



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA FLORESTAL
CAMPUS PATOS – PB**



**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DO IPÊ-ROXO (*Handroanthus impetiginosus*
(Mart. ex DC) Mattos) AO ESTRESSE HÍDRICO**

Patos – Paraíba – Brasil

2013

JESSICA DE LIMA PESSOA

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DO IPÊ-ROXO (*Handroanthus impetiginosus*
(Mart. ex DC) Mattos) AO ESTRESSE HÍDRICO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Patos/PB, para a obtenção do Grau de Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Antonio Lucineudo de Oliveira Freire, D. Sc.

Patos – Paraíba – Brasil

2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DO CSTR

P633r Pessoa, Jessica de Lima

Respostas fisiológicas do ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) Mattos) ao estresse hídrico. / Jessica de Lima Pessoa. – Patos, 2013.
35f.: color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural.

“Orientação: Prof. Dr. Antonio Lucineudo de Oliveira Freire”

Referências.

1. Fisiologia vegetal. 2. Tolerância à seca. 3. Caatinga I. Título.

CDU 581.1

JESSICA DE LIMA PESSOA

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DO IPÊ-ROXO (*Handroanthus impetiginosus*
(Mart. ex DC) Mattos) AO ESTRESSE HÍDRICO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Patos/PB, para a obtenção do Grau de Engenharia Florestal.

APRESENTADA EM: 18/09/2013

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. ANTONIO LUCINEUDO DE OLIVEIRA FREIRE (UAEF/UFCG)
Orientador

Profa. Dra. IVONETE ALVES BAKKE (UAEF/UFCG)
1ª Examinadora

Prof. Dr. DIÉRCULES RODRIGUES DOS SANTOS (UAEF/UFCG)
2º Examinador

Às minhas avós

Jovelina Nunes de Menezes

Mariana de Sousa Abreu

Aos meus amigos

Jônatas Barbosa, Ricardo Bernardino, Mayara Lúcia e Amanda Abreu

DEDICO

Aos meus pais

Humberto de Abreu Pessoa

Francisca de Lima Menezes

Aos meus irmãos

Jefferson José de Lima Pessoa

Gustavo Werneck Moraes Pessoa

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, Rei dos Reis, Senhor dos Senhores e digno de toda Honra, Glória e Louvor, por iluminar minha caminhada e me conceder bênçãos e coragem para vencer todos os obstáculos.

À minha família, em especial à minha mãe, pelo amor inigualável, pelos conselhos sábios, pela dedicação e confiança em mim depositada, e ao meu pai, pelo apoio financeiro.

Aos meus amigos Jônatas Barbosa, Ricardo Bernardino, Kayo Kennedy, Bruno Brasileiro, Mayara Lúcia, Amanda Abreu e Rosivânia Jerônimo, pelo companheirismo, carinho e incentivo ao longo da jornada acadêmica.

À Amanda Costa, por sua imensa contribuição na condução do trabalho e por todo aprendizado e amizade.

Ao professor Antonio Lucineudo de Oliveira Freire, por sua valiosa colaboração na realização do trabalho e pela orientação, compreensão e amizade.

Aos meus colegas de curso, Rosivânia, Marllus, Rafaela, Lyanne, Kydyaveline, Íkallo, Amanda Feitosa, Rogério, Alexandre José, Tibério, César, Simone, Francisco José, Jokasta, Rosângela, Edjane, Talytta, Rubens, Roberto, Gilmar, Bianca, Juliane, Cristiane, Anne, Leonardo, Girlânio, Cláudia, Quézia, Kelly, Maria José, Lázaro, Maíra, Amanda Lira, Vinícius, Jordânia, Camila, Marília, Mayara, Fábio, João, Yuri, Tamires, Djailson, Marcelo, Amanda Costa e Raony, pelos momentos vividos e partilhados.

A todos os professores da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, por toda contribuição, dedicação e empenho.

Aos funcionários, Gilvan, Valter, Fabiano, Alielson, Ivanice e Ednalva, pela paciência, apoio e ajuda ao longo do curso.

Enfim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para que eu chegasse até aqui, meus sinceros agradecimentos.

PESSOA, J. L. **Respostas fisiológicas do ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) Mattos) ao estresse hídrico.** 2013. 35 folhas. Monografia (Graduação) Engenharia Florestal. Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos-PB, 2013.

RESUMO

O estresse hídrico pode afetar as plantas em vários aspectos, promovendo fechamento estomático e redução na fotossíntese, causando alterações severas no seu crescimento, desenvolvimento e composição química, podendo levá-las a morte. Neste sentido, o objetivo do presente estudo foi analisar o comportamento estomático de plantas jovens de ipê-roxo submetidas ao estresse hídrico progressivo, através da suspensão da irrigação, bem como verificar como essas plantas se comportam após a reirrigação. Plantas com 12 meses de idade foram submetidas a dois tratamentos: irrigadas e de estresse hídrico, imposto através da suspensão da irrigação. Diariamente foram avaliadas o teor relativo de água, condutância estomática, taxa de transpiração, concentração intercelular de CO₂ e taxa de fotossíntese. Após permanecerem dez dias sob essa condição de estresse, a irrigação foi restabelecida, e foi avaliada a recuperação das mesmas. O estresse hídrico reduziu de maneira rápida e progressiva o teor relativo de água, a condutância estomática, a transpiração, a eficiência de carboxilação e a fotossíntese das plantas. Ocorreu aumento na concentração intercelular de CO₂ à proporção que o período de suspensão da irrigação aumentou. Após a retomada do fornecimento de água, as plantas apresentaram recuperação nesses processos fisiológicos. O estresse hídrico não afetou a eficiência no uso da água das plantas de ipê-roxo.

Palavras-chave: Fotossíntese. Transpiração. Eficiência no uso da água.

PESSOA, J. L. **Physiological responses of ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) Mattos) to water stress.** 2013. 35 sheets. Monograph (Graduation) Forestry Engineering. Federal University of Campina Grande, Rural Health and Technology Center, Patos-PB, 2013.

ABSTRACT

Water stress can affect plants in several aspects, promoting reduction in stomatal conductance and photosynthesis, resulting severe alterations in growth, development and chemical composition, which can lead them to death. This study aimed to analyze the stomatal behavior of young plants of *Handroanthus impetiginosus* under progressive water stress, and how they behave after rehydration. Plants with 12 months of age were subjected to two treatments: irrigated and water stress imposed by withholding water. It was daily evaluated the relative water content, stomatal conductance, transpiration rate, intercellular CO₂ concentration, and photosynthetic rates. After ten days remained under this stress condition, irrigation was restored, and recovery was evaluated. Drought stress decreased rapidly and progressively the relative water content, stomatal conductance, transpiration, carboxylation efficiency and photosynthesis of plants. It was observed increase in intercellular CO₂ concentration with increase of water stress. After the resumption of water supply, the plants showed recovery in these physiological processes. Water stress did not affect the water efficiency use of plants.

Keywords: Photosynthesis. Transpiration. Water efficiency use.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área de ocorrência do Bioma Caatinga e delimitação do Semiárido brasileiro.....	12
Figura 2 – Radiação fotossinteticamente ativa (RFA) durante o período de condução dos tratamentos hídricos.	19
Figura 3 – Teor relativo de água (TRA) foliar em plantas de ipê-roxo em função do estresse hídrico.	20
Figura 4 – Condutância estomática (gs) de plantas de ipê-roxo sob estresse hídrico.	21
Figura 5 – Taxa de transpiração (E) de plantas de ipê-roxo sob estresse hídrico....	23
Figura 6 – Taxa de fotossíntese de plantas de ipê-roxo sob estresse hídrico.....	24
Figura 7 – Concentração intercelular de CO ₂ (Ci) de plantas de ipê-roxo sob estresse hídrico.	26
Figura 8 – Eficiência de carboxilação (A/Ci) de plantas de ipê-roxo sob estresse hídrico.	27
Figura 9 – Eficiência no uso da água (EUA) de plantas de ipê-roxo sob estresse hídrico.	28

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1 Caracterização geral do semiárido	11
2.2 O ipê-roxo	13
2.3 Fisiologia das plantas sob estresse hídrico	14
3 MATERIAIS E MÉTODOS	16
3.1 Generalidades.....	16
3.2 Tratamentos.....	17
3.3 Parâmetros avaliados	17
3.4 Análise estatística	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1 Radiação fotossinteticamente ativa	19
4.2 Teor relativo de água (TRA).....	19
4.3 Comportamento estomático e Eficiência no uso da água	21
5 CONCLUSÕES	29
REFERÊNCIAS.....	30

1INTRODUÇÃO

A região semiárida do Nordeste brasileiro ocupa cerca de 969.000 km² e caracteriza-se por apresentar temperaturas elevadas e alta taxa de evaporação. Além desses fatores, existe o problema das baixas precipitações ocorrentes, que assumem importância fundamental no crescimento das plantas nessa região, cuja vegetação predominante é do tipo caatinga.

A disponibilidade de água é um fator chave no crescimento, desenvolvimento e composição química das plantas, além de interferir diretamente na distribuição das espécies nos diversos ecossistemas. Essa importância torna-se mais evidente em ambientes áridos e semiáridos, que apresentam longos períodos de estresse hídrico. A condição de estresse, dependendo da intensidade e da duração, afetará as plantas em vários aspectos, promovendo fechamento estomático e redução na fotossíntese, causando alterações severas no seu crescimento, podendo levar à morte.

