



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ECOLOGIA DA CAATINGA



**COMPORTAMENTO ECOFISIOLÓGICO E BIOQUÍMICO DO UMBUZEIRO**  
**(*Spondias tuberosa* Arruda) SUBMETIDO À DEFICIÊNCIA HÍDRICA**

**Autor: Paulo Augusto Almeida Santos**

**Orientador: Dr. Carlos Dias da Silva Júnior**

**Fevereiro-2010**  
**São Cristóvão-Sergipe**  
**Brasil**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ECOLOGIA DA CAATINGA



**COMPORTAMENTO ECOFISIOLÓGICO E BIOQUÍMICO DO UMBUZEIRO**  
**(*Spondias tuberosa* Arruda) SUBMETIDO À DEFICIÊNCIA HÍDRICA**

Dissertação apresentada ao Núcleo de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Sergipe, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação

Autor: Paulo Augusto Almeida Santos

Orientador: Dr. Carlos Dias da Silva Júnior

**Fevereiro-2010**  
**São Cristóvão-Sergipe**  
**Brasil**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

Santos, Paulo Augusto Almeida  
S237c Comportamento ecofisiológico e bioquímico do umbuzeiro  
(*Spondias tuberosa* Arruda) submetido à deficiência hídrica / Paulo  
Augusto Almeida Santos. – São Cristóvão, 2010.  
69 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Núcleo  
de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade  
Federal de Sergipe, 2010.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Dias da Silva Júnior

1. Umbuzeiro. 2. *Spondias tuberosa* Arruda. 3. Ecofisiologia. 4.  
Caatinga. 5. Recursos hídricos.  
I. Título.

CDU634.442:581.5

**PAULO AUGUSTO ALMEIDA SANTOS**

**COMPORTAMENTO ECOFISIOLÓGICO E BIOQUÍMICO DO UMBUZEIRO**

**(*Spondias tuberosa* Arruda) SUBMETIDO À DEFICIÊNCIA HÍDRICA**

Dissertação apresentada ao Núcleo de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Sergipe, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof. Dr. Carlos Dias Silva Júnior**

**Universidade Federal de Sergipe (ORIENTADOR-NPEC)**

---

**Profa. Dra. MarluCIA Cruz de Santana**

**Universidade Federal de Sergipe**

---

**Prof. Dr. Robério Anastácio Ferreira**

**Universidade Federal de Sergipe (NPEC)**

## **OFEREÇO**

Aos meus pais, José Augusto e Josefina, por todo o apoio e esforço que permitiram esse momento.

## **DEDICO**

Às minhas tias, Genilde, Jacira e Laurita (*in memorian*), que sempre se desdobraram para me ajudar em tudo que precisei.

Ao meu irmão, Henrique, pelo apoio, paciência e incentivo que sempre demonstrou.

## AGRADECIMENTOS

A DEUS pela oportunidade e por todas as bênçãos em minha vida.

Aos meus familiares pelo apoio e companhia sempre agradáveis.

Ao Prof. Dr. Carlos Dias da Silva Júnior por ter aceitado me orientar neste trabalho, por compartilhar seus conhecimentos na área, pela participação ativa na pesquisa e pelo bom humor.

À Prof<sup>a</sup> Dra. MarluCIA Cruz de Santana pela amizade, orientação e conselhos sempre pertinentes desde o tempo da graduação em Biologia.

À Prof<sup>a</sup>. Dra. Elizamar Ciríaco da Silva por compartilhar o seu conhecimento e experiência com umbuzeiro.

Ao técnico João dos Santos por me auxiliar nos trabalhos e por sua dedicação.

Aos amigos, Jean Marcel, Wislane, Carlos Davi e Naiara, pelo auxílio na condução do experimento e pela amizade.

A todos os professores do Mestrado em Ecologia por compartilhar seus conhecimentos

Aos colegas de mestrado pelos auxílios ao longo do curso e pela companhia agradável.

À Juliana, Secretária do NPEC, pela amizade e por me auxiliar sempre que precisei.

A todos que fazem parte do Laboratório de Fisiologia Vegetal.

À Capes pela concessão da bolsa de estudo.

A todos que, de algum modo, também contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

Nomenclatura .....	vi
Lista de figuras .....	vii
Resumo geral.....	ix
General abstract.....	x
<b>Capítulo 1</b> .....	<b>11</b>
1- Introdução .....	11
2.1- A Caatinga .....	13
2.1.2-As ameaças ao bioma Caatinga .....	14
2.2- Estresse hídrico .....	16
2.3- <i>Spondias tuberosa</i> Arruda .....	20
3- Referências bibliográficas.....	25
<b>Capítulo 2- Respostas ecofisiológicas e bioquímicas do umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arruda) à deficiência hídrica.....</b>	<b>29</b>
Resumo.....	29
Abstract .....	29
1-Introdução .....	30
2- Material e Métodos .....	31
3-Resultados e Discussão .....	32
4-Conclusão .....	43
5-Agradecimentos .....	43
6-Referências Bibliográficas .....	43
<b>Capítulo 3- Curso diário das trocas gasosas do umbuzeiro .....</b>	<b>49</b>
Resumo.....	49
Abstract .....	50

Referências Bibliográficas .....	56
Anexos.....	60

## NOMENCLATURA

- A – Taxa fotossintética líquida  
C<sub>i</sub>– Concentração interna de CO<sub>2</sub>  
cmolc – Centimol de carga  
DPV – Déficit de pressão de vapor  
E – Taxa de transpiração  
EUA – Eficiência no uso da água  
gs – Condutância estomática  
RFA – Radiação fotossinteticamente ativa  
 $\Psi_w$  – Potencial hídrico foliar

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1

Figura 1: Presença de xilopódio em mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda).....19

Figura 2: Folhas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda). Folhas composta, com 5 folíolos A e B com 7 folíolos.....21

### Capítulo 2

Figura 1- Potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ) em plantas jovens de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) submetidas a diferentes déficit hídricos antes do amanhecer (A) e às 10 horas (B). T0= 100% reposição, T1= 50% reposição e T2= 25% reposição da água perdida por evapotranspiração. Valores seguidos das mesmas letras entre os tratamentos de reposição hídrica não diferem significativamente, pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).....35

Figura 2- Taxa de fotossíntese (A), condutância estomática (gs), transpiração (E), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), temperatura foliar (TF) em plantas jovens de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) submetidas a diferentes níveis de déficit hídrico. Déficit de pressão de vapor (DPV). Valores seguidos das mesmas letras entre os tratamentos de reposição hídrica não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). T0= 100% reposição, T1= 50% reposição e T2= 25% reposição da água perdida por evapotranspiração.....38

Figura 3- Eficiência no uso da água (EUA) em plantas jovens de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) submetidas a diferentes níveis de déficit hídrico. Valores seguidos das mesmas letras entre os tratamentos de reposição hídrica não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). T0= 100% reposição, T1= 50% reposição e T2= 25% reposição da água perdida por evapotranspiração.....40

Figura 4- Teores de proteína (a), prolina livre (b), açúcares solúveis totais (c), clorofila *a* (d), clorofila *b* (e) e clorofila total (f) em folhas de plantas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) submetidas a diferentes níveis de déficit hídrico. Valores seguidos das mesmas letras entre os tratamentos de reposição hídrica não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). T0= 100% reposição, T1= 50% reposição e T2= 25% reposição da água perdida por evapotranspiração. Massa Fresca (MF) e Massa Seca (MS).  
 .....42

### Capítulo 3

Figura 1 - Parâmetros microclimáticos observados durante o experimento..... 54

Figura 2 - Taxa de fotossíntese (A), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), condutância estomática (gs) e transpiração (E) em plantas jovens de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) submetidas a diferentes níveis de déficit hídrico. T0= 100% reposição da água perdida por evapotranspiração, T1= 50% reposição e T2= 25% reposição.....57

## RESUMO GERAL

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) é uma planta nativa da Caatinga que possui grande importância econômica para as comunidades que realizam a colheita de seus frutos, pois se constitui como a principal fonte de renda para muitas famílias no período de frutificação. A Caatinga por ser um bioma localizado no semi-árido brasileiro, apresenta um regime irregular de chuvas aliado a altas temperaturas que resulta na ocorrência de deficiência hídrica ao longo do ano. O déficit hídrico provoca alterações na fisiologia das espécies vegetais, como diminuição do volume celular, redução no processo de crescimento, redução nas taxas de fotossíntese e condutância estomática, entre outras. Os mecanismos de resposta do umbuzeiro ao estresse hídrico e a sua recuperação após a reidratação, ainda são pouco estudados. Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo investigar as alterações no balanço hídrico, teores de solutos orgânicos foliares e trocas gasosas do umbuzeiro submetido a diferentes intensidades de déficit hídrico e a sua recuperação após a reidratação. Para investigar a resposta ao déficit hídrico, foi desenvolvido um experimento em casa de vegetação. As mudas foram obtidas a partir da germinação de sementes maduras de umbuzeiro, coletadas no município de Itapicuru/BA, produzidas em sacos de polietileno preto (10x20 cm), tendo como substrato terra vegetal (88% areia, 8% silte e 4% argila). As mudas ao atingirem a idade de 45 dias foram transplantadas para vasos com capacidade de 12 L, contendo solo da área de ocorrência natural da espécie na qual foram coletadas as sementes. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, consistindo de três tratamentos (T0 – plantas testemunhas mantidas aproximadamente na capacidade de pote; T1 – reposição de 50% da água perdida pela evapotranspiração diária e T2 – reposição de 25% da água perdida pela evapotranspiração) e cinco repetições por tratamento. Avaliou-se o potencial hídrico foliar, fotossíntese ( $A$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), transpiração ( $E$ ), concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i$ ), déficit de pressão de vapor (DPV), temperatura foliar e teores de proteínas solúveis, açúcares solúveis, prolina, clorofila  $a$ ,  $b$  e total. Para verificar possíveis alterações no pico de atividade fotossintética, foi realizado um curso diário das trocas gasosas, em intervalos de duas horas (entre 8 e 16h) após 12 dias do início da diferenciação dos tratamentos. A variação do potencial hídrico foi pequena em todos os níveis de reposição de água. As plantas dos tratamentos com déficits hídricos apresentaram reduções nos valores de fotossíntese, transpiração e condutância estomática. T2 apresentou valores de fotossíntese próximos a zero após 12 dias, enquanto T1 apresentou esses valores no 25º dia de avaliação. Os valores dos solutos orgânicos apresentaram oscilações durante o período experimental, mas não foi possível atribuir à restrição hídrica, pois esses resultados ocorreram em todos os tratamentos. O umbuzeiro apresentou comportamento isoídrico mantendo elevado potencial hídrico foliar durante o período de estresse hídrico. Com relação às trocas gasosas, as plantas do tratamento controle e com reposição de 50% da água perdida por evapotranspiração apresentaram os maiores valores de fotossíntese, condutância estomática e transpiração no horário de 8-10h. A partir disso, reduziram os valores em função do aumento do déficit de pressão de vapor e restrição da abertura estomática. As plantas com reposição de 25% apresentaram o pico de atividade de assimilação de carbono e trocas gasosas no horário de 8h, com valores bem inferiores aos demais tratamentos. As plantas do T2 apresentaram aumento dos valores das concentrações internas de  $CO_2$ . O umbuzeiro exibe o pico de atividade das trocas gasosas no horário entre 8-10h, mas plantas com déficit hídrico apresentam uma antecipação nesse horário de maior atividade.

**Palavras-chave:** umbu, trocas gasosas, potencial hídrico, curso diário

## GENERAL ABSTRACT

The umbu tree is a native plant in the Caatinga. It has great economic importance to the communities that carry out the harvesting of the fruit, because it constitutes the main income source for many families in the period of fruiting. Umbu is fruit rich in vitamin C, it can be used for fresh consumption and in the form of juice, imbuza, squash, jams, ice cream and sweets. The Caatinga biome, for being located in a semi-arid region, has an irregular regime of rainfall coupled with high temperatures resulting in water deficit during the year. Drought causes changes in the physiology of plant species, such as decreased cell volume, reduction in the growth process, reduction in rates of photosynthesis and stomatal conductance, among others. The umbu trees response mechanisms to water stress and its recovery after rehydration are poorly understood. Thus, this study aims to investigate changes in water balance, levels of leaf organic solutes and gas exchange of the umbu tree subjected to different intensities of water deficit and its recovery after rehydration. To investigate the response to drought, it was developed an experiment in a greenhouse. Seedlings were produced from the germination of mature seeds of *Spondias tuberosa* collected in the municipality of Itapicuru/BA, produced in black polyethylene bags (10x20 cm) as substrate humus. The seedlings as they reached the age of 45 days were transplanted to pots with a capacity of 12L containing soil in the area of occurrence of the species in which seeds were collected. The experimental design was completely randomized consisting of three treatments (T0 - control plants maintained at approximately the capacity of the pot; T1 - 50% replacement of water lost by daily evaporation and T2 - 25% replacement of water lost by evaporation) and five replicates per treatment. We evaluated the leaf water potential, photosynthesis (A), stomatal conductance (gs), transpiration (E), internal CO<sub>2</sub> concentration (Ci), vapor pressure of water vapor (VPD), leaf temperature and soluble protein content, soluble sugars, proline, chlorophyll a, b and total. To check possible changes in the peak of photosynthetic activity, we performed a daily course of gas exchange at intervals of two hours (between 8 a.m. and 16 p.m.) after 12 days of onset of differentiation treatments. The variation of water potential was low in all levels of water replacement. Plants of treatments with water deficit showed reductions in the values of photosynthesis, transpiration and stomatal conductance. T2 values were photosynthesis near zero after 12 days, while T1 showed these values on the 25th day of evaluation. The values of the solutes showed variations during the experimental period, but could not be attributed to fluid restriction, as these results occurred in all treatments. The umbu tree showed isohydric maintaining high leaf water potential during the period of water stress. As for gas exchange, the control plants and the ones with 50% replacement of water lost through evapotranspiration showed the highest values of photosynthesis, stomatal conductance and transpiration in the hours of 8-10 am. From this, the values decreased with increasing the shortage of vapor pressure and restriction of stomatal opening. Plants with replacement of 25% showed the peak activity of carbon assimilation and gas exchange in the schedule at 8 a.m., with values much lower than other treatments. The plants showed increased T2 values of indoor concentrations of CO<sub>2</sub>. The umbu tree displays the peak activity of gas exchange in the time between 8-10am, but plants with water deficit present an anticipation of this time of great activity.

**Keywords:** umbu, gas exchange, water potential, daily course

## 1- INTRODUÇÃO

A Caatinga é um bioma exclusivamente brasileiro, no entanto é um dos mais desvalorizados e menos conhecidos botanicamente. A palavra Caatinga é de origem indígena (*caa* - mata; *tinga* – branca, clara, aberta), termo que caracteriza bem o aspecto da vegetação na estação seca, quando ocorre a queda das folhas e apenas os troncos brancos das árvores e arbustos permanecem na paisagem. Esse bioma engloba um grande número de formações e associações vegetais, fisionômica e floristicamente diferentes (Egler, 1992; Giulietti et al., 2003; Prado, 2003).

A Caatinga ocupa cerca de 800.000 km<sup>2</sup> do território brasileiro, e corresponde a 11% do território nacional. O clima é de caráter semi-árido, temperaturas com médias anuais entre 26 - 29°C, precipitações que variam entre 250-800 mm anuais, podendo chegar a 1000 mm nas áreas de agreste, entretanto a característica que mais se destaca é a presença de duas estações bem evidentes, uma chuvosa que se estende de 3-5 meses e uma seca de 7-9 meses. Esta pluviosidade é marcada por uma irregularidade na sua distribuição temporal e espacial (Fernandes & Bezerra, 1990). Os valores de precipitação e médias anuais de temperatura, se relacionados com os da evapotranspiração, permitem constatar elevadas deficiências hídricas (Fonseca, 1991).

A vegetação da Caatinga é composta por arvoretas e arbustos decíduos, cactáceas, bromeliáceas e ervas. Outras características presentes são: predominância de folhas compostas e móveis, profusa ramificação das árvores e arbustos que frequentemente, mas não sempre, apresentam espinhos ou acúleos (Egler, 1992; Rizzini, 1997).

Dentre as espécies da Caatinga destaca-se o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda), que possui grande importância na alimentação humana e dos animais silvestres, fornecendo sais minerais e vitaminas presentes nos seus frutos. O conhecimento sobre o manejo dos cultivos em escala comercial ainda é limitado. As plantas são normalmente propagadas por meio de sementes. O fruto pode ser aproveitado para consumo *in natura* e industrialmente, na forma de suco, imbuçada, polpa, geléia, sorvetes e doces (Embrapa, 2000).

O umbuzeiro por desenvolver-se em regiões com pluviosidade entre 400-800 mm anuais, apresenta adaptações ao estresse hídrico. O estresse hídrico é um dos vários estresses ambientais a que as plantas estão submetidas. Outras formas de estresses são:

temperaturas extremas, condições químicas e físicas do solo desfavoráveis, doenças e ataques de insetos (Kramer, 1983).

O déficit hídrico refere-se a situações em que o potencial de água nas plantas e turgor são reduzidos fortemente e interferem nas funções normais da planta. Essa forma de estresse varia na intensidade, desde pequenos decréscimos no potencial hídrico até o estado de murcha irreversível que leva a morte do organismo (Kramer, 1983).

