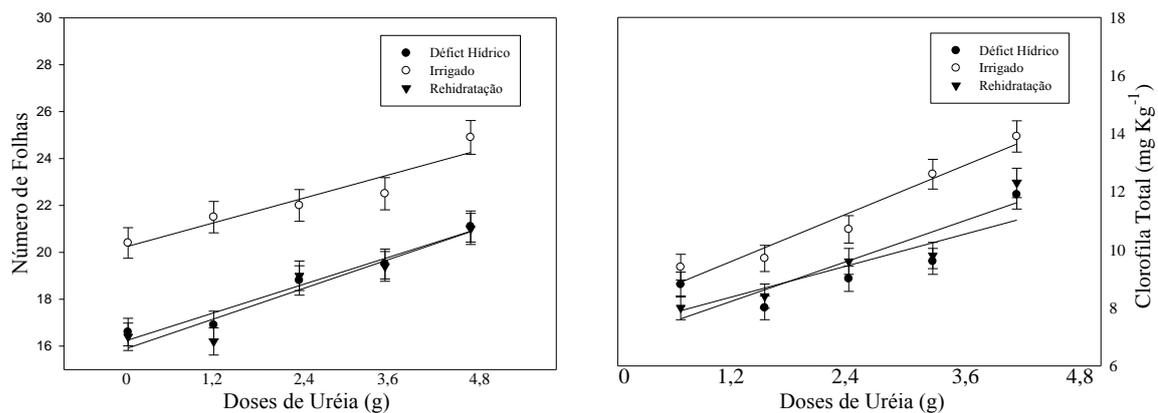


Figura 1. Equações de regressão para número de folhas de plantas de pinhão manso submetidas ao déficit hídrico ($Y = 2,28x + 16,96$, $R^2 = 0,5926^*$), irrigadas diariamente ($Y = 2,32x + 5,5$, $R^2 = 0,91^*$), reidratadas após déficit hídrico ($Y = 3,23x + 19,86$, $R^2 = 0,9583^{**}$) e equações de regressão para clorofila total de plantas de pinhão manso submetidas ao déficit hídrico ($Y = 0,54x + 5,8$, $R^2 = 0,9073^*$), irrigadas diariamente ($Y = 2,42x + 14,92$, $R^2 = 0,6314^*$), reidratadas após déficit hídrico ($Y = 0,92x + 12,76$, $R^2 = 0,8161$), todas as plantas foram adubadas com doses crescentes de nitrogênio. * = regressão significativa ($0,01 < p \leq 0,05$).

Verificou-se incremento no teor de clorofilas com o acréscimo das doses de nitrogênio, no entanto, os incrementos foram maiores nas plantas irrigadas em relação as plantas sob déficit hídrico.

Para as demais características analisadas, nota-se diferenças significativas para as plantas de pinhão manso em relação apenas ao déficit hídrico. Não houve significância das doses de nitrogênio, nem tampouco interação entre os fatores avaliados. Não havendo ajuste significativo para equações lineares ou quadráticas em relação às doses de nitrogênio aplicadas.

Os valores médios das variáveis: número de folhas, altura das plantas, diâmetro de ramo e área foliar são apresentados na Figura 2. Nota-se, na característica, altura de plantas um decréscimo de 11,19% nas plantas de pinhão manso expostas a deficiência hídrica quando comparadas as plantas irrigadas diariamente.

O diâmetro de ramo foi reduzido em condições de baixa umidade do solo. As plantas submetidas ao déficit hídrico apresentaram redução de 12,2% nesta característica e quando foram

submetidas a rehidratação as plantas apresentaram crescimento semelhante as plantas sob déficit hídrico. A área foliar foi menor em 18,17% nas plantas sob déficit hídrico em relação às irrigadas. As folhas de pinhão manso apresentaram menor tamanho quando expostas a escassez hídrica, e maior tamanho quando em condição irrigada.

