



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

MARCELA FONSECA LAGO DA COSTA

PLASTICIDADE ECOFISIOLÓGICA COMO MECANISMO DE ADAPTAÇÃO À
DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM PLANTAS JOVENS DE IPÊ BRANCO *TABEBUIA*
ROSEOALBA (RIDL.) SAND. (BIGNONIACEAE)

Maceió – AL

2021

Marcela Fonseca Lago da Costa

PLASTICIDADE ECOFISIOLÓGICA COMO MECANISMO DE ADAPTAÇÃO À
DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM PLANTAS JOVENS DE IPÊ BRANCO *TABEBUIA*
ROSEOALBA (RIDL). SAND. (BIGNONIACEAE)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas do
Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, da
Universidade Federal de Alagoas, como requisito
parcial para obtenção do grau de Bacharela em
Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Costa Justino

Maceió – AL

2021

Universidade Federal de Alagoas
Divisão de Tratamento Técnico
Catalogação na Fonte
Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto - CRB-4 - 1767

C837p

Costa, Marcela Fonseca Lago da Costa .

Plasticidade ecofisiológica como mecanismo de adaptação à plantas jovens de ipê branco *Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sand. Marcela Fonseca Lago da Costa Costa ; orientação: Gilberto Costa 2021.

47 f.: il.

Graduação em Ciências Biológicas: Bacharelado - Universidade Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde . On-line pelo Google Meet Bibliografia: f. 36-47.

1. Fisiologia vegetal. 2. Estresse hídrico. 3. Ipê branco. I. Título.

CDU:581.1



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
COORDENADORIA DO CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

Aos 8 de outubro de 2021, às 9 horas, estiveram reunidos na sala virtual <https://meet.google.com/tbb-qibg-ije>, pela Plataforma Google Meet, como Presidente da Banca Examinadora, o(a) orientador(a) Prof. Dr. Gilberto Costa Justino e os Membros Titulares, a(o) Profa. Dra. Liliane Santos de Camargos e o(a) Dr. Sebastião de Oliveira Maia Júnior, para a apresentação do Trabalho de Conclusão de Curso do(a) discente **MARCELA FONSECA LAGOA DA COSTA**, matrícula **12210708**, intitulado **“PLASTICIDADE ECOFISIOLÓGICA COMO MECANISMO DE ADAPTAÇÃO À DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM PLANTAS JOVENS DE TABEBUIA ROSEOALBA (RIDL.) SAND. (BIGNONIACEAE)”**. Após a apresentação pelo aluno(a), seguiu-se a arguição da Banca Examinadora, sendo este Trabalho APROVADO com nota 9,1 (nove inteiros e um décimo). *Ficam cientes o(a) orientador(a) e o(a) discente que a nota final do TCC somente será registrada no sistema acadêmico após o orientador enviar o TCC corrigido, por e-mail e em versão final “PDF”, à Coordenadoria do Curso, cumprindo assim a obrigatoriedade da entrega definitiva prevista no inciso III, art. 18, Res. 25/2005/ CEPE/UFAL.* Nada mais havendo a tratar, eu, Prof.^a Dr.^a Graziela Cury Guapo, lavrei a presente Ata, que vai por mim assinada, e pelos Membros da Banca Examinadora.

Maceió, 8 de outubro de 2021.

Documento assinado digitalmente
gov.br Gilberto Costa Justino
Data: 16/11/2021 10:47:28-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Gilberto Costa Justino
Orientador(a)

Dr. Sebastião de Oliveira Maia Júnior
Membro Titular - Examinador 2

Profa. Dra. Liliane Santos de Camargos
Membro Titular - Examinador 1

Documento assinado digitalmente
gov.br Graziela Cury Guapo
Data: 17/11/2021 22:07:29-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Coordenadoria do Curso de Bacharelado em
Ciências Biológicas

Dedico este trabalho ao meu filho Cael Leví Fonseca Novaes, que surpresa boa te ter aqui. Você ainda não sabe, mas sem você, nada disso seria possível.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Universidade Federal de Alagoas, ao Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde e ao Centro de Ciências Agrárias por me proporcionarem a oportunidade e estrutura necessárias para que eu obtivesse esta graduação. Meu muito obrigada aos professores desta instituição, vocês são heróis.

Agradeço especialmente ao meu orientador Prof. Dr. Gilberto Costa Justino por ter me aceitado em seu laboratório quando eu já estava no 6º período da graduação, obrigada pela paciência e persistência.