Ao longo do processo evolutivo, as plantas desenvolveram várias estratégias com a finalidade de retardar o déficit hídrico, tais como: absorção de água mais eficiente, redução da superfície transpirante, alta capacidade de condução e armazenamento de água (Larcher, 2006). Outra estratégia utilizada por algumas plantas é o ajustamento osmótico que consiste na acumulação de solutos, permitindo a manutenção do turgor em potenciais hídricos baixos. Entre as substâncias utilizadas no ajuste osmótico estão os açúcares, aminoácidos (prolina) entre outros (Kramer, 1983; Bajji et al., 2001; Shao et al., 2008).

O entendimento dos mecanismos envolvidos com as relações hídricas da espécie *Spondias tuberosa* será importante para uma maior adequação dos tratamentos culturais de plantios comerciais, bem como para estabelecer o manejo adequado das populações naturais.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1- A Caatinga

A Caatinga é o único bioma exclusivamente brasileiro, com uma área de 800.000 Km<sup>2</sup> (Fernandes & Bezerra, 1990), abrangendo os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, a maior parte da Paraíba e de Pernambuco, sudeste do Piauí, oeste de Alagoas e Sergipe, região norte e central da Bahia, além de uma parte de Minas Gerais (Prado, 2003). Dessa forma, a área ocupada por esse bioma compreende 54% do território da região Nordeste e 11% da área nacional (Alves et al., 2009).

A área de abrangência da Caatinga possui clima semi-árido com temperaturas médias entre 26° e 28°C, com baixa amplitude de temperatura anual. Os índices de pluviosidade diminuem da periferia para o interior, não ultrapassando os 1000 mm de chuva em média e chegando a valores inferiores a 500 mm no Raso da Catarina, Bahia-Pernambuco. Outro grave problema é o fato de a distribuição anual ser concentrada em poucos meses. Em algumas regiões, de 55 a 70% da precipitação anual concentram-se em 3 meses consecutivos. A ocorrência das secas predomina sobre a região Nordeste, podendo durar de 6 meses a até 10-11 meses na Depressão de Patos na Paraíba, e no Raso da Catarina, Bahia-Pernambuco (Nimer, 1989).

O solo da Caatinga apresenta perfis pouco desenvolvidos, pequena profundidade, predominantemente argiloso, ricos em minerais e com baixa capacidade de retenção de água. Esse último fator é limitante para produção primária desse bioma. Nas regiões onde o solo foi formado pela decomposição do arenito, esses são pobres em nutrientes e ácidos (Alves et al., 2009). Algumas regiões são marcadas por afloramentos de rochas cristalinas (Rizzini, 1997).

As Caatingas podem ser caracterizadas como florestas de porte arbóreo ou arbustivo, composta principalmente por árvores e arbustos baixos, muitos dos quais apresentam adaptações à deficiência hídrica, algumas espécies endêmicas ao semi-árido, enquanto outras possuem uma descontínua distribuição nas bordas. Apesar das características apontadas acima, a Caatinga não é homogênea e possui diversas fisionomias (Joly et al., 1999; Prado 2003). Segundo Prado (2003), as espécies mais típicas da vegetação da caatinga são: catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.), faveleira (*Cnidocolus phyllacanthus* (Müll. Arg.) Pax & K. Hoffm), angico (*Anadenanthera colubrina* (Vell)

Brenan), imburana-de-cheiro (*Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith), pau-pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* Mart.), marmeleiros e velames (várias espécies de *Croton*, Euphorbiaceae) e juremas (varias espécies de *Mimosa*, Fabaceae).

Agreste e sertão são dois termos relacionados ao bioma Caatinga. O agreste apresenta um regime de chuvas mais abundantes (1000 mm/ano) e é menos sujeito a secas de maior intensidade por receber a umidade do litoral. A vegetação do agreste compartilha muitas características e espécies com a vegetação das áreas mais semi-áridas, como plantas geralmente decíduas e espinhosas, presença de cactos e bromélias e, microfilia generalizada. O sertão refere-se às áreas mais interiores com regime menor de pluviosidade. É a Caatinga propriamente dita, seca e agressiva (Rizzini, 1997; Prado, 2003).

A Caatinga pode ser dividida em Hipoxerófila e Hiperxerófila. A Caatinga Hipoxerófila compreende as áreas onde ocorrem sete meses de estiagem, apresenta espécies caducifólias e a vegetação é composta por estratos: herbáceo (até 1 metro de altura), arbustivo (até 8 metros de altura) e arbóreo (até 15 metros de altura). A Caatinga Hiperxerófila é mais árida, ocorrem de sete a dez meses secos, apresenta uma vegetação de menor porte. No Estado de Sergipe, a Caatinga Hipoxerófila abrange os municípios de Mocambo e Nossa Senhora da Glória, enquanto a Caatinga Hiperxerófila compreende os municípios de Porto da Folha e Canindé do São Francisco (Franco, 1983).

### **2.1.2- As ameaças ao bioma Caatinga**

Em todo o mundo, a ação antrópica provoca impactos ao meio ambiente e coloca em risco a biodiversidade. Primack & Rodrigues (2001) listaram a destruição, fragmentação e degradação do habitat, entre as maiores ameaças à diversidade biológica.

A floresta tropical seca é o tipo mais ameaçado entre as florestas tropicais. A causa dessa perda de habitats pode ser atribuída ao uso do fogo, que destrói facilmente essa forma de vegetação. A supressão da floresta tropical seca para dar lugar a pastos e plantações pode reduzir de 90 a 95% a riqueza em espécie de flora e fauna que se reproduzem no local (Jazen, 1997).

A floresta tropical seca brasileira, a Caatinga, também vem sofrendo danos devido à atividade humana. As populações que vivem nesse ambiente utilizam a vegetação para diversas finalidades, tais como: uso medicinal, alimentício, produção de lenha, madeireiro

e como pastagens para ovinos e bovinos. As áreas utilizadas para a agricultura causam impactos à vegetação nativa, pois reduzem o tamanho das populações das espécies locais que cedem lugar aos cultivos comerciais e de subsistência. A utilização do fogo para a limpeza das áreas onde serão implantados os cultivos é muito comum e traz como consequência o declínio da fertilidade do solo, principalmente em razão da diminuição da concentração de potássio no solo (Kauffman et al., 1993). O Estado de Sergipe apresenta municípios localizados na Caatinga com área plantada superior a 60%. Isso demonstra a forte alteração da vegetação natural no estado (Giulietti et al., 2003).

Albuquerque & Andrade (2002) ao pesquisarem a utilização das plantas da Caatinga pela população, através de entrevistas, observaram a utilização de 75 espécies, sendo as famílias mais importantes Euphorbiaceae (8 spp.), Mimosaceae (7 spp.), Anacardiaceae (6 spp.), Caesalpiniaceae (5 spp.), Capparaceae (4 spp.). Nesse mesmo estudo, foi verificado que a utilização das plantas nativas como componente da alimentação é ocasional, não representando na comunidade como elementos de complementaridade dietética, devido ao fato de os frutos serem pequenos e os indivíduos das espécies frutíferas se encontrarem muito dispersos, o que dificulta sua coleta.

A utilização de áreas para pastagem contribui para a redução da Caatinga, pois a vegetação natural é retirada para dar espaço ao pasto. Nas regiões onde o déficit hídrico é maior, a área com pastagens plantadas é reduzida, mas as áreas de Caatinga são utilizadas como pasto natural. Neste caso, os impactos são ampliados através do incorreto manejo das áreas, sendo frequente o excesso de lotação, que traz como consequências o aumento da competição por alimento pelos animais e alteração das comunidades vegetais (Giulietti et al., 2003).

Castelletti et al. (2003) realizaram uma estimativa da porcentagem remanescente de Caatinga não alterada pelo homem, incluindo os efeitos das estradas no total de áreas degradadas e concluíram que a área alterada varia de 223.100 km<sup>2</sup> (30,4%) a 379.565 km<sup>2</sup> (51,7%), a depender da zona de efeito da estrada a ser considerado. Os remanescentes de Caatinga ainda presentes estão dispostos como ilhas. Para a largura do efeito da estrada de 10 km, a vegetação fica distribuída em 172 ilhas, das quais 30,23 % são menores que 50 km<sup>2</sup> e 9 ultrapassam os 10.000 km<sup>2</sup>. Essa fragmentação traz como risco a possibilidade de extinção de espécies presentes nessas ilhas.

O processo de desertificação é outro problema presente na região semi-árida brasileira, provocado por técnicas inadequadas de cultivo que resultam na erosão do solo e

uma perda na capacidade de retenção de água no solo. A pecuária e a extração de lenha, quando realizadas de forma indiscriminada, também colaboram com a desertificação, pois intensificam o empobrecimento nutricional do solo. Essas atividades causam uma degradação progressiva que resulta na perda da cobertura do solo e a área assume uma aparência de deserto (Primack & Rodrigues, 2001).

## **2.2- Estresse hídrico**

A água é a substância essencial para que a vida exista nas formas como conhecemos hoje. Desempenha papel fundamental para a manutenção da integridade funcional de moléculas biológicas, células, tecidos e organismos. A quantidade de água em células fisiologicamente ativas varia entre 80 a 95 % em termos de matéria fresca (Marengo & Lopes, 2007).

No ambiente natural, as plantas estão submetidas a uma grande variedade de estresses, por exemplo: temperaturas extremas, condições químicas e físicas do solo desfavoráveis, doenças e ataques de insetos (Kramer, 1983). Esses eventos afetam negativamente o crescimento e produtividade das culturas (DaMatta, 2007). O estresse é definido como um fator externo, que afeta negativamente a planta, interferindo na produtividade, no acúmulo de biomassa ou ainda, nos processos primários de assimilação do CO<sub>2</sub> e minerais (Taiz & Zeiger, 2009).

O déficit hídrico é uma das formas de estresse e ocorre quando o conteúdo de água de um tecido ou célula está em uma quantidade inferior ao mais alto exibido no estado de maior hidratação (Taiz & Zeiger, 2009). Na planta, o déficit hídrico ocorre quando o sistema radicular absorve uma quantidade de água inferior a perdida pela transpiração das folhas (Tezara et al., 1999).

As regiões que apresentam déficit hídrico possuem como característica baixa precipitação e alta evaporação. Nessas áreas, a estiagem possui ocorrência prolongada e regular, de forma que a evaporação anual ultrapassa a precipitação total. Aproximadamente, 1/3 da área continental terrestre apresenta deficiência em relação à precipitação. Na metade dessa área a precipitação atinge 250 mm por ano (Larcher, 2006).

A deficiência hídrica ocasiona uma diminuição do volume celular, um aumento na concentração de solutos e progressiva desidratação do protoplasto, com isso, a maioria dos processos vitais é alterada de alguma forma. A resposta mais imediata é a diminuição da

turgescência e, conseqüentemente, ocorre a diminuição do processo de crescimento. A redução nas taxas de fotossíntese é outra conseqüência, pois com o fechamento dos estômatos ocorre uma diminuição na assimilação do CO<sub>2</sub>, reduzindo a fixação de carbono. A diminuição da fotossíntese pelo estresse hídrico ocorre através do decréscimo no suprimento de RuBP (ribulose-1,5-bifosfato) ocasionado pela baixa quantidade de ATP (adenosina trifosfato), conseqüência do decréscimo da ATP sintase, enzima essa suscetível à desidratação celular (Tezara et al., 1999). Plantas de eucalipto quando submetidas a estresse hídrico apresentaram menores taxas de fotossíntese e, conseqüentemente, menor produção de massa seca (Vellini et al., 2008). Nogueira et al. (2001) registraram uma diminuição nas taxas de transpiração e um aumento na resistência difusiva em aceroleiras (*Malpighia emarginata* D.C.) na estação seca, quando comparadas à estação chuvosa. Matos et al. (2003) estudando o comportamento de mudas de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) submetidas a estresse registraram uma diminuição na transpiração e condutância estomática. Nesse estudo também se verificou o acúmulo de prolina nas plantas que estavam sob estresse.

Outras conseqüências da deficiência hídrica são as alterações nas características biofísicas e bioquímicas do processo metabólico, com redução no metabolismo de proteínas (Santos & Carlesso, 1998; Matos et al., 2003). Carvalho (2005) observou que plantas de paricá (*Schizolobium amazonicum*) e guapuruvu (*Schizolobium parahyba*) quando submetidas à deficiência hídrica apresentaram acúmulo de aminoácidos livres e de açúcares solúveis, provavelmente decorrente da restrição à síntese de proteínas e da hidrólise das reservas de amido. Apesar dos efeitos negativos apontados anteriormente, a ocorrência de déficit hídrico pode ser importante para algumas culturas, como manga (*Mangifera indica* L.) e café (*Coffea arabica* L.), pois serve como evento chave para a ocorrência da floração (DaMatta, 2007).

As plantas desenvolveram várias estratégias com a finalidade de retardar o déficit hídrico, tais como: absorção de água mais eficiente, redução da superfície transpirante, alta capacidade de condução e armazenamento de água. A absorção mais eficiente de água é obtida por um profundo sistema radicular capaz de absorver água a vários metros de profundidade. A capacidade de transporte aperfeiçoada ocorre pela formação de uma grande área do sistema de condução, devido à maior quantidade de xilema e densa venação das folhas. Algumas espécies são capazes de armazenar água em seus caules, folhas (espécies suculentas), bulbos e tubérculos. A redução da superfície transpirante ajuda na

conservação da água. Essa diminuição pode ocorrer por meio de fechamento temporário dos estômatos, presença de estômatos de tamanho reduzido, estômatos localizados na parte inferior da folha, recobertos sob uma densa camada de pêlos ou em depressões, presença de uma epiderme e parede celular densamente cutinizada, além de uma camada espessa de cera (Larcher, 2006).

A abertura ou fechamento dos estômatos é condicionado pela absorção ou perda de água pelas células-guarda. Essa perda de água para a atmosfera ocorre por evaporação. Com o decréscimo do turgor ocorre o fechamento hidropassivo dos estômatos. Outro mecanismo de regulação dos estômatos é o fechamento hidroativo, no qual ocorre a interferência do ácido abscísico (Raven et al., 2001; Pimenta, 2008; Taiz & Zeiger, 2009).

A redução do tamanho foliar ocorre devido à contração celular e afrouxamento das paredes celulares provocado pelo menor conteúdo de água na planta. Em consequência, a transpiração é reduzida, conservando o suprimento limitado de água no solo por um período maior. Outros mecanismos que auxiliam na redução de área transpirante é o enrolamento das folhas e a abscisão total ou parcial das folhas (Larcher, 2006; Taiz & Zeiger, 2009).

Lima Filho & Silva (1988) analisaram alguns aspectos fisiológicos do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) na estação seca e chuvosa. Nesse estudo, verificaram um aumento da resistência dos estômatos a partir das 7h, no período seco, reduzindo imediatamente a transpiração do umbuzeiro, enquanto no período das chuvas esse aumento na resistência só ocorre após 13h, quando as condições ainda eram favoráveis a uma grande demanda evapotranspiratória. Os autores concluem que o umbuzeiro exerce rígido controle da transpiração através dos estômatos, promovendo uma acentuada economia de água.

Lima Filho (2004) analisando as trocas gasosas do umbuzeiro sob condições semi-áridas, durante o período seco e chuvoso, constatou que ocorrem no período chuvoso dois picos de trocas gasosas nessa espécie, um no início da manhã (8 - 10 h) e outro no final da tarde (16 h). No mesmo experimento, foram observadas reduções na condutância estomática a partir das 10h e uma recuperação às 16h. Consequentemente, houve redução nas taxas de transpiração e fotossíntese. Essa redução coincide com os picos de temperatura e déficit de pressão de vapor. Na estação seca, o umbuzeiro apresentou baixa condutividade estomática no início do dia, e essa taxa foi decrescendo à medida que aumentou o déficit de pressão de vapor.

Lima Filho (2007) analisou o estado hídrico e as trocas gasosas em umbuzeiros propagados por sementes e por estacas submetidos a déficit hídrico, no qual constatou que plantas obtidas a partir de sementes possuíam potencial hídrico foliar significativamente superior ao das plantas propagadas por estaquia. Também encontrou uma menor redução do potencial hídrico nas plantas oriundas de sementes. Esse resultado foi atribuído ao papel dos xilopódios (Figura 1), que permitiram que a redução do potencial fosse menor quando comparado ao das plantas propagadas por estaquia, que não possuíam xilopódios. O mesmo autor, também encontrou valores maiores de condutância, transpiração e fotossíntese para as plantas propagadas a partir de sementes.



**Figura 1: Presença de xilopódio em mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda)**

A acumulação de compostos orgânicos sobre condições de estresse hídrico ou salino ocorre em muitas plantas, dessa forma permite que as células mantenham o turgor, com pouco fechamento estomático (Munns, 1988). Esse ajustamento osmótico propicia um aumento na osmolaridade celular acompanhado pelo influxo de água para o seu interior, ou pelo menos reduz a sua saída. Visto que todas as estruturas subcelulares necessitam existir em meio aquoso, a tolerância à desidratação também depende da capacidade celular na manutenção da integridade das membranas e prevenção da desnaturação das proteínas (Hare et al., 1998).

Os solutos compatíveis possuem peso molecular baixo e não são tóxicos em altas concentrações celulares, entre estes solutos estão a prolina, glicina betaína, polióis,

sacarose, alaninabetaina, prolinabetaína. O aumento dos níveis de prolina ocorre em diversas espécies submetidas a estresses hídricos e salinos, tendo como papel o ajuste osmótico e a proteção de estruturas subcelulares. Apesar da forte correlação entre a acumulação de prolina e o aumento da tolerância ao estresse, essa relação pode não ser aplicada a todas as espécies. Em alguns casos o aumento dos níveis desse aminoácido apenas indica a ocorrência de injúrias na planta (Ashraf & Foolad, 2007).

