

JOSÉ GIDALTO OLIVEIRA SARAIVA

**ECOFISIOLOGIA DE *Cryptostegia madagascariensis* Bojer  
ex Decne SUBMETIDA À RESTRIÇÃO HÍDRICA**

MOSSORÓ-RN  
2016

JOSÉ GIDALTO OLIVEIRA SARAIVA

**ECOFISIOLOGIA DE *Cryptostegia madagascariensis* Bojer  
ex Decne SUBMETIDA À RESTRIÇÃO HÍDRICA**

Dissertação apresentada à Universidade  
Federal Rural do Semi-Árido como parte das  
exigências para obtenção do título de Mestre  
em Agronomia: Fitotecnia.

ORIENTADOR: Prof. D. Sc. JEFERSON LUIZ DALLABONA DOMBROSKI

MOSSORÓ-RN  
2016

© Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data da defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu(a) respectivo(a) autor(a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)**  
**Setor de Informação e Referência**

S243e Saraiva, Jose Gidalto Oliveira.

Ecofisiologia de *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne submetida a restrição hídrica / Jose Gidalto Oliveira Saraiva. - Mossoró, 2016.

49f: il.

Orientador: Jeferson Luiz Dallabona Dombroski

Dissertação (MESTRADO EM FITOTECNIA) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

1. Ecofisiologia. 2. Bioquímica. 3. Estresse hídrico. 4. Fotossíntese.  
I. Título

RN/UFERSA/BOT/051

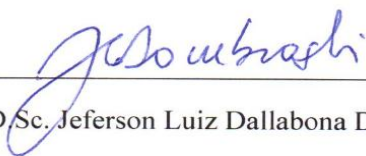
CDD 581.7

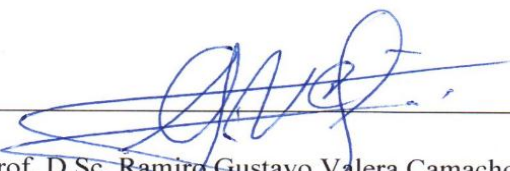
JOSÉ GIDALTO OLIVEIRA SARAIVA

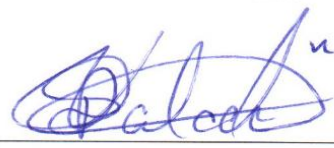
**ECOFISIOLOGIA DE *Cryptostegia madagascariensis* Bojer  
ex Decne SUBMETIDA À RESTRIÇÃO HÍDRICA**

Dissertação apresentada à Universidade  
Federal Rural do Semi-Árido, como parte  
das exigências para obtenção do título de  
Mestre em Agronomia: Fitotecnia.

**APROVADA EM: 22/02/2016**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. D.Sc. Jeferson Luiz Dallabona Dombroski - UFERSA  
Orientador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. D.Sc. Ramiro Gustavo Valera Camacho - UERN  
Membro externo

  
\_\_\_\_\_  
Prof. D.Sc. Daniel Valadão Silva - UFERSA  
Conselheiro

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ter me dado forças para concluir mais um etapa de minha vida

Aos meus pais, José Valdeni Saraiva e Maria Geuda Oliveira Saraiva, que sempre me guiaram e estiveram ao meu lado nos momento de alegria e nas dificuldades.

Aos meus irmãos Gideone, Geudeni, Gidel e Geneton, pela torcida, carinho e amor.

À Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA) e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de concluir um mestrado.

Ao meu orientador, professor Jeferson Luiz Dallabona Dombroski, pela paciência, ensinamento e pelos incentivos, que permitiram a conclusão desse trabalho.

Aos meus amigos Rivanildo, Erick e Geison, que sempre estiveram prontos para me ajudar nessa árdua caminhada, e aos demais amigos do laboratório (Diego, Fernando, Sales, Moadir e Rômulo).

Muito Obrigado!

## RESUMO

SARAIVA, José Gidalto Oliveira. **Ecofisiologia de *cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne submetida à restrição hídrica**. 2016. 51f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2016.

A introdução de espécies exóticas em comunidades naturais é, geralmente, mediada pela atividade humana. Um exemplo disso é a *Cryptostegia madagascariensis*, que se tornou invasora em quase todos os países nos quais foi introduzida. No Brasil, está invadindo áreas alagáveis do Nordeste, sendo conhecida como assassina das carnaubeiras (*Copernicia prunifera*). A espécie é altamente tolerante ao alagamento, mas também tem tolerância à seca. É necessário entender como ocorre a adaptação à seca para identificar a capacidade dessa planta para invadir novas áreas. Assim, o objetivo desse trabalho foi compreender a adaptação de *C. madagascariensis* a condições de baixa disponibilidade de água. O presente estudo foi conduzido em viveiro de mudas no delineamento em blocos casualizados no esquema de parcelas subdivididas, com quatro blocos. Nas parcelas, foram avaliados os regimes hídricos (irrigadas e estressadas) e as idades (4, 6 e 8 meses). Quando as plantas apresentaram senescência foliar, foi retomada a irrigação e selecionadas as folhas para serem feitas as análises bioquímicas. Foram feitas as análises de pigmentos fotossintéticos, açúcares solúveis totais e aminoácidos livres totais. Com cinco dias de estresse, as plantas apresentaram redução da fotossíntese, condutância estomática e transpiração. Nesse ponto, houve diferença estatística para o potencial hídrico ao meio dia, no *pre-dawn*, aminoácidos livres e açúcares solúveis nas plantas que foram submetidas ao estresse. O comportamento apresentado pela *Cryptostegia madagascariensis* indica que a espécie possui um perfil conservador, reduzindo sua área foliar e promovendo o fechamento estomático para conservar água no seu interior.

**Palavras-chave:** Estresse hídrico. Fotossíntese. Bioquímica. Adaptação. Invasora.

## ABSTRACT

SARAIVA, José Gidalto Oliveira. **Ecophysiology of *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne subjected to water restriction**. 2016. 52p. Dissertation (Master in Agronomy: Crop Science) - Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2016.

The introduction of exotic species in natural communities is usually mediated by human activity. One example is *Cryptostegia madagascariensis*, species considered invasive in almost every country in which it was introduced. In Brazil, it is invading wetlands in the Northeast and is known as the Carnaubearas (*Copernicia prunifera*) killer. The species is highly tolerant to flooding, but it also has drought tolerance. It is necessary to understand how adaptation to drought occurs, to identify the capacity of this plant to invade new areas. The objective of this work is to understand the adaptation of *C. madagascariensis* to low water availability. This study was conducted in the seedling nursery of the Department of Plant Sciences at the Federal Rural University of the Semi-Arid (UFERSA). It was adopted a randomized blocks design in subdivided plots, with four blocks. In the plots, the water treatments were placed (irrigated and stressed). The subplots were the plant sages (4, 6 and 8 months). When the plants showed leaf senescence, irrigation was resumed and leaves were selected for biochemical analyzes of photosynthetic pigments, total soluble sugars and total free amino acids were made. At 5 days of water deprivation, the plants had reduced photosynthesis, stomatal conductance and transpiration. At that point, there was a statistical difference for the water potential at noon, pre-dawn, free amino acids and soluble sugars in plants that were subjected to stress. The behavior exhibited by *Cryptostegia madagascariensis* indicates that this species has a conservative profile, reducing their leaf area and promoting stomatal closure to conserve water.

**Keywords:** Water stress. Photosynthesis. Biochemistry. Adaptation. Invader.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Caracterização química do solo. Mossoró-RN, UFERSA, 2014.....	19
Tabela 2-	Resumo da análise de variância (valores de F) para as variáveis fotossíntese (FOT), transpiração (TRAN), condutância (COND), potencial hídrico no <i>pre-dawn</i> (P.D.), potencial hídrico ao meio-dia (M.D) de <i>C. madagascariensis</i> com diferentes idades (4, 6 e 8 meses) em dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado). Mossoró/RN, UFERSA, 2015.....	26
Tabela 3-	Resumo da análise de variância (valores de F) para as variáveis aminoácidos livres totais (AALT), açúcares solúveis totais (AST), clorofila a (CL a), clorofila b (CL b), clorofila total (CL total) de <i>C. madagascariensis</i> com diferentes idades (4, 6 e 8 meses) em dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado). Mossoró/RN, UFERSA, 2015.....	36



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Plantas de <i>C. madagascariensis</i> . Mossoró/RN, UFERSA, 2015.....	20
Figura 2-	Maceração das folhas em acetona 80%. Mossoró/RN, UFERSA, 2015.....	22
Figura 3-	Potencial hídrico no <i>pre-dawn</i> de <i>Cryptostegia madagascariensis</i> (idades de 4, 6 e 8 meses) submetida a dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado). Mossoró/RN, UFERSA, 2015.....	25
Figura 4-	Médias dos tratamentos para potencial hídrico no <i>pre-dawn</i> . Mossoró/RN, UFERSA, 2015.....	26
Figura 5-	Potencial hídrico ao meio dia de <i>Cryptostegia madagascariensis</i> (idades de 4, 6 e 8 meses) submetida a dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado). Mossoró/RN, UFERSA, 2015.....	28
Figura 6-	Médias dos tratamentos para potencial hídrico ao meio-dia. Mossoró/RN, UFERSA, 2015.....	29
Figura 7-	Condutância estomática de <i>Cryptostegia madagascariensis</i> (idades de 4, 6 e 8 meses) submetida a dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado). Mossoró/RN, UFERSA, 2015.....	30
Figura 8-	Médias dos tratamentos para condutância. Mossoró/RN, UFERSA, 2015.....	31
Figura 9-	Transpiração de <i>Cryptostegia madagascariensis</i> (idades de 4, 6 e	

	8 meses) submetida a dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado). Mossoró/RN, UFERSA, 2015.....	32
Figura 10-	Médias dos tratamentos para transpiração. Mossoró/RN, UFERSA, 2015.....	33
Figura 11-	Médias dos tratamentos para clorofila a. Mossoró/RN, UFERSA, 2015.....	34
Figura 12-	Médias dos tratamentos para clorofila b. Mossoró/RN, UFERSA, 2015.....	35
Figura 13-	Médias dos tratamentos para clorofila total. Mossoró/RN, UFERSA, 2015.....	36
Figura 14-	Resposta fotossintética de <i>C. madagascariensis</i> (idades de 4, 6 e 8 meses) submetida a dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado). Mossoró/RN, UFERSA, 2015.....	37
Figura 15-	Médias dos tratamentos para fotossíntese. Mossoró/RN, UFERSA, 2015.....	38
Figura 16-	Médias dos tratamentos para aminoácidos livres totais. Mossoró/RN, UFERSA, 2015.....	40
Figura 17-	Médias dos tratamentos para AST. Mossoró/RN, UFERSA, 2015..	41

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>12</b>
2.1 INVASÃO BIOLÓGICA.....	12
2.2 IMPACTO DA INVASÃO DE <i>Cryptostegia sp.</i> .....	14
2.3 <i>Cryptostegia madagascariensis</i> .....	15
2.4 RESPOSTAS FISIOLÓGICAS À DEFICIÊNCIA HÍDRICA.....	16
2.5 RESPOSTAS BIOQUÍMICAS À DEFICIÊNCIA HÍDRICA.....	17
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
3.1 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	19
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	20
3.3 MEDIÇÃO DE TROCAS GASOSAS.....	21
3.4 POTENCIAL HÍDRICO.....	21
3.5 CLOROFILA.....	22
3.6 OBTENÇÃO DO EXTRATO BRUTO.....	23
3.7 AMINOÁCIDOS LIVRES TOTAIS (AALT).....	23
3.8 AÇÚCARES SOLÚVEIS TOTAIS.....	23
3.9 ANÁLISE DOS DADOS.....	24
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>24</b>
4.1 POTENCIAL HÍDRICO.....	24
4.2 CONDUTÂNCIA.....	29
4.3 TRANSPIRAÇÃO.....	31
4.4 CLOROFILA A, B E TOTAL.....	33
4.5 FOTOSSÍNTESE.....	37
4.6 AMINOÁCIDOS LIVRES TOTAIS E AÇÚCARES SOLÚVEIS TOTAIS.....	39
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>43</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A *C. madagascariensis*, conhecida como unha-do-diabo, é uma liana facultativa exótica, de origem africana (STARR et al., 2003). Essa espécie foi distribuída por vários países como ornamental e para produção de borracha, passando, em virtude da sua adaptabilidade, agressividade e prolificidade, a infestar esses locais, colocando em risco espécies vegetais e animais.