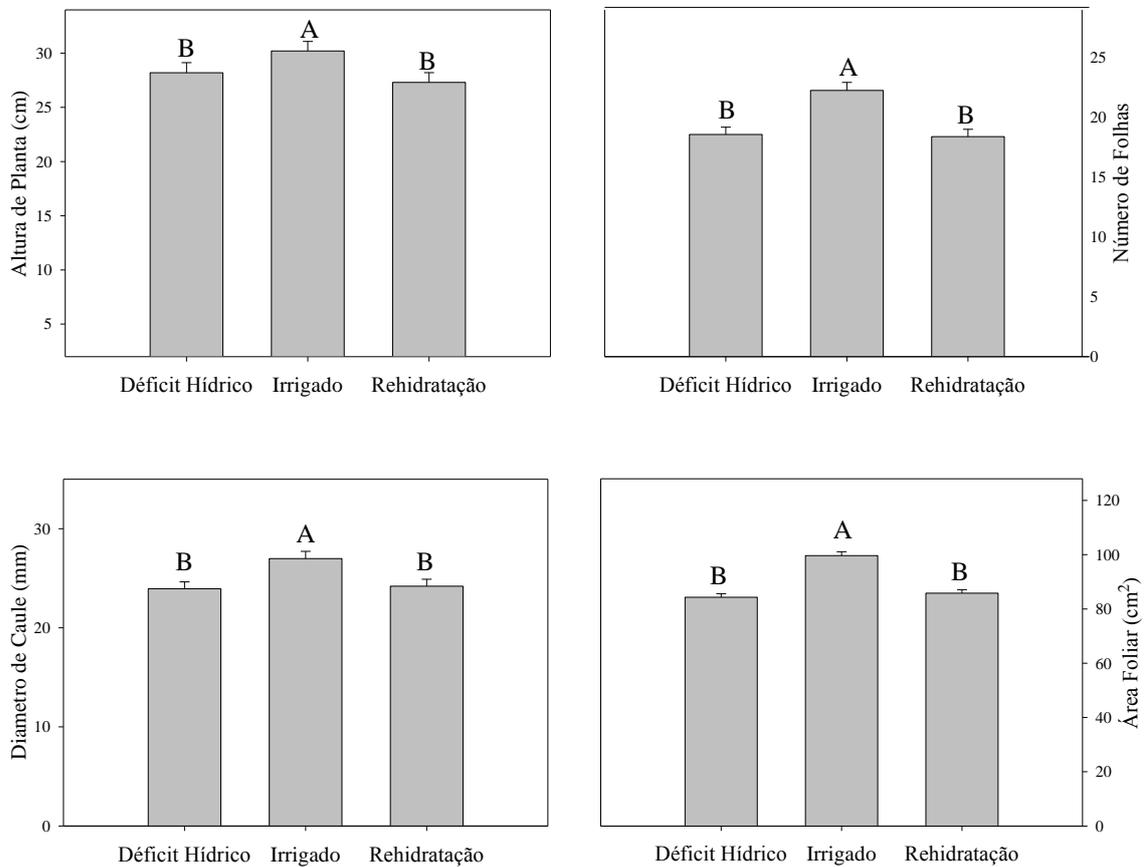


Figura 2. Altura de planta, número de folhas, diâmetro de ramo e área foliar de plantas de pinhão manso submetidas ao déficit hídrico, irrigadas diariamente e rehidratadas durante cinco dias após sete dias de déficit hídrico. Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Newman-Keuls.

As médias das variáveis, clorofila e carotenoides, transpiração, razão de massa radicular e biomassa estão apresentados nas figuras 3 e 4.

A variável carotenoides foi influenciada pelo estresse hídrico, sendo que em plantas sob condição de deficiência hídrica observou-se maiores concentrações, alcançando até 8,9% a mais de carotenóides do que as plantas que foram irrigadas constantemente.