O aumento na produtividade das culturas que possuem a capacidade de realizar o ajuste osmótico, quando expostas a estresses ambientais, não foi verificado na revisão realizada por Serraj & Sinclair (2002), pois quando foi observada uma resposta positiva, o nível de produção foi extremamente baixo e inviável para as condições da agricultura moderna. Os mesmos autores apontam que a única vantagem observada nesse estudo ocorre ao nível do sistema radicular, onde o ajuste osmótico permite a continuidade e, até mesmo, o aumento do desenvolvimento em extensão do sistema radicular permitindo que este atinja zonas úmidas do solo.

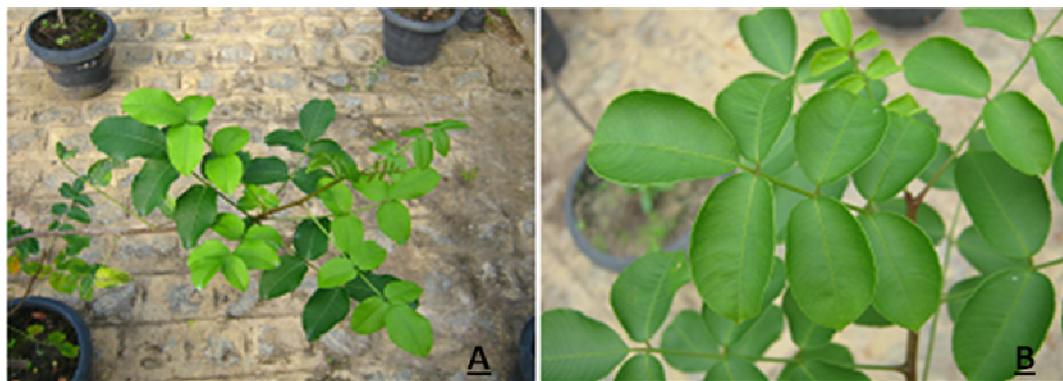
A forma como as plantas percebem o secamento do solo ainda não possui uma resposta unânime, existem duas correntes, a primeira atribui aos sinais hídricos foliares o mecanismo de fechamento estomático uma vez que os primeiros sinais de estresse se manifestam na parte aérea, enquanto a outra aponta para sinais químicos oriundos das raízes, principalmente o ácido abscísico (Streck, 2004).

### **2.3- *Spondias tuberosa* Arruda**

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) é uma importante frutífera que ocorre naturalmente na região do semi-árido do Brasil. A maior ocorrência é nos locais com pluviosidade entre 400 e 800mm, temperatura do ar variando entre 12°C e 38°C e insolação de 2000 a 3000 horas por ano (Duque, 2004). Os frutos são consumidos pelas populações rurais e pelos animais silvestres.

A palavra imbu e a sua variação umbu têm origem na língua tupi-guarani, “Y’ m’bu”, que significa árvore que dá de beber, esse significado refere-se à reserva de água presente nos xilopódios (Neves & Carvalho, 2005).

As características morfológicas da espécie são: altura entre 4 a 7m; tronco muito curto, revestido por casca lisa, 40 a 60cm de diâmetro; a copa é baixa e possui grande número de ramificações, podendo atingir cerca de 10m de diâmetro; folhas compostas, com 3 a 7 folíolos membranáceos (Figura 2). No sistema radicular, apresenta raízes longas, espalhadas, presença de túberas, xilopódios, com capacidade de armazenamento de água. Flores alvas, cheirosas, em panículas de 10 a 15cm de comprimento. O fruto é uma drupa, com comprimento entre 1,2 e 2,7cm e diâmetro entre 2,0 e 4,0cm, peso entre 10 e 20g, redonda, ovóide ou oblonga, amarelo-esverdeada quando madura, de pericarpo coriáceo e polpa branco esverdeada (Braga, 1976; Lorenzi, 1998; Neves & Carvalho, 2005).



**Figura 2: Folhas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda). Folhas composta, com 5 folíolos **A** e **B** com 7 folíolos.**

O centro de alta diversidade da espécie está localizado nas Caatingas dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e a Chapada Diamantina na Bahia (Giacometti, 1993).

A dispersão do umbuzeiro é inicialmente autocórica e, secundariamente, zoocórica, sendo as principais espécies de dispersores: o veado-catingueiro (*Mazama gouazoubira*), a cotia (*Dasyprocta cf. prymnolopha*), o caititu (*Tayassu tajacu*), a raposa (*Dusicyon thous*), o teiú (*Tupinambis merianae*), o tatu-peba (*Euphractus sexcinctus*); e na Caatinga degradada o caprino (*Capra hircus*) (Cavalcanti et al., 2009). A dispersão hidrocórica através de riachos temporários também foi registrada. Apesar dessas formas de dispersão, a regeneração do umbuzeiro é baixa (Cavalcanti et al., 2009).

Essa espécie destaca-se pelo seu potencial para cultivos comerciais, pois serve tanto para a alimentação humana, quanto para suplementação alimentar de animais, especialmente caprinos e ovinos, que possuem rebanhos significativos nesta região (Cavalcanti et al., 2002a).

O umbu possui grande importância para a população rural da região por possibilitar fonte de renda e absorção de mão-de-obra no período de safra. A colheita dos frutos que ocorre, geralmente, de janeiro a março, constitui-se como uma renda alternativa para os agricultores familiares. Nesse período, a colheita é a atividade responsável pela absorção da maior parte da mão-de-obra das famílias rurais. A colheita do umbu nas safras de 2001 a 2003 no município de Jaguari/BA, gerou uma renda média de R\$ 310,42 por pessoa (Cavalcanti et al., 2006a). Esses valores poderiam ser ainda maiores se os frutos fossem beneficiados ou vendidos diretamente pelos catadores, evitando os atravessadores que atualmente ficam com uma boa parte da renda obtida com a coleta do umbu.

O umbu pode ser aproveitado para consumo *in natura*, suco, imbuçada, polpa, geléias, sorvetes e doces. A imbuçada é uma receita tradicional e muito apreciada pelos sertanejos, na qual frutos verdes são cozidos, em seguida, despulpados e misturados ao leite, sendo adocicados com açúcar ou rapadura (Braga, 1976). O fruto do umbuzeiro é rico em vitamina C (ácido ascórbico), atinge valores de até 42,47mg.100g<sup>-1</sup> (Lopes, 2007). O xilopódio também é aproveitado para a produção de doces, principalmente, nos estados da Bahia e Pernambuco.

Cavalcanti et al. (2002b) estudaram o efeito da retirada de xilopódios sobre a frutificação do umbuzeiro. Nesse experimento, a cada safra foram retirados os xilopódios de um quadrante (2m x 4m) distante 1 metro do caule. Observou-se que a retirada dos xilopódios não é fator limitante para a frutificação. O número médio de xilopódios removidos por quadrante foi 91,81, mas houve uma grande variabilidade no número de xilopódios variando entre 21 a 328 por quadrante. Porém, os mesmos autores relatam que existe a necessidade de um período mais longo de pesquisas, inclusive com o estudo da recomposição do sistema radicular do umbuzeiro.

O umbuzeiro é uma planta bem adaptada à baixa pluviosidade da Caatinga graças à presença de xilopódios nas raízes, também conhecido popularmente por cafofas, cuncas ou batatas de umbu. Esse órgão é constituído por tecido lacunoso e armazena água, mucilagens, glicose, tanino, amido ácido, etc. Essas reservas nutrem a planta durante os períodos de seca. Braga (1976) relata que em períodos de fome aguda, os habitantes dos sertões aproveitam os xilopódios para matar a sede e a fome. As raízes superficiais exploram profundidades superiores a 1 m de profundidade. Outra adaptação que auxilia na resistência aos períodos de déficit hídrico é o mecanismo de abscisão foliar, ao final do

período chuvoso, para evitar a transpiração, conseqüentemente economizando água (Neves & Carvalho, 2005; Duque, 2004).

A unidade de dispersão do umbuzeiro possui três camadas denso-fibrosas que dificultam a penetração de água e, conseqüentemente, a germinação. A dormência das sementes de umbuzeiro é considerada primária sendo superada após um período de armazenamento (Almeida, 1987 *apud* Cavalcanti et al., 2006b). Segundo Cavalcanti et al. (2006b), sementes armazenadas em condições ambientais por seis meses, um ano, dois e três anos apresentaram porcentagem de germinação, respectivamente de 68%, 47%, 78% e 83%, e após esse período existe uma queda nessa porcentagem. Nesse mesmo trabalho, foi observado que a emergência das plântulas de *Spondias tuberosa* iniciou-se entre 10 a 21 dias após a semeadura.

A propagação do umbuzeiro é realizada, na maioria dos casos, através de sementes e as plantas levam cerca de 10 anos para entrarem em produção. O índice de germinação é geralmente baixo entre 30 a 40%, com a germinação ocorrendo entre 12 e 90 dias (Neves & Carvalho, 2005). Campos (1986) recomendou que para a uniformização da germinação fosse realizado um corte em forma de bisel na parte distal da semente, eliminando a resistência mecânica exercida pelo endocarpo. A principal vantagem da propagação por sementes é a formação de xilopódios logo no primeiro ano posterior à germinação. Essa mesma facilidade não foi encontrada nas plantas propagadas a partir de estacas. Cavalcanti et al. (2002a) observaram que o solo das áreas de ocorrência natural é o melhor para a emergência de plântulas de umbuzeiro, permitindo um maior desenvolvimento em altura e diâmetro do caule, enquanto a aplicação de esterco misturado ao solo da região permitiu um maior acúmulo de matéria seca e verde.

Outros métodos de propagação são a enxertia e estaquia que trazem como vantagem a possibilidade de selecionar a fonte desse material, ou seja, plantas com características comerciais desejáveis e permitem que o início da frutificação ocorra mais precocemente, cerca de 4 anos (Neves & Carvalho, 2005). Segundo Souza (2007), a utilização dessas técnicas de propagação assexuada para as *Spondias* possibilitaria a seleção de matrizes com as características de menor porte, maior qualidade dos frutos, precocidade e homogeneidade de produção, ou seja, um grande avanço tecnológico da produção de mudas clonadas. Segundo a mesma autora, o emprego da técnica de estaquia utilizando ramos lenhosos de umbuzeiro de 20 cm de comprimento e com diâmetro entre 3 e 4 cm em substrato de areia e composto orgânico apresentaram baixos valores de enraizamento,

mesmo com o emprego de ácido indolbutírico (AIB) nas doses de 0; 872,35; 3000 e 6000 mgL<sup>-1</sup>.

O enriquecimento de áreas de Caatinga com uma maior densidade de umbuzeiro pode ser uma alternativa para a conservação da vegetação nativa e geração de renda para as comunidades locais. Segundo Araújo et al. (2001), por hectare de Caatinga pode-se plantar cerca de 100 plantas através de um espaçamento 10 x 10m. Essas mudas podem ser enxertadas com plantas com alta produtividade e tamanho de frutos maiores, o que permitiria um incremento ainda maior na renda obtida.

A exploração dessa frutífera na forma de plantios comerciais ainda é incipiente, até o momento, poucos estudos estão sendo desenvolvidos com o objetivo de selecionar plantas com alta produtividade, com frutos com características físicas e químicas que agradem o mercado consumidor (Neves & Carvalho, 2005).

### 3- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, U. P.; ANDRADE, L. H. C. Uso de recursos vegetais da caatinga: o caso do agreste do estado de Pernambuco (Nordeste do Brasil). **Interciência** v.27, p. 336-346, 2002.

ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, v.22, n.3,p. 126-135, 2009.

ARAÚJO, F. P; CAVALCANTI, N. B.; PORTO, E. R. ; SANTOS, C. A. F. Enriquecimento da caatinga com clones de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr.) selecionados para maior tamanho de fruto. **III Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-Árido**. Petrolina, 2001.

ASHRAF, M.; FOOLAD, M.R. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. **Environmental and Experimental Botany**, v.59, p.206-216, 2007.

BAJJI, M.; LUTTS, S.; KINET, J. M. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. **Plant Science**, v. 160, p. 669-681, 2001.

BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. 3ªed. Natal: Ed. Universitária UFRN, 1976. p.284-286.

CAMPOS, C. O. **Estudo da quebra de dormência da semente de umbuzeiro (*Spondias tuberosa*, Arr. Cam.)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza: 1986. 71p.

CARVALHO, C. J. R. Respostas de plantas de *Schizolobium amazonicum* [*S. parahyba* var. *amazonicum*] e *Schizolobium parahyba* [*Schizolobium parahybum*] à deficiência hídrica. **Revista Árvore**, v.29, n. 6, p. 907-914, 2005.

CASTELLETTI, C. H. M.; SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; SANTOS, A. M. M. Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar. In SILVA, J.M.C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M.T. LINS, L.V. (orgs.) **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília : Ministério do Meio Ambiente, 2003. 382p.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M.; LIMA BRITO, L. T. Emergência e crescimento do imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) em diferentes substratos. **Revista Ceres**, v.49, n. 282, 2002a.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M.; LIMA BRITO, L. T. Levantamento da produção de xilopódio e os efeitos de sua retirada sobre a frutificação e persistência de plantas nativas de imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.). **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, n.5, p.927-942, 2002b.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M.; BRITO, L. T. L. Colheita e comercialização de frutos do imbuzeiro pelos agricultores da região semi-árida do Nordeste. **Revista de Política Agrícola**, v.15, n. 2, p. 81-88, 2006a.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M.; DRUMOND, M. A. Período de dormência de sementes de imbuzeiro. **Revista Caatinga**, v.19, n.2, p.135-139, 2006b.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M.; BRITO, L. T. L. Regeneração natural e dispersão de sementes do imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) no sertão de Pernambuco. **Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 342-357, 2009.

DAMATTA, F. M. Ecophysiology of tropical tree crops: an introduction. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n.4, p. 239-244, 2007.

DUQUE, J. G. **O Nordeste e as lavouras xerófilas**. 4 ed. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2004. p. 279-284.

EGLER, W. A. Contribuição ao estudo da Caatinga pernambucana. I Reunião Pan-Americana de Consulta sobre Geografia. Rio de Janeiro, 1949. In: LISBOA, P.L.B.; EGLER, C. A. G.; OVERAL, W. L (org.) **Coletânea de trabalhos de Walter A. Egler**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, CNPq, MCT, 1992. 177p.

EMBRAPA. **Cultivo do Umbuzeiro**. Instruções técnicas da Embrapa Semi-árido, n.24. Petrolina: Embrapa, 2000.

FRANCO, E. **Biogeografia do Estado Sergipe**. Aracaju: Segrase, 1983. p. 107-114.

FERNANDES, A.; BEZERRA P. **Estudo Fitogeográfico do Brasil**. Stylus Comunicações: Fortaleza, 1990. p.159-184.

FONSECA, M. R. **Análise da vegetação arbustivo-arbórea da caatinga hiperxerófila do noroeste do estado de Sergipe**. Tese de doutorado. Unicamp, Campinas: 1991. 187p.

GIACOMETTI, D. C. Recursos genéticos de fruteiras nativas do Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECURSOS GENÉTICOS DE FRUTEIRAS NATIVAS. **Resumos ...** Cruz das Almas: EMBRAPA/CNPMPF, 1993. p. 13-27.

GIULIETTI, A. M.; BOCAGE NETA, A. L.; CASTRO, A. A. J. F.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; VIRGÍNIO, J. F.; QUEIROZ, L. P.; FIGUEIREDO, M. A.; RODAL, M. J. N.; BARBOSA, M. R. V. HARLEY, R. M. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. In: SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T. LINS, L. V. (orgs.). **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília : Ministério do Meio Ambiente, 2003. 382p.

HARE, P. D.; CRESS, W. A.; VAN STADEN, J. Dissecting the role of osmolyte accumulation during stress. **Plant, Cell and Environment**, n.21, p.535-553, 1998.

JANZEN, D. H. Florestas tropicais secas: o mais ameaçado dos grandes ecossistemas tropicais. In: WILSON, E. O.; PETER, F. M.(eds.). **Biodiversidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. 657p.

JOLY, C. A.; AIDAR, M. P. M.; KLINK, C. A.; McGRATH, D. G.; MOREIRA, A. G.; MOUTINHO, P.; NEPSTAD, D. C.; OLIVEIRA, A. A.; POTT, A.; RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B. Evolution of the Brazilian phytogeography classification systems: implications for biodiversity conservation. **Ciência e Cultura**: n.51, p331-348, 1999.

KAUFFMAN, J. B.; SANFORD, R. L.; CUMMINGS, D. L.; SALCEDO, I. H.; SAMPAIO, E. V. S. B. Biomass and nutrient dynamics associated with slash fires in neotropical dry forest. **Ecology**, v.74, n.1, p. 140-151, 1993.

KRAMER, P. J. **Water relations of plants**. San Diego: Academic Press, 1983. p. 342-415.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2006. p. 341-419.

LIMA FILHO, J. M. P.; SILVA, C.M.M.S. Aspectos fisiológicos do umbuzeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**., v.10,n.23, p1091-1094,1988.

LIMA FILHO, J. M. P. Gas exchange of the umbu tree under semi-arid conditions. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, n2, p206-208, 2004.