As respostas das plantas à essa condição adversa variam de acordo com a espécie vegetal, com a idade das plantas, bem como com o grau de estresse hídrico imposto. As estratégias de adaptação por elas desenvolvidas podem ser determinantes no sentido de garantir a sua sobrevivência e manutenção do crescimento nessas condições.

O ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) Mattos) é uma espécie arbórea de ampla ocorrência no território brasileiro, estando presente desde ambientes de floresta pluvial até o Cerrado e a Caatinga, sendo este caracterizado por períodos prolongados de estiagem, afetando seriamente as espécies vegetais. A espécie apresenta grande importância, seja do ponto de vista ecológico ou silvicultural, porém são poucos os conhecimentos acerca de sua fisiologia, notadamente em função das variações das condições edafo-climáticas do meio em que estão se desenvolvendo.

Os estudos acerca do comportamento fisiológico de plantas adaptadas às condições climáticas da Caatinga, mantidas sob estresse hídrico são escassos, sendo que a maioria relata os efeitos desse fator apenas no crescimento e na produção de matéria seca. Há a necessidade de estudos mais detalhados do comportamento estomático e das interferências da deficiência hídrica nas trocas gasosas entre as plantas e o ambiente, especialmente em plantas com ampla

distribuição geográfica, como o ipê-roxo. Tais informações são importantes porque darão subsídios para explicar de maneira mais segura as respostas das plantas a essa condição adversa.

O objetivo desse trabalho foi analisar o teor relativo de água, o comportamento estomático e a eficiência no uso da água de plantas jovens de ipê-roxo submetidas ao estresse hídrico progressivo, através da suspensão da irrigação, bem como verificar como essas plantas se comportam após o restabelecimento da irrigação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Caracterização geral do semiárido

As regiões áridas e semiáridas ocupam cerca de 33% da superfície da Terra e apresentam baixa precipitação, temperaturas elevadas, alta taxa de evaporação e condições edáficas desfavoráveis ao crescimento das plantas (MATALLO JÚNIOR, 2000).

O Nordeste brasileiro abrange uma área de 1,54 milhões de quilômetros quadrados, correspondendo a 18% do território nacional, onde vivem aproximadamente 44,8 milhões de habitantes, representando 28% da população brasileira. Nessa região, está inserido o Semiárido brasileiro, que se estende do norte do Piauí ao norte de Minas Gerais e ocupa uma área de 969.589,4 km² (COELHO et al., 2011).

O clima, o relevo e o embasamento geológico dessa região resultam em ambientes ecológicos distintos, possibilitando variação na cobertura vegetal predominante, denominada Caatinga (LIMA, 2011).

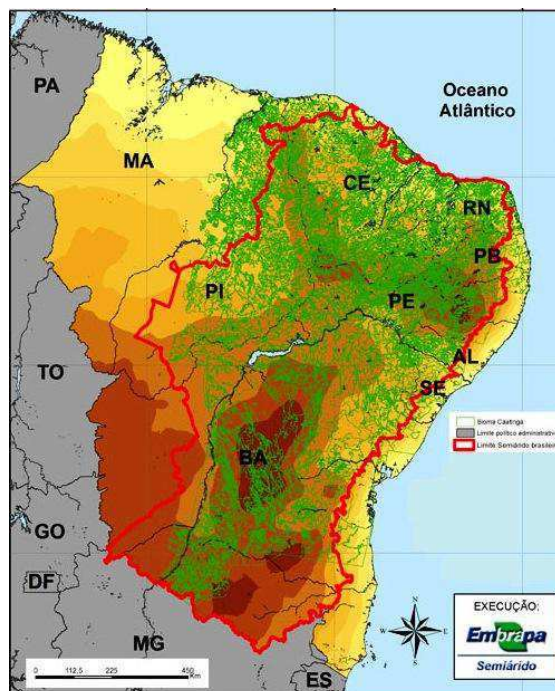
As altitudes são relativamente baixas; com exceção de alguns pontos que ultrapassam os 2000m, na Bahia, os outros pontos extremos ficam pouco acima dos 1000m. Portanto, as temperaturas são altas e pouco variáveis, espacial e temporalmente, com médias anuais entre 25°C e 30°C, poucos graus de diferença entre as médias dos meses mais frios e mais quentes (SAMPAIO, 2003) e a insolação anual chega a 2.800 horas. Isto determina altas taxas de evapotranspiração, configurando déficit hídrico em quase toda a região (MATALLO JÚNIOR, 2000).

As médias de precipitação anual variam de pouco menos de 300mm, até pouco mais de 1000mm, contrastando com as evapotranspirações potenciais, bem menos variáveis que as chuvas, compreendendo em geral, 1500mm e 2000mm anuais, e que, conjugadas, caracterizam as deficiências hídricas definidoras da semiaridez climática (SAMPAIO, 2010). Matallo Júnior, (2000) ressalta que o regime de chuvas na região semiárida do Nordeste do Brasil está concentrado num período de 3 a 4 meses por ano, especialmente no primeiro semestre, sendo marcado por forte irregularidade interanual.

Os solos desta região apresentam a maior variabilidade do país e originam-se de duas formações geológicas principais (SILVA et al., 1993). A formação sedimentar, predominante na porção oeste e a cristalina, na porção leste. Quase todos os solos da porção sedimentar são antigos, bem intemperizados, profundos, variando menos que os cristalinos e geralmente bem drenados, apresentando boa capacidade de retenção de água (SAMPAIO, 2010).

O bioma Caatinga abrange partes dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais, com uma área de cerca de 800.000 km², equivalendo a cerca de 70% da região Nordeste e 11% do território nacional (PRADO, 2003) (Figura 1). É formado pela vegetação predominantemente xerófila e decídua. É bastante diversificado em relação às formações vegetais, apresentando estratos arbóreo, arbustivo e herbáceo com fisionomia e florística distintas, sendo que a principal característica presente é a caducifolia, e a sazonalidade dos estratos herbáceos e arbustivos em resposta à deficiência hídrica comum na maior parte do ano (LEMOS; MEGURO, 2010).

Figura 1 – Área de ocorrência do Bioma Caatinga e delimitação do Semiárido brasileiro.



Fonte – Laboratório de Geoprocessamento Embrapa Semiárido (2011)

Estudos atuais apontam a vegetação deste bioma como rica em biodiversidade, endemismos e bastante heterogenia; porém extremamente frágil (MELO, 2004).

As plantas da Caatinga que ocorrem em ambientes muitas vezes hostis possuem grande importância nesse ecossistema, por apresentarem alta resistência às adversidades do ambiente e constituírem importante fonte de alimentos para a fauna (ARRIEL et al., 2004), bem como para o homem, que as explora para fins os mais diversos, causando degradação nessa vegetação. Esta vegetação tem sido alvo do modelo exploratório de seus recursos, sem considerar o prévio conhecimento de suas características ecológicas, marcada, sobretudo pela grande variabilidade climática, especialmente em relação ao déficit hídrico (LACERDA; LACERDA, 2004). Sampaio et al. (2005) ressaltam que a vegetação da Caatinga tem sido direcionada à produção de lenha e carvão, que abastece a população do semiárido e da zona da mata.

O conhecimento de aspectos relacionados à fisiologia das espécies vegetais que compõem esse bioma genuinamente brasileiro é de suma importância para o seu entendimento e a sua conservação, pois oferecem subsídios para alternativas adaptativas selecionadas que permitem a permanência das espécies em áreas de condições inóspitas (TROVÃO et al, 2004).

2.2 O ipê-roxo

O ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) Mattos), também conhecido como pau-d'arco-roxo, é uma árvore de até 15 m de altura e 30 cm de diâmetro; com tronco reto e cilíndrico; casca relativamente lisa, acinzentada e ligeiramente fissurada longitudinalmente (LIMA, 2011). Apresenta madeira muito pesada e dura ao corte, resistente ao ataque de organismos xilófagos, apropriada para construções externas, como dormentes e postes (LORENZI, 2008).

Esse autor relata ainda que a espécie é excelente para reflorestamento em áreas degradadas de preservação permanente, além de poder ser utilizada para arborização e paisagismo, devido à beleza apresentada pela copa por ocasião da floração.

É uma espécie com largo uso na medicina caseira, sendo o produto do cozimento da casca adstringente e mucilaginoso, utilizado contra úlceras sífilíticas e

também como anticancerígeno e no tratamento de hipertensão; usado também em aplicações externas e internas contra febre, infecções, gripe, problemas gastrointestinais, artrite, etc. (MAIA, 2004).

2.3 Fisiologia das plantas sob estresse hídrico

A água é o principal fator ambiental para qualquer ser vivo, sendo crucial para a existência, sobrevivência e perpetuação de qualquer forma de vida (PIMENTEL, 2004), se constituindo numa condição determinante para a distribuição das espécies nos diversos ecossistemas (REYNOLDS et al., 2004; OTIENO et al., 2005). É o principal constituinte dos vegetais, representando 50% da massa fresca nas plantas lenhosas e cerca de 80 a 95% nas herbáceas, interferindo na turgescência das células e tecidos e sendo essencial para o transporte de solutos e crescimento (FIGUEIRÔA; BARBOSA; SIMABUKURO, 2004; LARCHER, 2004).