Agradecimento especial à banca examinadora, Profa. Dra. Liliane Santos de Camargos e Dr. Sebastião de Oliveira Maia Júnior, obrigada por aceitarem contribuir com este capítulo tão importante da minha vida.

Aos amigos e colegas do Laboratório de Ecofisiologia Vegetal, em especial à Janyne Janielly Diniz Ventura, que foi além e se tornou uma irmã pra mim, madrinha do meu filho e luz dos meus dias tristes, meu muito obrigada. Obrigada Jayne Silva Santos pelos conselhos e pela disponibilidade e paciência em sempre me ajudar, muito obrigada à Caroline Soares Nobre e à Wanilla Matias Léger, Arthur Silva, Nataliana Souza, Juliana Pinheiro e Isabella Cardoso (Técnica do laboratório) meus mais sinceros agradecimentos a vocês também por todo companheirismo, conhecimento compartilhado e apoio no laboratório e fora dele também.

Aos meus amigos de turma, não há palavras suficientes para expressar minha gratidão, Everton Martins, Rafael Barros, Liliane Braga, Gicelly Dias, Karoline Azevedo, Melyssa Monteiro e Isabelle Queiroz Aaltonen, vocês merecem o mundo.

À minha tia Solange Diniz, que sempre acreditou em mim, me deu forças e me acolheu, meu muito obrigada.

Gratidão à minha família, ao meu filho Cael Leví e ao meu marido Cadmiel José Novaes Costa Pontes, definitivamente sem vocês este trabalho não estaria aqui, à minha mãe Claudia Fonseca da Costa por ser minha base e força, à minha sogra Aristeia Novaes por me acolher como uma filha quando eu precisei e à minha cunhada Claudiane Novaes pelos momentos de alegria.

Agradeço a Deus, meus guias e às luzes que iluminam a estrada do meu caminhar. Axé.

RESUMO

Tabebuia roseoalba (ipê-branco) ocorre naturalmente em biomas com características muito peculiares de precipitação, radiação e temperatura, pois a mesma tem ampla distribuição em território nacional, sendo muito utilizada para arborização urbana devido à sua exuberante floração, além de ter uma madeira bastante desejada pelos madeireiros. Entender como espécies presentes em diversos biomas se comportam e resistem à longos períodos de estiagem em um ambiente semiárido por exemplo, é muito importante para programas de restauração de áreas impactadas. Este estudo teve como objetivo investigar se plantas jovens de Ipê branco são tolerantes ao estresse hídrico através de um experimento em casa de vegetação, onde foram impostos dois tratamentos: o controle (irrigado regularmente) e o déficit hídrico (que teve a hidratação totalmente suspensa). Assim, foram determinadas as trocas gasosas, a fluorescência da clorofila, potencial hídrico e ao final a biomassa seca de partes da planta, como folhas, caule e raiz. A partir dos dados de condutância estomática, transpiração e fotossíntese líquida foram calculadas a eficiência do uso da água e eficiência intrínseca do uso da água. Após 15 dias de imposição ao déficit a fotossíntese reduziu no tratamento sob deficiência hídrica chegando à 0, como resultado da redução da condutância estomática, o que ocorreu devido ao fechamento dos estômatos. Como consequência, também foi verificada redução da transpiração, aspecto importante em condições de deficiência hídrica em que a planta utiliza a estratégia de fechamento dos estômatos para restringir a perda de água das folhas. Ademais, os valores de F_v/F_m ao meio dia foram menores do que os encontrados na antemanhã, indicando fotoinibição dinâmica. A eficiência no uso da água (EUA) e eficiência do intrínseca no uso da água (EIUA) foram maiores nos tratamentos estressados, indicando que quando a espécie é submetida ao estresse hídrico tende a reduzir a perda de água e tenta se adaptar ao novo cenário imposto pela restrição hídrica, sendo esses importantes recursos que as espécies normalmente usam nestas condições climáticas intensas frequentes nesse ambiente. Os dados indicam que quando submetida ao estresse hídrico, essa espécie se adequa fisiologicamente e morfológicamente, o que explica a ampla distribuição dessa planta em todo território brasileiro, mesmo em ambientes com longos períodos de seca e por precipitações irregulares.

Palavras-chave: *Tabebuia roseoalba*; taxas fotossintéticas; restrição hídrica.