LIMA FILHO, J. M. P. Water status and gas Exchange of umbu plants (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) propagated by seeds and stem cuttings. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v29, n. 2, p.355-358,2007.

LOPES, M. F. **Fisiologia da maturação e conservação pós-colheita do acesso umbu-laranja (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara)**. Dissertação (Mestrado). João Pessoa: UFPB, 2007. 123p.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2.ed., v.1, São Paulo: Plantarum, 1998.45 p.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: Ed. UFV, 2007. 469 p.

MATOS, N. N.; JÚNIOR, A. C. T.; SILVEIRA, J. A. G. Influência do porta-enxerto no comportamento fisiológico do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) submetidas a estresses. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, n.1, p.27-31, 2003.

MUNNS, R. Why measure osmotic adjustment? **Australian Journal of Plant Physiology**, v.15, n. 6, p.717-726, 1988.

NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G. **Tecnologia da produção do imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.)**. Lavras: Universidade Federal de Lavras-UFLA, 2005. 100p.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos ambientais, 1989. p.315-362.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J.A.P.V.; BURITY, H. A. Curso diário e sazonal das trocas gasosas e do potencial hídrico foliar em aceroleiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n. 7, p. 1331-1342, 2001.

PIMENTA, J. A. Relações Hídricas. In: KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p. 1-32.

PRADO, D. E. As Caatingas da América do Sul. In: LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C.(ed.) **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003. 822p.

PRIMACK, R., RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina: E. Rodrigues, 2001. 328p.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. p. 720-739.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 1997. p. 515-530.

SANTOS, R. F., CARLESSO R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.3, p.287-294, 1998.

SERRAJ, R.; SINCLAIR, T. R. Osmolyte accumulation: can it really help increase crop yield under drought conditions? **Plant, Cell and Environment**, v.25, p. 333-341, 2002.

SHAO, H. B; CHU, L. Y.; JALEEL, C. A.; ZHAO, C. X. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus Biologies**, v. 331, p. 215-225, 2008.

SOUZA, E. P. **Propagação da cajazeira e do umbuzeiro por meio de estaquia, alporquia e enxertia**. Dissertação (Mestrado). Areia: UFPB, 2007. 105p.

STRECK, N. A. Do we know how plants sense a drying soil? **Ciência Rural**, v.34, n.2, p. 581-584, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009. p. 613-622.

TEZARA, W.; MITCHELL, V. J.; DRISCOLL, S. D.; LAWLOR, D. W. Water stress inhibits plant photosynthesis by decreasing coupling factor and ATP. **Nature**, v.401, p. 914-917, 1999.

VELLINI, A. L. T. T.; PAULA, N. F. ;ALVES, P. L. C. A.; PAVANI, L. C.; BONINE, C. A. V.; SCARPINATI, E. A.; PAULA, R. C. Respostas fisiológicas de diferentes clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação. **Revista Árvore**, v.32, n. 4, p.651-663, 2008.

## RESPOSTAS ECOFISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS DO UMBUZEIRO (*Spondias tuberosa* Arruda) À DEFICIÊNCIA HÍDRICA

**Resumo** - O objetivo deste trabalho foi investigar as alterações no balanço hídrico, aspectos bioquímicos foliares e trocas gasosas em plantas jovens de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) submetidas a diferentes intensidades de déficit hídrico e a sua recuperação após a reidratação. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e consistiu de três tratamentos (T0 – plantas testemunhas mantidas aproximadamente na capacidade de pote; T1 – reposição de 50% da água perdida pela evapotranspiração diária e T2 – reposição de 25% da água perdida pela evapotranspiração) e cinco repetições por tratamento. Avaliaram-se o potencial hídrico foliar, fotossíntese, condutância estomática, transpiração, temperatura foliar e teores de proteínas solúveis, açúcares solúveis, prolina, clorofila *a*, *b* e total. A variação do potencial hídrico foi pequena em todos os níveis de reposição de água. As plantas dos tratamentos com déficits hídricos apresentaram reduções nos valores de fotossíntese, transpiração e condutância estomática. T2 apresentou valores de fotossíntese próximos a zero após 12 dias, enquanto T1 apresentou esses valores no 25º dia de avaliação. Os valores dos solutos orgânicos apresentaram oscilações durante o período experimental, mas não foi possível atribuir à restrição hídrica, pois esses resultados ocorreram em todos os tratamentos. O umbuzeiro apresenta comportamento isoídrico mantendo elevado potencial hídrico foliar durante o período de estresse hídrico.

Palavras-chave: déficit hídrico, trocas gasosas e teores bioquímicos (solutos orgânicos)

### Ecophysiological and biochemical responses of umbu tree (*Spondias tuberosa* Arruda) to water deficit

**Abstract** – The aim of this work was to investigate the alterations on the water balance, some leaf biochemical aspects and gas exchange in young umbu plants (*Spondias tuberosa* Arruda) submitted to different water deficit intensity and its recover after rehydration. A randomized experimental design was used with three treatments (T0- control plants maintained near to field capacity; T1 - replacement of 50% of the lost water for the daily evapotranspiration and T2 - replacement of 25% of the lost water for the evapotranspiration) and five replications per treatment. Leaf water potential, photosynthesis, stomatal conductance, transpiration, leaf temperature, soluble proteins, soluble carbohydrates, proline, and *a*, *b* and total chlorophyll content were evaluated. A short variation in the leaf water potential was verified in all replacement water levels. Plants under water deficits treatments showed reductions in photosynthesis, transpiration and stomatal conductance. T2 reached values near zero to photosynthesis after 12 days while T1 reached these values after 25 days of evaluation. Variations in organic solutes values were observed during all experimental period long; however it was not possible to relate these results to water restriction, because it did occur in all treatments. Umbu plants presented an isohydric behavior maintaining high leaf water potential during the water stress period.

Key-words: water deficit, gas exchange, biochemical content (organic solutes)

## 1-INTRODUÇÃO

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) é uma planta nativa da Caatinga, pertencente à família Anacardiaceae, adaptada às condições de baixa disponibilidade hídrica através da caducifolia ao final do inverno, além do armazenamento de água e nutrientes nos xilopódios, essa reserva garante a sobrevivência do indivíduo, bem como a produção de frutos durante a estação seca (CAVALCANTI et al., 2000; DUQUE, 2004).

O umbuzeiro é uma árvore com altura entre 4 a 7m, copa arredondada que pode atingir cerca de 10m de diâmetro. O fruto, umbu ou imbu, é uma drupa rica em vitaminas A e C, com peso variando entre 14,6 e 41,3g, pode ser consumido *in natura*, bem como na forma de refrescos, sucos, sorvete, geléias e polpas (SANTOS, 1997; EPSTEIN, 1998). A colheita dos frutos é uma das principais atividades e fontes de renda para os pequenos agricultores no período da seca. Essa produção é, em grande parte extrativista, pois ainda são poucos os plantios comerciais de umbuzeiro. O agronegócio do umbuzeiro movimenta anualmente cerca de 6 milhões de reais (ARAÚJO, 2008).

O estresse hídrico é uma das formas de estresses ambientais que as plantas estão expostas, pode ocorrer devido ao excesso ou déficit de água. Considerado o principal problema da agricultura, o estresse hídrico interfere adversamente no crescimento e na produtividade das culturas (SHAO et al., 2008). A deficiência hídrica é o mais comum estresse hídrico e provoca alterações em todos os processos vitais da planta, como a redução da fotossíntese e respiração, fechamento dos estômatos, alteração da relação de crescimento da parte aérea e raiz e, em casos de estresse severo e prolongado, provoca a desorganização do protoplasma e a morte do organismo (LARCHER, 2004; PIMENTA, 2008). O estabelecimento do déficit hídrico de forma abrupta ou lenta influencia a capacidade de resposta das plantas (SANTOS e CARLESSO, 1998).

As plantas desenvolveram mecanismos adaptativos ao estresse hídrico, nas espécies com comportamento isoídrico existe um forte controle estomático, como forma de contribuir para a manutenção de um potencial hídrico foliar sem variações significativas entre a estação seca e chuvosa (GOLDSTEIN et al., 2008).

O ajuste osmótico é uma resposta das plantas ao estresse hídrico. A síntese de compostos orgânicos nitrogenados e a conversão do amido em carboidratos solúveis ocasiona a acumulação de substâncias orgânicas de baixo peso molecular nos

compartimentos celulares e no citosol, possibilitando a manutenção da pressão de turgor (TURNER, 1986; BUCCI et al., 2008). Esse ajuste é importante ecologicamente para a sobrevivência da planta, mas o ajuste osmótico não apresenta correlações com aumento de produtividade em termos economicamente viáveis (SERRAJ e SINCLAIR, 2002).

O trabalho teve por objetivo investigar as alterações no balanço hídrico, teores bioquímicos foliares e trocas gasosas do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) submetido a diferentes intensidades de déficit hídrico e a sua recuperação após a reidratação.

## 2- MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na estufa agrícola do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Sergipe, situado no município de São Cristóvão-SE. As mudas foram obtidas a partir da germinação de sementes maduras de umbuzeiro, coletadas no município de Itapicuru/BA, e produzidas em sacos de polietileno preto (10 x 20 cm), tendo como substrato terra vegetal (88% areia, 8% silte e 4% argila). As mudas, ao atingirem a idade de 45 dias, foram transplantadas para vasos com capacidade de 12L, contendo solo da área de ocorrência natural da espécie na qual foram coletadas as sementes. A adubação foi realizada conforme as necessidades apontadas pela análise do solo. As avaliações foram realizadas quando as plantas atingiram a idade de um ano.

O solo foi coletado no povoado Candial, situado no município de Itapicuru/BA. Apenas a camada inferior a 20 cm de profundidade foi utilizada como substrato para as mudas. A análise física e química do solo coletado foi realizado no Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS), na qual foi classificado como franco arenoso (74,72% areia, 7,38% argila e 17,90% silte). A análise química revelou que o solo continha 8,00 ppm P, 6,20 ppm Na<sup>+</sup>, 42,3 ppm K<sup>+</sup>, 1,24 cmolc/dm<sup>3</sup> Ca<sup>+2</sup>+Mg<sup>+2</sup>, 0,90 cmolc/dm<sup>3</sup> Ca<sup>+2</sup> e 0,15 cmolc/dm<sup>3</sup> Al<sup>+3</sup>.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, consistindo de três tratamentos (T0 – plantas testemunhas mantidas aproximadamente na capacidade de pote; T1 – reposição de 50% da água perdida pela evapotranspiração diária e T2 – reposição de 25% da água perdida pela evapotranspiração) e 5 repetições por tratamento. A reidratação das plantas ocorreu quando as mesmas atingiram taxas de fotossíntese próximas a zero. A partir deste momento o solo foi mantido aproximadamente na capacidade de pote e foi analisado a capacidade de recuperação das trocas gasosas aos níveis anteriores ao estresse.

As avaliações das trocas gasosas foram realizadas em folhas totalmente expandidas, sempre no mesmo horário, entre 10:00 e 11:00h, utilizando um analisador portátil de gás infravermelho, modelo CIRAS-2 (PPSystems Hitchin, UK) e as variáveis analisadas foram: fotossíntese ( $A$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), transpiração ( $E$ ), concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i$ ) e déficit de pressão de vapor (DPV).

O potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) foi medido antes do amanhecer e no horário das medições das trocas gasosas através de uma bomba de pressão modelo 3005 (Santa Bárbara Soil Moisture, USA), segundo a técnica descrita por Scholander et al. (1965).

Para a avaliação dos parâmetros bioquímicos (açúcares solúveis, proteínas solúveis e prolina livre) foram coletadas folhas completamente expandidas em cinco plantas por tratamento, entre 10 e 11 horas. Os folíolos coletados foram armazenados em sacos plásticos, devidamente etiquetados com o tratamento, e depositados em isopor com gelo. No laboratório foram extraídos discos foliares com um centímetro de diâmetro, que foram identificados, colocados em papel alumínio e armazenados em refrigerador.

Na determinação dos teores de açúcares solúveis das folhas empregou-se o método de Ashwell (1957). O teor de clorofila total ( $a$  e  $b$ ) foi determinado pelo método de Arnon (1949), o teor de proteínas solúveis pelo método de Bradford (1976) e prolina livre através do método de Bates et al. (1973).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os testes estatísticos foram realizados utilizando o programa GraphPad Prism 4.

Durante o período do experimento, a temperatura do ar na estufa agrícola teve uma média de 25°C, mínima 20°C e máxima 39°C, enquanto a umidade relativa média foi de 83%, mínima 32% e máxima 98%. O experimento foi realizado nos meses de julho e agosto de 2009.

### 3-RESULTADOS E DISCUSSÃO

No início do experimento, o potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ) médio antes do amanhecer nos três tratamentos (T0, T1 e T2) foi de -0,28MPa, -0,21MPa e -0,25MPa, respectivamente, enquanto que o potencial hídrico no horário de 10h foi T0= -0,34 MPa, T1= -0,45 MPa e T2= -0,58 MPa (Figura-1). Os valores antes do amanhecer ficaram próximos aos encontrados por Ribeiro (2007) que trabalharam com as espécies *Myrcia*

*lingua*, *Xylopia aromatica* e *Anadenanthera falcata* em condições de campo e na estação do ano com maior disponibilidade hídrica, essa autora encontrou os seguintes valores respectivamente, -0,17, -0,21 e -0,29MPa, porém os valores encontrados pela mesma autora no horário das 12h foram inferiores aos encontrados no umbuzeiro, *M. lingua* -1,54 MPa, *X. aromatica* -1,58MPa e *A. falcata* -2,05MPa. A menor variação no potencial hídrico do umbuzeiro antes do amanhecer e às 10h pode ser atribuída à presença de xilopódio e ao forte controle estomático exercido pelo umbuzeiro conforme Lima Filho (1988) e Silva (2008). Donato et al. (2007) obtiveram valores de potenciais hídricos antemanhã de -0,45MPa para mudas de citros formadas com porta-enxerto limoeiro 'Cravo'

*Citrus limonia* (L.) Osb.e copa laranjeira 'Bahia' *Citrus sinensis* (L.) Osb., cultivados em casa de vegetação e com o solo próximo à capacidade de campo. Após 12 dias de suspensão da rega, houve a redução dos valores para aproximadamente -1,54MPa.

Após 12 dias de estresse hídrico, o potencial hídrico do umbuzeiro antes do amanhecer, apresentou o valor de -0,27MPa para T2 diferindo estatisticamente dos demais tratamentos, T0 -0,21 MPa e T1 -0,22MPa, que não diferiram estatisticamente entre si. No mesmo dia, o menor  $\Psi_w$  às 10 h foi observado para o tratamento T2 (-0,35 MPa), seguido por T0 (-0,26 MPa) e T1 (-0,23MPa). Essa pequena redução do  $\Psi_w$ , mesmo com a reposição de água inferior a sua perda por evapotranspiração, deve-se ao fato de as reservas de água presentes nos xilopódios e o fechamento estomático serem responsáveis pela manutenção do estado hídrico (LIMA FILHO, 2001; SILVA, 2008). Lima Filho (2007) estudando plantas de umbuzeiro observou valores de potencial hídrico foliar de -0,88MPa em plantas propagadas por sementes e com suspensão de rega durante vinte dias, esses valores são bem inferiores aos obtidos neste trabalho, essa diferença pode ser atribuída a imposição de um estresse mais longo e severo devido a suspensão da rega.

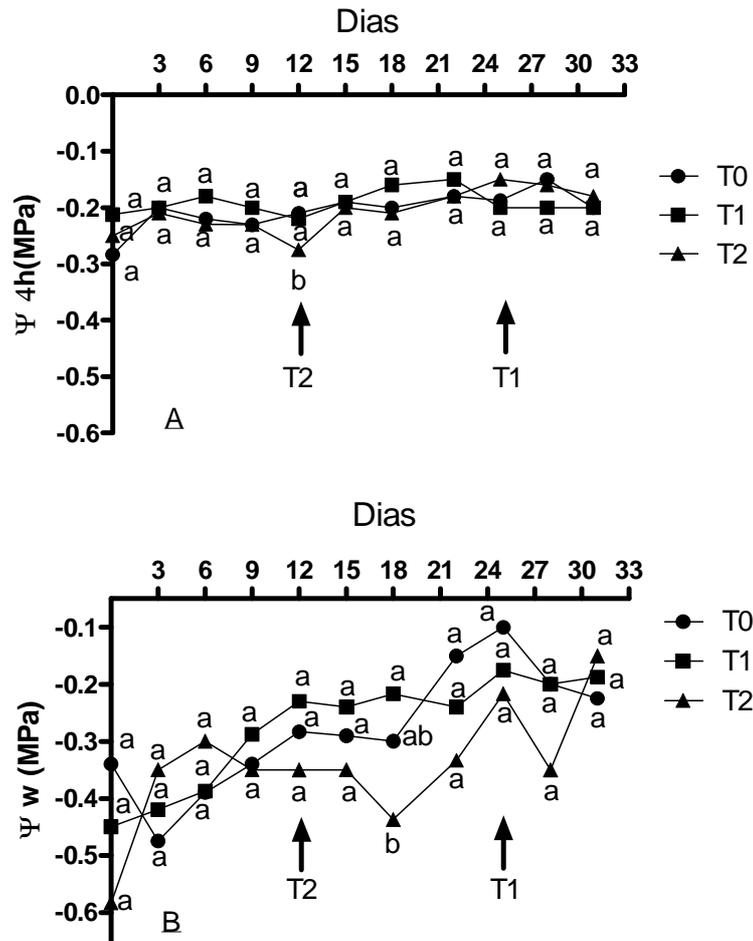


Figura 1- Potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ) em plantas jovens de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) submetidas a diferentes déficit hídricos antes do amanhecer (A) e às 10 horas (B). T0= 100% reposição, T1= 50% reposição e T2= 25% reposição da água perdida por evapotranspiração. Valores seguidos das mesmas letras entre os tratamentos de reposição hídrica não diferem significativamente, pelo teste de Tukey ( $P<0,05$ ).