Independentemente do local onde cresçam, estão sujeitas às condições dos diferentes tipos de estresses, os quais limitarão seu desenvolvimento e suas chances de sobrevivência.

A insuficiência hídrica é uma característica marcante da região semiárida, principalmente dos solos predominantes na Caatinga (TROVÃO et al., 2004).

À medida que esse déficit hídrico se intensifica ocorrem alterações na morfologia, anatomia e fisiologia das plantas, afetando o seu crescimento (SANTOS; CARLESSO, 1998; BEZERRA et al., 2003). A tolerância da planta ao déficit hídrico é um importante mecanismo de adaptação, garantindo o crescimento e a produção de biomassa em condições de baixa disponibilidade de água (SANTOS; CARLESSO, 1998). As respostas das plantas a essa redução na disponibilidade de água, bem como o grau de tolerância a essa condição, pode explicar as diferenças na sobrevivência e na distribuição das plantas (GEBREKIRSTOS et al., 2006).

Os efeitos da seca sobre o desenvolvimento dos vegetais dependem da intensidade, da duração do estresse e da fenologia e genética da planta, podendo provocar diversas alterações morfofisiológicas, como diminuição da turgescência e redução no tamanho das folhas, desenvolvimento de um sistema radicular mais profundo e fechamento dos estômatos nos horários mais quentes do dia (PIMENTEL, 2004).

O primeiro efeito da falta de água nos vegetais é a diminuição no alongamento celular (HSIAO, 1973; LARCHER, 2004), resultando na redução do desenvolvimento da área foliar e conseqüentemente na produção de biomassa (LUDLOW; MUCHOW, 1990). A deficiência hídrica reduz o crescimento das plantas também em função dos seus efeitos na fotossíntese, uma vez que o déficit hídrico causa fechamento dos estômatos e conseqüente restrição à disponibilidade de CO₂ (TAIZ; ZEIGER, 2004), além de também interferir em aspectos não estomáticos da fotossíntese (LARCHER, 2004).

A regulação da abertura dos estômatos em condições de limitada disponibilidade hídrica no meio, reduzindo a transpiração, é uma importante estratégia para restringir os danos nos tecidos causados pela desidratação (FERREIRA, 1997). No entanto, esse fechamento estomático restringe as trocas gasosas entre o interior da folha e a atmosfera causando diminuição na assimilação de CO₂ (LARCHER, 2004).

As plantas que habitam regiões de clima árido e semiárido apresentam várias estratégias para conseguir sobreviver em condições de déficit hídrico, e inúmeras pesquisas têm sido conduzidas visando elucidar essas estratégias (FIGUEIRÔA; BARBOSA; SIMABUKURO, 2004; NOGUEIRA; NOGUEIRA; SILVA, 2005; DOMBROSKI et al., 2011; NASCIMENTO et al., 2011).

Em plantas de *M. caesalpiniifolia*, *Enterolobium contortisiliquum* e *Tabebuia aurea* mantidas sob baixa disponibilidade hídrica, Silva et al. (2003) observaram redução na transpiração aos 5 dias de tratamento hídrico.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Generalidades

O experimento foi conduzido em ambiente telado, no Viveiro Florestal da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal/Centro de Saúde e Tecnologia Rural/ Universidade Federal de Campina Grande (UAEF/CSTR/UFCG), Campus de Patos-PB.

Sementes uniformes quanto à coloração e peso, obtidas do banco de sementes armazenadas em câmara fria no Laboratório de Análise de Sementes da UAEF/CSTR, foram submetidas à retirada das alas e semeadas em sacos plásticos pretos contendo 2 kg de substrato (terra de subsolo e esterco bovino, na proporção 2:1 (v/v)). As mudas, mantidas em telado (50% de luminosidade), foram irrigadas manualmente duas vezes por dia.

Decorridos três meses após a emergência, foram transferidas para um canteiro do viveiro florestal, sem proteção telada, onde foram submetidas à rustificação, realizada através da redução da frequência da irrigação, para apenas uma vez por dia e exposição à luz solar plena, visando à adaptação às condições de campo.

Após 12 meses nessa condição, as plantas foram transferidas para sacos plásticos contendo 5 kg de substrato (terra de subsolo + esterco, proporção 3:1 – v/v), retornando para o ambiente telado com 50% de luminosidade. Durante 30 dias, foram irrigadas uma vez ao dia, procurando-se manter a umidade do substrato próximo a 60% da capacidade de retenção. Essa determinação do teor de umidade foi feita colocando-se 2 sacos plásticos pretos (5 kg do substrato seco ao ar) em balde contendo água. Em seguida, após a saturação por capilaridade, e a parada de lixiviação, os sacos plásticos foram pesados, sendo esse valor correspondente a 100% da capacidade de retenção. A partir desse valor foi definida a quantidade de água necessária para se atingir 60% da capacidade de retenção.

Durante a condução do experimento a superfície superior dos sacos vasos foi coberta com um plástico opaco, no intuito de evitar a perda de água do substrato por evaporação. O controle do teor de umidade do substrato foi feito diariamente.

3.2 Tratamentos

Aos 30 dias após a transferência para os sacos contendo 5 kg do substrato, as plantas foram submetidas a dois regimes hídricos:

- tratamento irrigado: manutenção da irrigação (60% da capacidade de retenção)
- tratamento de estresse hídrico: suspensão da irrigação.

O tratamento de estresse hídrico persistiu até que fosse observada redução drástica da taxa de fotossíntese das plantas não irrigadas (taxa de fotossíntese igual ou próximo de zero), o que ocorreu dez dias após a suspensão da irrigação. Após as avaliações, houve a retomada do fornecimento de água às plantas não irrigadas, e foi avaliada a recuperação das mesmas.

Os tratamentos apresentaram 4 repetições, com 4 plantas cada repetição.

3.3 Parâmetros avaliados

No início dos tratamentos (tempo zero) foram avaliadas taxa de transpiração (E), condutância estomática (g_s), taxa de fotossíntese (A), radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e concentração intercelular de CO_2 (C_i) com o auxílio do analisador portátil de fotossíntese LC pro -SD (ADC Bio Scientific Ltd.). Essas leituras foram feitas em folíolos completamente expandidos inseridos no segundo nó a partir do ápice das plantas, entre 9:00 e 10:00 horas da manhã. De posse dos valores de A e E , foi calculada a Eficiência no uso da água (EUA), e dos valores de A e C_i , obteve-se a Eficiência de carboxilação (A/C_i).

Após as leituras acima, folhas foram coletadas para determinação do teor relativo de água (TRA), segundo metodologia descrita por Weatherley (1950). Foram retirados dois discos foliares por planta e submetidos à pesagem para obtenção do peso fresco (PF). Em seguida, os mesmos foram colocados em placas de Petri, entre duas folhas de papel de filtro saturadas com água destilada, e posteriormente mantidas em geladeira por 24 horas (temperatura $\pm 5^\circ C$). Decorrido esse período de tempo, foi feita a pesagem dos discos para obtenção do peso túrgido (PT). Feito isso, os mesmos foram colocados para secar em estufa a $65^\circ C$, por 72 horas, e novamente pesados para obtenção do peso seco (PS). O TRA foi calculado através da seguinte fórmula:

$$TRA = [(PF - PS) / (PT - PS)] \times 100$$

O período de recuperação prosseguiu até que a taxa de fotossíntese das plantas do tratamento de estresse hídrico atingisse valores próximos à observada no tempo zero, ocorrido seis dias após a reirrigação. Durante esse período de recuperação foram analisados os mesmos parâmetros avaliados durante o período de estresse hídrico.

3.4 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado.

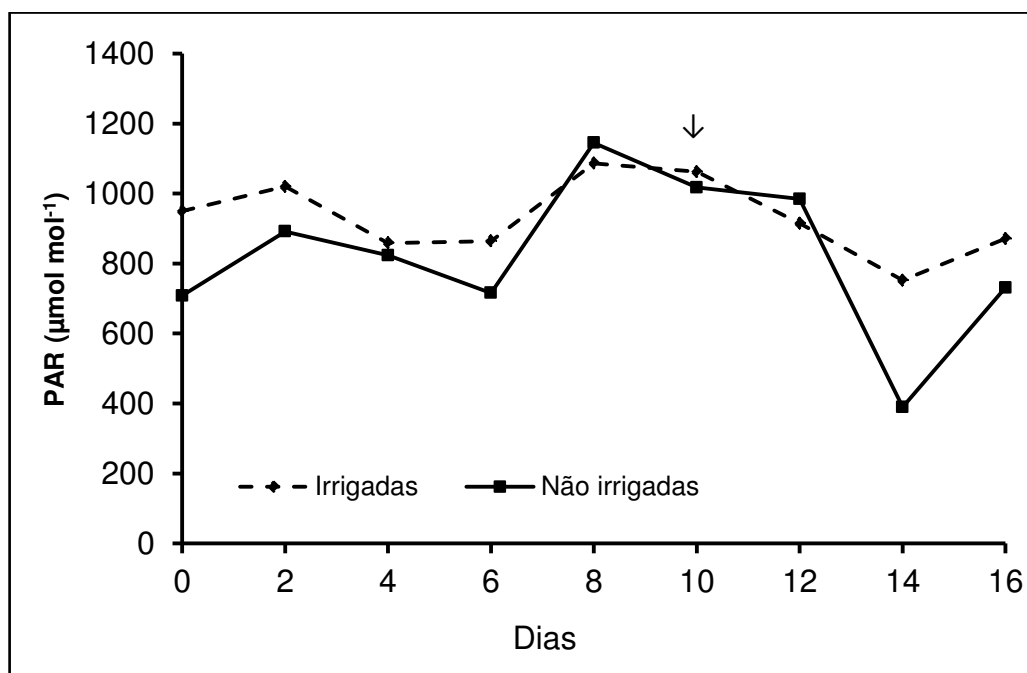
Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Radiação fotossinteticamente ativa

Na Figura 2 observam-se os valores de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) durante o período experimental. Nota-se que houve variação entre 390 e 1145 $\mu\text{mol mol}^{-1}$, considerando tanto a incidente no momento em que foram feitas as avaliações nas plantas irrigadas, como nas plantas que tiveram a irrigação suspensa (não irrigadas).