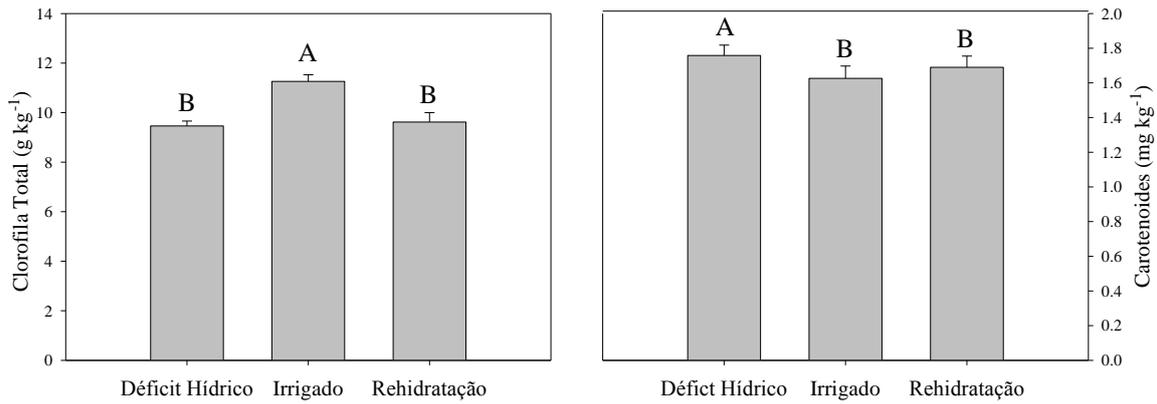


Figura 3. Clorofila total e carotenoides de plantas de pinhão manso submetidas ao déficit hídrico, irrigadas diariamente e rehidratadas durante cinco dias após sete dias de déficit hídrico. Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Newman-Keuls.

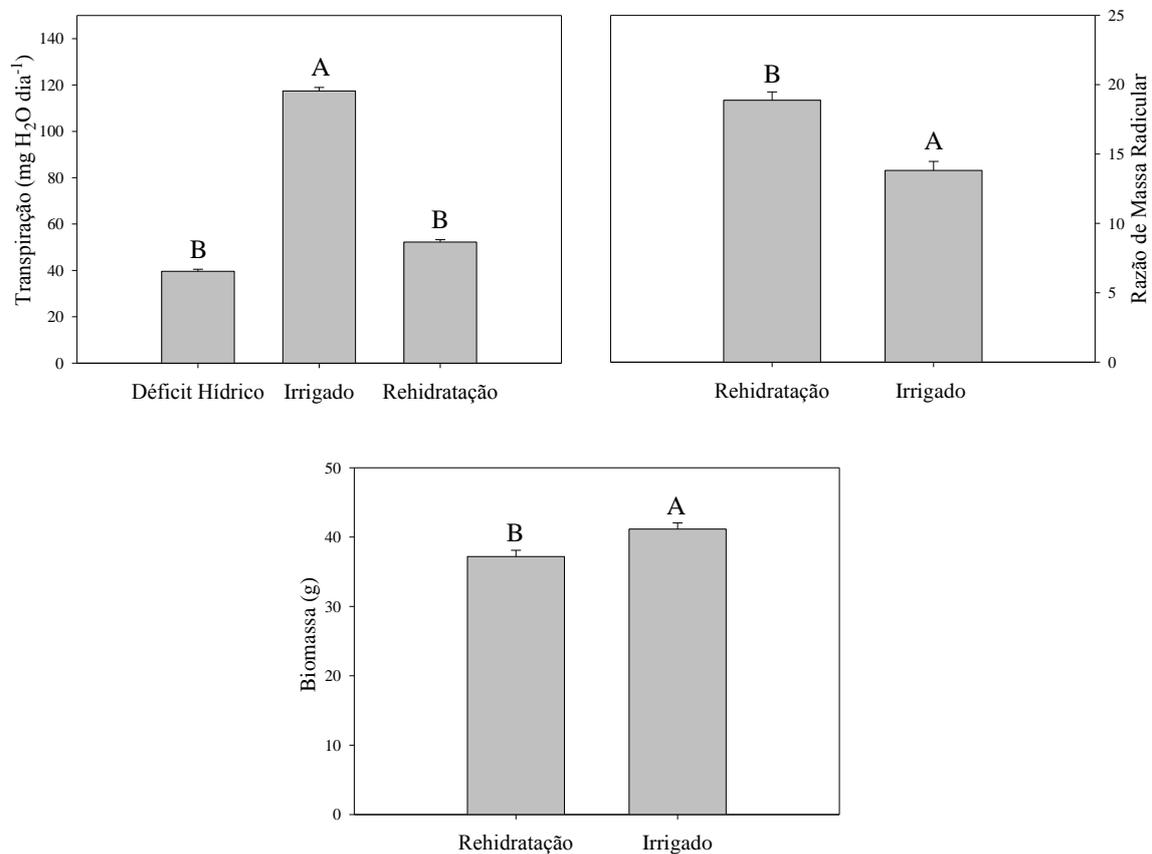


Figura 4. Transpiração, razão de massa radicular e biomassa de plantas de pinhão manso submetidas ao déficit hídrico, irrigadas diariamente e rehidratadas durante cinco dias após sete dias de déficit hídrico. Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Newman-Keuls.

As plantas irrigadas diariamente apresentaram transpiração cerca de 189,6% maior que as plantas mantidas sob restrição hídrica. Para a variável razão de massa radicular (RMR), observou-se um declínio devido a irrigação imposta as plantas de pinhão manso.