ABSTRACT

Tabebuia roseoalba (white ipe) occurs naturally in biomes with very peculiar characteristics of precipitation, radiation and temperature, as it is widely distributed throughout the country, being widely used for urban afforestation due to its exuberant flowering, in addition to having a very good wood, desired by loggers. Understanding how species present in different biomes behave and resist long periods of drought in a semiarid environment, for example, is very important for restoration programs in impacted areas. This study aimed to investigate whether young plants of white Ipê are tolerant to water stress through an experiment in a greenhouse, where two treatments were imposed: control (irrigated regularly) and water deficit (which had the irrigation completely suspended) gas exchange, chlorophyll fluorescence, water potential and, at the end, the dry biomass of plant parts such as leaves, stem and root were determined. From the stomatal conductance, transpiration and net photosynthesis data, the water use efficiency and intrinsic water use efficiency were calculated. After 15 days of imposition of deficit, photosynthesis reduced about 85% in the treatment under water deficit, reaching 0, as a result of the reduction in stomatal conductance, which occurred due to the closure of the stomata. As a consequence, a reduction in transpiration was also verified, an important aspect in water deficit conditions in which the plant uses the stomata closing strategy to restrict the loss of water from the leaves. Furthermore, the F_v/F_m values at noon were lower than those found in the morning, indicating dynamic photoinhibition. Water use efficiency (USA) and intrinsic water use efficiency (EIUA) were higher in stressed treatments, indicating that when the species is subjected to water stress it tends to reduce losses and tries to adapt to the new scenario imposed by the restriction water. These are important resources that species normally use in these intense climatic conditions that are frequent in this environment. Proving that when subjected to water stress this species adapts physiologically and morphologically, which explains the wide distribution of this plant throughout the Brazilian territory, even in environments with long periods of drought and irregular rainfall.

Keywords: *Tabebuia roseoalba*; photosynthetic rates; water restriction.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. *Tabebuia roseoalba*. A) hábito, B) flores, C) exsicata (ramo e fruto)13
- Figura 2. Mapa de distribuição de *Tabebuia roseoalba* nos neotrópicos A) real (322 registros não tratados) e B) potencial.....15
- Figura 3. Distribuição esquemática das áreas de Floresta Tropical Sazonalmente Seca neotropicais: 1. Caatingas, 2. Núcleo misiones, 3. Região Chiquitano boliviano, 4. Núcleo Piedmont, 5. Vales interandinos boliviano-peruano, 6. Costa do pacífico equador, 7. Vale interandino colombiano, 8. Costa caribenha da Colômbia e Venezuela, 9. América central, 10. Antilhas; Savanas: Ce, Cerrado. Ll, Llanos. Ru, Rupununi. Ch, Chaco.....16
- Figura 4. Temperatura e umidade relativa do ar, e PAR e déficit de pressão de vapor (*DPV* folha-ar) no interior da casa de vegetação. Figuras A–B, indicam as médias diárias durante o período do experimento e Figuras C–D, indica a variação no dia do estresse máximo23
- Figura 5. Umidade do solo dos vasos onde as mudas foram cultivadas durante 15 dias do experimento. Barras correspondem ao erro padrão. N =20.....24
- Figura 6. Condutância estomática em plantas de *Tabebuia roseoalba* submetidas a dois regimes hídricos, deficiência hídrica e hidratado, em casa de vegetação.....28
- Figura 7. Fotossíntese em plantas de *Tabebuia roseoalba* submetidas a dois regimes hídricos deficiência hídrica e hidratado, em casa de vegetação.....29
- Figura 8. Transpiração em plantas de *Tabebuia roseoalba* submetidas a dois regimes hídricos deficiência hídrica e hidratado, em casa de vegetação.....30
- Figura 9. Potencial hídrico foliar (Ψ_w foliar), no primeiro dia dos tratamentos e no dia do estresse máximo, em plantas de *Tabebuia roseoalba* submetidas a dois regimes hídricos, deficiência hídrica e hidratado, em casa de vegetação.....31
- Figura 10. Eficiência do uso da água (A) e eficiência intrínseca do uso da água em plantas de *Tabebuia roseoalba* submetidas a dois regimes hídricos, após 7 dias de estresse hídrico.....31
- Figura 11. Eficiência quântica do fotossistema PSII (A) e eficiência efetiva do fotossistema PSII (B) em plantas de *Tabebuia roseoalba* submetidas a dois regimes hídricos, nos tratamentos controle e sequeiro no último dia de suspensão hídrica nos períodos da ante-manhã e ao meio dia em casa de vegetação.....33
- Figura 12. Biomassa seca de *Tabebuia roseoalba* submetidas a dois regimes hídricos, controle e déficit hídrico, após 15 dias de suspensão hídrica em casa de vegetação..... 34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVOS.....	12
2.1 Geral.....	12
2.2 Específicos.....	12
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
3.1 Ipê-branco (<i>Tabebuia roseoalba</i>).....	13
3.2 Biomas Brasileiros.....	15
3.3 Efeitos da deficiência hídrica e a Floresta Tropical Sazonalmente Seca.....	17
3.3.1 Efeitos da deficiência de água sobre as plantas.....	17
3.3.2 Resposta da planta à baixa disponibilidade de água.....	19
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
4.1 Instalação e estratégia experimental.....	22
4.1.1 Dados meteorológicos.....	22
4.1.2 Umidade do solo.....	24
4.1.3 Potencial hídrico foliar.....	24
4.2 Avaliações fisiológicas.....	25
4.2.1 Monitoramento das taxas fotossintéticas.....	25
4.2.2 Eficiência na utilização da água (EUA) e eficiência intrínseca no uso da água (EIUA)	25
4.3 Determinação da fluorescência da clorofila a	25
4.4. Índice SPAD (índice de teor de clorofila total).....	25
4.5 Determinação de massa seca.....	26
4.6 Análises estatísticas.....	26
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
6 CONCLUSÃO.....	36
REFERÊNCIAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