Figura 2 – Radiação fotossinteticamente ativa (RFA) durante o período de condução dos tratamentos hídricos.



Fonte – Pessoa (2013)

A seta indica o dia da reirrigação da planta.

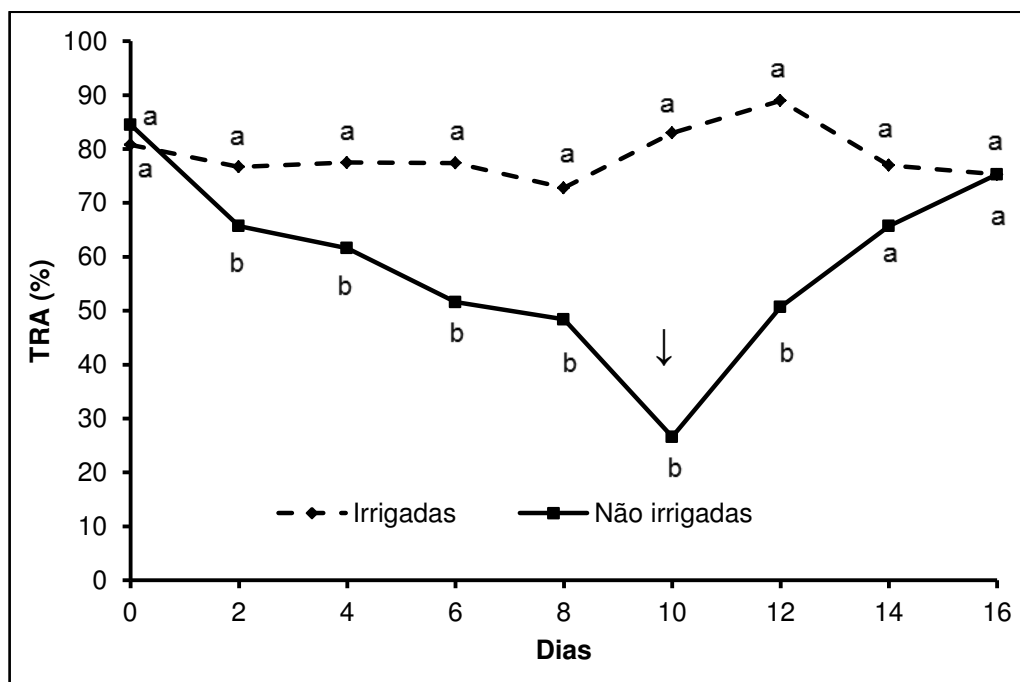
4.2 Teor relativo de água (TRA)

As plantas submetidas à suspensão da irrigação apresentaram redução no TRA ao longo do período em que essa condição foi imposta, como era de se esperar (Figura 3), uma vez que ocorria redução na disponibilidade de água para as plantas e, conseqüentemente, na absorção por parte das mesmas. As diferenças significativas entre os tratamentos foram observadas logo no segundo dia após a

suspensão da irrigação. Nesse dia, as plantas do tratamento de estresse hídrico apresentaram redução de 15% no TRA das folhas, em relação às plantas irrigadas. As diferenças entre esses tratamentos aumentaram progressivamente e, aos 10 dias da suspensão da irrigação, os valores de TRA foram, respectivamente, 83% e 26% nas plantas irrigadas e sob estresse hídrico, correspondendo a uma redução de 57%. Constata-se, então, que o grau de estresse foi considerado severo, levando as plantas a níveis muito baixos de água nos seus tecidos (Figura 3).

Após a retomada da irrigação das plantas, houve recuperação progressiva no estado de hidratação das mesmas, sendo que no último dia de avaliação (16º dia) ambos os tratamentos apresentavam o mesmo TRA.

Figura 3 – Teor relativo de água (TRA) foliar em plantas de ipê-roxo em função do estresse hídrico.



Fonte – Pessoa (2013)

A seta indica o dia da reirrigação das plantas. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

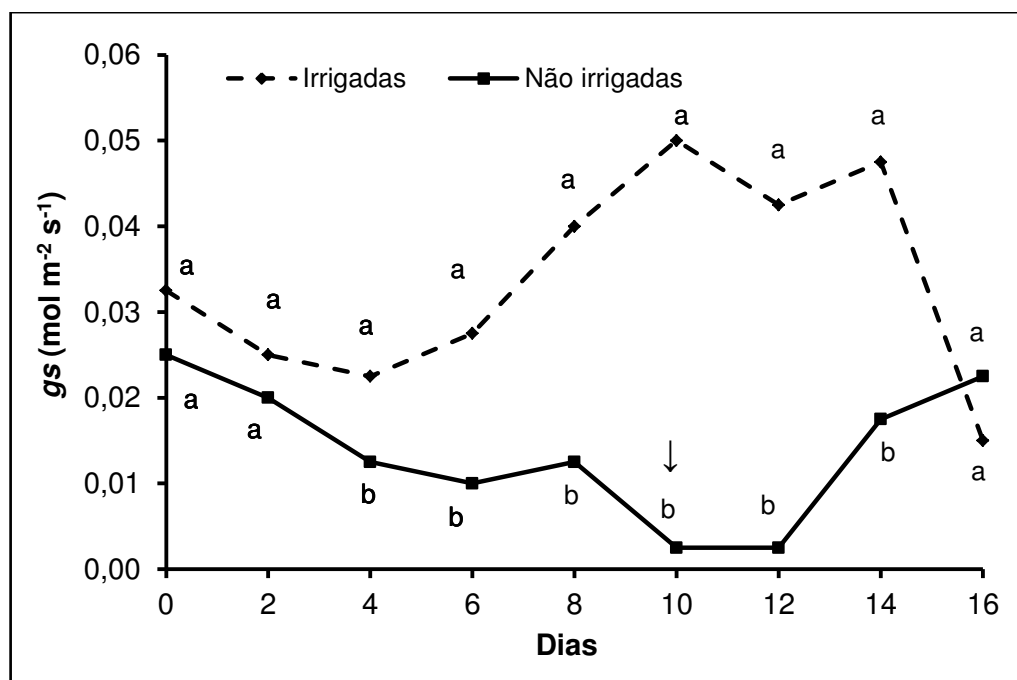
O teor relativo de água, em virtude de ser um dos fatores determinantes da atividade metabólica e da sobrevivência foliar, tem sido bastante empregado como importante e eficaz indicador da tolerância das plantas à baixa disponibilidade de água no meio (SCHONFELD et al., 1988). Vários pesquisadores têm utilizado essa ferramenta em trabalhos com estresse hídrico e têm observado redução à proporção

que esse fator de estresse se intensifica. Em plantas de aceroleira (*Malpighia emarginata*) submetidas à suspensão da irrigação, Nogueira et al. (2001) verificaram redução progressiva no TRA das mesmas à medida que o estresse hídrico evoluiu. Redução no TRA em função da redução na disponibilidade de água no solo foi verificada por Lopes et al. (2005), em mudas de *Eucalyptus* crescendo sob diferentes lâminas de irrigação.

4.3 Comportamento estomático e Eficiência no uso da água

Com o aumento no período de suspensão da irrigação, as plantas apresentaram redução na condutância estomática (gs) (Figura 4), demonstrando haver redução na abertura estomática e conseqüente queda na capacidade dos estômatos permitirem as trocas gasosas entre a planta e o meio externo.

Figura 4 – Condutância estomática (gs) de plantas de ipê-roxo sob estresse hídrico.



Fonte – Pessoa (2013)

A seta indica o dia da reirrigação das plantas. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Nota-se que até o segundo dia após a suspensão da irrigação não houve diferença estatística entre os tratamentos. A partir do quarto dia, as diferenças entre os tratamentos se tornaram mais expressivas, e a gs das plantas não irrigadas

reduziu em 44% em relação às plantas irrigadas, com elevação progressiva nas diferenças à proporção que o período sem irrigação aumentou.

No último dia da imposição do estresse hídrico (dez dias após a suspensão da irrigação), observou-se que as plantas irrigadas apresentaram o maior valor de g_s ($0,05 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), enquanto que nas plantas não irrigadas a g_s atingiu o valor mais baixo ($0,0025 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), correspondendo a uma redução de 95% em relação às plantas irrigadas (Figura 4).