Constatou-se que as plantas reidratadas apresentaram valores de até 10,7% maior que as plantas irrigadas. A biomassa apresentou diferença significativa quando comparado os tratamentos irrigado e déficit hídrico. As plantas sob déficit hídrico acumularam em média, 36,61% menos biomassa em relação às plantas irrigadas diariamente.

5 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 elucidação de aspectos agronômicos básicos é necessária para a confiável recomendação da espécie para cultivo comercial. De maneira geral, os resultados demonstram que as diferentes doses de nitrogênio não tiveram correlação significativa com o déficit hídrico e, portanto, o suprimento de nitrogênio não tornou o déficit hídrico mais brando. Possivelmente, estes resultados estejam associados com as doses de nitrogênio utilizadas no presente trabalho e disponibilização do nutriente pela matéria orgânica do solo. A ausência de interação em experimentos com plantas de pinhão manso submetidas ao déficit hídrico e nutricional tem sido relatada na literatura (ALBUQUERQUE et al., 2009; LIMA JÚNIOR, 2011).

As variações no número de folhas e concentrações de clorofilas totais em função das doses de nitrogênio estão associadas com a essencialidade do nitrogênio na síntese de clorofilas, pois este é elemento central da molécula de clorofila. Independentemente das doses de nitrogênio utilizadas para adubação, o déficit hídrico exerceu importante decréscimo no crescimento vegetativo de plantas de pinhão manso. 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. O mesmo déficit reduziu a taxa de crescimento do caule em altura e diâmetro, possivelmente porque o relaxamento da parede celular e consequente expansão celular são dependentes da disponibilidade hídrica. Esses dados corroboram com os encontrados por Carvalho, (2013) que analisando o crescimento do pinhão manso sob condições diferenciadas de irrigação e de adubação no semiárido nordestino, verificaram um rápido crescimento da cultura no período chuvoso; no entanto, na época seca do ano ocorreu uma drástica redução na taxa de crescimento.

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 (SHARP 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).

A redução no teor de clorofilas totais em plantas sob restrição hídrica é comum a várias espécies. A redução da condutância estomática e consequente menor influxo de CO₂ resulta em redução da taxa de assimilação líquida, mas especificamente afeta diretamente a bioquímica da fotossíntese e, reduz o consumo de energia fotoquímica. Nesta circunstância é constante a produção de espécies reativas de oxigênio e outros agentes de degradação de clorofilas (LOGGINI et al., 1999). A degradação da clorofila ocorre de acordo com o nível de estresse em que as plantas são submetidas e, a consequência é a senescência foliar que visualmente foi verificada no presente trabalho. Em adição, o déficit hídrico interfere diretamente no metabolismo do nitrogênio, pois a enzima redutase do nitrato, essencial na conversão do nitrato a nitrito em raízes e/ou folhas é extremamente sensível ao déficit hídrico, apresentando inclusive, redução na atividade em condição de restrição hídrica branda (ELVIRA et al., 1998; OTTANDER et al., 1995, MATOS et al., 2012). Dessa forma, sugere-se que o déficit hídrico tenha dificultado a absorção e o metabolismo do nitrogênio e, conseqüentemente a síntese de clorofila. A presumível maior concentração de carotenoides nas plantas tratadas e nas reirrigadas está relacionada com o eficiente mecanismo de fotoproteção da espécie, conforme relatado por Pompelli et al., (2010).

As reduções da taxa transpiratória, área foliar e número de folhas nas plantas sob déficit hídrico aliadas a ausência de diferença no teor relativo de água entre plantas tratadas indicam que o pinhão manso retarda a desidratação reduzindo a perda de água por meio destas alterações morfofisiológicas. O caule suculento funcionando como tampão hídrico associado ao mecanismo de antecipação ao déficit hídrico, típico de plantas isoídricas também contribui para manutenção do elevado conteúdo de água na folha. Os resultados corroboram aos encontrados por Abdrabbo et al. (2009) e Diaz-lópez et al. (2012b) que registraram redução da taxa transpiratória de plantas de pinhão manso com a redução da disponibilidade hídrica. Além de retardar a desidratação, as plantas de pinhão manso maximizam a absorção de água por meio da maior partição de biomassa para o sistema radicular, tornando-o mais vigoroso e capaz de alcançar umidade a maiores profundidades.