O Ipê-branco (*Tabebuia roseoalba*) é uma árvore comum no território nacional brasileiro, principalmente na Floresta Estacional Semidecidual (Mata Atlântica). Além disso, pode ser encontrada como uma espécie arbórea com ampla distribuição. No Brasil é encontrado na Mata Atlântica no estado de Alagoas, presente de formas esparsas nesses domínios semiáridos, podendo ser encontrada na Caatinga, no cerrado e no Chaco. Seus nomes, tanto científico quanto popular, vêm do tupi-guarani, e fazem referência à sua madeira de casca grossa e capaz de flutuar na água. Nomeada inicialmente como *Bignonia roseo-alba*, pois pertence à família *Bignoniaceae*, foi realocada ao gênero *Tabebuia* em 1955 por Noel Yvri Sandwith. Devido ao florescimento exuberante, esta espécie é muito usada no paisagismo, inclusive arborização de ruas nas cidades. A espécie também é utilizada para reflorestamento de terrenos secos e pedregosos em regiões livres de geadas, com a finalidade de recomposição da vegetação arbórea (LORENZI, 2002). A madeira do ipê branco é de peso moderado, textura macia, com superfície lustrosa, de boa qualidade e ótima durabilidade para ambientes internos, sendo bastante usada na construção civil para assoalhos e aviamentos, na construção naval e em obras externas como postes, esteios e mourões (LORENZI, 2002).

Em condições ambientais extremas como as verificadas na Caatinga, a sobrevivência de organismos, inclusive vegetais, foi possibilitada devido ao aparecimento e seleção de características fisiológicas e morfológicas de resistência (ONYEKWELU *et al.*, 2011). A alta incidência de radiação solar e deficiência hídrica são particularidades presentes frequentemente na Caatinga e causadoras de estresses em plantas. Nestas condições, os mecanismos morfofisiológicos das plantas podem variar entre as espécies com o objetivo de resistir a estas características adversas (BOHNERT *et al.*, 1995). Espécies vegetais nativas da Caatinga, como *T. roseoalba*, estão constantemente expostas à deficiência hídrica e provavelmente estão adaptadas a essas condições adversas.

Visto a necessidade de compreender o comportamento das espécies diante das diversidades climáticas, o conhecimento sobre a ecofisiologia vegetal é fundamental para o sucesso das estratégias adotadas. O conhecimento adquirido em experimentação laboratorial correlaciona-se com a prática de manejo para garantir a sobrevivência de indivíduos novos a serem reintroduzidos. As espécies importantes para a restauração ou com potencial para o uso neste fim também devem receber atenção dos pesquisadores, visto a necessidade de compreender as alterações morfofisiológicas por trás da plasticidade fenotípica que muitas destas espécies possuem e que esclarecem como é possível o seu estabelecimento e desenvolvimento, mesmo em ambientes desfavoráveis.