No Brasil, a planta ocorre principalmente nos estados do nordeste, em especial no Ceará, Maranhão e Pernambuco (ARAUJO, 2011; SOUSA et al., 2013). A invasão da espécie é preocupante em áreas úmidas, como margens de rios e áreas alagáveis. Esse mesmo ambiente é ocupado pela carnaubeira (*Copernicia prunifera*), palmeira com expressiva importância econômica, em especial para as populações rurais de baixa renda, tendo ainda importância cultural e ambiental (CARVALHO, 2008).

A unha-do-diabo ocorre preferencialmente em áreas úmidas, como beiras de rios. Inicialmente, a planta se comporta como arbusto, mas posteriormente cresce como liana, chegando a cobrir totalmente as plantas hospedeiras, provocando a sua morte após algum tempo (VIEIRA et al., 2004).

Há poucos estudos sobre a ecofisiologia de *Cryptostegia madagascariensis*. Esses estudos são importantes porque podem indicar quais condições ambientais propiciam maior risco potencial, assim como eventualmente podem originar formas de controle e desvendar estratégias/mecanismos de adaptação que eventualmente possam ser transferidos para espécies agrícolas.

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo compreender a adaptação de *C. madagascariensis* à condição de baixa disponibilidade de água.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 INVASÃO BIOLÓGICA**

A introdução de espécies exóticas em comunidades naturais nas quais elas não existiam é, geralmente, mediada pela atividade humana, pois as barreiras geográficas, durante muito tempo, limitaram o movimento das espécies nativas, ou seja, aquelas encontradas historicamente em uma região ou ecossistema (ESPINOLA; HORÁCIO, 2007; SOUZA et al., 2009).

A introdução dessas espécies pode ocorrer por diversas razões que tangem fins sociais, econômicos e até ambientais, como embelezar praças e jardins, uso na agropecuária, controle de pragas, dentre outros (LEÃO et al., 2011). Entretanto, algumas dessas introduções não foram bem sucedidas, gerando prejuízos tanto financeiros quanto ecológicos. As espécies exóticas são hoje a segunda maior causa de extinção de espécies no planeta, afetando diretamente a biodiversidade, a economia e a saúde humana (MMA, 2006).

As plantas invasoras possuem alta capacidade de crescimento, dispersão, maior número de sementes, alta taxa de germinação, sendo capazes de modificar a composição, estrutura ou função do ecossistema (SOUZA et al., 2009; MATOS; PIVELLO, 2009). A presença de mecanismo de resistência a situações de estresse pode conferir às plantas invasoras maior potencial de estabelecimento, tendo em vista que outros ecossistemas, como regiões semiáridas ou áreas alagadas, podem ser afetadas por estas espécies. A resposta à situação de estresse varia de acordo com as características intrínsecas da espécie (SOUZA et al., 2011).

A falta de inimigos naturais no novo ecossistema é um fator decisivo para o rápido estabelecimento e desenvolvimento das espécies invasoras (PIMENTEL et al., 2001). Outro ponto que deve ser observado está relacionado à semelhança entre o novo ambiente e o local de origem, bem como ao número de introduções da espécie no novo ambiente. O impacto ecológico causado por espécies invasoras é

tamanho que modificam as características na nova comunidade, geralmente associada à exclusão de espécies nativas por competição (ESPINOLA; HORÁCIO, 2007; MATOS; PIVELLO, 2009).

Os países com maior número de espécies invasoras são África do Sul, Nova Zelândia, Austrália e Estados Unidos. Na Nova Zelândia, o número de espécies exóticas já supera o de nativas (ZILLER, 2001). Na Austrália, a infestação de *Cryptostegia grandiflora* tem proporcionado grande impacto ambiental e econômico naquele país; a produção de pastagens é um dos setores econômicos que mais vêm sofrendo com o desenvolvimento da invasora. Além disso, a espécie tem o potencial de modificar o ecossistema fluvial e destruir todos os arbustos decíduos (ARMCANZ, 2001).

No Brasil, existem diversas espécies de plantas invasoras que provocam tanto impacto ecológico como econômico. A família das gramíneas (*Poaceae*) possui uma variedade de espécies que se tornaram invasoras, principalmente os capins de origem africana, trazidos para a formação de pastagens (MATOS; PIVELLO, 2009). As samambaias da espécie *Pteridium aquilinum* são plantas altamente invasoras devido à sua resistência natural a condições ambientais adversas, além de causar sérios prejuízos a criadores de bovinos devido à sua toxicidade (MARÇAL et al., 2002; HOJO-SOUZA et al., 2010). A região nordeste do Brasil possui ecossistema frágil e que enfrenta uma série de problemas em relacionados a espécies invasoras. Pegado et al. (2006), estudando áreas invadidas pela *Prosopis juliflora*, constataram que a presença maciça dessa espécie impedia o estabelecimento de muitas espécies autóctones, interferindo negativamente no processo de sucessão ecológica.

## 2.2 IMPACTO DA INVASÃO DE *Cryptostegia sp.*

*Cryptostegia madagascariensis* é um arbusto escandente originário da ilha de Madagascar, na África, e se destaca principalmente pelo tamanho dos frutos e o formato da corona (SOUSA et al., 2013).

A disseminação da *Cryptostegia madagascariensis* no mundo se deu principalmente por ação humana. Na Flórida, Estados Unidos da América, essa planta é classificada como invasora, onde sua introdução se deu no início do século XX e *Cryptostegia sp* mostrou-se bem adaptada a uma variedade de solos no sul da Flórida, embora as plantas mais jovens tenham seu crescimento prejudicado por baixa temperatura e ventos fortes (POLHAMUS, 1934). Com características climáticas parecidas com as de Madagascar, essa espécie desenvolve-se bem no norte da Austrália, onde provavelmente foi introduzida junto com outra espécie do mesmo gênero, *Cryptostegia grandiflora*, introduzida antes de 1875, tornando-se posteriormente uma grande praga no norte do país, principalmente no estado de Queensland (CSURHES; EDWARDS, 1998; PALMER; VOGLER, 2012).

Amplamente cultivada ao longo das ilhas havaianas por mais de um século (LORENCE; FLYNN, 2006), sua distribuição ficou, em muitos casos, restrita a algumas partes das ilhas, como a de Maui, tendo uma naturalização moderada em apenas dois locais, sendo que esse mesmo processo de naturalização ocorre nas ilhas Kawaihae e Hawai'i (STARR et al., 2003). Recentemente, se descobriu na costa sul da ilha de Moloka'i uma população de *C. madagascariensis*, em uma área com vegetação perturbada cobrindo cerca de três hectares (LORENCE; FLYNN 2006). Muito plantada na ilha caribenha de Monserrate devido à sua coloração e na formação de cercas vivas, esta espécie está cobrindo grandes extensões de terra em Silver Hills, onde cresce de forma indefinida à custa de todas as outras espécies da região (YOUNG, 2008). Cultivada em Palau, essa planta ainda não é classificada como grande ameaça (SPACE et al., 2003).

A fauna do nordeste brasileiro sofre com o processo de invasão de *C. madagascariensis*, onde é conhecida popularmente como unha do cão, unha do

diabo, unha de bruxa, unha de gato, dentre outros nomes. Sua presença pode ser observada em regiões serranas, litorâneas e no sertão. A planta invade ambientes antropizados, tanto de forma isolada quanto de forma abundante (SILVA; CAVALCANTE, 2009).

Devido ao seu rápido crescimento em locais alagáveis, essa espécie compete com outras plantas por água e luz, criando um ambiente desfavorável para as espécies nativas. Uma das espécies que vêm sendo prejudicadas por essa competição é *Copernicia prunifera* (MILL.) H. E. MOORE, sendo comum a morte de carnaúbas em locais onde há ocorrência de *C. madagascariensis*. A carnaúba é uma espécie símbolo da região, sendo usada como fonte de renda na produção de artigos artesanais, além de ser provedora de outras utilidades, estando diretamente ligada ao modo de vida das comunidades rurais (VIEIRA; LOIOLA, 2014). Outro problema observado é a ocorrência de intoxicações em animais, tais como bovinos, caprinos e ovinos (PARSONS; CUTHBERTSON, 2001).

É provável que a introdução da *C. madagascariensis* no Brasil tenha ocorrido pelos mesmos motivos registrados em outros países, sendo usada para fins de ornamentação (SOUSA et al., 2013).

### 2.3 *Cryptostegia madagascariensis*

*C. madagascariensis* é uma espécie de hábito arbustivo ou trepadora; laticífera. Seus ramos são cilíndricos, glabros, de coloração marrom avermelhada, com poucas lenticelas. As folhas são opostas, com formato laminar, coriáceas, glabras e com ápices acuminados. As flores são campanuladas, grandes, com 5-8 cm de diâmetro e infundibiliformes. A inflorescência tem forma de cimas dicasiais, com brácteas foliáceas, lanceoladas de aproximadamente 5 mm de comprimento. Cálice verde, campanulado, sépalas lanceoladas, corola violeta, sendo um pouco mais escura no interior, com tamanho de 3 a 6 cm de comprimento, corona com 5 lóbulos simples de aproximadamente 1 cm de comprimento. O fruto é constituído



de dois folículos, com 5,8 – 13 cm de comprimento e geralmente emparelhado e divergente, tendo uma coloração marrom quando maduro. As sementes são marrom avermelhadas quando maduras, com tamanho de 5 - 8 mm de comprimento, com fios sedosos e tamanho de 2 – 3 cm de comprimento. Essa estrutura facilita o processo de dispersão (KLACKENBERG, 2001; ACEVEDO-RODRÍGUEZ, 2005; BURROWS; TYRL, 2013).

Características como resistência à seca, a alagamento e mesmo a locais com alta salinidade fazem dessa espécie uma invasora com alta capacidade de proliferar em diversos ecossistemas. Mesmo em locais com pouca disponibilidade de luz, *C. madagascariensis* pode modificar sua forma de crescimento e translocação de biomassa para se adaptar ao ambiente (BRITO et al., 2015).

#### 2.4 RESPOSTAS FISIOLÓGICAS À DEFICIÊNCIA HÍDRICA

Em determinado momento da evolução das plantas, organismos fotossintetizantes aquáticos começaram a se adaptar ao ambiente terrestre. A conquista desse novo *habitat* ofereceu desafio de muito difícil transposição, pois no ambiente aquático o acesso à água é obviamente simples e a manutenção do conteúdo de água nos tecidos não oferece problema. No entanto, a exposição à atmosfera muda isso por dois motivos. Em primeiro lugar, no ambiente terrestre, o acesso à água livre é mais difícil e, em geral, ela tem que ser obtida dentro do solo, às vezes profundamente, exigindo que a planta desenvolvesse estruturas especializadas na sua obtenção e transporte, ou seja, as raízes e o xilema. Em segundo lugar, a atmosfera tem uma capacidade enorme de retirar água de tecidos vivos, provocando sua desidratação. Mesmo uma perda mínima no conteúdo de água dos tecidos provoca a perda de capacidade de funcionamento (o que denominamos estresse), a continuidade do processo de desidratação, para a maioria das espécies, leva rapidamente à morte do indivíduo. Nesse caso, a adaptação envolveu o desenvolvimento da cutícula e dos estômatos, na tentativa de minimizar

a perda de água para a atmosfera (OLIVEIRA, 2001; PIMENTEL, 2004; COUTINHO, 2006; BARBIERI; STUMPF, 2008).

A resposta das plantas ao *déficit* hídrico varia de acordo com a espécie, intensidade e genética da planta, podendo provocar diversas alterações morfofisiológicas, como diminuição da turgescência e redução no tamanho das folhas, bem como do crescimento de células, sínteses de parede celular. O metabolismo de nitrogênio e clorofila pode ser afetado (SILVA et al., 2001; SILVA et al., 2008; NASCIMENTO et al., 2011). Nesse tipo de condição, os vegetais acionam mecanismos fisiológicos que lhe permitem escapar ou tolerar essa condição abiótica (MAGALHÃES et al., 2002).

O primeiro mecanismo do qual a planta se utiliza para conservar água no seu interior é o fechamento estomático, estratégia utilizada por todas as espécies vegetais, para evitar a perda excessiva de água por meio da transpiração (SILVA et al., 2004). O fechamento dos estômatos está diretamente relacionado ao conteúdo hídrico na câmara subestomática. Quando a perda de água é superior à capacidade de absorção e transporte, o conteúdo hídrico da folha diminui, levando ao fechamento dos estômatos, proporcionando redução na perda de água e, em contrapartida, uma restrição na entrada de CO<sup>2</sup> (COSTA; MARENCO, 2007; ARAÚJO; DEMINICIS, 2009).