De acordo com Fini (2013) as plantas expostas à deficiência hídrica moderada geralmente reduzem o crescimento da parte aérea antes que o das raízes, resultando em incremento na relação entre raiz com parte aérea. Esse estresse moderado reduz o crescimento foliar antes de reduzir a taxa fotossintética, resultando em excesso de carboidratos para as raízes. Os resultados corroboram aos encontrados por GODOY et al. (2008) que registraram o aumento no crescimento do sistema radicular em plantas submetidas a restrição hídrica.

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 afetam a taxa de assimilação líquida de carbono, resultando menor acúmulo de biomassa. Não obstante, registre-se que todas as plantas sobreviveram e apresentaram sinais de recuperação após reirrigação. A semelhança das variáveis analisadas entre plantas sob déficit hídrico e reidratadas refere-se ao reduzido período de rehidratação.

De maneira geral, as doses de nitrogênio utilizadas na adubação e a disponibilização de nitrogênio pela matéria orgânica do solo contribuíram para ausência de interação entre os fatores déficit hídrico e doses de nitrogênio, no entanto, a sensibilidade da redução do nitrato ao déficit hídrico e redução da absorção de nitrogênio em plantas crescendo com restrição hídrica apontam para a necessidade de experimentos posteriores com maiores doses nitrogênio e tempo de restrição hídrica superior ao do presente trabalho.

6 CONCLUSÕES

- As doses de nitrogênio estudadas não influenciaram no déficit hídrico.
- Em condição de déficit hídrico, as plantas de pinhão manso tem redução do crescimento vegetativo e aumento da partição de biomassa para o sistema radicular.
- As plantas de pinhão manso são tolerantes ao déficit hídrico e utilizam como estratégia o retardo da desidratação.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.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**, Oxford, v.34, n.5, p.667–676, 2010.
- AKBAR, E., ZAHIRA, Y., SITI, K.K., MANAL, I. AND JUMAT, S. Characteristics and composition of *Jatropha curcas* oil seed from Malaysia and its potential as Biodiesel feedstock. **European Journal of Scientific Research**, v.29, n.3, p396-403, 2009.
- ALBUQUERQUE, W. G. DE; FREIRE, M. A. DE O.; BELTRÃO, N. E. DE M.; AZEVEDO, C. A. V. de. Avaliação do crescimento do pinhão-mansô 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.
- 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.
- ALMEIDA, S. **Pinhão-mansô, a opção para o biodiesel**. 2007. Disponível em:<http://www.pinhaomanso.com.br/noticias/jatropha/pinhao_manso_opcao_biodiesel_18_04_07.html>. Acesso em: 21 out. 2013.
- ALVIM, M.J.; BOTREL, M.A. Efeitos de doses de nitrogênio na produção de leite em pastagem de coast- cross. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.3, p.577-583, mar. 2001.
- ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. 2014. **Disponível em:** <<http://www.anp.gov.br/?id=472>> Acesso em: 16 de fev. de 2014.
- ARRUDA, F. P. de; BELTRÃO, N. E. de M.; ANDRADE, A. P.de; PEREIRA, W. E. ; SEVERINO, L. S. Cultivo do pinhão mansô (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**. Campina Grande, PB, v.8 , n.1 , p.789-799, 2004.
- BASTOS, R.K.X. (Coord.) **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura**. Rio de Janeiro: ABES; São Paulo: Rima, 2003. 253p.
- BELTRÃO, N. E. M.: OLIVEIRA, M. I. P.: ALBUQUERQUE, F. A.: LUCENA, A. M. A. Ecofisiologia do pinhão mansô (*Jathopha curcas* L.) In: **Ecofisiologia das culturas de algodão, amendoim, gergelim, mamona, pinhão-mansô e sisal**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011.
- CARVALHO, C. M. de; VIANA, T. V. de A.; MARINHO , A. B.; LIMA JÚNIOR, L. A. de; VALNIR JÚNIOR, M. Pinhão-mansô: crescimento sob condições diferenciadas de irrigação e de

adubação no semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.5, p.487–496, 2013.

CAMPBELL, W.H. Nitrate reductase and its role in nitrate assimilation in plants. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.74, p.214-219, 1988.

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. **Viçosa**, v.1, p.40. 2007.

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**, Amsterdam, v.105, n.9, p.48– 56, 2012b.

DIAZ-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**, Paris, v.54, n.2, p.34-42, 2012.

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, v.40, n.1, p.44-47, 2010.