Figure 1- Predawn (A) and at 10 h (B) leaf water potential ( $\Psi_w$ ) in young plants of umbu tree (*Spondias tuberosa* Arruda) under different water deficit. T0 = 100%, T1 = 50% and T2 = 25% replacement of water lose through evapotranspiration. Values followed by the same letters among the water replacement treatments do not significantly differ by Tukey's test ( $P<0.05$ ).

As plantas do tratamento T2 foram reidratadas no 12º dia, pois apresentaram taxas de fotossíntese líquida próxima a zero e permaneceram com reposição de 100% da água perdida por evapotranspiração até o final do experimento.

Decorridos 25 dias do início do experimento, o potencial hídrico foliar antes do amanhecer em T1 foi de -0,20 MPa, seguido por T0 (-0,18MPa) e T2 (-0,15 MPa). No horário das 10h, o menor potencial hídrico foi observado em T2 (-0,21MPa), seguido por T1 (-0,18MPa) e T0 (-0,10 MPa) (Figura 1). A redução do potencial hídrico foliar em plantas bem hidratadas, como as plantas do T2, a níveis inferiores aos das plantas com déficits hídricos, também foi observado por Silva (2008) em plantas de umbuzeiro. Essa redução foi decorrente da diferença de velocidade entre a perda da água pela parte aérea e a absorção e transporte de água pelo sistema radicular.

A manutenção do potencial hídrico foliar acima de um limiar crítico ao longo do período de estresse é característico de espécies com comportamento isoídrico (BUCCI et al., 2008; GOLDSTEIN et al., 2008). O controle estomático permite que o  $\Psi_w$  seja similar em plantas sob déficit hídrico e bem hidratadas (TARDIEU e SIMONNEAU, 1998). Os resultados presentes nesse artigo reforçam a sugestão de Silva (2008) sobre o comportamento isoídrico do umbuzeiro.

Os valores da fotossíntese líquida (A) (Figura-2) no início do experimento foram  $15,73 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ,  $14,26 \mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$  e  $16,30 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$  para os tratamentos T0, T1 e T2, respectivamente. Esses valores de fotossíntese são superiores aos encontrados por Araújo (2006) em mangueira (*Mangifera indica* L.) das cultivares Tommy Atkins ( $6,37 \mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) e Haden ( $6,89 \mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), cultivadas em sacos de polietileno com capacidade de 4,6 L de solo e irrigadas adequadamente. Também são superiores aos encontrados por Vellini et al. (2008) em diversos clones de eucalipto cultivados em vasos e sob irrigação diária, no qual o valor médio foi  $9,31 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

As taxas de fotossíntese líquida em T1 e T2 decresceram conforme os dias de estresse hídrico. A reposição de 25% da água perdida por evapotranspiração provocou uma redução mais rápida. No 12º dia a taxa de fotossíntese em T2 chegou próximo a zero, enquanto T0 e T1 apresentavam respectivamente os seguintes valores, 21,96 e 16,96  $\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Gonçalves et al. (2009) obtiveram o valor médio de  $0,9 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$  de fotossíntese líquida em plantas jovens de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) submetidas a supressão de rega durante 14 dias. O tratamento com reposição de 50% apresentou uma redução mais lenta da taxa de fotossíntese. Os valores de A ficaram próximos a zero após

25 dias. Lima Filho (2004) também observou valores de fotossíntese líquida próximas a zero em plantas de umbuzeiro em condições de campo na estação seca.

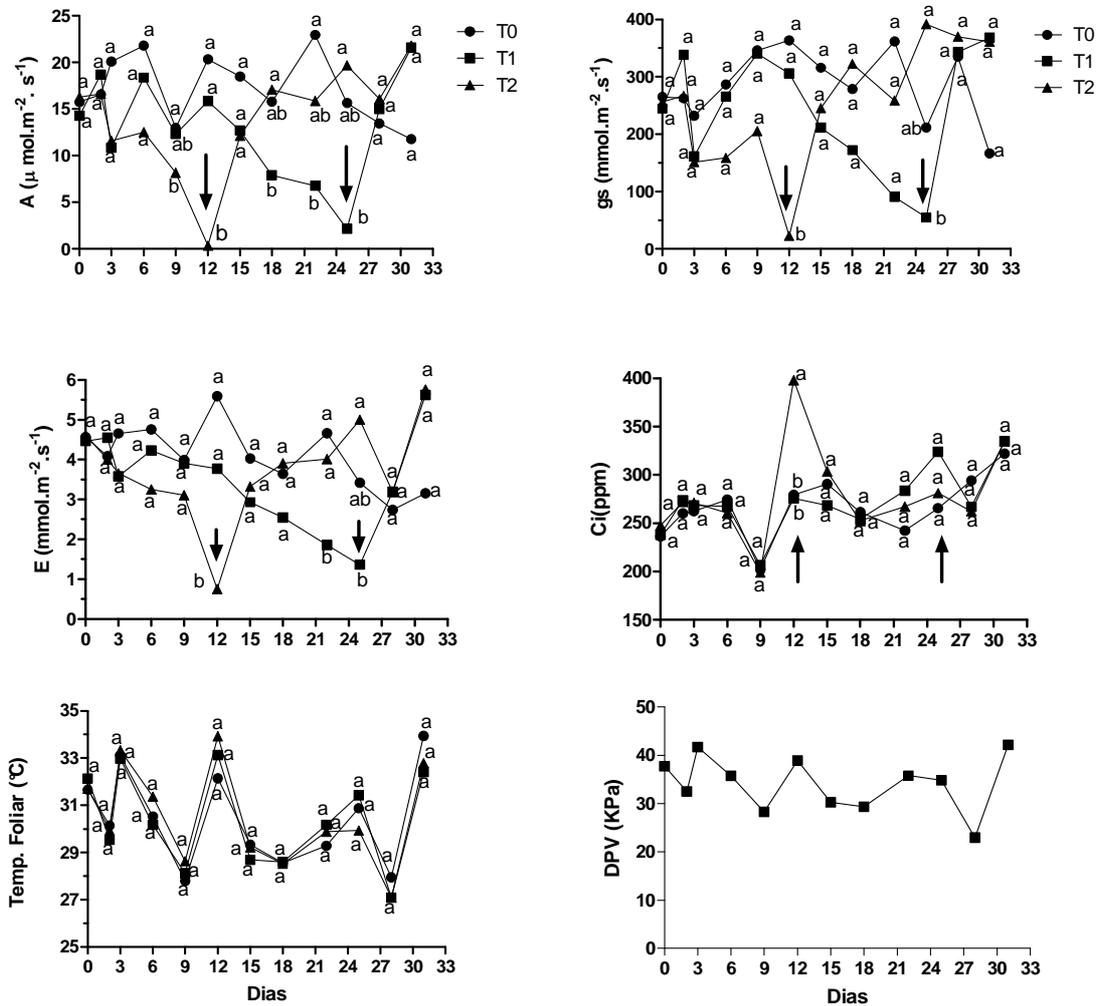


Figura 2- Taxa de fotossíntese (A), condutância estomática (gs), transpiração (E), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), temperatura foliar (TF) em plantas jovens de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) submetidas a diferentes níveis de déficit hídrico. Déficit de pressão de vapor (DPV). Valores seguidos das mesmas letras entre os tratamentos de reposição hídrica não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05). T0= 100% reposição, T1= 50% reposição e T2= 25% reposição da água perdida por evapotranspiração.

Figure 2- Net photosynthesis rate (A), stomatal conductance (gs), transpiration (E), internal carbon (Ci), leaf temperature (TF) in young plants of umbu trees

**(*Spondias tuberosa* Arruda) subjected to different levels of water deficit. Vapor pressure deficit (VPD). T0 = 100%, T1 = 50% and T2 = 25% replacement of water lose through evapotranspiration. Values followed by the same letters among the water replacement treatments do not significantly differ by Tukey's test ( $P < 0.05$ ).**

O comportamento da condutância estomática ( $g_s$ ) foi semelhante ao que ocorreu com as taxas de fotossíntese. Houve uma redução mais rápida no tratamento com reposição de 25%, enquanto no tratamento com reposição de 50% a queda da  $g_s$  foi mais gradual e lenta (Figura 2).

O valor médio da condutância no início do experimento foi de  $265,0 \text{ mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$  em T0,  $244,5 \text{ mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$  em T1 e  $255,8 \text{ mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$  em T2. Após 12 dias, T2 apresentou uma taxa de  $g_s$  de  $24,67 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , ou seja uma redução de 90% do seu valor inicial, enquanto os valores de T0 ( $375,2 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) e T1 ( $305,7 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) foram superiores aos iniciais.

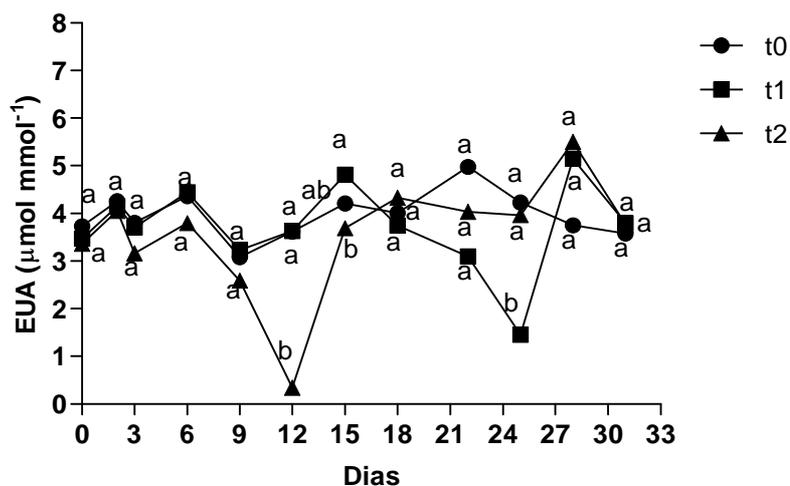
O menor valor de  $g_s$  em T1 foi observado no 25º dia onde a condutância atingiu  $73,94 \text{ mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$ , ou seja, uma redução de 70% em comparação ao início do experimento. Lima Filho (2007) observou uma redução da  $g_s$  em umbuzeiro de  $260 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  para  $150 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  após 20 dias de suspensão de rega. Lima Filho e Silva (1988) ao compararem o comportamento do umbuzeiro em campo na época seca e chuvosa sob diferentes regimes hídricos observaram que no período seco ocorreu um aumento na resistência estomática e queda na transpiração. A redução nos valores de  $g_s$  também foi observada em coqueiro 'Gigante do Brasil' sem irrigação durante a estação seca (SILVA JÚNIOR et al., 2002)

A variação nos valores de transpiração apresentou a mesma tendência da condutância estomática. O tratamento com menor reposição apresentou uma queda nos valores em um intervalo menor de dias, enquanto o tratamento com reposição de 50% decresceu lentamente, bem como os valores de fotossíntese e condutância do mesmo tratamento. Silva et al. (2003) estudando o comportamento estomático de três espécies de Caatinga, *Mimosa caesalpinifolia* Benth (sabiá), *Enterolobium contortisiliquum* (Vell) Morong. (tamboril) e *Tabebuia aurea* (Manso) Benth e Hook. (craibeira) em casa de vegetação e sob déficit hídrico, verificaram reduções na transpiração após cinco dias nas plantas mantidas a 50% da capacidade de pote. Silva et al. (2008) analisando os efeitos do déficit

hídrico em plantas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi), em casa de vegetação e mantidas em 25% da capacidade de pote, observaram o fechamento estomático após 11 dias de submissão do tratamento.

A redução da taxa fotossintética próxima a zero no 12º dia provocou um aumento significativo na concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci). O valor médio no tratamento T2 foi de 398,1 ppm, no entanto, em T1 e T0 não foram detectadas diferenças significativas entre eles, cujos valores médios foram respectivamente os seguintes: 275,7 e 279,3 ppm. Lima Filho (2004) observou um aumento na concentração de Ci e redução na fotossíntese em plantas adultas de umbuzeiro, em campo, na estação seca. O mesmo autor justificou que parte do CO<sub>2</sub> liberado pela respiração permaneceu no meio intercelular devido ao fechamento dos estômatos, dessa forma provocando o aumento da concentração de CO<sub>2</sub>. O aumento na concentração de Ci também foi observado por Machado et al. (1999) em laranja 'Valência' (*Citrus sinensis* Osbeck) enxertada sobre limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck) submetida a déficit hídrico, atingindo valores próximos a 350 ppm quando a fotossíntese se aproximou de zero. Esses autores sugeriram que ocorreu uma redução nos mecanismos de assimilação de CO<sub>2</sub>. O déficit hídrico imposto de forma mais gradual, provocou um aumento na concentração de Ci em T1 (323,8 ppm), mas esse valor não diferiu estatisticamente dos demais valores encontrados em T0 (265,5 ppm) e T2 (281,2 ppm).

A temperatura foliar (TF) não diferiu estatisticamente entre os tratamentos, apesar de a transpiração ser um mecanismo que influencia diretamente a TF. A temperatura foliar apresentou comportamento semelhante aos valores do déficit de pressão de vapor, conforme figura 2.



**Figura 3-** Eficiência no uso da água (EUA) em plantas jovens de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) submetidas a diferentes níveis de déficit hídrico. Valores seguidos das mesmas letras entre os tratamentos de reposição hídrica não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). T0= 100% reposição, T1= 50% reposição e T2= 25% reposição da água perdida por evapotranspiração.

**Figure 3-** Water use efficiency (WUE) in young plants of umbu trees (*Spondias tuberosa* Arruda) subjected to different levels of water deficit. Vapor pressure deficit (VPD). T0 = 100%, T1 = 50% and T2 = 25% replacement of water lose through evapotranspiration. Values followed by the same letters among the water replacement treatments do not significantly differ by Tukey's test ( $P < 0.05$ ).

A eficiência no uso da água (EUA) apresentou reduções significativas nos seus valores em T2 e T1 nos dias em que a taxa de fotossíntese se aproximaram de zero (Figura-3) correspondendo ao 12º e 25º dia após o início dos tratamentos.

Após a reidratação houve recuperação nos valores de todos os parâmetros ecofisiológicos analisados, atingindo valores semelhantes aos iniciais depois de seis dias da reidratação.

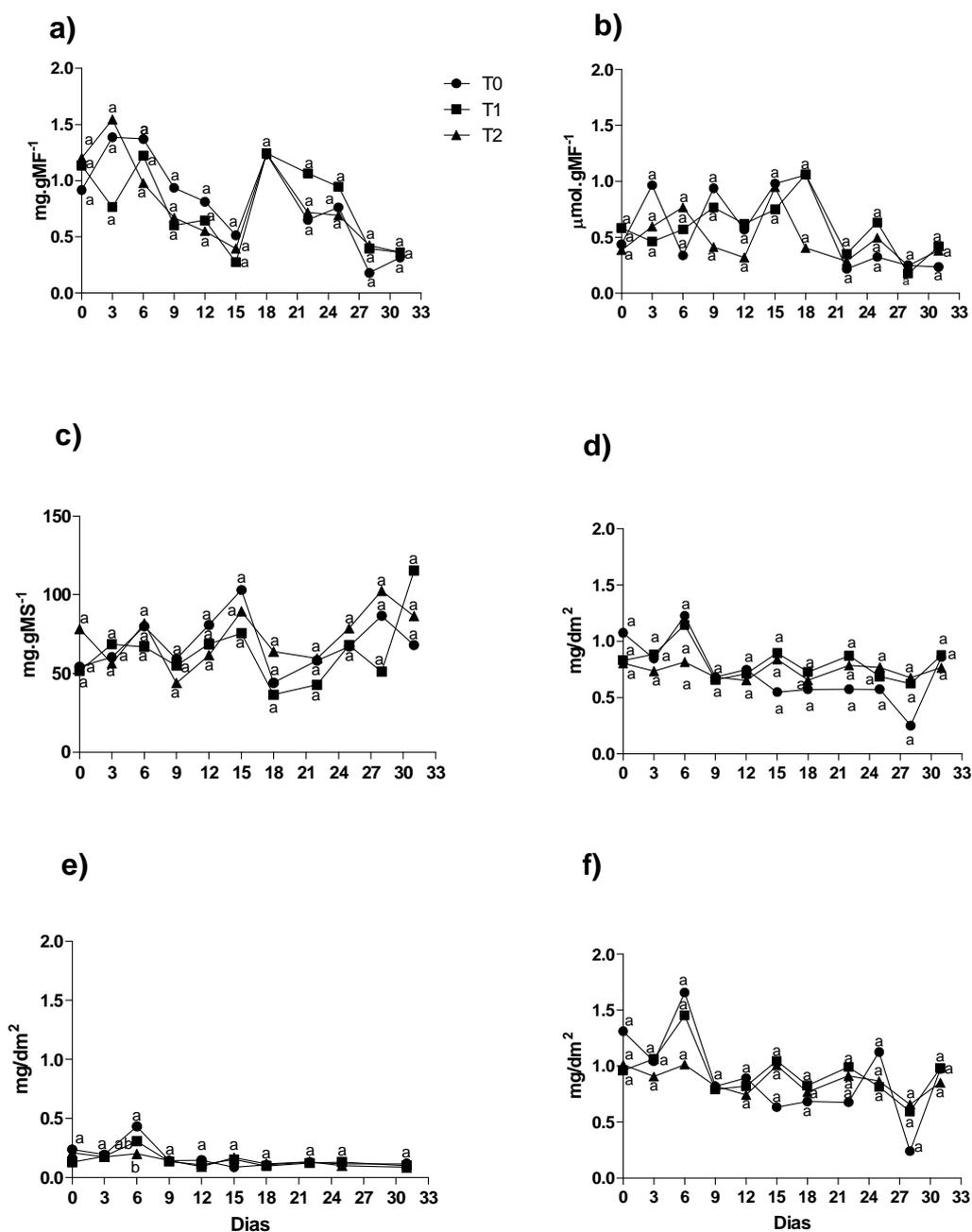


Figura 4- Teores de proteína (a), prolina livre (b), açúcares solúveis totais (c), clorofila *a* (d), clorofila *b* (e) e clorofila total (f) em folhas de plantas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) submetidas a diferentes níveis de déficit hídrico. Valores seguidos das mesmas letras entre os tratamentos de reposição hídrica não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05). T0= 100% reposição, T1= 50% reposição e T2= 25% reposição da água perdida por evapotranspiração. Massa Fresca (MF) e Massa Seca (MS).