Quando a quantidade de água no solo continua sendo reduzida, outros mecanismos são utilizados pelas plantas para manter o conteúdo hídrico favorável. Esses mecanismos podem ser a redução da área foliar, o aumento do volume da raiz e a produção de solutos para reduzir o potencial hídrico da planta (SANTOS; CARLESSO, 1998; SILVA et al., 2001).

## 2.5 RESPOSTAS BIOQUÍMICAS À DEFICIÊNCIA HÍDRICA

Além das alterações morfológicas e fisiológicas, o ajuste metabólico tem o objetivo de proporcionar o equilíbrio osmótico (MELO et al., 2007). O transporte

de água até as células em expansão depende de uma diferença de potencial hídrico entre as raízes e o tecido em expansão, sendo necessário que o potencial hídrico do tecido em expansão seja menor do que o potencial hídrico da raiz. Essa redução do potencial hídrico pode ser obtida por meio do ajustamento osmótico, que consiste no acúmulo de solutos no tecido em expansão (SPOLLEN; NELSON 1994). Assim, mesmo em condição de deficiência hídrica é possível ocorrer o crescimento celular devido ao ajustamento osmótico (FILHO; SERAPHIN, 2001).

Dentre as mudanças metabólicas induzidas em plantas quando submetidas a estresses abióticos, destaca-se uma mistura complexa de ácidos orgânicos, açúcares e aminoácidos, a qual tem sido denominada de ajustamento osmótico (NOGUEIRA et al., 2001).

Um grupo de substâncias que podem ser armazenadas com a finalidade de manter o potencial hídrico favorável no interior da planta são os açúcares solúveis (SANCHES, 2012).

Durante o período de estresse, alguns metabolitos nitrogenados, como aminoácidos, tendem a aumentar nos tecidos vegetais. É provável que esse acúmulo se deva à degradação de proteínas, pois a assimilação de nitrogênio é reduzida sob tais condições (FERREIRA et al., 2002). Esse mecanismo permite às plantas a reutilização de aminoácidos, a fim de se adaptar a novas condições ambientais (PIZA et al., 2003).

É bem relatado na literatura que o aparato fotossintético das plantas também é modificado em situações de estresse, sendo a redução da fotossíntese uma resposta ao declínio no teor de clorofila (SALAMA et al., 1994; NETO et al., 2011). As clorofilas são pigmentos fotossintéticos que têm a finalidade de absorver a energia, que posteriormente é armazenada via formação de ligações químicas (TAIZ e ZEIGER, 2004).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi realizado no viveiro de mudas do Departamento de Ciências Vegetais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), situado no município de Mossoró-RN, durante o período de dezembro de 2014 a setembro de 2015. Segundo a classificação proposta por Thornthwaite, o clima da região é do tipo “DdAa”, semiárido, megatérmico com pequeno ou nenhum excesso d’água durante o ano (CARMO FILHO et al., 1991).

As sementes utilizadas no experimento foram coletadas no mês de agosto de 2014, na região próxima de Mossoró. Depois de coletadas, elas passaram por beneficiamento, de acordo com as regras da RAS (2009).

A semeadura foi feita em bandejas de 200 células, em substrato de fibra de coco, irrigadas diariamente. Transcorridos 14 dias da semeadura, as mudas foram selecionadas quanto à uniformidade de tamanho, sendo transplantadas para recipientes tipo citropotes, com volume de 3,8 L (Figura 1). O substrato utilizado para encher os recipientes consistiu de solo peneirado. Incorporou-se ao solo superfosfato simples na dosagem de 50 mg/dm<sup>3</sup>. A composição química do substrato é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química do solo. Mossoró-RN. UFERSA, 2014.

N	pH	CE	Mat. Org.	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	(H+Al)	SB	t	CTC
g/kg	(água)	dS/m	g/kg	mg/dm <sup>3</sup>			cmolc/dm <sup>3</sup>						
0,42	7,15	0,24	9,29	29,34	76,58	29,04	3,25	0,12	0,00	0,00	3,69	3,69	3,69

A partir do segundo mês, foi necessário utilizar tutores para as plantas, devido ao seu perfil de crescimento escandente. Durante todo o período do experimento, foram feitas irrigações diárias. A quantidade de água fornecida para as plantas foi baseada na capacidade de campo do solo. O início das análises se deu um dia após a suspensão da irrigação. O retorno da irrigação para as plantas que estavam sob o tratamento de restrição hídrica se deu um dia após o início do processo de abscisão foliar.



Figura 1. Plantas de *C. madagascariensis*. Mossoró/RN, UFERSA, 2015.

### 3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental adotado foi o de blocos inteiramente casualizados com quatro blocos, no esquema de parcelas subdivididas, onde a parcela consistiu de dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado) e nas

subparcelas foram alocadas as idades (4 meses, 6 meses e 8 meses), contados após o transplântio.

### 3.3 MEDIÇÃO DE TROCAS GASOSAS

As medições de trocas gasosas foram feitas no terceiro par de folha, às 7:30h da manhã, sendo repetidas a cada dois dias, utilizando um medidor de fotossíntese modelo LI-6400 (LI-COR Biosciences), em folhas saudáveis e completamente expandidas (Figura 1). A concentração de CO<sup>2</sup> na câmara foliar foi fixado em 400  $\mu\text{moles.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , utilizando para isso um cilindro de CO<sup>2</sup> conectado ao aparelho. A quantidade de luz fornecida foi de 1200  $\text{fótons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . Para as medições, foram utilizadas oito plantas por tratamento.

A partir dessas leituras, foram obtidas as seguintes variáveis: fotossíntese ( $A$ ;  $\text{mmol CO}_2 \text{ m}^{-2}$ ), condutância estomática ( $g_s$ ;  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e transpiração ( $E$ ;  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).

### 3.4 POTENCIAL HÍDRICO

Para a determinação do potencial hídrico, utilizou-se uma câmara de pressão (PMS instruments) (SCHOLANDER et al., 1965). As leituras seguiram o padrão da medição de trocas gasosas, sendo feitas a cada dois dias. Os horários de leituras foram às 2:00h da manhã e às 12:00h da tarde. As folhas eram retiradas e rapidamente levadas em caixa térmica com gelo a fim de permitir as medições.

### 3.5 CLOROFILA

A determinação da clorofila seguiu a metodologia descrita por Arnon (1949). Foi selecionado o 3º par de folhas, em uma planta por tratamento, quando as plantas apresentaram o pico máximo de estresse. Foram homogeneizados 200mg de matéria fresca em 5ml de acetona 80% (Figura 2). Após a maceração, o material foi centrifugado a 10000 G durante 5 minutos. O sobrenadante foi retirado e levado para análise. As leituras foram feitas em espectrofotômetro nas faixas de 645nm, 663nm e 652nm para determinação dos teores de clorofila a, b e total. O resultado em mg de clorofila por grama de peso fresco foi determinado utilizando as seguintes equações (WHITHAM et al., 1971; ARNON, 1949):

$$Cl\ a = (12,7 * A663 - 2,69 * A645) * V / 1000 * W \quad (1)$$

$$Cl\ b = (22,9 * A645 - 4,68 * A663) * V / 1000 * W \quad (2)$$

$$Cl\ total = (20,2 * A645 + 8,02 * A663) * (V / 1000 * W) \quad (3)$$

Onde A é leitura da absorbância no comprimento de onda indicado, V é volume final do extrato usado e W é peso do material fresca utilizada em gramas.



Figura 2. Maceração das folhas em acetona 80%. Mossoró/RN, UFERSA, 2015.

### 3.6 OBTENÇÃO DO EXTRATO BRUTO

Após a extração da clorofila, o precipitado foi agitado em vórtex, contendo uma solução tampão fosfato de potássio monobásico a 0,1M. Depois de agitado, o material foi centrifugado a 10000 G por 5 minutos. O sobrenadante foi retirado e armazenado em refrigerador até a determinação de aminoácidos e açúcares solúveis totais.

### 3.7 AMINOÁCIDOS LIVRES TOTAIS (AALT)

A quantificação de AALT foi feita seguindo a metodologia descrita por Yemm & Cocking (1955). Retirou-se uma alíquota de 50  $\mu$ L do extrato bruto e completou-se com 950 $\mu$ L de água destilado. A solução estoque usada na obtenção da curva foi preparada usando glicina nas concentrações 0  $\mu$ mol até 0,1  $\mu$ mol. Depois de completado o tempo de reação, a quantificação das amostras foi determinada em espectrofotômetro da marca Agilent, modelo Cary 60, na faixa de 570 nm.

### 3.8 AÇÚCARES SOLÚVEIS TOTAIS

A quantificação de açúcares solúveis totais se deu pelo método Yemm & Willis (1954). Usou-se uma alíquota de 50  $\mu$ L do extrato bruto e completou-se com 950  $\mu$ L de água destilado. Foram adicionados 2ml de antrona ácida no tubo de ensaio contendo a alíquota da amostra e levado posteriormente para agitação em vórtex. Após agitação, o material foi levado para o banho-maria a 100°C durante 3 minutos. A glicose foi usada para obtenção da curva padrão na concentração de 0 até 60  $\mu$ g/mL. Depois de completado o tempo de reação, a quantificação das



amostras foi feita em espectrofotômetro da marca Agilent, modelo Cary 60, na faixa de 620 nm.

### 3.9 ANÁLISE DOS DADOS

Na análise estatística, usou-se o *software* ASSISTAT Versão 7.7 (SILVA, 2013). Para as variáveis que apresentaram valores de F significativo a 5%, aplicou-se o teste de Tukey a 5% para a comparação das médias de cada tratamento. As medias utilizadas na análise estatística foram do dia em que as plantas estavam com redução máxima na fotossíntese.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 POTENCIAL HÍDRICO

Conforme figura 3, observa-se que os valores obtidos do potencial hídrico no *pre-dawn* apresentaram valores em torno de -0,4 Mpa para o tratamento controle em todas as idades. Quando as plantas estão com boa disponibilidade de água, o potencial hídrico tende a apresentar alto valor, o que pode ser observado desde plantas cultivadas até plantas nativas da Caatinga (TROVÃO et al., 2007; PIRES et al., 2009).

As plantas que foram submetidas à restrição hídrica sofreram leve redução no potencial hídrico no *pre-dawn*, que variou de - 0,45 Mpa até - 0,75 Mpa durante o período de estresse (figura 3). O alto potencial hídrico associado ao processo de abscisão foliar indica que a espécie tem mecanismo altamente conservador da

umidade interna.

Os valores observados para o potencial no *pre-dawn* no ponto máximo de estresse foram de -0,65 MPa, -0,57 MPa e -0,53MPa para as idades de 4, 6 e 8 meses, respectivamente, constatando-se na figura 3 efeito significativo para tratamento de restrição hídrica, conforme tabela 2. No 5º dia de estresse, pode-se observar ligeira recuperação nas plantas de 4 e 6 meses em relação à avaliação anterior. Alguns fatores podem ter contribuído para que isso tenha ocorrido, como o processo de abscisão foliar constatado nessa data, além do total fechamento dos estômatos (figura 7).

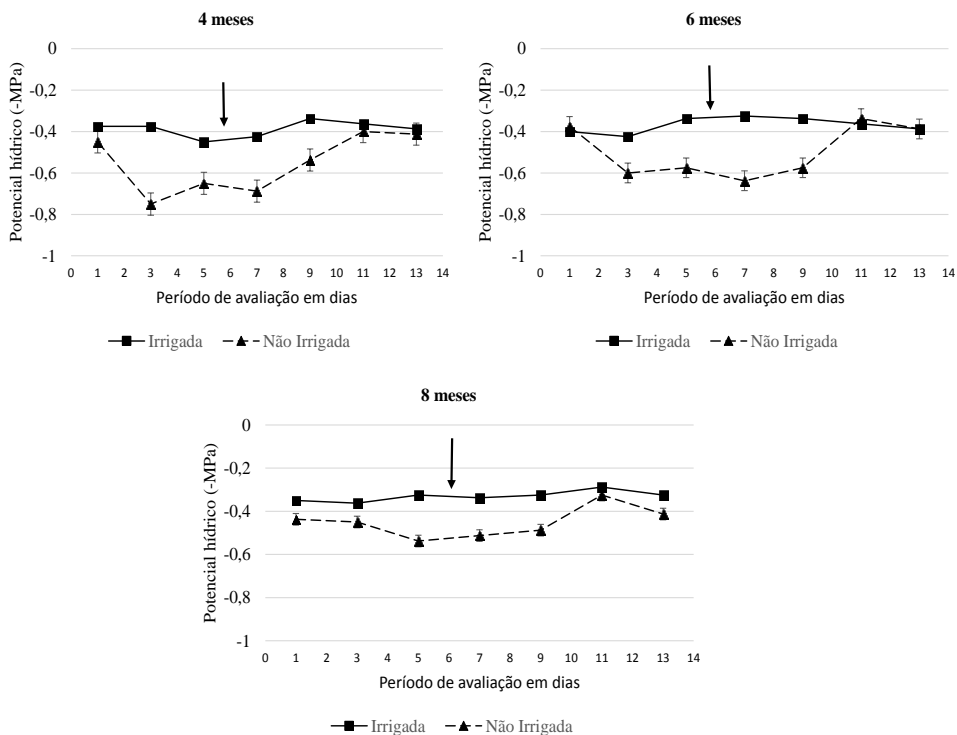


Figura 3. Potencial hídrico em *pre-dawn* de *C. madagascariensis* (idades de 4, 6 e 8 meses) submetida a dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado). A seta indica quando foi retomada a irrigação. As barras indicam o erro padrão da média. Mossoró/RN, UFERSA, 2015.