DURÃES, F.O.M.; LAVIOLA, B.G.; ALVES, A.A. Potential and challenges in making physic nut (*Jatropha curcas* L.) a viable biofuel crop: the Brazilian perspective. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, Oxfordshire, v.6, n.43, p.1-8, 2011.

ELVIRA, R.; S. ALONSO; J. CASTILHO E B.S. GIMENO. On the response of pigments and antioxidants of *Pinus halepensis* to mediterranean climate factors and long-term ozone exposure. **New Phytologist**, Maryland, v.138, n.3, p. 419-432, 1998.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FINI, A.; BELLASIOA, C.; POLLASTRI, S.; TATTINI M.; FERRINI, F. Water relations, growth, and leaf gas exchange as affected by water stress in *Jatropha curcas*. **Journal of Arid Environments**, v.89, p.21-29, 2013.

GODOY, L. J. G.; SANTOS, T. S.; VILLAS BÔAS, R. L.; LEITE JÚNIOR, J. B. Índice relativo de clorofila e o estado nutricional em nitrogênio durante o ciclo do cafeeiro fertirrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.32, n.1, p 217-226, 2008.

LAVIOLA, B.G.; DIAS, L.A.S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão manso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.5, p.1969-1975, 2008.

LIMA JÚNIOR, L. A. de. **Crescimento inicial do pinhão-manso em função de suspensões hídricas e doses de potássio**. 2011. 59p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

- LOGGINI, B., SCARTAZZA, A., BRUGNOLI, E., NAVARI-IZZO, F. Antioxidative defense system, pigment composition, and photosynthetic efficiency in two wheat cultivars subjected to drought. **Plant Physiology**, Maryland, v.119, n.3, p.1091–1099, 1999.
- MARIN, A.; SANTOS, D.M.M.; DOS; BANZATTO, D.A.; CODOGNOTTO, L.M. Influencia da disponibilidade hídrica e da acidez do solo no teor de prolina livre de guandu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.2, p. 355-358. 2006.
- 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, n.10, p.57-64, 2012.
- 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** – v.3, n.1, p.126-134, 2009.
- NUNES, C. F. **Caracterização de frutos, sementes e plântulas e cultivo de embriões de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.)**. 2007. 78f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2007.
- OPENSHAW, K. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. **Biomass and Bioenergy**, v. 19. n.1, p.1-15, 2000.
- POMPELLI, M.F., BARATA-LUÍS, R., VITORINO, H.S., GONC, ALVES, E.R., ROLIM, E.V., SANTOS, M.G., ALMEIDA-CORTEZ, J.S., FERREIRA, V.M., LEMOS, E.E.P., ENDRES, L. Photosynthesis, photoprotection and antioxidant activity of purging nut under drought deficit and recovery. **Biomass and Bioenergy**, v.34, 1207–1215, 2010.
- OTTANDER, C.; D. CAMPBELL E G. OQUIST. Seasonal changes in photosystem-II organization and pigment composition in *Pinus-Sylvestris*. **Planta**, v. 197, p.176-183, 1995.
- SATURNINO, H. M.; PACHECO, D. D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N. P. Cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v.26, n.229, p.44-78, 2005.
- SEVERINO, L. S; VALE, L. S; BELTRÃO, N. E. M. Método para medição da área foliar do pinhão manso. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**. Campina Grande, v.14, n.1, p. 73-77, 2006.
- SILVEIRA JAG, VIÉGAS RA, ROCHA IMA, MOREIRA ACOM, MOREIRA RA. Proline accumulation and glutamine synthetase activity are increased by salt-induced proetolysis in cashew leaves. **Journal of Plant Physiology**, v.160, p.115–123, 2003.
- SINHA, S.K.; NICHOLAS, D.J.D. Nitrate Reductase. In: PALEG, L.G.; ASPINALL, D. (Ed.) **The physiology and biochemistry of drought resistance in plants**. Academic Press, Sidney, p.145-168. 1981.
- SHARP, 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**, Missouri, v.55, n.407, p.2343-2351, 2004.

SODEK, L. Metabolismo do nitrogenio. In: KERBAUY, G. B (Ed.). **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2004. p. 94-113.

SOUSA , A. E. C., GHEYI, H. R., SOARES, F. A. L., NASCIMENTO, E. C. S., ANDRADE , L. O. de Biometria e desenvolvimento de pinhão-mansão irrigado com diferentes lâminas de água residuária e adubação fosfatada. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.25, n.2, p. 119-127, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 719 p.

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**, Jena, v.144, n. 3, p.307-313, 1994.