Isto posto, o foco deste estudo foi a avaliação das características morfológicas e fisiológicas de tolerância das plantas a condições de estresse hídrico severo. A partir destas informações, levantamos as seguintes questões: (1) os indivíduos de *T. roseoalba* em condições de deficiência hídrica conseguirão otimizar o uso da água, aumentando a eficiência no uso da mesma? (2) A restrição hídrica afetará o acúmulo de biomassa nas plantas? (3) A espécie conseguirá tolerar o nível de estresse por deficiência hídrica induzida?

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Investigar a tolerância de plantas jovens de *Tabebuia roseoalba* à deficiência hídrica.

2.2 Específicos

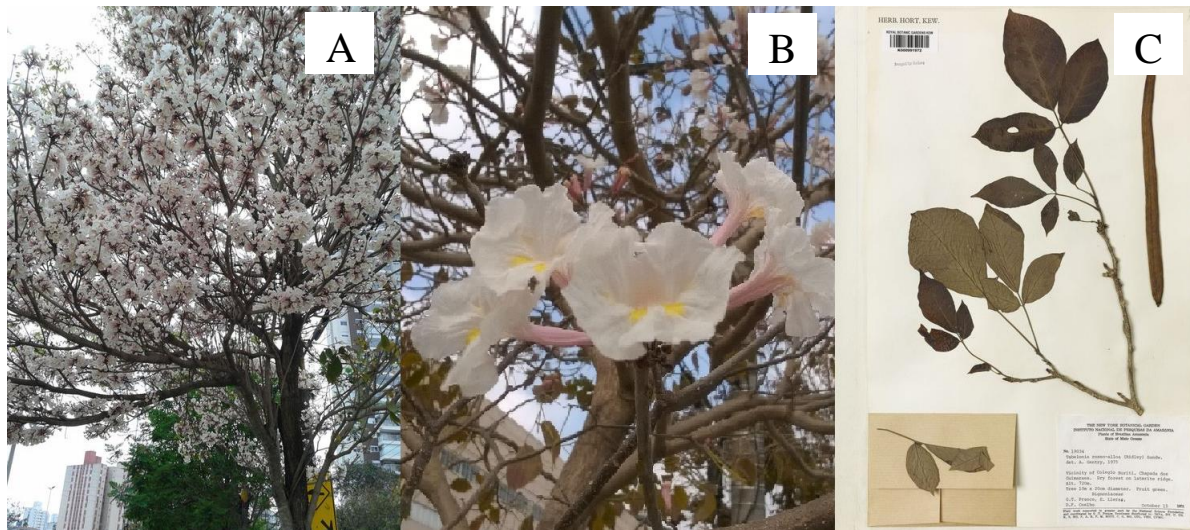
- Verificar o efeito da restrição hídrica sobre o aproveitamento da energia luminosa e da condutância estomática sobre as taxas de fotossíntese das plantas;
- Avaliar a eficiência do uso da água e a manutenção do potencial hídrico foliar em condições de deficiência de água no solo;
- Determinar se a eficiência hídrica reduzirá a abertura estomática e se este efeito implicará em redução dos valores de EUA e EIUA,;
- Investigar o padrão de distribuição de biomassa entre as partes da planta (folhas, caule e raiz) em função da restrição de água.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Ipê-branco (*Tabebuia roseoalba*)

O ipê-branco atinge uma altura que varia entre 7 e 16 metros e diâmetro de 40 e 50 centímetros. As folhas da espécie são contrárias e compostas, características típicas da família Bignoniaceae. As folhas possuem três folíolos, com as duas faces superficialmente com penugem, de comprimento que varia entre 6-11 centímetros nos folíolos menores e 8-13 centímetros no folíolo maior (Figura 1). A floração acontece entre os meses de agosto e outubro. Essa espécie é decídua, perdendo suas folhas a partir de outubro, quando o ipê-branco fica inteiramente sem folhas. Os frutos amadurecem entre outubro e dezembro e possuem muitas sementes, de aspecto achatado, as quais são facilmente levadas pelo vento pelo vento, em grande quantidade (LORENZI, 2002). Também são heliófitas e seletivas xerófitas, o que quer dizer que as plantas tem adaptação ao clima semiárido. Sua presença está relacionada a solos rochosos e calcários, que possuem drenagem rápida e obstáculo físico, nos poderes fitogeográficos da Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (LORENZI, 2002; LOHMANN; TAYLOR, 2014)