A redução na disponibilidade de água no solo desencadeia uma série de alterações na fisiologia das plantas, dentre as quais está o fechamento estomático. Esse fechamento dos estômatos promoverá aumento na resistência difusiva dos mesmos, reduzindo a perda de água, evitando a desidratação das plantas. Calbo e Moraes (1997), utilizando plantas de buriti (*Mauritia vinifera*) submetidas ao estresse hídrico, observaram que do sexto ao décimo sexto dia após a suspensão da irrigação, houve uma ligeira redução na condutância estomática, que se acentuou a partir do décimo sexto dia, chegando a atingir valores próximos de zero aos 41 dias após a suspensão da irrigação, final do período experimental. Em plantas de aceroleira (*Malpighia emarginata*), Nogueira et al. (2001) verificaram aumento na resistência estomática à medida que o período de suspensão da irrigação das plantas aumentou.

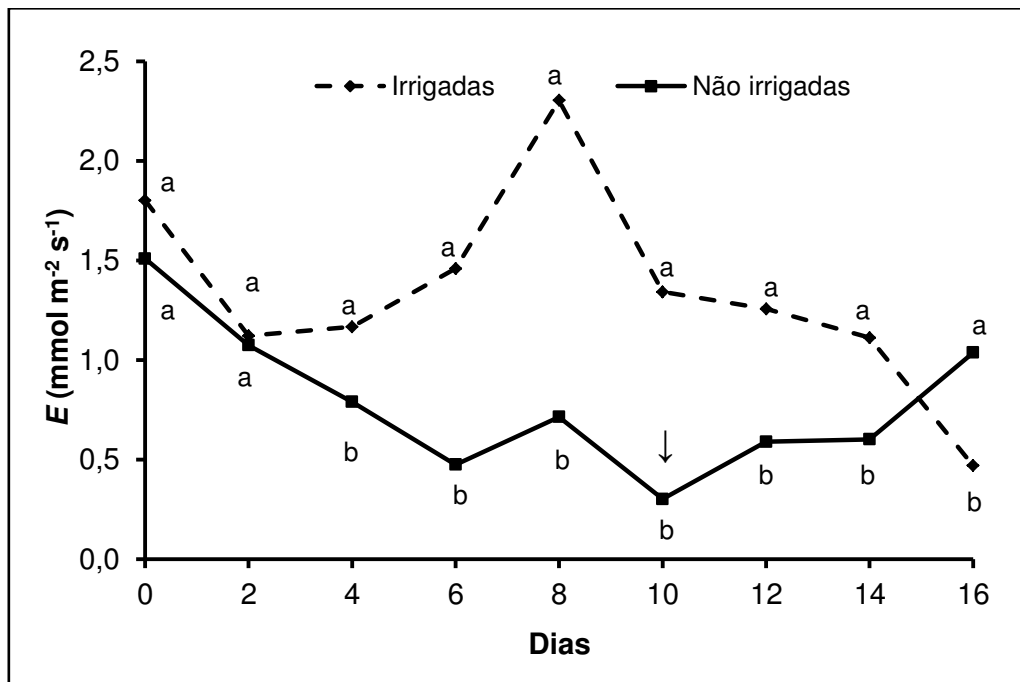
Apesar da interação de vários fatores que atuam sobre a g_s , como a luz e a temperatura, o efeito do estresse hídrico sobre esse parâmetro fica evidente, observando que o mesmo pode ser utilizado como indicador da deficiência hídrica (OLIVEIRA et al., 2005).

No segundo dia após o restabelecimento da irrigação das plantas é que foi verificado aumento nos valores de g_s , evidenciando a lenta recuperação das plantas (Figura 4). Ao final do experimento (décimo sexto dia e sexto dia após a retomada da irrigação) observou-se que o valor de g_s das plantas que estavam sob estresse hídrico foi maior do que o das plantas que não sofreram esse estresse. Isso evidencia o fato que o período de estresse imposto (10 dias) não causou danos irreversíveis no mecanismo estomático das plantas, possibilitando sua recuperação após a reidratação do substrato.

De maneira similar à g_s , ocorreu redução na taxa de transpiração (E) das plantas não irrigadas à proporção que o período sem receber água aumentava (Figura 5). No segundo dia da suspensão da irrigação, o comportamento da E nos

dois tratamentos foi significativamente igual, mostrando que as plantas submetidas à deficiência hídrica ainda não apresentavam sinais de estresse hídrico, apesar do TRA das mesmas ser inferior ao das plantas irrigadas (Figura 3). Possivelmente o teor de umidade do solo ainda era suficiente para que as plantas mantivessem inalteradas suas atividades fisiológicas. Apenas a partir do quarto dia sem irrigação é que diferenças significativas entre os tratamentos foram notadas. As plantas irrigadas apresentaram valor máximo de E no oitavo dia, reduzindo nos dias seguintes. Porém, esses valores continuaram superiores aos das plantas sob estresse hídrico, até o décimo quarto dia.

Figura 5 – Taxa de transpiração (E) de plantas de ipê-roxo sob estresse hídrico.



Fonte – Pessoa (2013)

A seta indica o dia da reirrigação das plantas. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

No décimo dia da suspensão da irrigação foi verificado o menor valor de E nas plantas submetidas ao estresse ($0,3025 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), correspondendo a uma redução de 77% em relação às plantas irrigadas, que apresentaram E de $1,3425 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

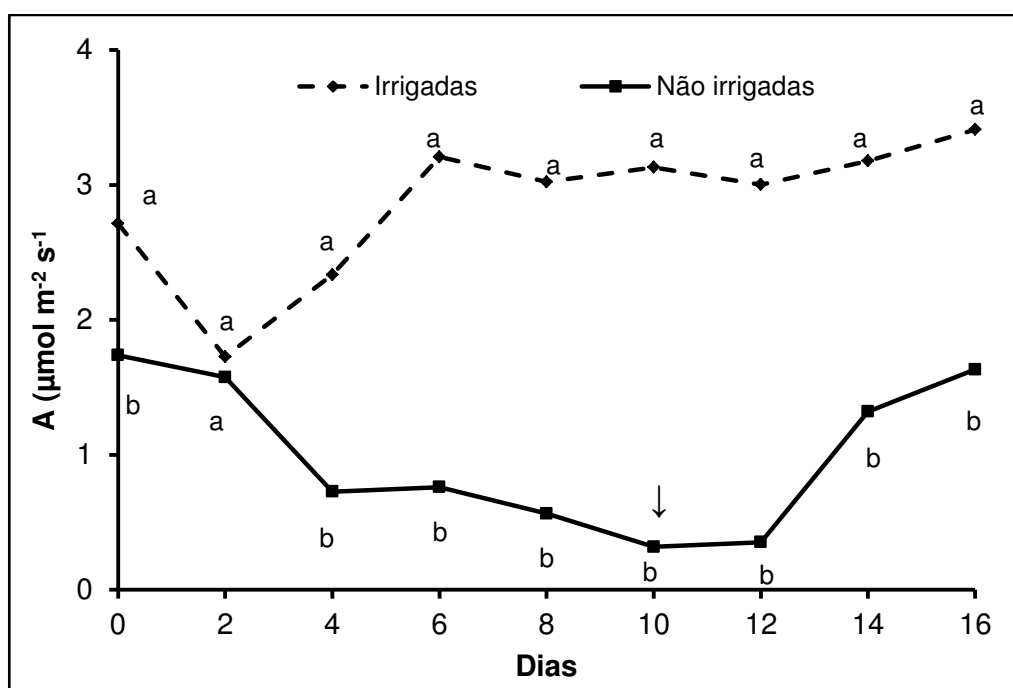
Nogueira; Barbosa; Moraes (1998), estudando os efeitos da suspensão da irrigação em plantas de *Senna martiana*, *Parkinsonia aculeata* e *Senna occidentalis*, espécies lenhosas presentes na Caatinga, observaram redução na transpiração após

20 dias de suspensão de irrigação. O mesmo comportamento foi verificado em plantas de aceroleira (NOGUEIRA et al., 2001) e laranjeira (*Citrus sinensis*) (GOMES et al., 2004) submetidas a estresse hídrico.

Após o restabelecimento do fornecimento de água às plantas não irrigadas, a taxa de transpiração dessas plantas aumentou progressivamente, mas diferença significativa entre essas e as plantas irrigadas foi observada apenas no sexto dia após (Figura 5), comportamento idêntico ao verificado na condutância estomática (Figura 4).

Em relação à taxa de fotossíntese (A), observou-se que nas plantas não irrigadas ocorreu redução à medida que o déficit hídrico progrediu, apresentando diferença significativa no quarto dia após a suspensão da irrigação, em relação às plantas irrigadas (Figura 6).

Figura 6 – Taxa de fotossíntese de plantas de ipê-roxo sob estresse hídrico.



Fonte – Pessoa (2013)

A seta indica o dia da reirrigação das plantas. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Semelhante ao observado na condutância estomática (g_s) (Figura 4) e na transpiração (E) (Figura 5), no último dia da suspensão da irrigação (10 dias), as plantas não irrigadas apresentaram taxa de fotossíntese muito baixa ($0,56 \mu\text{mol m}^{-2}$

s^{-1}), sendo esse valor equivalente a 81% daquele verificado nas plantas irrigadas ($3,02 \mu\text{mol m}^{-2} s^{-1}$) (Figura 6).