**Figure 4- Protein (a), free proline (b), total soluble sugars (c), chlorophyll a (d), chlorophyll b (e) and total chlorophyll (f) content in leaves of young plants of umbu trees (*Spondias tuberosa* Arr Cam) subjected to different levels of water deficit. T0 = 100%, T1 = 50% and T2 = 25% replacement of water lose through evapotranspiration. Values followed by the same letters among the water replacement treatments do not significantly differ by Tukey's test ( $P < 0.05$ ). Fresh (FW) and dry matter (DM).**

Os valores de proteínas solúveis, em todos os tratamentos, decresceram ao longo do período experimental sem apresentar diferenças estatísticas significativas, conforme a figura-4a. O maior valor foi obtido no terceiro dia, (T0= 1,388, T1=0,765 e T2= 1,546 mg.gMF<sup>-1</sup>), enquanto o menor valor foi observado no 28º dia, (T0= 0,1812, T1= 0,3976, T2= 0,4251mg.gMF<sup>-1</sup>). Bacelar et al. (2006) não observaram diferenças significativas em plantas de oliveira (*Olea europaea* L.), cultivares 'Cobrançosa' e 'Madural', submetidas a déficit hídrico. Silva (2008) também não observou diferenças significativas nos teores de proteínas solúveis em umbuzeiro submetidas a déficit hídrico.

Os teores de prolina e açúcares solúveis variaram ao longo de todo o período, mas não diferiram estatisticamente ( $P < 0,05$ ), ou seja, não houve acúmulo desses solutos durante o período experimental. Ahmed et al. (2009) observaram o aumento nas taxas de prolina e açúcares solúveis em folhas de oliveira (*Olea europaea* L.) cultivadas em vasos e submetidas a suspensão de rega por 10 dias. Silva et al.(2004) observaram valores reduzidos de prolina no início da estação seca nas seguintes espécies da Caatinga: *Capparis flexuosa*, *Ziziphus joazeiro*, *Schinopsis brasiliensis*, *Croton sonderianus*, *Maytenus rigida*, *Aspidosmerma pyriformium* e *Jatropha pohliana*. Nesse mesmo trabalho, os autores concluem que existem mecanismos diferenciados de superação dos períodos de déficit hídrico em espécies da Caatinga, um mecanismo é o ajustamento osmótico e o outro é o aumento na resistência difusiva.

Os teores de clorofila (a, b e total) permaneceram praticamente estáveis, apresentando somente um pico no sexto dia, onde o valor de clorofila b foi T0= 0,43; T1=0,30; T2=0,20 mg/dm<sup>2</sup>. Plantas de cevada (*Hordeum vulgare* L.) submetidas à deficiência hídrica durante 12 dias apresentaram reduções significativas nos níveis de clorofila totais nas cultivares 'Tadmor', 'Morocco9-75' e 'WI2291', enquanto a cultivar 'Arta' não apresentou redução significativa (RONG-HUA et al., 2006). Bacelar et al.

(2006) observaram reduções nos níveis de clorofila em oliveiras cultivares 'Cobrançosa', 'Madural' e 'Verdeal Transmontana' cultivadas em vasos com 1/3 da capacidade de campo durante 112 dias.

Os parâmetros bioquímicos analisados apresentaram oscilações durante o experimento, mas não foi possível atribuir essas alterações ao déficit hídrico uma vez que, o tratamento controle também apresentou essas oscilações ao longo do período analisado. Segundo Bucci et al.(2008) as espécies com comportamento isoídrico não apresentam ajustamento osmótico, mas ocorre um forte controle da abertura estomática o que diminui a perda de água na estação seca.

#### **4 - CONCLUSÕES**

O umbuzeiro apresenta comportamento isoídrico mantendo elevado potencial hídrico foliar durante o período de estresse hídrico.

O umbuzeiro conseguiu recuperar as trocas gasosas após um período de estresse seguido de reidratação, evidenciado pela recuperação das taxas de fotossíntese, transpiração e condutância estomática.

Nas condições a que foi submetido no presente trabalho, o umbuzeiro não acumulou solutos orgânicos em resposta ao déficit hídrico no solo.

#### **5-AGRADECIMENTOS**

À Capes pela concessão de bolsa.

#### **6-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AHMED, C. B.; ROUINA, B. B.; SENSOY, S.; BOUKHRIS, M.; ABDALLAH, F. B. Changes in gas exchange, proline accumulation and antioxidative enzyme activities in three olive cultivars under contrasting water availability regimes. **Environmental and Experimental Botany**, v.67, p. 345-352, 2009.

ARAÚJO, E. C. E. **Área foliar, assimilação de carbono e fotoquímica da fotossíntese de duas cultivares de mangueira (*Mangifera indica* L.) sob diferentes intensidades de sombreamento ou temperatura**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de São Carlos, 2006. 47 p.

ARAÚJO, F. P. **Enxertia de umbuzeiro e outras espécies do gênero *Spondias***. Petrolina: EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 2008.

ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplast. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*, **Plant Physiology**, v.24, p.1-15, 1949.

ASHWELL, G. Colorimetric analysis of sugar In: **Methods in Enzymology**, volume III. Eds. S.P. Colowick and N.O. Kaplan. Academic Press., 1957.

BACELAR, E. A.; SANTOS, D. L.; MOUTINHO-PEREIRA, J. M.; GONÇALVES, B. C.; FERREIRA, H. F.; CORREIA, C. M; Immediate responses and adaptative strategies of three olive cultivars under contrasting water availability regimes: changes on structure and chemical composition of foliage and oxidative damage. **Plant Science**, v. 170, p596-605, 2006.

BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TARE, I. D. Rapid determination of free proline for water stress studies. **Plant and Soil**, v.39, p.205-207, 1973

BEN AHMED, C.; BEN ROUINA, B; SENSOY, S; BOUKHRIS, M.; ABDALLAH, F.B. Changes in gas exchange, proline accumulation and antioxidative enzyme activities in three olive cultivars under contrasting water availability regimes. **Environmental and Experimental Botany**, v.67, p. 345-352, 2009.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. **Analytical Biochemistry**. v.72, p.248-254, 1976.

BUCCI, S. J.; SCHOLZ, F. G.; GOLDSTEIN, G.; MEINZER, F. C.; FRANCO, A. C.; ZHANG, Y.; HAO, G. Y. Water relations and hydraulic architecture in Cerrado trees: adjustments to seasonal changes in water availability and evaporative demand. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.20, n.3, p. 233-245, 2008.

CARVALHO GONÇALVES, J. F.; SILVA, C. E. M.; GUIMARÃES, D. G. Fotossíntese e potencial hídrico foliar de plantas jovens de andiroba submetidas à deficiência hídrica e à reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.1, p.8-14, jan. 2009

CAVALCANTI, N. B.; LIMA, J. L. S.; RESENDE, G. M.; BRITO, L. T. L. Ciclo reprodutivo do imbuzeiro (*Spondias tuberosa*, Arruda) no semi-árido do nordeste brasileiro. **Ceres**, v.47, n. 272, p. 421-439, 2000.

DONATO, S. L. R.; PEREIRA, C. S.; BARROS, Z. J.; SIQUEIRA, D. L.; SALOMÃO, L. C. C. Respostas de combinações de variedades copa e porta-enxerto de citros à deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.10, p. 1507-1510, 2007.

DUQUE, J. G. **Perspectivas Nordestinas**. 2ªed. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2004.

EPSTEIN, L. A riqueza do umbuzeiro. **Revista Bahia Agrícola**, v.2, n.3, 1998. Disponível em: <[http://www.seagri.ba.gov.br/revista/rev\\_1198/umbu.htm](http://www.seagri.ba.gov.br/revista/rev_1198/umbu.htm)>. Acesso em: 03 dez. 2009.

GOLDSTEIN, G.; MEINZER, F. C.; BUCCI, S. J.; SCHOLZ, F. G.; FRANCO, A. C.; HOFFMANN, W. A. Water economy of Neotropical savanna trees: six paradigms revisited. **Tree Physiology**, v.38, p.395-404, 2008.

GONÇALVES, J. F. C.; SILVA, C. E. M.; GUIMARÃES, D. G. Fotossíntese e potencial hídrico foliar de plantas jovens de andiroba submetidas à deficiência hídrica e à reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.1, p.8-14, 2009.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima, 2004. 531p.

LIMA FILHO, J.M.P.; SILVA, C.M.M. de S. Aspectos fisiológicos do umbuzeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 10, p.1091-1094, 1988.

LIMA FILHO, J. M. P. Internal water relations of the umbu tree under semi-arid conditions. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, n. 3, p. 518-521, 2001.

LIMA FILHO, J. M. P. Gas exchange of the umbu tree under semi-arid conditions. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, n.2, p. 206-208, 2004.

LIMA FILHO, J. M. P. Water status and gas exchange of umbu plants ( *Spondias tuberosa* Arruda) propagated by seeds and stem cuttings. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n.2, p. 355-358, 2007.

MACHADO, E. C.; MEDINA, C. L.; ASSIS GOMES, M. M. Teor de água no substrato de crescimento e fotossíntese em laranja 'valência'. **Bragantia**, v. 58, n.2, p. 217-226, 1999.

PIMENTA, J.A. Relações Hídricas. In: KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p. 1-32.

RIBEIRO, S.L.C. **Dinâmica sazonal das trocas gasosas e do potencial hídrico em espécies arbóreas de um Cerrado sensu stricto na Gleba Pé-de-Gigante, P.E. Vassununga, SP**. Dissertação (Mestrado) -- Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2007. 134p.

RONG-HUA, L.; PEI-POL, G.; BAUMZ, M.; GRANDO, S.; CECCARELLI, S. Evaluation of chlorophyll content and fluorescence parameters as indicators of drought tolerance in barley. **Agricultural Sciences in China**, v. 5, n.10, p.751-757, 2006.

SANTOS, C. A. F. Dispersão na variabilidade fenotípica do umbuzeiro no semi-árido brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.9, p. 923-930, 1997.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.3, p. 287-294,1998.

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

SERRAJ, R.; SINCLAIR, T. R. Osmolyte accumulation: can it really help increase crop yield under drought conditions? **Plant, Cell and Environment**, v.25, p.333-345, 2002.

SHAO, H. B.; CHU, L. Y.; JALEEL, C. A.; ZHAO, C. H. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus Biologies**, v. 331, p.215-225, 2008.

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**, v. 59, n. 2, p. 201-205, 2004

SILVA, E. C. **Respostas fisiológicas do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) aos estresses hídricos e salino**. Tese (Doutorado em Botânica) Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2008. 142 f.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; AZEVEDO NETO, A. D.; SANTOS, V. F. Comportamento estomático e potencial da água da folha em três espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico. **Acta Botanica Brasilica**, v. 17, n.2, p.231-246, 2003.

SILVA, M. A. V.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; OLIVEIRA, A. F. M.; SANTOS, V. F. Resposta estomática e produção de matéria seca em plantas jovens de aroeira submetidas a diferentes regimes hídricos. **Revista Árvore**, v. 32, n2, p. 335-344, 2008.

SILVA JÚNIOR, C. D.; PASSOS, E. E. M; GHEYI, H. R. Aplicação de água salina no desenvolvimento e comportamento fisiológico do coqueiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.1, p.39-44, 2002

TARDIEU, F.; SIMONNEAU, T. Variability among species of stomatal control under fluctuating soil water status and evaporative demand: modelling isohydric and anisohydric behaviours. **Journal of Experimental Botany**, v.49, p. 419-432, 1998.

TURNER, N. C. Adaptation to water deficits: a changing perspectives. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.13, p. 175-90, 1986.

VELLINI, A. L. T. T.; PAULA, N. F.; ALVES, P. L. C. A.; PAVANI, L. C.; BONINE, C. A. V.; SCARPINATI, E. A. Respostas fisiológicas de diferentes clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação. **Revista Árvore**, v.32, n.4, p.651-663, 2008.

### CURSO DIÁRIO DAS TROCAS GASOSAS DO UMBUZEIRO

**Resumo:** O presente trabalho teve por objetivo acompanhar, ao longo do dia, as trocas gasosas de plantas de umbuzeiro submetidas a níveis diferentes de reposição de água. As plantas utilizadas possuíam um ano de idade, cultivadas em vasos com capacidade de 12L e em casa de vegetação. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três tratamentos (T0 – plantas testemunhas mantidas aproximadamente na capacidade de pote; T1 – reposição de 50% e T2 – reposição de 25% da água perdida pela evapotranspiração) e 3 repetições por tratamento. As avaliações das trocas gasosas foram realizadas no horário entre 8-16h, em intervalos de 2h, utilizando-se um analisador de gás infravermelho e as variáveis analisadas foram: fotossíntese ( $A$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), transpiração ( $E$ ), concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i$ ) e déficit de pressão de vapor (DPV). As plantas do tratamento controle e com reposição de 50% da água perdida por evapotranspiração apresentaram os maiores valores de fotossíntese, condutância estomática e transpiração no horário de 8-10h, a partir disso reduziram os valores em função do aumento do déficit de pressão de vapor e restrição da abertura estomática. As plantas com reposição de 25% apresentaram o pico de atividade de assimilação de carbono e trocas gasosas às 8h, com valores bem inferiores aos demais tratamentos. As plantas do tratamento T2 apresentaram aumento dos valores das concentrações internas de  $CO_2$ . O umbuzeiro exibe o pico de atividade das trocas gasosas no horário entre 8-10h, mas plantas com déficit hídrico apresentam uma antecipação nesse horário de maior atividade.

**Palavras-chave:** *Spondias tuberosa*, fotossíntese, déficit hídrico

### DAILY COURSE OF GAS EXCHANGE OF UMBU TREE

**Abstract:** This study aimed to monitor, throughout the day, gas exchange of umbu trees subjected to different levels of water replacement. The plants used had a year old, grown in pots with a capacity of 12L in a greenhouse. The experimental design was completely randomized with three treatments (T0 - control plants maintained at approximately the capacity of the pot; T1 - replacement of 50% and T2 - 25% replacement of water lost by evapotranspiration) and 3 replicates per treatment. The evaluations of gas exchange were performed between 8 a.m.-16 p.m., at intervals of 2 hours using an infrared gas analyzer and the variables analyzed were: photosynthesis (A), stomatal conductance (gs), transpiration (E), CO<sub>2</sub> internal concentration (C<sub>i</sub>) and water vapor pressure deficit (DPV). The control plants and those with 50% replacement of water lost through evapotranspiration showed the highest values of photosynthesis, stomatal conductance and transpiration between 8 and 10 a.m., from this, the values reduced due to the increase of the vapor pressure deficit and restriction of stomatal opening. Plants with replacement of 25% showed the peak activity of carbon assimilation and gas exchange at 8am in values well below the other treatments. The plants of T2 treatment showed increased values of internal concentrations of CO<sub>2</sub>. The umbu tree displays the peak activity of gas exchange between 8 and 10 a.m., but plants with water deficit have an anticipation at this time of great activity.

**Keywords:** *Spondias tuberosa*, photosynthesis, water deficit

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) é uma árvore frutífera nativa da Caatinga, possui grande importância econômica, pois a colheita dos frutos é fonte de renda para as famílias na estação seca (Cavalcanti et al., 2006). Os frutos são

aproveitados para o consumo *in natura* e na forma de polpas, doces e sucos. A produção das plantas nativas é muito variável, oscilando de 65kg até 300kg de frutos por indivíduo. Estima-se que o agronegócio do umbu, mesmo a produção sendo quase totalmente extrativista, movimenta cerca de 6,0 milhões de reais por ano na colheita, beneficiamento e comercialização dos frutos (Araújo, 2008)

A água é essencial para o funcionamento das células vegetais, representando cerca de 80 a 90% do material vegetal fresco. Quando a planta não consegue absorver água em quantidades suficientes para o seu metabolismo, ocorre o déficit hídrico que desencadeia respostas como a expansão foliar mais lenta e o fechamento mais pronunciado dos estômatos (Epstein e Bloom, 2006).