Figura 1 *Tabebuia roseoalba*. A) hábito, B) flores, C) excisata (ramo e fruto)



Fonte: GBIF (Global Biodiversity Information Facility)

Bignoniaceae tem distribuição pantropical, com cerca de 120 gêneros e 800 espécies; entre elas, 100 são famosas popularmente como ipês e foram inseridas atualmente nos gêneros *Handroanthus* sp. e *Tabebuia* sp. encontradas principalmente nas regiões neotropicais (SOUZA; LORENZI, 2005; GROSE; OLMSTEAD, 2007; SILVA *et al.*, 2009.). Os ipês têm floração que pode ser branca, roxa, rosa ou amarela dependendo da espécie e isso atrai a atenção em meio a mata monocromática verde.

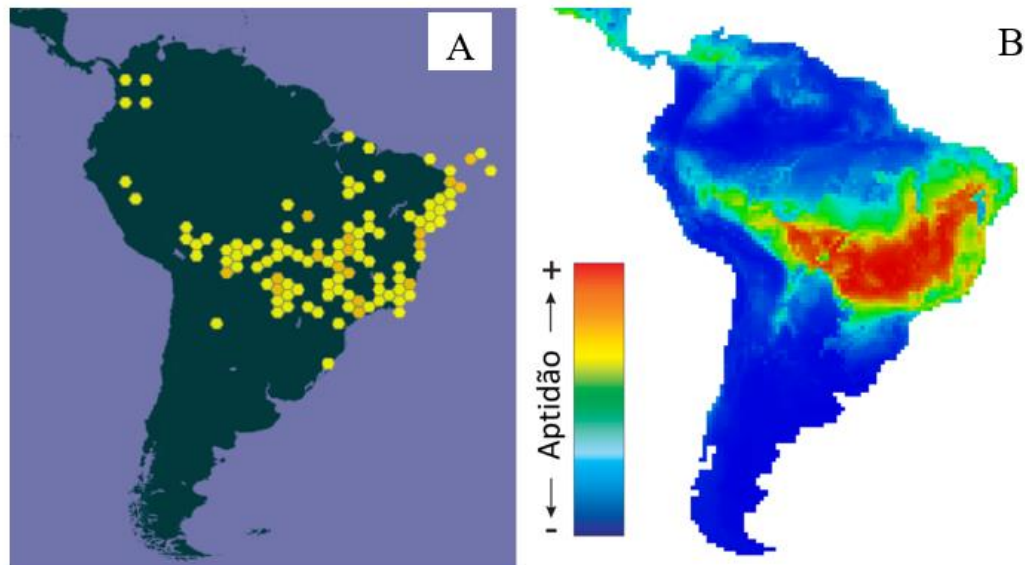
Tabebuia roseoalba é encontrada em partes da Caatinga, Cerrado e Chaco, com indivíduos mais altos, por tratar-se de uma espécie arbórea (LORENZI, 2002). A Caatinga é um bioma situado no nordeste do Brasil, e toda a sua extensão limita-se ao território nacional, alcançando cerca de 735.000 km² (LEAL *et al.*, 2005). Esta ecorregião abrange os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Sudeste do Piauí, Oeste de Alagoas e Sergipe, região Norte e central da Bahia e uma parte que se estende até Minas Gerais (PRADO, 2003). O princípio desses ambientes tem sido discutido há muito tempo, mas estudos atuais propõem que a Caatinga é uma parcela de uma floresta tropical seca sazonal da América do Sul do Pleistoceno (PENNINGTON *et al.*, 2000; LEAL *et al.*, 2005). *T. roseoalba* é aplicada no paisagismo pelo encanto farto de sua florada e sua madeira é utilizada na construção civil (LORENZI, 2002). Como sua madeira é um pouco pesada e macia, tem sido empregada usualmente em acabamentos internos, devido a sua superfície macia para o talhe, além de ser brilhante e com resistência neste tipo de ambiente. Assim, é utilizada na decoração paisagística por conta do seu porte e da beleza de sua floração que pode ocorrer mais de uma vez por ano, Figura 1. Além disso, atualmente vem sendo descoberto o potencial farmacológico desta espécie (FERRAZ-FILHA *et al.*, 2016), a qual também tem sido utilizada para a medicina popular no tratamento de infecções nosocomiais (GAETTI-JARDIM JÚNIOR *et al.*, 2009).