Nas plantas irrigadas, a taxa de fotossíntese variou muito pouco até o último dia do experimento (Figura 6). Esse comportamento foi diferente ao observado na g_s e na E , que reduziram, evidenciando que as alterações nessas variáveis não exerceram efeito na fotossíntese dessas plantas, pelo menos após o décimo dia da suspensão da irrigação, parecendo haver uma baixa correlação entre g_s e A , conforme observado por Costa; Marenco (2007) em plantas de andiroba (*Carapa guianensis*). Esses autores afirmaram que tanto a fotossíntese como a condutância estomática são parâmetros da planta que respondem simultaneamente a um conjunto de fatores que interagem de forma coordenada, mas altamente complexa.

Após a retomada da irrigação das plantas não irrigadas (décimo dia), observa-se que as diferenças entre os tratamentos permaneceram elevadas (Figura 6). Nessas plantas, aumento em A após a reirrigação ocorreu apenas depois do décimo segundo dia (dois dias após a retomada da irrigação). É interessante observar que, ao final do período de avaliação (décimo sexto dia), os valores de A das plantas não irrigadas não se igualaram aos das plantas irrigadas, mas atingiram os mesmos valores do dia em que foram submetidas à suspensão da irrigação.

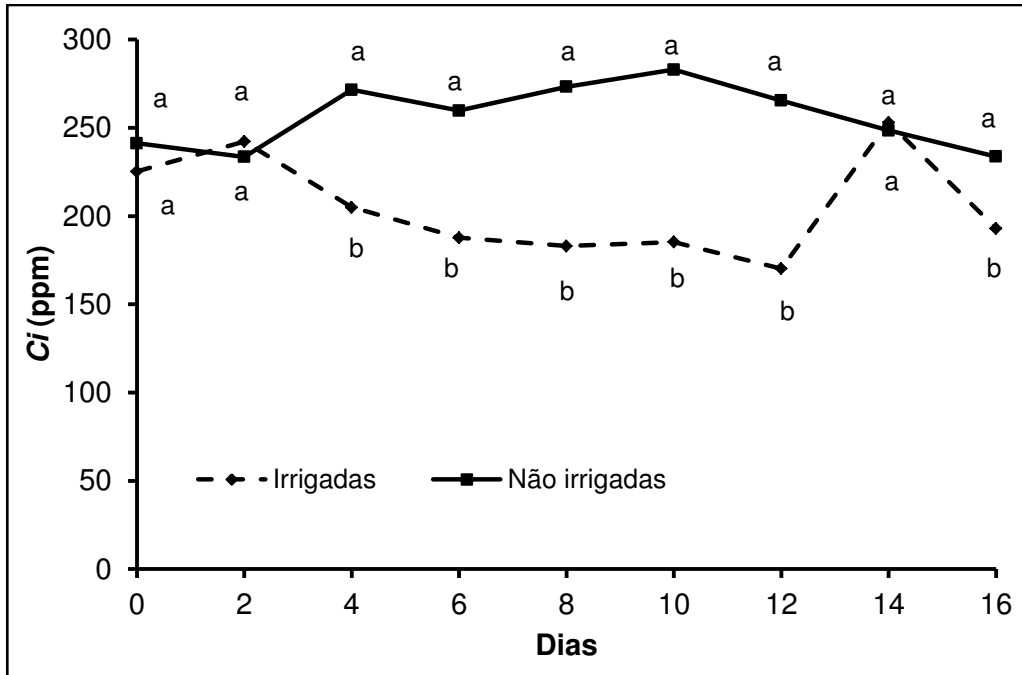
A concentração intercelular do CO_2 (C_i) das plantas não irrigadas foi superior à das plantas irrigadas, após o segundo dia sem irrigação (Figura 7), e esse comportamento permaneceu inalterado durante todo o período de suspensão da irrigação. Nas plantas irrigadas, ocorreu redução na concentração intercelular de CO_2 durante o período experimental, ao passo que a taxa de fotossíntese aumentou (Figura 6).

Esse aumento nos valores de C_i das plantas não irrigadas pode ser explicado pelo fato de ter ocorrido redução na fotossíntese das mesmas (Figura 6). Em plantas de cafeeiro (*Coffea arabica*), Souza (2012) observou aumento nos valores de C_i à medida que o período de estresse hídrico progredia, ao passo que os valores de g_s , E e A reduziam.

Em decorrência do acúmulo de CO_2 intercelular nas plantas não irrigadas, com o aumento do período de suspensão da irrigação (Figura 7), ocorreu redução também na eficiência de carboxilação (A/C_i) dessas plantas (Figura 8). Isso significa redução na taxa de carboxilação à medida que ocorria redução na disponibilidade de água para as plantas. Dessa forma, a limitação à fotossíntese observada nas plantas

não irrigadas (Figura 5) não ocorreu apenas por fatores estomáticos, mas aspectos não estomáticos devem estar relacionados a esse fato.

Figura 7 – Concentração intercelular de CO₂ (C_i) de plantas de ipê-roxo sob estresse hídrico.



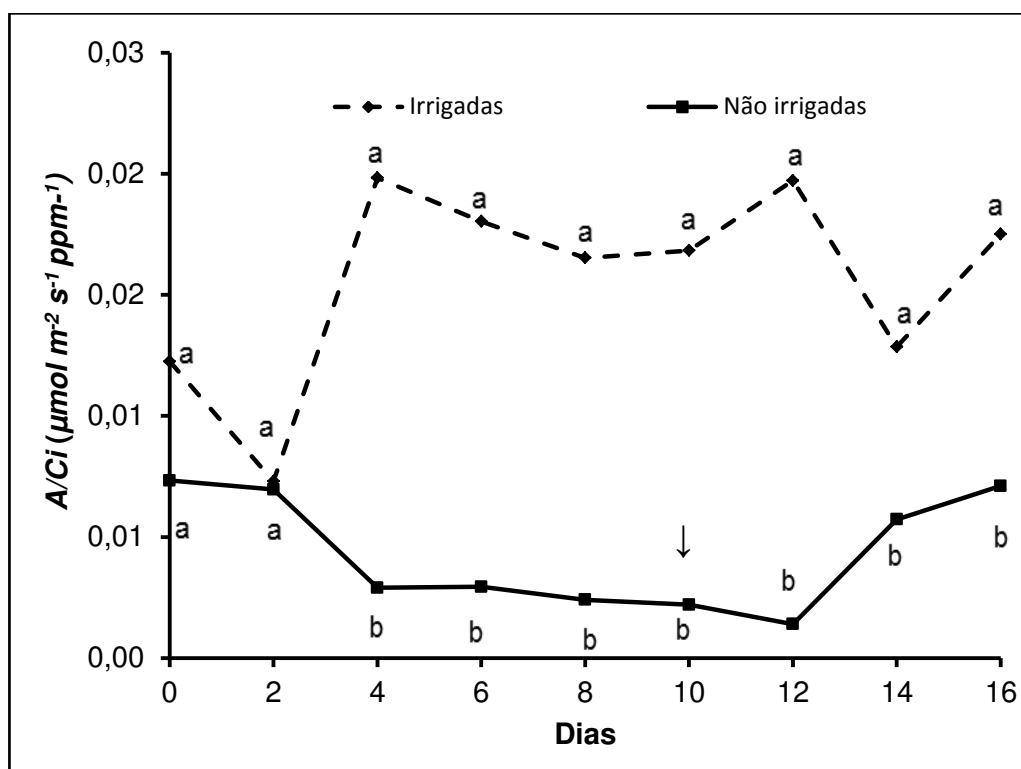
Fonte – Pessoa (2013)

A seta indica o dia da reirrigação das plantas. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Reforçando essas informações, Souza (2012) observaram redução na eficiência de carboxilação de plantas de cafeeiro com o decorrer do período de estresse hídrico, e afirmaram ainda que esse comportamento demonstra que a redução na fotossíntese dessas plantas ocorreu devido a limitação não estomática.

O estresse hídrico afeta a fotossíntese tanto por efeitos em fatores estomáticos como não-estomáticos (WILSON; BALDOCCHI; HANSON, 2000). Embora seja bem estabelecido que o fechamento dos estômatos é um dos primeiros eventos desencadeados pelo estresse hídrico (CHAVES et al., 2002), existe uma grande controvérsia a respeito de qual é o fator dominante à medida que o estresse hídrico progride (LAWLOR; CORNIC, 2002; FLEXAS; MEDRANO, 2002). De um modo geral, o aumento da resistência estomática, ou seja, a redução da g_s nas plantas diminui a perda do vapor d'água e também a entrada de CO₂ essencial à fotossíntese (SILVA et al., 2004).

Figura 8 – Eficiência de carboxilação (A/C_i) de plantas de ipê-roxo sob estresse hídrico.



Fonte – Pessoa (2013).