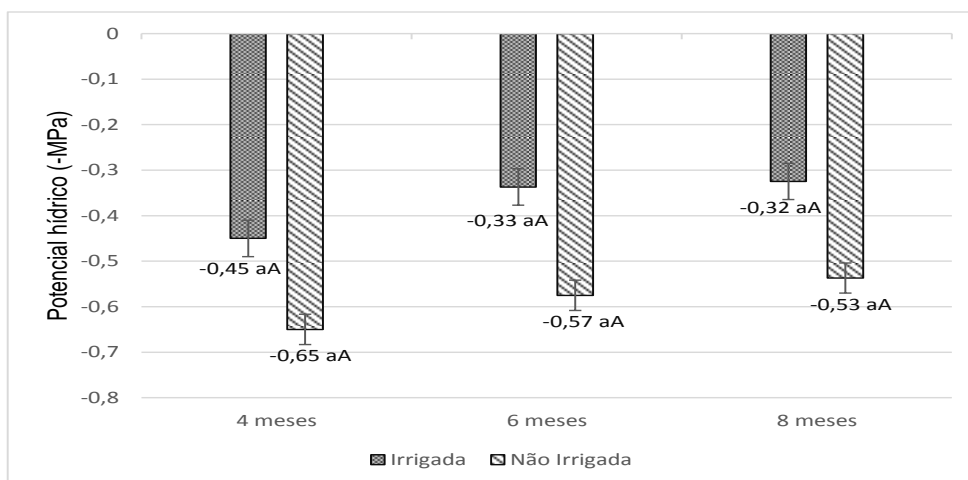


Figura 4. Médias dos valores de potencial hídrico de plantas de *C. madagascariensis* (idades de 4, 6 e 8 meses) submetida a dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado), em *pre-dawn*. Letra maiúscula para tratamento de restrição hídrica e minúscula para tratamento idade. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. Mossoró/RN, UFERSA, 2015.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância (valores de F) para as variáveis fotossíntese (A), transpiração (E), condutância (Gs), potencial hídrico em *pre-dawn* ( $\Psi_{wP.D}$ ), potencial hídrico ao meio-dia ( $\Psi_{wM.D}$ ) de *C. madagascariensis* com diferentes idades (4, 6 e 8 meses) em dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado). Mossoró/RN, UFERSA, 2015.

F.V	A	E	Gs	$\Psi_{wP.D}$	$\Psi_{wM.D}$
<b>REGIME HÍDRICO (RH)</b>	258.20 **	214.06 **	70.30 **	17.18 *	60.62 **
<b>IDADE (I)</b>	1.49 ns	6.22 *	5.00 *	1.06 ns	0.21 ns
<b>I*RH</b>	2.50 ns	0.14 ns	0.70 ns	0.024 ns	0.47 ns
<b>CV 1%</b>	19.88	20.54	40.68	26.72	8.66
<b>CV 2%</b>	24.69	22.04	28.35	35.85	30.73

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade.

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade.

n.s. Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Na figura 5, o comportamento do potencial hídrico ao meio-dia variou de -0,45 Mpa até -1,0 Mpa para o tratamento controle durante todo o tempo em que ocorreram as avaliações do experimento. No tratamento de restrição hídrica, as plantas apresentaram decréscimo rápido do conteúdo hídrico a partir do 3º dia de estresse, apresentando valores de -1,05 MPa, -1,07 MPa e -1,05 MPa para as idades de 4, 6 e 8 meses, respectivamente (figura 5). Na leitura posterior, o potencial teve uma recuperação (Figura 6), resultante do efeito da abscisão foliar e fechamento dos estômatos. Nessa condição, o crescimento e desenvolvimento das plantas foram afetados pela deficiência hídrica nos tecidos. Como resultado disso, ocorreu desidratação do protoplasto, ocasionando diminuição do volume celular e aumento na concentração de solutos (VIEIRA; GOMES, 2012).

Para o potencial hídrico ao meio-dia, verificou-se diferença estatística a partir do 3º dia de estresse, ao passo que no *pre-dawn* só foi constatado no 5º dia. Essa diferença de tempo pode ser atribuída à transpiração, pois na medida em que a planta perde água para a atmosfera via transpiração, vai ocorrendo aumento na tensão da coluna de água no interior dos vasos de xilema (VASCONCELOS et al., 2010), o que pode causar um potencial hídrico mais negativo durante o dia, ocasionando resposta antecipada em relação ao *pre-dawn*.

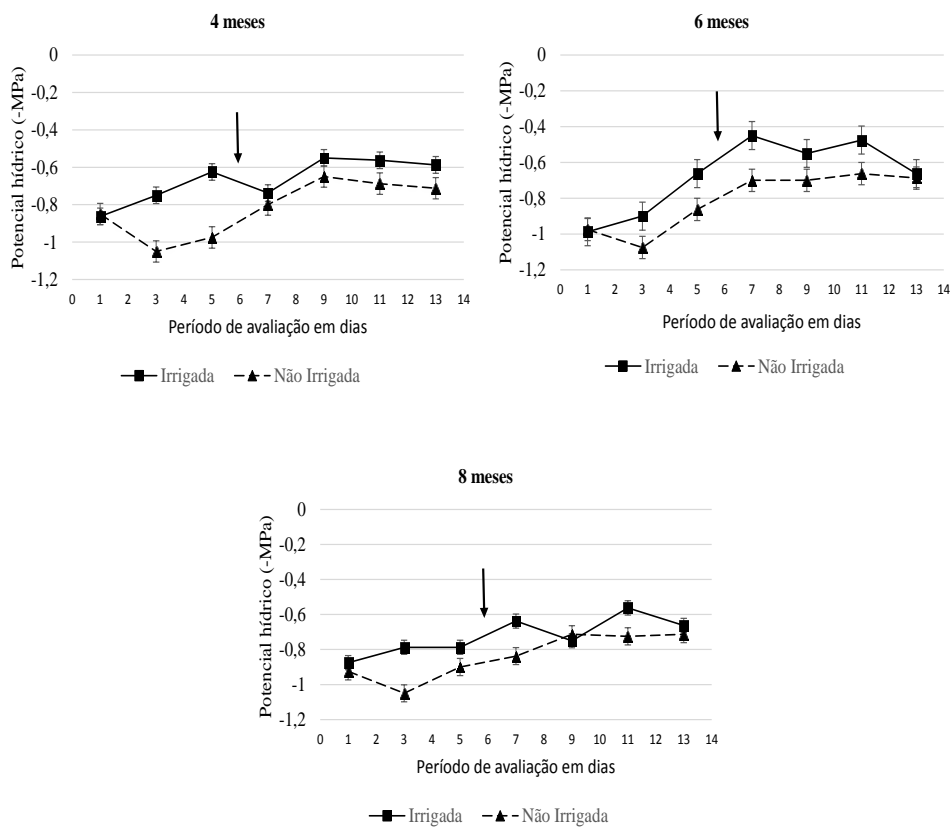


Figura 5. Potencial hídrico ao meio-dia de *C. madagascariensis* (idades de 4, 6 e 8 meses) submetida a dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado). A seta indica quando foi retomada a irrigação. As barras indicam o erro padrão da média. Mossoró/RN, UFERSA, 2015.

A recuperação do *status* hídrico ao meio-dia foi constatada três dias após o retorno da irrigação (Figura 5). Para o potencial hídrico no *pre-dawn*, só aconteceu a partir do 5º dia após a reidratação (Figura 3), sendo que essa recuperação ocorreu em todas as idades ao mesmo tempo.

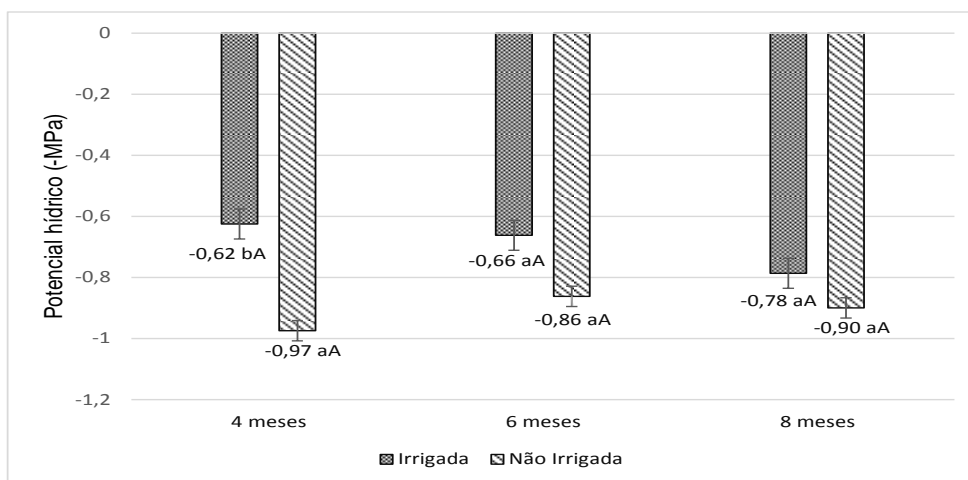


Figura 6. Médias de potencial hídrico ao meio-dia de *C. madagascariensis* (idades de 4, 6 e 8 meses) submetida a dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado). Letra maiúscula para tratamento de restrição hídrica e minúscula para tratamento idade. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. As barras indicam o erro padrão da média. Mossoró/RN, UFERSA, 2015.

#### 4.2 CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA

Pequena variação da condutância estomática ocorreu dentro de cada idade no tratamento controle (Figura 7). Observa-se que as médias, em cada idade, apresentaram aumento no valor da condutância estomática na medida em que as plantas possuíam idade mais avançada. Assim, os valores encontrados para cada idade foram de 157, 163 e 189  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para as idades de 4, 6 e 8 meses. Essa faixa está em conformidade com estudos em outras espécies conservadoras (FREITAS et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2005).

Para o tratamento de restrição hídrica, as plantas sofreram redução na condutância estomática para valores muito baixos, com cinco dias de estresse (figura 7). Quando comparado com o tratamento controle, as plantas de quatro meses tiveram redução de 88,44% na condutância, seguida de 82,30% para as plantas de seis meses e 77,52% para as de oito meses (Figura 8). Nesse ponto, o potencial hídrico mínimo nas folhas estava próximo de -1,0 Mpa (Figura 5).

Mesmo não apresentando grande redução no potencial hídrico, as plantas sofreram redução drástica na condutância estomática, o que pode ser indicativo de que as plantas de *Cryptostegia madagascariensis* possuem controle eficiente na perda de água. Essa característica pode estar intrinsecamente ligada ao fato de que esta espécie tem seu desenvolvimento pleno em ambientes com alta disponibilidade de água. Assim, para se desenvolver em ambientes com baixa disponibilidade de água, ela desenvolveu rígido controle estomático.