A Caatinga, por ser um bioma que apresenta anualmente períodos de déficit hídrico, devido à baixa e irregular precipitação, entre 260 e 1000mm/ano, aliada a altas temperaturas (Andrade-Lima, 1981), necessita de estudos que investiguem os mecanismos fisiológicos das espécies nativas, pois auxiliarão na compreensão e conservação deste bioma fortemente antropizado (Trovão et al., 2004)

Os ritmos circadianos são oscilações biológicas endógenas com um período de aproximadamente 24 horas. Nos vegetais, a fotossíntese e o movimento estomático são eventos submissos a esse ritmo (Fett-Neto, 2008). Estudos envolvendo as trocas gasosas de espécies arbóreas, ao longo do dia, sob deficiência hídrica, foram realizados em laranjeira, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck (Medina et al., 1999); seringueira, *Hevea* spp. (Brunini e Cardoso, 1998); eucalipto (Chaves et al., 2004) entre outras espécies. As pesquisas envolvendo a avaliação das trocas gasosas do umbuzeiro ainda são escassas, porém vale destacar os trabalhos de Lima Filho e Silva (1988), Lima Filho (2004, 2007) e Silva et al. (2008).

O objetivo desse estudo foi acompanhar, ao longo do dia, o comportamento das trocas gasosas em plantas jovens do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) em função dos diferentes níveis de reposição de água.

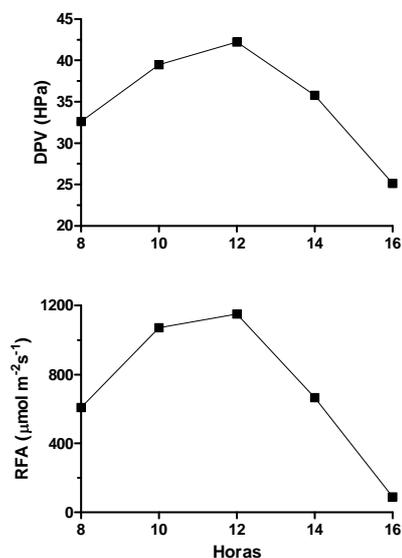
O experimento foi conduzido na estufa agrícola do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Sergipe, localizada no município de São Cristóvão/SE. As mudas foram obtidas a partir da germinação de sementes maduras de umbuzeiro, coletadas no município de Itapicuru/BA, e produzidas em sacos de polietileno preto (10x20 cm), tendo como substrato terra vegetal (88% areia, 8% silte e 4% argila). As mudas ao atingirem a idade de 45 dias foram transplantadas para vasos com capacidade de 12L, contendo solo da área de ocorrência natural da espécie na qual foram coletadas as sementes. A adubação foi realizada conforme as necessidades apontadas pela análise do solo. As avaliações foram realizadas quando as plantas atingiram a idade de um ano.

O solo foi coletado no povoado Candial, situado no município de Itapicuru/BA. Apenas a camada superficial (até 20 cm de profundidade) foi utilizada como substrato para as mudas. Foi realizada a análise física e química do solo coletado no Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS), na qual foi classificado como franco arenoso (74,72% areia, 7,38% argila e 17,90% silte). A análise química revelou que o solo continha 8,00 ppm P, 6,20 ppm Na<sup>+</sup>, 42,3 ppm K<sup>+</sup>, 1,24 cmolc/dm<sup>3</sup> Ca<sup>+2</sup>+Mg<sup>+2</sup>, 0,90 cmolc/dm<sup>3</sup> Ca<sup>+2</sup> e 0,15 cmolc/dm<sup>3</sup> Al<sup>+3</sup>.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, consistindo de três tratamentos (T0 – plantas testemunhas mantidas aproximadamente na capacidade de pote; T1 – reposição de 50% da água perdida pela evapotranspiração diária e T2 – reposição de 25% da água perdida pela evapotranspiração) e 3 repetições por tratamento.

As avaliações das trocas gasosas foram realizadas após 12 dias da submissão do tratamento, em folhas totalmente expandidas, no horário entre 8-16h, em intervalos de 2h, utilizando um analisador portátil de gás infravermelho, modelo CIRAS-2 (PPSystems Hitchin, UK) e as variáveis analisadas foram: fotossíntese ( $A$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), transpiração ( $E$ ), concentrações internas de  $CO_2$  ( $C_i$ ) e déficit de pressão de vapor (DPV).

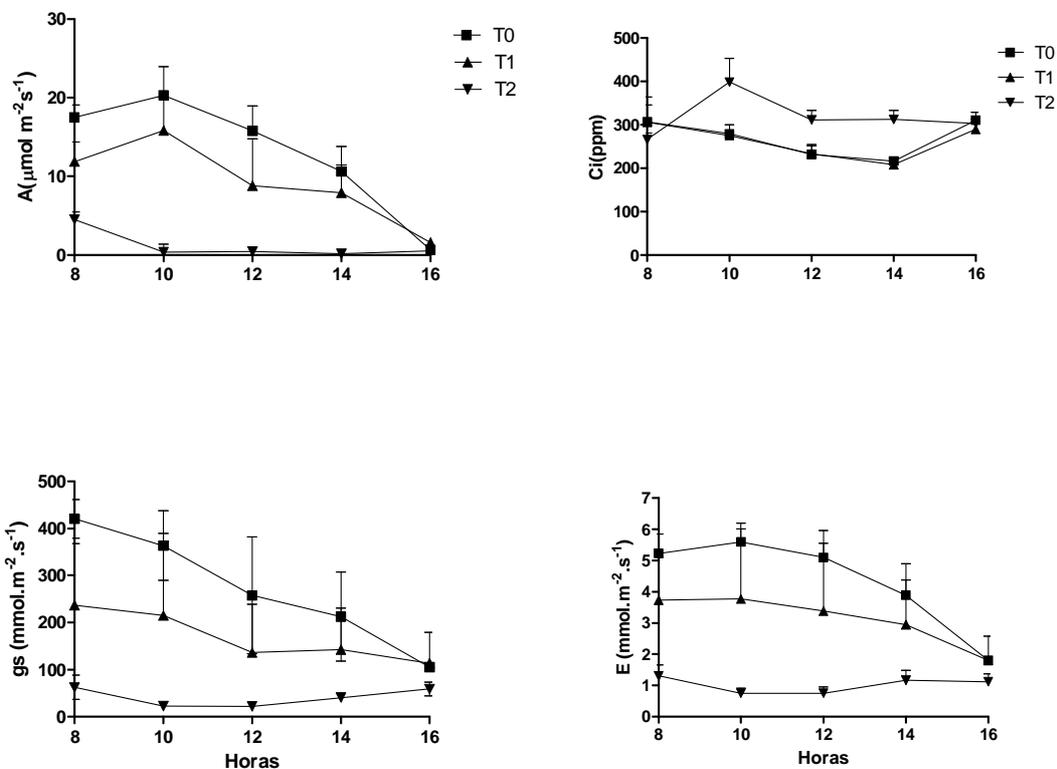
Na Fig.1 estão apresentados os dados microclimáticos observados durante a realização do experimento, os picos de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e déficit de pressão de vapor (DPV) ocorreram ao meio dia. A RFA permaneceu com valores acima de  $600 \mu mol.m^{-2}.s^{-1}$  entre os horário de 8 e 14 h.



**Figura 1- Parâmetros microclimáticos observados durante o experimento.**

A taxa de fotossíntese do umbuzeiro (Fig.2) apresentou os maiores valores no horário de 10h, para as plantas dos tratamentos T0 ( $20,35 \mu mol.m^{-2}.s^{-1}$ ) e T1 ( $15,84$

$\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), que, a partir desse horário, reduziram os valores até o final da tarde. Essa redução está relacionada aos altos valores do DPV a partir das 10h até às 14h.



**Figura 2-** Taxa de fotossíntese (A), concentração interna de  $\text{CO}_2$  (Ci), condutância estomática (gs) e transpiração (E) em plantas jovens de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) submetidas a diferentes níveis de déficit hídrico. T0= 100% reposição da água perdida por evapotranspiração, T1= 50% reposição e T2= 25% reposição.

Os baixos níveis de fotossíntese ao final da tarde ocorreram devido à baixa luminosidade (RFA), como observado na Figura 1. O tratamento com menor nível de reposição, T2, apresentou o maior valor médio de fotossíntese no início da manhã, às 8h ( $4,51 \mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) e permaneceu próximo a zero ao longo do dia.

Os resultados deste trabalho estão de acordo com os encontrados por Lima Filho (2004) em plantas adultas de umbuzeiro em campo na estação chuvosa, onde foi observado que o horário em que as plantas atingem o maior valor de fotossíntese é às 10 h, ( $15,00 \mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ). O mesmo autor observou que na estação seca os maiores valores de fotossíntese ocorrem entre 6 e 8h.

As concentrações internas de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) nos tratamentos T0 e T1 apresentaram reduções no horário entre 8 e 14h, e um aumento no horário entre 14 e 16h quando atingiu valores próximos ao início do dia, aproximadamente 300 ppm. As plantas do T2 apresentaram os maiores valores de  $C_i$  no horário de 10h (398 ppm). Os resultados encontrados neste trabalho estão de acordo com os obtidos por Lima Filho (2004), que também observou aumento nas concentrações de  $\text{CO}_2$  interno em plantas de umbuzeiro no período seco. O aumento das concentrações de  $\text{CO}_2$  também foi observado em plantas de laranjeira 'Valência' enxertadas sobre limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck) e sobre 'Trifoliata' (*Poncirus trifoliata* Raf.) cultivadas em casa de vegetação e sob suspensão de rega (Machado *et al.*, 1999).

Os maiores valores de condutância estomática foram observados às 8h em todos os tratamentos, T0 420,60, T1 236,90 e T2 62,47  $\text{mmol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . A partir de então apresentaram reduções na  $g_s$  até o final das avaliações. O T2 apresentou uma recuperação nos níveis de condutância no final da tarde onde atingiu 59,11  $\text{mmol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , valor próximo ao início da manhã. Lima Filho (2007) estudando as trocas gasosas de plantas de umbuzeiro jovens cultivadas em vasos e submetidas à supressão hídrica, observou a redução na condutância estomática, atingindo o valor de 0,15  $\text{mol. m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  após 20 dias de estresse.

A transpiração ( $E$ ) apresentou o maior valor às 10h nas plantas de T0 e T1, 5,59 e 3,77  $\text{mmol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . A partir desse horário houve reduções nos valores. Nas plantas do T2, o maior valor foi no horário das 8 h (1,30  $\text{mmol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ). Dessa forma, pode-se observar que o nível de reposição interferiu nas taxas de transpiração, provocando uma restrição da  $E$  duas horas antes que os demais tratamentos, o que resulta na economia de água para essas plantas. A redução na transpiração de forma diferenciada também foi observada por Lima Filho e Silva (1988) em plantas de umbuzeiro adultas em campo, onde os autores observaram nesse estudo que no período seco, o umbuzeiro promoveu um rígido controle da transpiração através dos estômatos. A redução da transpiração também foi verificada por Nogueira et al. (2001) em plantas de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.), em casa de vegetação, submetidas a déficit hídrico.

O umbuzeiro exibiu o pico de atividade das trocas gasosas no horário entre 8 e 10 h, mas plantas com déficit hídrico apresentaram uma antecipação nesse horário de maior atividade.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE-LIMA, D. The caatingas dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 4, p. 149-153, 1981.

ARAÚJO, F. P. **Enxertia do umbuzeiro e outras espécies do gênero Spondias**. Petrolina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA SEMI-ÁRIDO), 2008.

BRUNINI, O.; CARDOSO, M. Efeito do déficit hídrico do solo sobre o comportamento estomático e potencial da água em mudas de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.7, p.1053-1060, 1998.

CAVALCANTI, N. B. ; RESENDE, G. M. ; BRITO, L. T. L. . Colheita e comercialização de frutos do imbuzeiro pelos agricultores da região semi-árida do Nordeste. **Revista de Política Agrícola**, v. 1, n.2, p. 81-88, 2006.

CHAVES, J. H.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; NEVES, J. C. L.; PEZZOPANE, J. E. M.; POLLI, H. Q. Seleção precoce de clones de eucalipto para ambientes com disponibilidade diferenciada de água no solo: relações hídricas de plantas em tubetes. **Revista Árvore**, v.28, n.3, p. 333-341, 2004

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.

FEET-NETO, A. G. Ritmo circadiano nas plantas. KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p. 331-339

LIMA FILHO, J. M. P.; SILVA, C. M. S. Aspectos fisiológicos do umbuzeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 23, n. 10, p. 1091-1094, 1988.

LIMA FILHO, J. M. P. Gas exchange of the umbu tree under semi-arid conditions. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 2, p. 206-208, 2004.

LIMA FILHO, J. M. P. Water status and gas exchange of umbu plants (*Spondias tuberosa* Arruda) propagated by seeds and stem cuttings. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.29, n.2, p.355-358, 2007.

MACHADO , E. C.; MEDINA, C. L.; ASSIS GOMES, M. M. Teor de água no substrato de crescimento e fotossíntese em laranjeira 'Valência'. **Bragantia**, v. 58, n.2, p.217-226, 1999

MEDINA, C.L.; MACHADO, E.C.; ASSIS GOMES, M. M. Condutância estomática, transpiração e fotossíntese em laranjeira 'valência' sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.11, n.1, p.29-34, 1999.

NOGUEIRA, R. J. C. M.; 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**, v.13, n.1, p.75-87, 2001.

SILVA, E. .C; NOGUEIRA, R.J.M.C.; ARAÚJO, F. P.; MELO, N. F.; AZEVEDO NETO, A. D. Physiological responses to salt stress in young umbu plants. **Environmental and Experimental Botany**, v.63, p. 147-157, 2008.

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 no solo. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, n. 2, p.1-6, 2004

## Revista **Árvore** INSTRUÇÕES AOS AUTORES

Journal of Brazilian Forest Science

ISSN 0100-6762 versão  
impressa  
ISSN 1806-9088 versão online

### Escopo e política

A **Revista Árvore** é um veículo de divulgação científica publicado pela Sociedade de Investigações Florestais – SIF (CNPJ 18.134.689/0001-80). Ela publica, bimestralmente, artigos originais de contribuição científica, no campo da Ciência Florestal: áreas de Silvicultura, Manejo Florestal, Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais e Meio Ambiente e Conservação da Natureza, Ciências Biológicas. O manuscrito submetido tem seu conteúdo avaliado pelo Editor-Executivo, seu mérito científico avaliado por um dos editores-científico e a seleção dos revisores, especialistas e com doutorado na área pertinente, realizada pelo Editor-Chefe. Ao final do processo, se aprovado pelos três revisores, a comissão editorial fará a avaliação final para sua aprovação ou não. Os manuscritos encaminhados à revista não devem ter sido publicados ou encaminhados, simultaneamente, para outro periódico com a mesma finalidade, e que devem contribuir para o avanço do conhecimento científico. Serão recebidos para análise manuscritos escritos em português, inglês ou espanhol considerando-se que a redação deve estar de acordo com a lexicologia e a sintaxe do idioma escolhido. A objetividade é o princípio básico para a elaboração dos manuscritos, resultando em artigos de acordo com os limites estabelecidos pela Revista.

#### Política

#### editorial

Manter elevada conduta ética em relação à publicação e seus colaboradores; rigor com a qualidade dos artigos científicos a serem publicados; selecionar revisores capacitados e ecléticos com educação ética e respeito profissional aos autores e ser imparcial nos processos decisórios, procurando fazer críticas sempre construtivas e profissionais.

#### Público

#### Alvo

Comunidade, nacional e internacional, de professores, pesquisadores, estudantes de pós-graduação e profissionais dos setores públicos e privado da área de Ciência Florestal.

### Forma e preparação de manuscritos

### Forma e preparação de manuscritos

- O conteúdo e as opiniões apresentadas nos trabalhos publicados não são de responsabilidade desta revista e não representam necessariamente as opiniões da Sociedade de Investigações Florestais (SIF), sendo o autor do artigo responsável pelo conteúdo científico do mesmo.
- Ao submeter um artigo, o(s) autor(es) deve(m) concordar(em) que seu copyright seja transferido à Sociedade de Investigações Florestais - SIF, se e quando o artigo for aceito para publicação.

O Manuscrito em PORTUGUÊS deverá seguir a seguinte seqüência: TÍTULO em português, RESUMO (seguido de Palavras-chave), TÍTULO DO MANUSCRITO em inglês, ABSTRACT (seguido de keywords); 1. INTRODUÇÃO (incluindo revisão de literatura); 2. MATERIAL E MÉTODOS; 3. RESULTADOS; 4. DISCUSSÃO; 5. CONCLUSÃO (se a lista de conclusões for relativamente curta, a ponto de dispensar um capítulo específico, ela poderá finalizar o capítulo anterior); 6. AGRADECIMENTOS (se for o caso); e 7. REFERÊNCIAS, alinhadas à esquerda.

O Manuscrito em INGLÊS deverá seguir a seguinte seqüência: TÍTULO em inglês; ABSTRACT (seguido de Keywords); TÍTULO DO MANUSCRITO em português; RESUMO (seguido de Palavras-chave); 1. INTRODUCTION (incluindo revisão de literatura); 2. MATERIAL AND METHODS; 3. RESULTS; 4. DISCUSSION; 5. CONCLUSIONS (se a lista de conclusões for relativamente curta, a ponto de dispensar um capítulo específico, ela poderá finalizar o capítulo anterior); 6. ACKNOWLEDGEMENTS (se for o caso); e 7. REFERENCES.