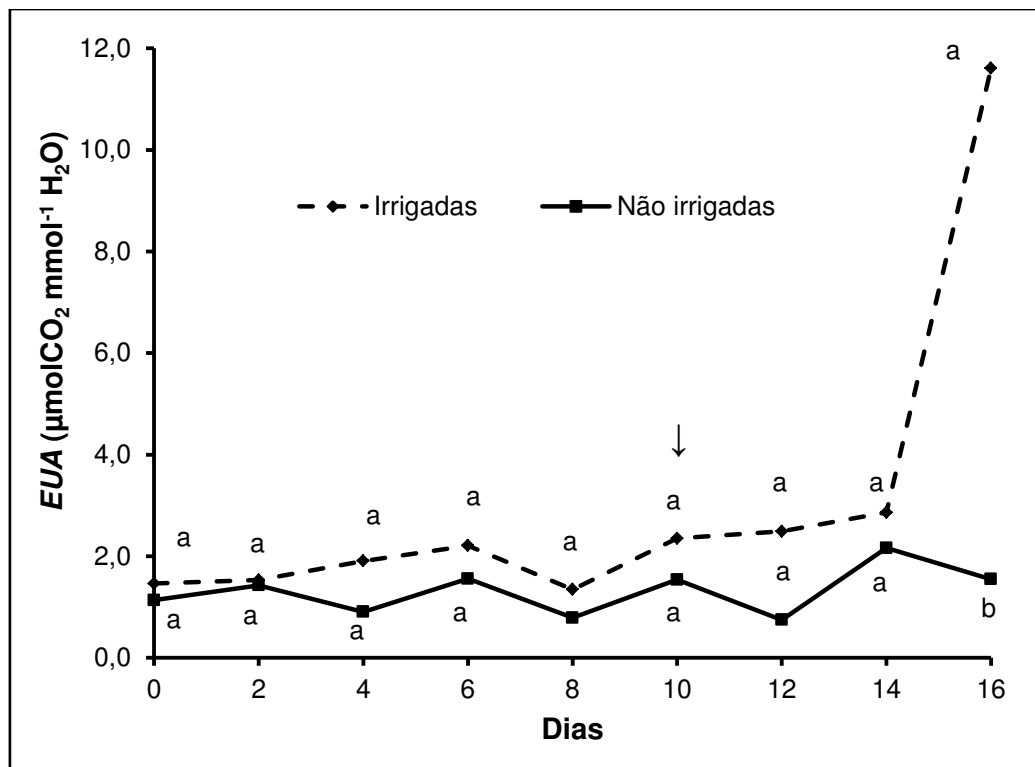
A seta indica o dia da reirrigação das plantas. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Em relação ao fator estomático está o aumento na resistência às trocas gasosas, o que levaria à menor disponibilidade de CO_2 intercelular, reduzindo a sua assimilação (FARIA et al., 1998). Decréscimos significantes na concentração intercelular de $CO_2(C_i)$ podem acarretar queda em A devido à redução na concentração de CO_2 para atividade da rubisco-1,5-bisfosfato carboxilase-oxigenase (rubisco) (MACHADO et al., 2005). O efeito não estomático está relacionado às alterações causadas nos vários processos fotoquímicos, como redução no transporte de elétrons, afetando a formação de ATP e NADPH, e nos processos bioquímicos com a redução na eficiência carboxilativa e/ou na quantidade e atividade da rubisco e de outras enzimas do metabolismo fotossintético (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Os dados referentes à eficiência no uso da água (EUA) das plantas estão apresentados na Figura 9.

Observa-se que ao longo do período da suspensão da irrigação não houve diferença significativa entre os tratamentos quanto à *EUA*, e tal diferença se manifestou apenas no último dia de avaliação (Figura 7). Além disso, ocorreu pouca variação de *EUA* nas plantas não irrigadas, ao longo do período. O fato de não ter ocorrido diferença estatística entre os tratamentos, durante o período de suspensão da irrigação indica que essas plantas conseguiram regular a perda de água por transpiração, porém sem afetar demasiadamente a fotossíntese.

Figura 9 – Eficiência no uso da água (*EUA*) de plantas de ipê-roxo sob estresse hídrico.



Fonte – Pessoa (2013)

A seta indica o dia da reirrigação das plantas. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Concordando com esses resultados, em plantas de *Eucalyptus grandis* e *E. citriodora*, Silva, W. et al. (2004) verificaram que a eficiência no uso da água, ou coeficiente transpiratório, não variou entre os diferentes níveis de água no solo.

5 CONCLUSÕES

O estresse hídrico reduziu de maneira rápida e progressiva o teor relativo de água, a condutância estomática, a transpiração, a eficiência de carboxilação e a fotossíntese das plantas.

O estresse hídrico promoveu aumento na concentração intercelular de CO₂.

Após a retomada do fornecimento de água, as plantas apresentaram recuperação nesses processos fisiológicos.

O estresse hídrico não afetou a eficiência no uso da água das plantas de ipê-roxo.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, S. A. C.; VASQUEZ, H. M.; CAMPOSTRINI, E.; NETTO, A. T.; DEMINICIS, B. B.; LIMA, E. S. Características fotossintéticas de genótipos de capim-elfante anão (*Pennisetum purpureum* Schum.), em estresse hídrico. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 1-7, 2010. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/viewFile/8961/5648>> Acessado em: 15/ago/13
- ARRIEL, E. F.; PAULA, R. C.; BAKKE, O. A.; ARRIEL, N. H. C. Divergência genética em *Cnidocolus phyllacanthus* (MART.) PAX. ET K. HOFFM. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, n. 2/3, p. 813-822, 2004. Disponível em: <[http://www.cnpa.embrapa.br/rbof/artigos/82822004002_rbof,8\(2-3\),813,2004.pdf](http://www.cnpa.embrapa.br/rbof/artigos/82822004002_rbof,8(2-3),813,2004.pdf)>. Acessado em: 11/jun/2013
- BEZERRA, F. M. L.; ARARIPE, M. A. E.; TEÓFILO, E. M.; CORDEIRO, L. G.; SANTOS, J. J. A. Feijão caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 34, n. 1, p. 5-10, 2003. Disponível em: <http://www.ccarevista.ufc.br/site/artigos_lista.php?sel=2003&sel2=1&sel3=34>. Acessado em: 11/jun/2013
- CALBO, M. E. R.; MORAES, J. A. P. V. Fotossíntese, condutância estomática, transpiração e ajustamento osmótico de plantas de buriti submetidas a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, São Carlos, v. 9, n. 2, p. 117-123, 1997. Disponível em: <<http://www.cnpdia.embrapa.br/rbfv/pdfs/v9n2p117.pdf>> Acessado em: 15/ago/13
- CHAVES, M. M.; PEREIRA, J.S.; MAROCCO, J.; RODRIGUES, M.L.; RICARDO, C.P.P.; OSORIO, M.L.; CARVALHO, I.; FARIA, T.; PINHEIRO, C. How plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. **Annals of Botany**, v. 89, 907-916, 2002. Disponível em: <<http://aob.oxfordjournals.org/content/89/7/907.full.pdf+html>>. Acessado em 25/set/13
- COELHO, M. C. S. C.; SOUZA, V. C.; COELHO, M. I. S.; CUNHA, M. P.; MEDINA, F. T. Aspectos sanitários de rebanhos caprinos e ovinos criados em assentamentos no município de Petrolina-PE. **Revista Semiárido De Visu**, Petrolina, v. 1, n. 1, p. 32-40, 2011. Disponível em <<http://periodicos.ifsertao-pe.edu.br/ojs2/index.php/revista/article/view/26/21>>. Acessado em 25/set/13
- COSTA, G. F.; MARENCO, R. A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 37, n. 2, p. 229-234, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aa/v37n2/v37n2a08.pdf>>. Acessado em: 04/set/13.
- DOMBROSKI, J. L. D.; PRAXEDES, S. C.; FREITAS, R. M. O.; PONTES, F. M. Water relations of Caatinga trees in the dry season. **South African Journal of Botany**, v. 77, p. 430-434, 2011. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254629910002607>>. Acessado em: 11/jun/2013.

FARIA, T.; SILVÉRIO, D.; BRÉIA, E.; CABRAL, R.; ABADIA, A. ABADIA, J.; PEREIRA, J. S.; CHAVES, M. M. Differences in the response of carbon assimilation to summer stress (water deficits, high light and temperature) in four Mediterranean tree species. **Physiologia Plantarum**, v. 102, n. 3, 419-428, 1998. Disponível em: <http://link.periodicos.capes.gov.br/sfxlcl41?url_ver=Z39.88-2004&url_ctx_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:ctx&ctx_enc=info:ofi/enc:UTF-8&ctx_ver=Z39.88-2004&rfr_id=info:sid/sfxit.com:azlist&sfx.ignore_date_threshold=1&rft.object_id=954925433413&svc.fulltext=yes>. Acessado em: 25/set/2013

FERREIRA, V. M. **Aspectos de crescimento, nutrição e relações hídricas em dois genótipos de milho (*Zea mays* L.) em função da disponibilidade de água no solo**. 1997. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FIGUEIRÔA, J. M.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 573-580, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abb/v18n3/v18n3a15.pdf>>. Acessado em: 12/jun/2013

FLEXAS, J.; MEDRANO, H. Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plants: stomatal and non-stomatal limitation revisited. **Annals of Botany**, v. 89, p. 183-189, 2002. Disponível em: <<http://aob.oxfordjournals.org/content/89/2/183.full.pdf+html>>. Acessado em: 25/set/13

GEBREKIRSTOS, A.; TEKETAY, D.; FETENE, M.; MITLÖHNER, R. Adaptation of five co-occurring tree and shrub species to water stress and its implication in restoration of degraded lands. **Forest Ecology and Management**, v. 229, n. 1-3, p. 259-267, 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112706002520>>. Acessado em: 11/jun/13

GOMES, M. M. A.; LAGÔA, A. M. M. A.; MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C.; MACHADO, M. A. Interactions between leaf water potential, stomatal conductance and abscisic acid content of orange trees submitted to drought stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 16, n. 3, p. 155-161, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/bjpp/v16n3/22852.pdf>>. Acessado em: 15/ago/13

HSIAO, T. C. Plant responses to water stress. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 24, p. 519-570, 1973. Disponível em: <<http://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.pp.24.060173.002511>>. Acessado em: 12/jun/13

Laboratório de Geoprocessamento Embrapa Semiárido. In: AGEITEC. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**. 2011. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/arvore/CONT000glz1ehqv02wx5ok0f7mv200nvg0xn.html>. Acessado em: 07/set/13

LACERDA, M. A. D., LACERDA, R. D. Planos de combate a desertificação no nordeste brasileiro. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.4, n.1, 2004.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Editora RiMA Artes e Textos, 2004, 531p.