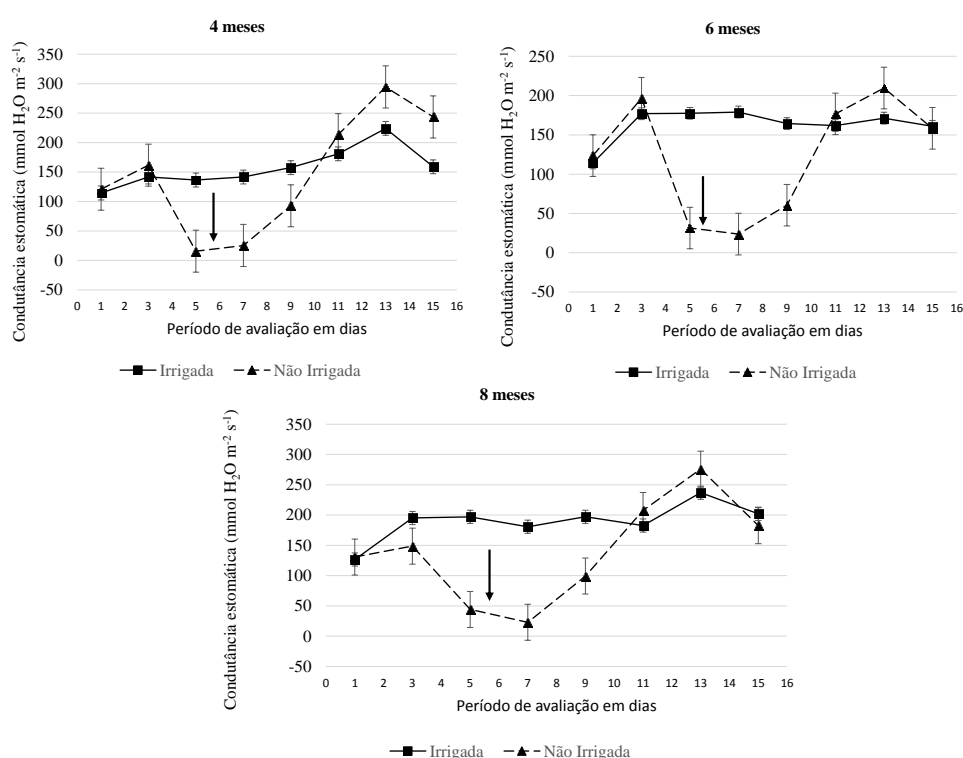


Figura 7. Condutância estomática de *Cryptostegia madagascariensis* (idades de 4, 6 e 8 meses) submetidas a dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado). A seta indica quando foi retomada a irrigação. As barras indicam o erro padrão da média. Mossoró/RN, UFERSA, 2015.

Conforme mencionado anteriormente, aos cinco dias houve início do processo de abscisão foliar, fenômeno que acontece depois de uma série de sinais, que se inicia com a perda de turgor das células do mesófilo. Entre os sinais envolvidos estão o fechamento dos estômatos e a produção de ABA (PITA et al., 1988). Assim, uma das últimas estratégias que a planta pode utilizar para manter

conteúdo hídrico favorável à sobrevivência da planta é a redução da área foliar (GOMES et al., 2011).

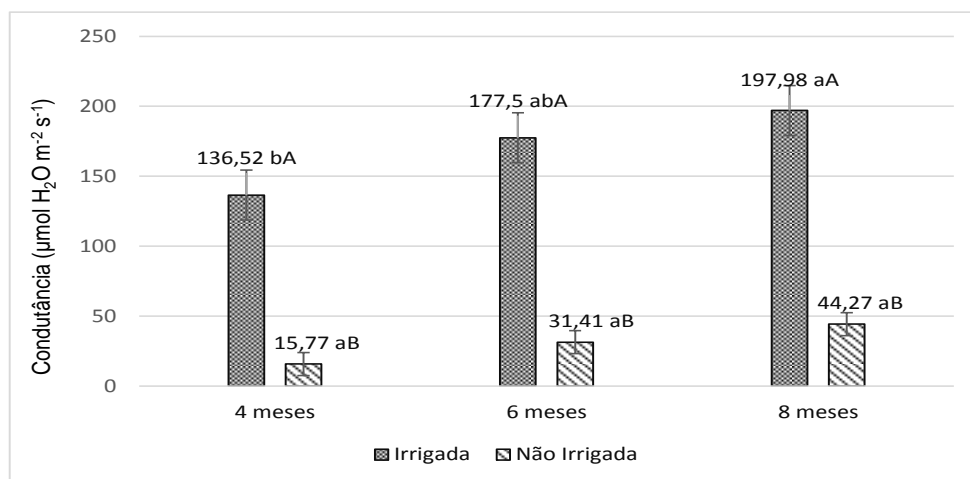


Figura 8. Médias de condutância estômática de plantas de *C. madagascariensis* (idades de 4, 6 e 8 meses) submetida a dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado). Letra maiúscula para tratamento de restrição hídrica e minúscula para tratamento idade. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. As barras indicam o erro padrão da média. Mossoró/RN, UFERSA, 2015.

A recuperação da condutância ocorreu de forma gradual em todas as idades, atingindo valores próximos do tratamento controle cinco dias depois de reidratadas. É bem relatado na literatura que o ácido abscísico atua no processo de fechamento dos estômatos (MANSFIELD; DAVIES, 1985; WILKINSON; DAVIES, 2002), sendo possível que o acúmulo desse hormônio tenha contribuído para a lenta recuperação da condutância.

#### 4.3 TRANSPIRAÇÃO

A transpiração das plantas irrigadas apresentou média de 3,31 a 4,37 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (Figura 10), valor superior ao encontrado em espécies nativas da Caatinga, como o tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong) e o



pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* Mart.) (SÁ et al., 2013). O fato de a planta ser de ambiente alagado pode contribuir para a ocorrência de maior taxa transpiratória.

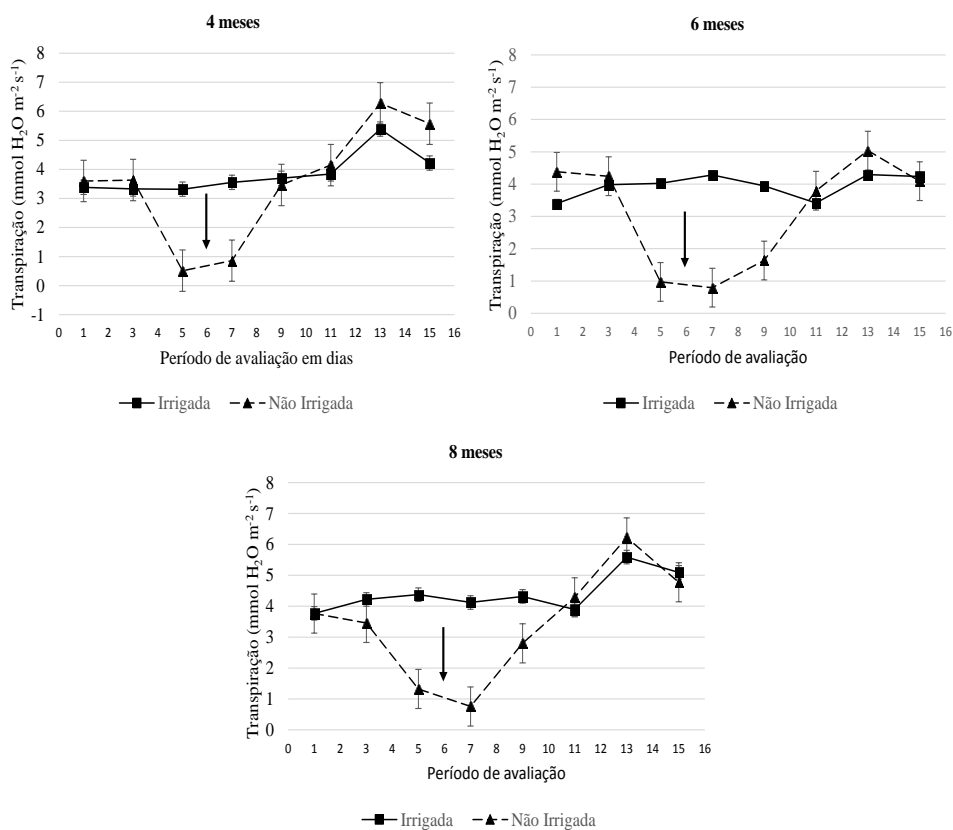


Figura 9. Transpiração de plantas de *C. madagascariensis* (idades de 4, 6 e 8 meses) submetidas a dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado). A seta indica quando foi retomada a irrigação. As barras indicam o erro padrão da média. Mossoró/RN, UFERSA, 2015.

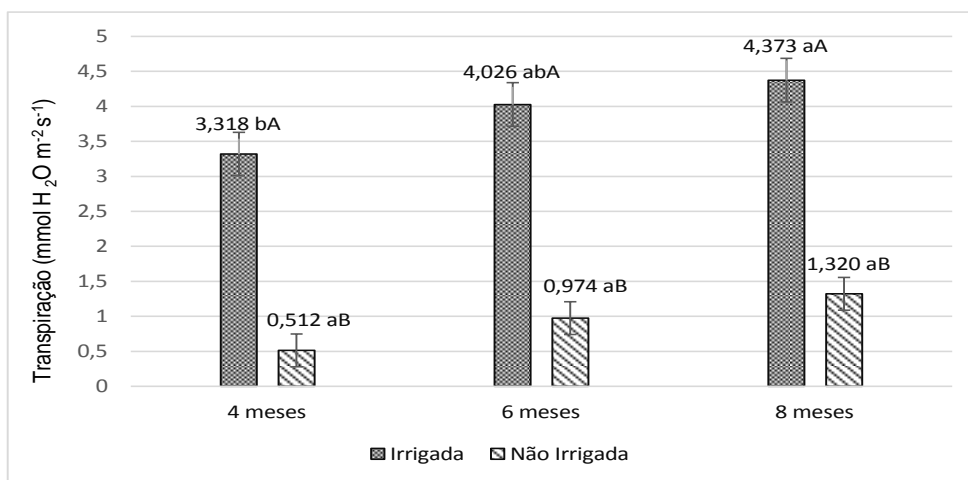


Figura 10. Médias dos tratamentos para transpiração de *C. madagascariensis* (idades de 4, 6 e 8 meses) submetida a dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado). Letras maiúsculas para os tratamentos de restrição hídrica e minúsculas para idade. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. As barras indicam o erro padrão da média. Mossoró/RN, UFERSA, 2015.

A partir do quinto dia de restrição hídrica, a transpiração das plantas com estresse foi menor, obtendo-se redução em relação ao tratamento controle de 84,55%, 75,80% e 69,80% para as idades de 4, 6 e 8 meses, respectivamente. Plantas que estão submetidas a estresse hídrico possuem menor potencial de água na folha, proporcionando maior resistência estomática e, em contrapartida, menor transpiração (PEREIRA et al., 2006).

As plantas de quatro meses apresentaram aumento da transpiração três dias após a retomada da irrigação, ao passo que as plantas de seis e oito meses apresentaram recuperação com cinco dias de reidratadas (figura 9).

#### 4.4 CLOROFILA A, B E TOTAL

As concentrações de clorofila a e total para o tratamento controle estiveram dentro de uma faixa estreita de 0,71 a 0,79 mg/g de matéria fresca para clorofila a, e

1,17 a 1,57 mg/g de matéria fresca para clorofila total (figura 11 e 13). A idade das plantas no tratamento controle não alterou o teor de clorofila a e total.

Quando submetida à restrição hídrica, o teor de clorofila a foi maior na idade de quatro meses (figura 11), verificando-se diferença estatística para tratamento idade (tabela 3). A clorofila total também apresentou valor superior nas mesmas idades, onde o teor encontrado foi de 1,91 mg/g de matéria fresca. Devido ao processo de senescência, pode ter ocorrido translocação de nutrientes entre eles o nitrogênio para as folhas mais jovens. O nitrogênio participa de uma série de compostos, como aminoácidos, proteínas e clorofila (FERREIRA et al., 2001). Assim, o aumento do teor de clorofila pode ter sido resultado da disponibilidade de nutrientes remobilizados para as folhas jovens.

A quantidade de clorofila também apresentou a mesma tendência observada em outras variáveis, ou seja, tendência de decréscimo conforme a planta vai ficando mais velha. Essa tendência pode ser reflexo de que as plantas de oito meses apresentaram maior resistência ao processo de desidratação.

É comum as plantas responderem ao estresse hídrico com uma redução no teor de clorofila (OLIVEIRA et al., 2014). No entanto, algumas espécies respondem com incremento. Mendes et al (2011), estudando abacaxi ornamental em situação de estresse, observaram aumento no teor de clorofila, associado ao mecanismo de proteção ao aparato fotossintético.

O teor de clorofila b não diferiu estatisticamente para nenhum dos tratamentos (figura 12). É possível que o pouco tempo de estresse ao qual a espécie foi submetida tenha causado a não variação nos teores de clorofila a, b e total para os tratamentos de regime hídrico.