O Manuscrito em ESPANHOL deverá seguir a seguinte seqüência: TÍTULO em espanhol; RESUMEN (seguido de Palabra-llave), TÍTULO do Manuscrito em português, RESUMO em português (seguido de palavras-chave); 1. INTRODUCCIÓN (incluindo revisão de literatura); 2. MATERIALES Y METODOS; 3. RESULTADOS; 4. DISCUSIONES; 5. CONCLUSIONES (se a lista de conclusões for relativamente curta, a ponto de dispensar um capítulo específico, ela poderá finalizar o capítulo anterior); 6. RECONOCIMIENTO (se for o caso); e 7. REFERENCIAS.

Os subtítulos, quando se fizerem necessários, serão escritos com letras iniciais maiúsculas, antecidos de dois números arábicos colocados em posição de início de parágrafo.

No texto, a citação de referências bibliográficas deverá ser feita da seguinte forma: colocar o sobrenome do autor citado com apenas a primeira letra maiúscula, seguido do ano entre parênteses, quando o autor fizer parte do texto. Quando o autor não fizer parte do texto, colocar, entre parênteses, o sobrenome, em maiúsculas, seguido do ano separado por vírgula. As referências bibliográficas utilizadas deverão ser preferencialmente de periódicos nacionais ou internacionais de níveis A/B do Qualis. A Revista *Árvore* adota as normas vigentes da ABNT 2002 - NBR 6023.

Citar pelo menos dois Manuscritos da Revista *Árvore* e incluir as citações

bibliográficas na discussão e metodologia.

Não se usa "et al." em itálico e o "&" deverá ser substituído pelo "e" entre os autores.

A estrutura dos artigos originais de pesquisa é a convencional: Introdução, Métodos, Resultados e Discussão, embora outros formatos possam ser aceitos. A Introdução deve ser curta, definindo o problema estudado, sintetizando sua importância e destacando as lacunas do conhecimento ("estado da arte") que serão abordadas no artigo. Os Métodos empregados a população estudada, a fonte de dados e critérios de seleção, dentre outros, devem ser descritos de forma compreensiva e completa, mas sem prolixidade. A seção de Resultados devem se limitar a descrever os resultados encontrados sem incluir interpretações/comparações. O texto deve complementar e não repetir o que está descrito em tabelas e figuras. Devem ser separados da Discussão. A Discussão deve começar apreciando as limitações do estudo (quando for o caso), seguida da comparação com a literatura e da interpretação dos autores, extraindo as conclusões e indicando os caminhos para novas pesquisas.

O resumo deverá ser do tipo informativo, expondo os pontos relevantes do texto relacionados com os objetivos, a metodologia, os resultados e as conclusões, devendo ser compostos de uma seqüência corrente de frases e conter, no máximo, 250 palavras. (ABNT-6028).

Para submeter um Manuscrito à Revista, o(s) autor(es) deverá(ão) entrar no site <[www.revistaarvore.ufv.br](http://www.revistaarvore.ufv.br)> e clicar em ARTIGOS e depois SUBMETTER MANUSCRITO.

A Revista *Árvore* publica artigos em português, inglês e espanhol. No caso das línguas estrangeiras, será necessária a declaração de revisão lingüística de um especialista.

#### **Segunda Etapa (exigida para publicação)**

Depois de o Manuscrito ter sido analisado pelos editores, ele poderá ser devolvido ao (s) autor (es) para adequações às normas da Revista ou simplesmente negado por falta de mérito ou perfil. Quando aprovado pelos editores, o Manuscrito será encaminhado para três revisores, que emitirão seu parecer científico. Caberá ao(s) autor(es) atender às sugestões e recomendações dos revisores; caso não possa (m) atender na sua totalidade, deverá (ão) justificar ao Comitê Editorial da Revista.

#### **Prazos**

Depois de o Manuscrito ser submetido, ele será analisado em até 5 dias pelo Editor-Executivo que verificará se está dentro das normas de submissão. Caso esteja dentro das normas o artigo é enviado ao Editor-Científico específico da área que terá 10 dias para aceitar o convite para emitir o parecer. Aceitando ele terá mais 10 dias para finalizar o parecer. Com o aceite do Editor-Científico o Editor-Chefe nomeia 3 pareceristas que terão 10 dias para aceitarem o convite para emitir o parecer. Aceitando, eles terão 30 dias (a partir da data de aceite) para finalizar o parecer. Logo após os autores terão 30 dias para enviarem a versão atualizada do manuscrito e as justificativas aos pareceristas. O artigo ficará por 40 dias aguardando o parecer final dos Pareceristas. Logo após, o manuscrito passará pela reunião

da Comissão Editorial, sendo aprovado, descartado ou retornar aos autores para mais correções.

### **Envio de manuscritos**

Submeter os artigos somente em formatos compatíveis com Microsoft-Word. O sistema aceita arquivos até 2MB de tamanho.

O Manuscrito deverá apresentar as seguintes características: espaço 1,5; papel A4 (210 x 297 mm), enumerando-se todas as páginas e as linhas do texto, páginas com margens superior, inferior, esquerda e direita de 2,5 cm; fonte Times New Roman 12; e conter no máximo 16 laudas, incluindo tabelas e figuras. Tabelas e figuras devem ser limitadas a 5 no conjunto. Manuscritos com mais de 16 laudas terão os custos adicionais cobertos pelo(s) autor(es), na base de R\$40,00/página.

Na primeira página deverá conter o título do manuscrito, o resumo e as três (3) Palavras-Chaves.

Não se menciona os nomes dos autores e o rodapé com as informações, para evitar a identificação dos mesmos pelos Pareceristas.

Nos Manuscritos em português, os títulos de tabelas e figuras deverão ser escritos também em inglês; e Manuscritos em espanhol e em inglês, os títulos de tabelas e figuras deverão ser escritos também em português. As tabelas e as figuras deverão ser numeradas com algarismos arábicos consecutivos, indicados no texto e anexados no final do Manuscrito. Os títulos das figuras deverão aparecer na sua parte inferior antecedidos da palavra Figura mais o seu número de ordem. Os títulos das tabelas deverão aparecer na parte superior e antecedidos da palavra tabela seguida do seu número de ordem. Na figura, a fonte (Fonte:) vem sobre a legenda, à direita e sem ponto-final; na tabela, na parte inferior e com ponto-final. As figuras deverão estar exclusivamente em tons de cinza e, no caso de coloridas, será cobrada a importância de R\$100,00/página.

## **BRAGANTIA** INSTRUÇÕES AOS AUTORES

ISSN 0006-8705 versão impressa  
ISSN 1678-4499 versão online

- [Objetivos e política editorial](#)
- [Preparação de originais](#)
- [Encaminhamento de trabalhos](#)
- [Custo para publicação](#)

### Objetivos e política editorial

**BRAGANTIA** - revista de ciências agronômicas - é um periódico trimestral, editado pelo Instituto Agronômico, da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo.

**BRAGANTIA** tem por objetivo publicar trabalhos científicos originais em português, inglês e espanhol, que contribuam para o desenvolvimento das Ciências Agronômicas, nas áreas de Ciências Básicas (Botânica, Citogenética, Fisiologia Vegetal, Biotecnologia, Biologia Molecular e Fitoquímica), Melhoramento Genético Vegetal, Fitotecnia, Fitossanidade, Solos e Nutrição de Plantas, Tecnologia de Sementes e Fibras, Tecnologia de Pós-colheita, Irrigação, Engenharia Agrícola, Agrometeorologia e Metodologia e Técnicas Experimentais.

Os trabalhos enviados à **BRAGANTIA** devem ser inéditos e não podem ser publicados ou submetidos à publicação em outra revista simultaneamente. A revista publica artigos, notas científicas e trabalhos de revisão (a convite).

O conteúdo dos manuscritos submetidos à publicação em **BRAGANTIA** é de responsabilidade exclusiva de seu(s) autor(es).

Os trabalhos submetidos à publicação em **BRAGANTIA** são avaliados inicialmente pelo Comitê Editorial, o qual define se os mesmos se enquadram no escopo da **BRAGANTIA** e apresentam mérito para publicação. Trabalhos que não atendam às “Recomendações aos Autores” ou que necessitem de grande revisão serão prontamente recusados, mesmo que possuam mérito científico. Após essa fase, o trabalho é encaminhado para dois revisores especialistas na área de conhecimento, sendo os pareceres emitidos pelos revisores analisados pelo Comitê Editorial (Editor-associado e Editor-chefe). O parecer conclusivo é encaminhado aos autores, com as indicações de correções e a necessidade de submissão da nova forma (versão). Os autores devem apresentar juntamente com a nova forma do trabalho as justificativas caso discordem das correções e as respostas a possíveis indagações dos editores e revisores. A nova forma é em seguida confrontada pelo editor-associado com a versão original do trabalho. Uma vez aceito, o trabalho é encaminhado para revisão de referências, abstract e vernáculo. Após diagramação, o texto é submetido a correções finais pelos autores e pelo comitê editorial. O fluxo editorial poderá ser acompanhado pelo sistema de gerenciamento online Submission, a partir de 3 de agosto de 2009.

### Preparação de originais

Os autores devem digitar no espaço "Comentários ao Editor" uma carta de encaminhamento, apresentando o trabalho e explicitando a principal contribuição do mesmo para o avanço do conhecimento na área de Ciências Agrárias. A carta de encaminhamento deve indicar que o trabalho não foi submetido para publicação em outro periódico.

Os artigos e as revisões devem ter até 25 páginas (folha tamanho A4 com margens de 3 cm, fonte em Times New Roman tamanho 12, páginas e linhas numeradas sequencialmente), incluindo tabelas e figuras. As Notas Científicas devem apresentar até 12 páginas, incluindo tabelas e figuras. Notas científicas são breves comunicações, cuja publicação imediata é justificada, por se tratar de fato inédito de importância, mas com volume insuficiente para constituir um artigo científico. As revisões são publicadas a convite da Revista.

O texto deve ser digitado em programa compatível com o Word (Microsoft), em espaçamento duplo. As principais divisões do texto (Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão e Conclusões) devem ser numeradas, em maiúsculo e negrito, e centralizadas na página. Notas científicas não apresentam divisões, conforme mencionado anteriormente.

O título do manuscrito deve refletir o conteúdo do trabalho e não deve ter subtítulo, abreviações, fórmulas e símbolos. O nome científico deve ser indicado no título apenas se a espécie for desconhecida.

Os nomes do autor e co-autores devem ser inseridos no sistema submission na mesma ordem em que aparecerão no trabalho final. Não indicar a autoria do trabalho no texto do manuscrito que será encaminhado aos assessores ad-hoc.

O resumo e abstract devem apresentar o objetivo da pesquisa de forma clara e concisa, os métodos de forma resumida, os resultados mais relevantes e as conclusões. O texto deve apresentar até 250 palavras, frases curtas, completas e com conexão entre si. Não deve apresentar citações bibliográficas. O título do trabalho em inglês, abstract e key words devem ser fiéis versões do título em português, resumo e palavras-chave.

As palavras-chave e key words não devem repetir palavras do título, devendo-se incluir o nome científico das espécies estudadas. As palavras devem ser separadas por vírgula e iniciadas com letra minúscula, inclusive o primeiro termo. Os autores devem apresentar de 3 a 6 termos, considerando que um termo pode ser composto de duas ou mais palavras.

A Introdução deve ter de uma a duas páginas, conter a justificativa para a realização do trabalho, situando a importância do problema científico a ser solucionado. A informação contida na Introdução deve ser suficiente para o estabelecimento da hipótese da pesquisa. Os autores devem citar trabalhos recentes publicados em periódicos científicos, porém a citação de trabalhos clássicos é aceita. Deve-se evitar a citação de resumos e abstracts. No último parágrafo da Introdução, os autores devem apresentar a hipótese científica e o objetivo do estudo, da mesma forma que no Resumo.

O Material e Métodos deve apresentar a descrição da condição experimental e dos métodos utilizados de tal forma que haja informação suficiente e detalhada para que o trabalho seja repetido. Fórmulas, expressões ou equações matemáticas devem ser iniciadas à margem esquerda da página. Incluir referências à análise estatística utilizada e informar a respeito das transformações dos dados. A indicação de significância estatística deve ser da seguinte forma:  $p < 0,01$  ou  $p > 0,05$  (letra “p” em minúsculo).

No item Resultados e Discussão, os autores devem apresentar os resultados da pesquisa e discuti-los no sentido de relacionar as variáveis analisadas à luz dos objetivos do estudo. A mera comparação dos resultados com os dados apresentados por outros autores não caracteriza a discussão dos mesmos. Deve-se evitar especulação excessiva e os dados não devem ser apresentados simultaneamente em tabelas e em figuras.

A Conclusão deve ser elaborada de tal forma que responda a questão abordada na pesquisa, confirmando ou não a hipótese do trabalho e estando de acordo com o objetivo. Os autores devem ficar atentos para que a Conclusão não seja um resumo dos principais resultados. A redação da Conclusão deve ser com o verbo no presente do indicativo.

Apenas as referências estritamente necessárias para a compreensão do artigo devem ser citadas, sendo recomendado ao redor de 25 referências para artigos e notas científicas. A listagem das referências deve iniciar em uma nova página.

As citações de autores no texto devem ser em caixa alta reduzida ou versalete, seguidas do ano de publicação. Para dois autores, usar “e” ou “and” se o texto for em inglês. Havendo mais de dois autores, citar o sobrenome do primeiro, seguido de et al. Ex.: Steel e Torrie (1980) ou (Steel e Torrie, 1980). Haag et al. (1992) ou (Haag et al., 1992). Mais de um artigo dos mesmos autores, no mesmo ano, devem ser discriminados com letras minúsculas: Haag et al. (1992a,b). Comunicações pessoais, trabalhos ou relatórios não publicados devem ser citados no rodapé, não devendo aparecer em Referências. A citação de trabalhos publicados em anais de eventos científicos deve ser evitada.

As referências são normatizadas segundo os modelos abaixo e devem estar em ordem alfabética de autores e, dentro desta, em ordem cronológica de trabalhos; havendo dois ou mais autores, separá-los por ponto e vírgula; os títulos dos periódicos devem ser escritos por extenso; incluir apenas os trabalhos citados no texto, em tabelas e/ou em figuras, na seguinte forma:

a) Periódicos

CAMARGO, C.E.O.; FELÍCIO, J.C.; FERREIRA FILHO, A.W.P.; BARROS, B.C.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; PETTINELLI JÚNIOR, A. Comportamento agrônômico de linhagens de trigo no Estado de São Paulo. **Bragantia**, v.60, p.35-44, 2001.

b) Livros e capítulos de livros

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 631p.

JACKSON, M.L. Chemical composition of soil. In: BEAR, F.E. (Ed.). **Chemistry of the soil**. 2. ed. New York: Reinhold, 1964. p.71-141.

c) Dissertações e Teses

OLIVEIRA, H. DE. **Estudo da matéria orgânica e do zinco em solos sob plantas cítricas sadias e apresentando sintomas de declínio**. 1991. 77f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

Quando absolutamente necessárias ao entendimento do trabalho, tabelas e figuras devem acompanhar o texto. O conjunto tabela ou figura e a sua respectiva legenda deve ser auto-explicativo, sem necessidade de recorrer ao texto para sua compreensão. Os títulos das tabelas e figuras devem ser claros e completos e incluir o nome (vulgar ou científico) da espécie e das variáveis dependentes. As figuras devem vir no final do texto. São consideradas figuras: gráficos, desenhos, mapas e fotografias usados para ilustrar o texto. Os autores devem evitar cores nas figuras, exceto para fotografias. No caso de figuras compostas, cada gráfico deve ser assinalado com a inscrição “(a)”, em letra minúscula.

As tabelas não devem apresentar linhas verticais e assim como as figuras devem ser posicionadas, nessa ordem, após a listagem das referências. Os números nas tabelas devem ser alinhados pela vírgula na coluna. As figuras e tabelas devem ser acompanhadas pela respectiva legenda, com as unidades das variáveis analisadas seguindo o Sistema Internacional de Medidas e posicionadas no topo das colunas nas tabelas, fora do cabeçalho da mesma. As grandezas no caso de unidades compostas devem ser separadas por espaço e a indicação dos denominadores deve ser com notação em sobrescrito. Exemplos: ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), [ $\text{mg (g MS)}^{-1}$ ].

#### RECOMENDAÇÕES

#### IMPORTANTES:

- No caso de trabalho que envolva plantio direto, o histórico da área deve ser informado.
- não mencionar o laboratório, departamento, centro ou universidade onde a pesquisa foi conduzida.
- Trabalhos relacionados ao controle químico de pragas e doenças (com produtos naturais e sintéticos) e estudos que envolvam micropropagação e cultura de tecidos não serão considerados para a publicação em *Bragantia*. No caso de reguladores vegetais, bioestimulantes e demais produtos químicos, os trabalhos devem necessariamente estabelecer uma hipótese bem fundamentada, sendo o agente químico utilizado para testar a hipótese e responder à questão abordada no artigo.
- Os autores devem consultar fascículo recente de *Bragantia* para ciência do layout das tabelas e figuras.
- Na submissão online dos trabalhos, os nomes do autor e co-autores devem ser inseridos no sistema na mesma ordem em que aparecerão no trabalho final. Não indicar a autoria do trabalho no texto do manuscrito que será encaminhado aos assessores ad-hoc.
- O não atendimento às normas implicará na devolução do trabalho.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)