LAWLOR, D. W.; CORNIC, G. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. **Plant, Cell and Environment**, v. 22, n. 5, p. 275-294, 2002. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.0016-8025.2001.00814.x/pdf>>. Acessado em: 25/set/13.

LEMO, J. R.; MEGURO, M. Florística e fitogeografia da vegetação decidual da Estação Ecológica de Aiuaba, Ceará, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Bociências**, Porto Alegre, v. 8, n. 1, p. 34-43, 2010. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/1199/910>>. Acessado em: 15/ago/13

LIMA, B. G. **Caatinga: espécies lenhosas e herbáceas**. Mossoró: EdUfersa, 2011. 315p.

LOPES, J. N. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C.; SILVA, M. R. Efeitos da irrigação na sobrevivência, transpiração e no teor relativo de água na folha em mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes substratos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 68, p. 97-106, 2005. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr68/cap09.pdf>>. Acessado em: 26/ago/13.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Vol. 1. 5 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 373p.

LUDLOW, M. M.; MUCHOW, R. C. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. **Advances in Agronomy**, v. 43, p. 107-153, 1990. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065211308604770>>. Acessado em: 17/jun/13

MACHADO, E. C.; SCHMIDT, P. T.; MEDINA, C. L.; RIBEIRO, R. V. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 12, p. 1161-1170, 2005 Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v40n12/27505.pdf>>. Acessado em: 05/set/13

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. 1 ed. São Paulo: D&Z Computação Gráfica e Editora, 2004. 413p.

MATALLO JÚNIOR, H. **A desertificação no Brasil**. In: OLIVEIRA, T. S. de et al. (Eds.) Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido. Fortaleza: UFC, p. 89-113, 2000.

MELO, A. S. T.; RODRIGUEZ, J. L. **Paraíba: desenvolvimento econômico e a questão ambiental**. João Pessoa: Graf set, 2004.

NASCIMENTO, H. H. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, E. C.; SILVA, M. A. Análise do crescimento de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes níveis de água no solo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, suplemento 1, p. 617-626, 2011. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v35n3s1/05.pdf> >. Acessado em: 18/jun/2013

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. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 8, p. 853-860, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v15n8/13.pdf>>. Acessado em: 15/ago/13

NOGUEIRA, R. J. M. C.; BARBOSA, D. C. A.; MORAES, J. A. P. Trocas gasosas e relações hídricas em plantas jovens envasadas de três espécies da Caatinga, submetidas à deficiência de água. **Phyton**, Vicente López, v.62, n.1, p. 37-46, 1998.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A.; BEZERRA NETO, E. 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, 75-87, 2001. Disponível em: <<http://www.cnpdia.embrapa.br/rbfv/v13n1.html>>. Acessado em: 15/ago/13.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; NOGUEIRA, R. J. M.; SILVA, E. C. **Aspectos ecofisiológicos da tolerância à seca em plantas da Caatinga**. In: NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, E. L.; WILLADINO, L. G.; CAVALCANTE, U. M. T. Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas. Vol. 1. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2005. p. 22-31.

OLIVEIRA, A. D.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em Feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v.25, p86-95, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v25n1/24874.pdf>>. Acessado em: 15/ago/13

OTIENO, D. O.; SCHIMIDT, M. W.; ADIKU, A.; TENHUNEN, J. Physiological and morphological responses to water stress in two Acacia species from contrasting habitats. **Tree Physiology**, v. 25, n. 3, p. 361-371, 2005. Disponível em: <<http://treephys.oxfordjournals.org/content/25/3/361.short>>. Acessado em: 12/jun/13

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica: Edur, 2004. 191p.

PRADO, D. E. As Caatingas da América do Sul. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Org.). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife-PE: Ed. Universitária da UFPE, 2003. Cap. 1, p. 3-74.

REYNOLDS, J. F.; KEMP, P. R.; OGALE, K.; FERNANDEZ, R. J.; Modifying the pulse reserve paradigm for deserts of North America: precipitation pulses, soil water and plant responses. **Oecologia**, v. 141, n. 2, p. 194-210, 2004. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s00442-004-1524-4>>. Acessado em: 17/jun/13

SAMPAIO, E. V. S. B. Caracterização da Caatinga e fatores ambientais que afetam a ecologia das plantas lenhosas. In: SALES, V. C. (Org.). **Ecosistemas brasileiros: manejo e conservação**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2003. p. 129-142.

SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F. G. C.; FIGUEIROA, J. M.; SANTOS JÚNIOR, A. G. **Espécies da flora nordestina de importância econômica potencial**. Recife: APNE. MMA. 2005. 331p.

SAMPAIO, E. V. S. B. Caracterização do Bioma Caatinga. In: MMA. **Uso Sustentável e Conservação dos Recursos Florestais da Caatinga**. GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. (Orgs.). Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. 388p. il.

SANTOS, R. F., CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-284, 1998. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br/revista/v2n3/287.pdf>>. Acessado em: 14/jun/13

SCHONFELD, M. A.; JONHSON, R. C.; CARVER, B. F.; MORNHNINWEG, D. W. Water relation in winter wheat as drought resistance indicators. **Crop Science**, v. 28, n. 3, p. 526-531, 1998. Disponível em: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/28/3/CS0280030526>>. Acessado em: 23/set/13

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; AZEVEDO NETO, A. D.; SANTOS, V. F. Comportamento estomático e potencial de água da folha em três espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 231-246, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abb/v17n2/a06v17n2.pdf>>. Acessado em: 14/jun/13

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; AZEVEDO NETO, A. D.; BRITO, J. Z.; CABRAL, E. L. Aspectos ecofisiológicos de dez espécies em uma área de Caatinga no município de Cabaceiras, Paraíba, Brasil. **Iheringia, Série Botânica**, Porto Alegre, v. 59, n. 2, p. 201-205, 2004. Disponível em: <<http://www.fzb.rs.gov.br/publicacoes/iheringia-botanica/Ih59-2-p201-206.pdf>>. Acessado em: 15/ago/13

SILVA, F. B. R.; RICHÉ, G. R.; TONNEAU, J. P.; SOUZA NETO, N. C.; BRITO, L. T.; CORREIA, R. C.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, A. B.; ARAÚJO, F. J. C.; & LEITE, A. P. Zoneamento agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico. Petrolina: EMBRAPA-CPTSA, 1993. 2 v.

SILVA, W.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A.; CARDOSO, A. A. Índice de consumo e eficiência do uso da água em eucalipto, submetido a diferentes teores de água em convivência com braquiária. **Revista Floresta**, Colombo, v. 34, n. 3, p. 325-335, 2004. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs.2.4/index.php/floresta/article/view/2419/2021>>. Acessado em: 05/set/13.

SOUZA, C. C.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, I. F.; AMORIM NETO, M. S. Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 338-342, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v4n3a06.pdf>>. Acessado em: 18/jun/13

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TROVÃO, D. M. B. M.; FERNANDES, P. D.; ANDRADE, L. A.; DANTAS NETO, J.; OLIVEIRA, A. B.; QUEIROZ, J. A. Avaliação do potencial hídrico de espécies da Caatinga sob diferentes níveis de umidade do solo. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, n. 2, 1-7, 2004. Disponível em: <<http://eduep.uepb.br/rbct/sumarios/pdf/potencialhidrico.pdf>>. Acessado em: 15/jun/13

WHEATHERLEY, P. E. Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurements of water deficits in leaves. **New Phytologist**, v. 49, p. 81-97, 1950. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.14698137.1950.tb05146.x/pdf>>. Acessado em: 15/jun/13

WILSON, K.B.; BALDOCCHI, D.D.; HANSON, P.J. Quantifying stomatal and non-stomatal limitations to carbon assimilation resulting from leaf aging and drought in mature deciduous tree species. **Tree Physiology**, v. 20, 2. 12, p. 787-797, 2000. Disponível em: <<http://treephys.oxfordjournals.org/content/20/12/787.full.pdf+html>>. Acessado em: 26/set/13