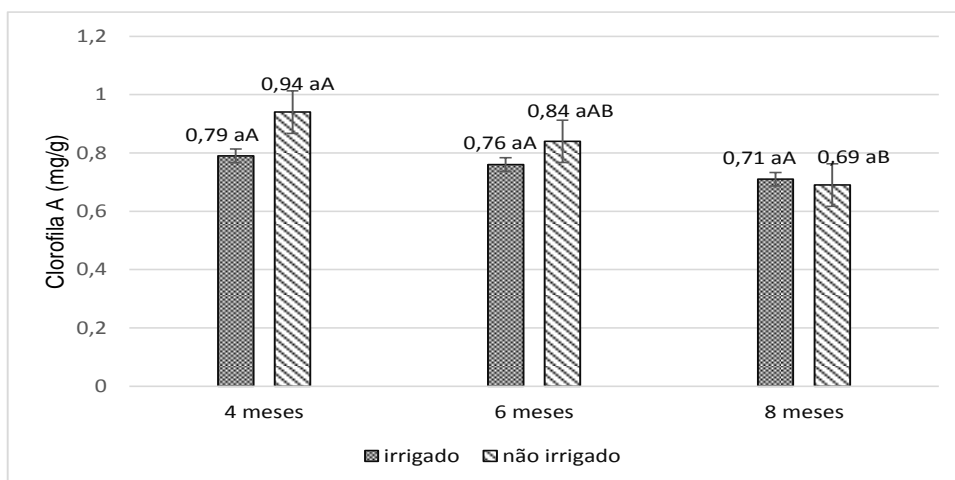


Figura 11. Médias de clorofila a para plantas de *C. madagascariensis* (idades de 4, 6 e 8 meses) submetidas a dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado). Letras maiúsculas são usadas para comparar tratamentos de restrição hídrica e minúsculas, para idade. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. As barras indicam o erro padrão da média. Mossoró/RN, UFERSA, 2015.

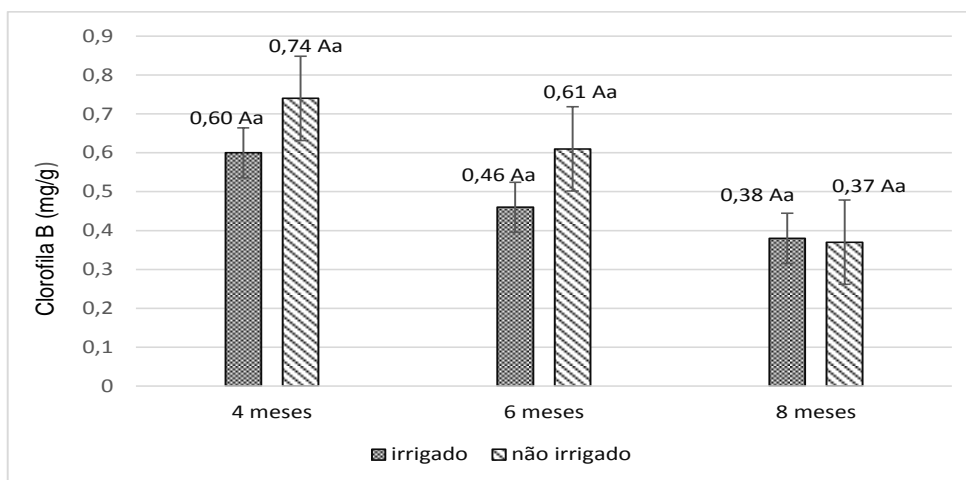


Figura 12. Médias de clorofila b para plantas de *C. madagascariensis* (idades de 4, 6 e 8 meses) submetidas a dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado). Letras maiúsculas são usadas para comparar tratamentos de restrição hídrica e minúsculas, para idade. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. As barras indicam o erro padrão da média. Mossoró/RN, UFERSA, 2015.

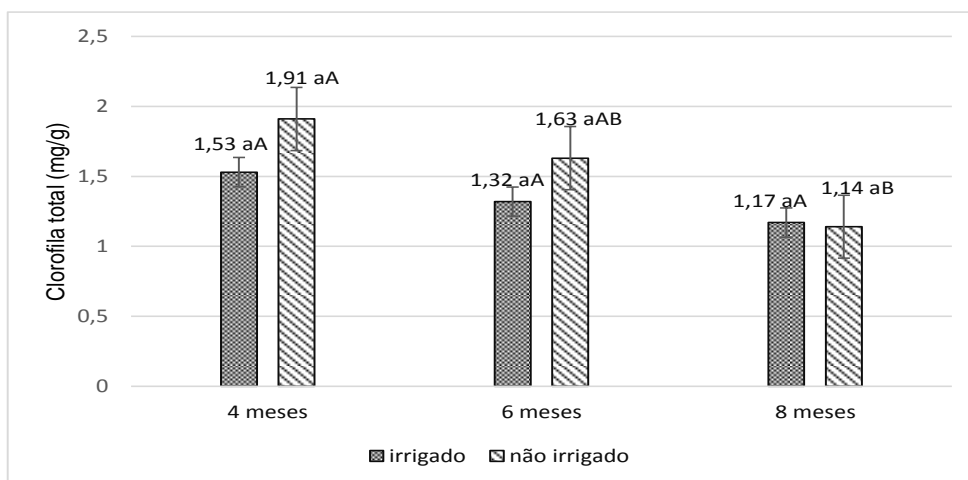


Figura 13. Médias de clorofila total para plantas de *C. madagascariensis* (idades de 4, 6 e 8 meses) submetidas a dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado). Letras maiúsculas são usadas para comparar tratamentos de restrição hídrica e minúsculas, para idade. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. As barras indicam o erro padrão da média. Mossoró/RN, UFERSA, 2015.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância (valores de F) para as variáveis aminoácidos livres totais (AALT), açúcares solúveis totais (AST), clorofila a (CL a), clorofila b (CL b), clorofila total (CL total) de *Cryptostegia madagascariensis* com diferentes idades (4, 6 e 8 meses) em dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado). Mossoró/RN, UFERSA, 2015.

<b>F.V</b>	<b>AALT</b>	<b>AST</b>	<b>CLa</b>	<b>CLb</b>	<b>CL total</b>
<b>REGIME HÍDRICO (RH)</b>	556.57 **	632.44 **	2.68 ns	1.87 ns	4.21 ns
<b>IDADE (I)</b>	1.25 ns	30.28 **	4.83 *	3.82 ns	4.59 *
<b>I*RH</b>	2.49 ns	2.02 ns	1.42 ns	0.38 ns	0.70 ns
<b>CV 1%</b>	9.17	2.27	13.07	31.26	18.19
<b>CV 2%</b>	20.52	9.32	13.37	40.32	25.76

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade.

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade.

n.s. Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

## 4.5 FOTOSÍNTESE

A taxa fotossintética oscilou dentro de uma pequena faixa durante o período de avaliação para o tratamento controle nas diferentes idades (figura 14). No dia quinto dia após o início das análises, a fotossíntese das plantas esteve entre 8,95 e 10,15 mmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> (figura 15). Essa pequena variação pode ser indicativo de que, independentemente da idade, o crescimento será parecido, haja vista que o desenvolvimento da planta está restritamente relacionado à taxa fotossintética.

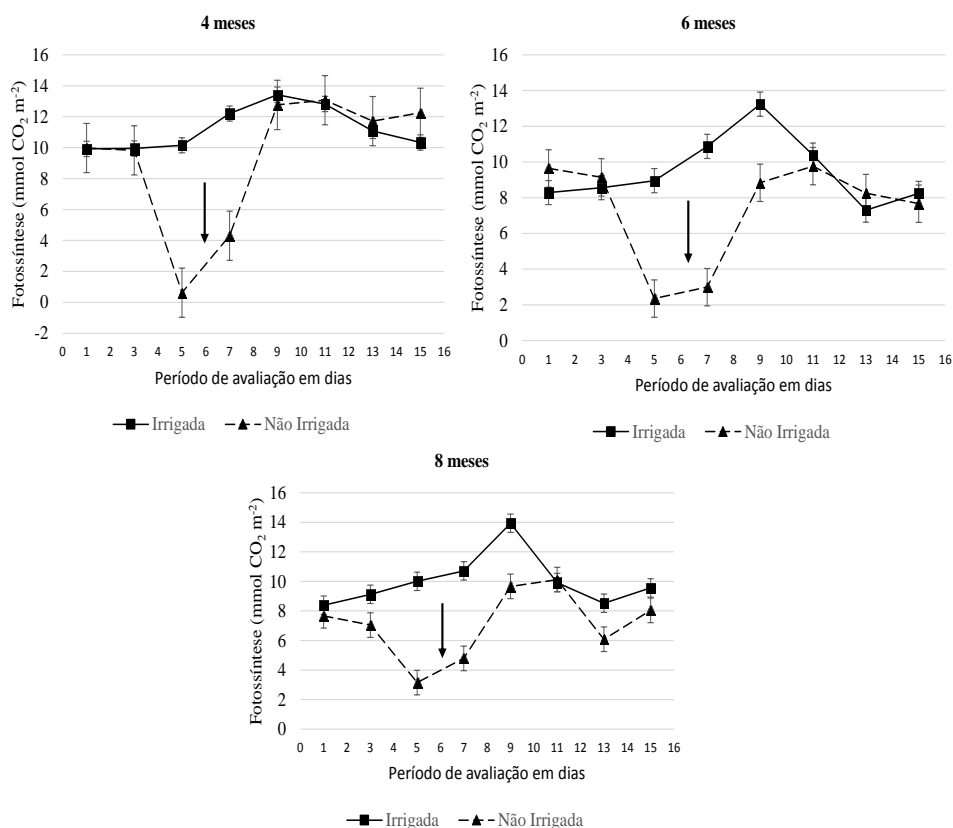


Figura 14. Resposta fotossintética de *C. madagascariensis* (idades de 4, 6 e 8 meses) submetida a dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado). A seta indica quando foi

retomada a irrigação. As barras indicam o erro padrão da média. Mossoró/RN, UFERSA, 2015.

Para as plantas submetidas à restrição hídrica, a taxa fotossintética caiu a níveis muito baixos com cinco dias de estresse. A redução da fotossíntese ocorreu de forma mais acentuada nas plantas de quatro meses (figura 15), que sofreu redução de 93,87%, seguida das plantas de seis meses, que tiveram redução de 73,69% e, por último, as de oito meses, que reduziram em 68,48%. Assim, pode-se constatar que a idade de oito meses apresenta resistência maior à desidratação.

É provável que a redução não esteja relacionada ao dano no aparato fotossintético, pois a taxa fotossintética mostrou rápida recuperação após a reidratação. Isso indica que a espécie buscou manter o aparato fotossintético em condições que pudessem favorecer rápida recuperação em caso de reidratação (LIU; DICKMANN, 1993).

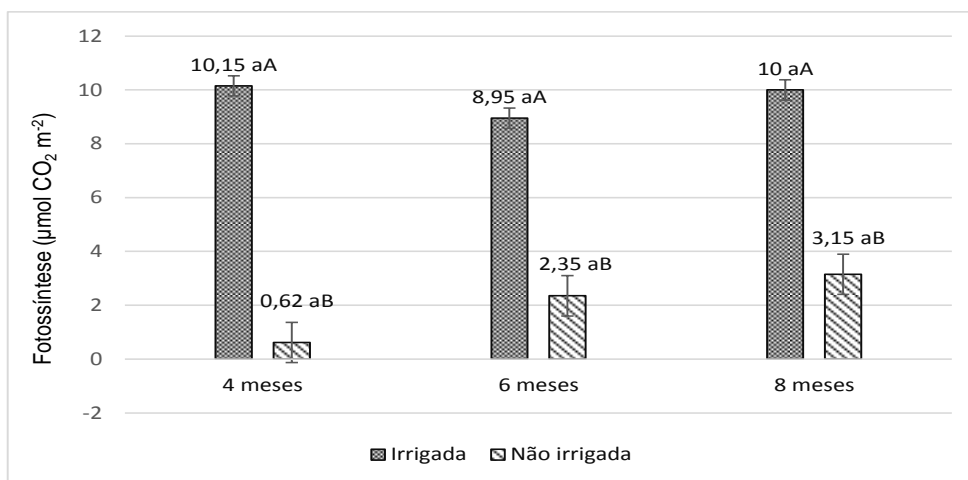


Figura 15. Médias de fotossíntese para plantas de *C. madagascariensis* (idades de 4, 6 e 8 meses) submetidas a dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado). Letras maiúsculas são usadas para comparar tratamentos de restrição hídrica e minúsculas, para idade. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. As barras indicam o erro padrão da média. Mossoró/RN, UFERSA, 2015.

A redução da taxa fotossintética pode estar relacionada ao fechamento dos estômatos, o que condiciona menor disponibilidade de CO<sub>2</sub> para Rubisco. Esse é o primeiro evento a restringir a fotossíntese em situação de estresse. Em muitos casos, a fotossíntese é quase completamente interrompida (FLEXAS et al., 2004).

As plantas de quatro meses apresentaram recuperação maior em pouco tempo. Isso pode ser observado no figura 14. Essa plantas recuperaram-se com três dias de iniciada a reidratação, ao passo que as idades de seis e oito meses tiveram recuperação com cinco dias. Alguns pontos podem ser levados em consideração para explicar a rápida recuperação das plantas de quatro meses. A primeira está relacionada a um teor de clorofila maior do que foi observado anteriormente (figura 13), o que pode ter proporcionado meios para que a fotossíntese desse uma resposta mais rápida diante da disponibilidade de água. Outra questão pode estar relacionada à busca de compensação da redução de fotoassimilados na planta no período de estresse.

#### 4.6 AMINOÁCIDOS LIVRES TOTAIS E AÇÚCARES SOLÚVEIS TOTAIS

O teor de aminoácido encontrado para o tratamento controle foi de 5,26, 5,13 e 5,78  $\mu\text{mol/g}$  de aminoácidos para as idades de quatro, seis e oito meses. Nesse caso, observa-se que a idade não afetou a quantidade de aminoácidos.

Quando submetidas à restrição hídrica, as plantas de quatro e seis meses triplicaram a quantidade de aminoácidos em relação ao tratamento controle (figura 16), confirmando que essas plantas sofreram mais devido à falta de água. O aumento pode estar associado a fatores como o retardamento da síntese proteica ou a aceleração da sua degradação (PIZA et al., 2003).

Segundo Kudrev (1994), em situação de deficiência hídrica, é comum as plantas aumentarem o processo de degradação das macromoléculas, sendo que nesse processo de criação e/ou manutenção de solutos osmóticos, tais como



açúcares e aminoácidos livre, limitam a síntese de macromoléculas, provavelmente são necessárias ao processo de crescimento (HANDA et al., 1983).

Assim, é provável que o potencial hídrico tenha sido influenciado pelo acúmulo de aminoácidos. Porém, esse efeito pode ter decorrido da degradação de macromoléculas causada pelo desajuste fisiológico da planta e não como uma resposta direta ao estresse hídrico.

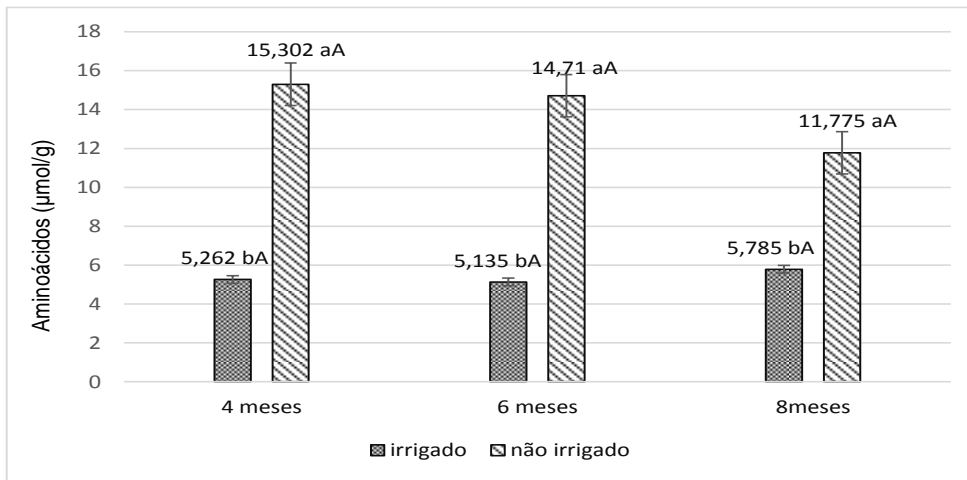


Figura 16. Médias de aminoácidos livres totais para plantas de *C. madagascariensis* (idades de 4, 6 e 8 meses) submetidas a dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado). Letras maiúsculas são usadas para comparar tratamentos de restrição hídrica e minúsculas, para idade. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. As barras indicam o erro padrão da média. Mossoró/RN, UFERSA, 2015.

Os valores médios de açúcares solúveis totais nas plantas do tratamento controle de quatro e seis meses foram de 3,9 e 3,52 mg/g de matéria fresca, ao passo que as plantas de oito meses apresentaram valor bem superior a 5,23 mg/g (Figura 17).

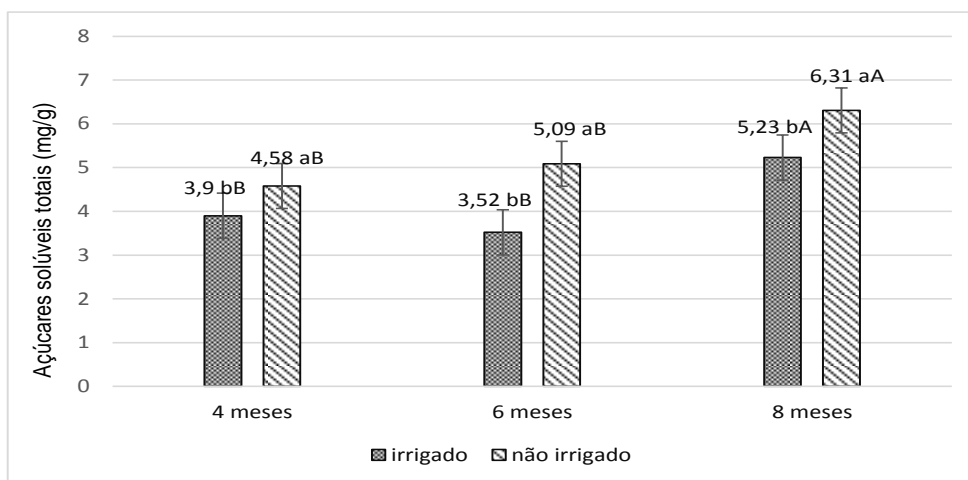


Figura 17. Médias de AST para plantas de *C. madagascariensis* (idades de 4, 6 e 8 meses) submetidas a dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado). Letras maiúsculas são usadas para comparar tratamentos de restrição hídrica e minúsculas, para idade. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. As barras indicam o erro padrão da média. Mossoró/RN, UFERSA, 2015.

Analisando a quantidade de AST nas plantas estressadas, constata-se que aumentou em relação ao tratamento controle. Apesar do maior valor ter sido encontrado nas plantas de oito meses, o mesmo não ocorre quando se compara dentro de cada idade as plantas irrigadas das estressadas. Nesse caso, a idade de seis meses teve um incremento maior, que foi de 1,57 mg/g, seguida das plantas de oito meses, que tiveram um ganho 1,08 mg/g e por último as plantas de 4 meses, 0,68 mg/g. É provável que a idade de seis meses esteja em transição de desenvolvimento da planta que busque aprimorar seus mecanismos de resistência à seca, tendo em vista que o aumento nos teores de carboidratos solúveis pode estar relacionado ao mecanismo de ajustamento osmótico da planta (SILVA et al., 2012).

Sousa et al. (2013), estudando *Cryptostegia madagascariensis* sob diferentes níveis de NaCl, observaram que seu crescimento não foi afetado pelas doses crescente de NaCl, além de considerarem possível atuação do mecanismo de ajuste osmótico.

## 5. CONCLUSÕES

Os indicadores de trocas gasosas das plantas de *Cryptostegia madascariensis* decresceram sob condições de *déficit* hídrico aos cinco dias.

A recuperação da fotossíntese foi mais rápida nas plantas de quatro meses.

O comportamento apresentado pela *Cryptostegia madagascariensis* indica que esta espécie possui perfil conservador, utilizando-se de mecanismos como a senescência foliar para conservar água no seu interior.

## REFERÊNCIAS

- ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P. **Vines and climbing plants of Puerto Rico and the Virgin Islands**. Contributions from the United States National Herbarium, 2005. 51:483 p.
- ARAUJO, S. A. C.; DEMINICIS, B. B. Fotoinibição da fotossíntese. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 463-472, 2009.
- ARAUJO, T. M. S. Plantas exóticas na APA do Lagamar do Cauípe-CE. Fortaleza, 2011. 78p. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia-UECE).
- ARMCANZ - Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand, Australian and New Zealand Environment and Conservation Council and Forestry Ministers. **'Weeds of National significance rubber vine (*Cryptostegia grandiflora*) strategic plan.'** (National Weeds Strategy Executive Committee, Launceston). 2001. 314p.
- ARNON, D. J. Cooper enzymes in isolated chloroplast: Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 24, n. 1, p. 1-15, 1949.
- BARBIERI, R. L.; STUMPF, E.R.T. **Origem e evolução de plantas cultivadas**. Embrapa Informação Tecnológica; Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008.
- BRITO, S. F. de.; PINHEIRO, C. L.; NOGUEIRA, F. C. B.; FILHO, S. M.; MATOS, D. M. S. Influence of light on the initial growth of invasive *Cryptostegia madagascariensis* Bojer in the Brazilian semiarid region. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 37, n. 3, p. 385-392, 2015
- BURROWS, E. G.; TYRL, R. J. **Toxic plants of North America**. Iowa: Wiley-Blackwell, 2013.
- CARMO FILHO, F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; MAIA NETO, J. M. Dados climatológicos de Mossoró: um município semiárido nordestino. Mossoró: ESAM, 1991. (Coleção Mossoroense, 30).
- CARVALHO, J. F. Pobreza e tecnologias sociais no extrativismo da carnaúba. Teresina: 2008. 100f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Piauí.
- COSTA, G. F.; MARENCO, R. A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amaz.**, Manaus, v. 37, n. 2, p. 229-234, 2007.
- COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta botânica brasílica**, v. 20, n. 1, p. 13-23, 2006.

- CSURHES, S.; EDWARDS, R. **Potential environmental weeds in Australia: candidate species for preventive control** (Environmental Australia: Canberra). 205 p. 1998.
- ESPINOLA, L. A.; HORÁCIO, F. J. J. Espécies invasoras: conceitos, modelos e atributos. **INCI**, Caracas, v. 32, n. 9, p. 580-585, 2007.
- FERREIRA, A. C. B.; ARAÚJO, G. A. A.; PEREIRA, P. R. G.; CARDOSO, A. A. Características agronômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Sci. agric.**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 131-138, mar. 2001.
- FERREIRA, V. M.; MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; OLIVEIRA, L. M. Metabolismo do nitrogênio associado à deficiência hídrica e sua recuperação em genótipos de milho. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 13-17, 2002.
- FILHO, J. T. C.; SERAPHIN, E. S. Alteração no potencial osmótico e teor de carboidratos solúveis em plantas jovens de lobeira (*Solanum lycocarpum* St.-Hil.) em resposta ao estresse hídrico. **Rev. bras. Bot.**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 199-204, 2001.
- FLEXAS, J.; BOTA, J.; LORETO, F.; CORNIC, G.; SHARKEY, T. D. Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C3 plants. **Plant Biology**, Stuttgart, v. 6, p. 269-279, 2004.
- FREITAS, R. M. O.; TOSTA, M. S.; NOGUEIRA, N. W.; SOARES, A. M.; DOMBROSKI, J. L. D. Doses de sulfato de potássio na condutância estomática de porta-enxertos de pinheira. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, p. 17-23, 2010.
- GOMES, R. K.; AMORIM, A. V.; FERREIRA, F. J.; FILHO, F. L. A.; LACERDA, C. F.; FILHO, E. G. Respostas de crescimento e fisiologia do milho submetido a estresse salino com diferentes espaçamentos de cultivo. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 15, n. 4, p. 365-370, 2011.
- HANDA, S.; BRESSAN, R. A.; HANDA, A. K.; CARPITA, N. C.; HASEGAWA, M. Solutes contributing to osmotic adjustment to plant cells adapted to water stress. **Plant Physiology**, Rockville, v. 73, n. 4, p. 834-843, 1983.
- HOJO-SOUZA, N. S.; CARNEIRO, C. M.; SANTOS, R. C. *Pteridium aquilinum*: o que sabemos e o que ainda falta saber. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 5, p. 798-808, 2010.
- KLACKENBERG, J. Revision of the genus *Cryptostegia* R. Br. (Apocynaceae, Periplocoideae). **Adansonia**, Paris, v. 23, p. 205-218, 2001.
- KUDREV, T. G. **Água**: vida das plantas. São Paulo: Ícone, 1994.

LEÃO, T. C. C.; ALMEIDA, W. R.; DECHOUM, M.; ZILLER, S. R. **Espécies Exóticas Invasoras no Nordeste do Brasil**: Contextualização, Manejo e Políticas Públicas. Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste e Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental. Recife, PE. 99 p. 2011.

LIU, C. H.; DICKMANN, D. I. Responses of two hybrid clones to flooding, drought, and nitrogen availability. II. Gas exchange and water relations. **Canadian Journal of Botany**, [S.l.], v. 71, p. 927-938, 1993.

LORENCE, D. H.; FLYNN, T. **Records of the hawaii biological survey for 2004–2005 Part 2**: Notes, 2006. 82 p.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. **Fisiologia do Milho**. 1 ed. Sete Lagoas: Circular Técnica, Embrapa Milho e Sorgo. 2002, 23p.

MANSFIELD, T. A.; DAVIES, W. J. Mechanisms for leaf control of gas exchange. **BioScience**, [S.l.], v. 35, p. 158-164, 1985.

MARÇAL, W. S.; GASTE, L.; REICHERT NETTO, N. C.; MONTEIRO, F. A. "Intoxicação aguda pela samambaia (*Pteridium aquilinum*, L. Kuhn), em bovinos da raça *Aberdeen angus*". **Archives of Veterinary Science**, v. 7, p. 77–78, 2002.

MATOS, D. M. S.; PIVELLO, V. R. O impacto das plantas invasoras nos recursos naturais de ambientes terrestres: alguns casos brasileiros. **Cienc. Cult.**, São Paulo, v. 61, n. 1, 2009.

MELO, H. C.; CASTRO, E. M.; SOARES, A. M.; MELO, L. A.; ALVES, J. D. A. Alterações anatômicas e fisiológicas em *Setaria anceps* Stapf ex Massey e *Paspalum paniculatum* L. sob condições de déficit hídrico. **Hoehnea**, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 145-153, 2007.

MENDES, B. S. S.; WILLADINO, L.; CUNHA, P. C.; OLIVEIRA FILHO, R. A.; CAMARA, T. R. Mecanismo fisiológicos e bioquímicos do abacaxi ornamental sob estresse salino. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 71-77, 2011.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Espécies Exóticas Invasoras**: Situação Brasileira. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2006.

NASCIMENTO, S. P.; BASTOS, E. A.; ARAÚJO, E. C. E.; FILHO, F. R. F.; SILVA, E. M. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 15, n. 8, p. 853-860, 2011.

NETO, A. D.; PEREIRA, P. P. A.; COSTA, D. P.; SANTOS, A. C. C. Fluorescência da clorofila como uma ferramenta possível para seleção de tolerância à salinidade em girassol. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, p. 893-897, 2011.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 13, n. 1, p. 75-87, 2001.

OLIVEIRA, A. D.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em feijão. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 86-95, 2005

OLIVEIRA, A. E. S.; SIMEÃO, M.; MOUSINHO, F. E. P.; GOMES, R. L. F. Desenvolvimento do feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) sob déficit hídrico cultivado em ambiente protegido. **Holos**, [S.l.], v. 1, p. 143-151, 2014.

OLIVEIRA, E. C. **Introdução à Biologia Vegetal**. 2ª Ed. 259 p. Edusp, 2001.

PALMER, W. A.; VOGLER, W. *Cryptostegia grandifolia* (Roxb.) R. Br. - rubber vine. In: Biological Control of Weeds in Australia. **CSIRO** Publishing, Melbourne, p. 190-197, 2012.

PARSONS, W. T.; CURTHBERTSON E. G. **Noxious weeds of Australia**. 2º edition. 712 p. CSIRO. 2001.

PEGADO, C. M. A.; ANDRADE, L. A.; FÉLIX, L. P.; PEREIRA, I. M. Efeitos da invasão biológica de algaroba: *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. sobre a composição e a estrutura do estrato arbustivo-arbóreo da caatinga no Município de Monteiro, PB, Brasil. **Acta Bot. Bras.**, São Paulo, v. 20, n. 4, p. 887-898, 2006.

PEREIRA, M. R. R.; KLAR, A. E.; SILVA, M. R.; SOUZA, R. A.; FONSECA, N. R. Comportamento fisiológico e morfológico de clones de *Eucalyptus urograndis* submetidos a diferentes níveis de água no solo. **Irriga**, Botucatu, v. 11, p. 518-531, 2006.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica, Rio de Janeiro edur. 2004. 190p.

PIMENTEL, D.; MCNAIR, S.; JANNECKA, J.; WIGHTMAN, J.; O'CONNELL, C.; WONG, E.; RUSSEL, L.; ZERN, J.; AQUINO, T.; TSOMONDO, T. Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions. **Agr. Ecosyst. Environ.** [S.l.], v. 84, p. 1-20, 2001.

PIRES, R. C.; FURLANI, P. R., SAKAI, E.; LOURENÇÃO, A. L.; SILVA, E. A.; TORRE NETO, A.; MELO, A. M. Desenvolvimento e produtividade do tomateiro sob diferentes frequências de irrigação em estufa. **Hortic. Bras.**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 228-234, 2009.

PITA, F. A. O.; CANO, M. A. O.; LOPES, N. F. Regulação da fotossíntese durante a ontogenia foliar de progenies de *Hevea brasiliensis* e *Hevea pauciflora*

submetidas a dois regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 23, n. 11, p. 1209-1219, 1988.

PIZA, I. M. T.; LIMA, G. P. P.; BRASIL, O. G. Atividade da peroxidase e níveis de proteínas em plantas de abacaxizeiro micropropagadas em meio salino. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 4, p. 361-366, 2003.

POLHAMUS, L. G.; HILL, H. H.; HARLAN, E. J. H. **The rubber content of two species of cryptostegia and of an interspecific hybrid in florida**. Washington: United States Department Of Agriculture Washington, 1934.

RAS. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 5ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara, 1996.

SÁ, F. V. S.; ARAÚJO, J. L.; NOVAES, M. C.; SILVA, A. P.; PEREIRA, F. H. F.; LOPES, K. P. Crescimento inicial de arbóreas nativas em solo salino-sódico do nordeste brasileiro tratado com corretivos. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 3, p. 388-396, 2013.

SALAMA, S.; TRIVEDI, S.; BUSHEVA, M.; ARAFA, A. A.; GARAB, G.; ERDEI, L. Effects of NaCl salinity on growth, cation accumulation, chloroplast structure and function in wheat cultivars differing in salt tolerance. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 144, p. 241-247, 1994.

SANCHES, R. F. E. **Relações hídricas e respostas ao déficit hídrico da espécie Bauhinia forficata Link**: mecanismos de manutenção do status hídrico. 2012. 79f. Dissertação (Mestrado em ciências) – USP – campos Piracicaba, 2012.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e hídrico e os processos morfofisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-292, 1998.

SCHOLANDER, P. F.; BRADSTREET, E. D.; HEMMINGSEN, E. A.; HAMMEL H. T. Sap pressure in vascular plants: negative hydrostatic pressure can be measured in plants. **Science**, v. 148, p. 339-346, 1965.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; NETO, A. D. A.; BRITO, J. Z.; CABRAL, E. L. Aspectos ecofisiológicos de dez espécies em uma área de caatinga no município de Cabaceiras. **Iheringia**, Série Botânica, Paraíba, v. 59, n. 2, p. 201-205, 2004.

SILVA, F de. A. S. Assisat 7.7. **UFCG, Campina Grande**, 2013.

SILVA, M. A.V.; REJANE, J. M. C. N.; OLIVEIRA, A. F. M.; SANTOS, V. F. Resposta estomática e produção de matéria seca em plantas jovens de aroeira



submetidas a diferentes regimes hídricos. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 335-344, 2008.

SILVA, R. T. L.; OLIVEIRA NETO, C. F.; BARBOSA, R. R. N.; COSTA, R. C. L.; CONCEIÇÃO, H. E. O. Resposta fisiológica de plantas de mamoeiro submetidas ao déficit hídrico. **Nucleus**, Ituverava, v. 9, n. 2, p. 113-120, 2012.

SILVA, S.; SOARES, A. M.; OLIVEIRA, L. E. M.; MAGALHÃES, P. C. Respostas fisiológicas de gramíneas promissoras para revegetação ciliar de reservatórios hidrelétricos, submetidas à deficiência hídrica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, p. 124-133, 2001.

SILVA, S. M.; CAVALCANTE, A. M. B. Impactos ambientais e descrição morfológica comparada de duas espécies fitoinvasoras (*Cryptostegia grandiflora* e *C. madagascariensis*) no Estado do Ceará. **Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil**, São Lourenço – MG, 2009.

SOUSA, L. A.; BONILLA, H. O.; POMPEU, J. M.; GUIMARÃES, L. L.; REIS, A. T. Teste de estresse salino de *Cryptostegia madagascariensis* (apocynaceae) cultivadas em diferentes substratos. In: Congresso nacional de botânica, 64., 2013, Belo Horizonte. Anais... . Belo Horizonte: Sociedade Botânica do Brasil, 2013

SOUSA, L. A.; GUIMARÃES, L. L.; REIS, A. T.; COSTA, I. S. C.; ARAÚJO, J. P.; DIAS, F. Y. E. C.; MONTEIRO, C. C.; BONILLA, O. H. Crescimento da fito invasora *Cryptostegia madagascariensis* submetida a estresse salino. In: I CONICBIO / II CONABIO / VI SIMCBIO, 2., 2013, RECIFE. Resumo... RECIFE, 2013.

SOUZA, E. P.; SILVA, I. F.; FERREIRA, L. E. Mecanismos de tolerância a estresses por metais pesados em plantas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 17, p. 167-173, 2011.

SOUZA, R. C. C. L.; CALAZANS, S. H.; SILVA, E. P.; Impacto das espécies invasoras no ambiente aquático. **Cienc. Cult.**, São Paulo, v. 61, n. 1, p. 35-41, 2009.

SPACE, J. C. et al. **Report to the republic of Palau on invasive plant species of public of environmental concern**. Honolulu: Institute of Pacific Islands Forestry, 2003.

SPOLEEN, W. G.; NELSSON, C. J. Response of fructan to water in growing leaves of tall fescue. **Plant Physiology**, [S.1], v. 106, p. 329-336, 1994.

STARR, F.; STARR, K.; LOOPE, L. **Cryptostegia spp.** Maui: States Geological Survey--biological Resources Divisionhaleakala Field Station, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

- TROVÃO, M. B. M.; FERNANDES, P. D.; ANDRADE, L. A.; NETO, D. N. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 307-311, 2007.
- VASCONCELOS, L. F. L.; RIBEIRO, R. V.; OLIVEIRA, R. F.; MACHADO, E. C. Variação da densidade de fluxo de seiva e do potencial hídrico foliar nas faces leste e oeste da copa de laranjeira ‘valência’. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 035-046, 2010.
- VIEIRA, E. A.; GOMES, A. S. Desenvolvimento inicial de plantas jovens de pau-terra-do-cerrado sob diferentes regimes hídricos. **Evolução e Conservação da Biodiversidade**, [S.l], v. 2, n. 1, p. 58-65, 2012.
- VIEIRA, I. R.; LOIOLA, M. I. B. Percepção ambiental das artesãs que usam as folhas de carnaúba (*Copernicia prunifera* H.E.Moore, Arecaceae) na Área de Proteção Ambiental Delta do Parnaíba, Piauí, Brasil. **Soc. nat.**, Uberlândia, v. 26, n. 1, p. 63-76, 2014.
- VIEIRA, M. F.; LEITE, M. S. O.; GROSSI, J. A. S.; ALVERANGA, E. M. Biologia reprodutiva de *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne. (periplocoideae, apocynaceae), espécie ornamental e exótica no Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 63, p. 325-334, 2004.
- WHITHAM, F. H.; BLAYDES, D. F.; DEVLIN, R. M. **Experiments in Plant Physiology**. New York, D. Van Nostrand Company, p. 55-58, 1971.
- WILKINSON, S.; DAVIES, W. J. ABA-based chemical signalling: the coordination of responses to stress in plants. **Plant, Cell and Environment**, [S.l], v. 25, p. 195–210, 2002.
- YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plants extracts by antrone. **Biochemical Journal**, [S.l], v. 57, p. 508-514, 1954.
- YEMM, E. W.; COCKING, E. C. The determination of amino acids with Ninhydrin. **Analyst**, London, v. 80, p. 209-213, 1955.
- YOUNG, R. P. **A biodiversity assessment of the Centre Hills, Montserrat**. Durrell conservation monograph No. 1. Jersey: Durrell wildlife Conservation trust, 2008.
- ZILLER, S. R. **Plantas exóticas invasoras: a ameaça da contaminação biológica**. Ciência hoje, [S.l], v. 30, n° 178, p. 77-79, 2001.