O ipê-branco também é empregado para recomposição vegetal de áreas degradadas devido a sua grande adaptação à terrenos secos e pedregosos (LORENZI, 2002), contudo, estudos sobre sua fisiologia sob estresse hídrico ainda são raros. A literatura relata, em sua maioria, de estudos sobre modificações fisiológicas em reação a outros fatores, como a presença de contaminantes ou o sombreamento (GAI *et al.*, 2017; FAVARETTO *et al.*, 2011), prospecção de fármacos (FERRAZ-FILHA *et al.*, 2016; FERREIRA-JÚNIOR *et al.*, 2014), fisiologia de sementes (ABBADE; TAKAKI, 2014), florística e ecologia de populações (MELO *et al.*, 2016; COLLEVATTI *et al.*, 2014). Por isso, trabalhos centrados na restauração de ecossistema e preservação das espécies, abrangendo a fisiologia das espécies vegetais desses biomas frente a diferentes variações hídricas, são fundamentais, pois, além do potencial biotecnológico ainda não divulgado, servem de base para a definição de deliberações de caráter ecológico, envolvendo restaurações de áreas degradadas.

Um estudo recente (MELO *et al.*, 2016) citou que o ipê branco é uma espécie

especialista e com nicho ecológico limitado, própria de florestas tropicais sazonalmente secas (FTSSs), e sua distribuição ocorre de forma desunida ao longo das áreas de FTSSs da América do sul, sobre rochas calcárias e solos altamente férteis (Figura 2 A e B).

Figura 2. Mapa de distribuição de *Tabebuia roseoalba* nos neotrópicos A) real (322 registros não tratados) e B) potencial.

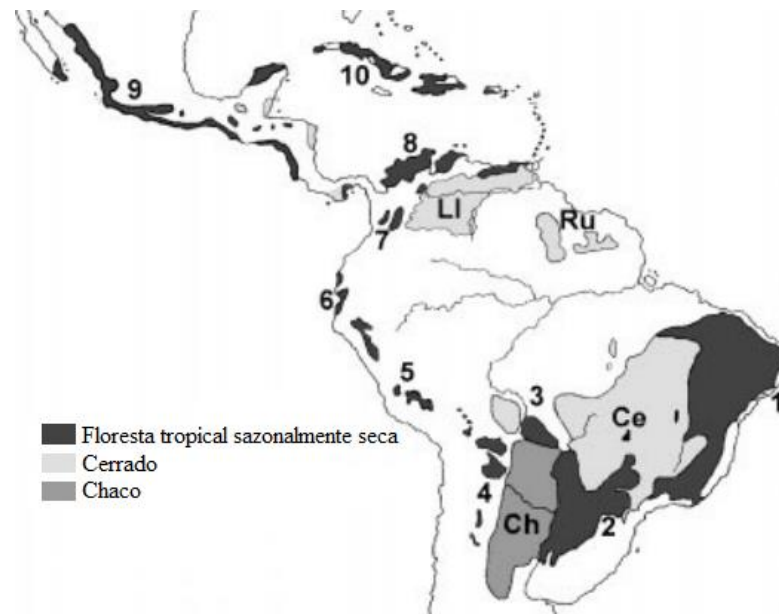


Fonte: GBIF (Global Biodiversity Information Facility) (A) e de (MELO *et al.*, 2016) (B).

3.2 Caatinga, Cerrado e Chaco

Florestas estacionais, conhecidas como mata seca, ocorrem em regiões tropicais em todo o mundo e são submetidas, numa determinada época do ano, a uma variação climática extrema, onde a precipitação é menor do que 1800 milímetros, possuindo um longo período de 5 a 6 meses de baixa precipitação, recebendo menos de 100 mililitros (MURPHY; LUGO, 1986; MOONEY *et al.*, 1995; PENNINGTON *et al.*, 2006). No Brasil, ocorre nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul (pantanal mato-grossense) e em alguns estados do nordeste (LORENZI, 2002), e se apresentam como uma mistura de arbustos espinhosos e florestas que enfrentam longos períodos de seca. Na América do Sul, a “diagonal seca” que inclui os biomas da Caatinga, Cerrado e Chaco possuem imensa biodiversidade. A figura 3 indica a distribuição de áreas de Floresta Tropical Sazonalmente Seca, Cerrado e Chaco.

Figura 3. Distribuição esquemática das áreas de Floresta Tropical Sazonalmente Seca neotropicais: 1. Caatingas, 2. Núcleo missions, 3. Região Chiquitano boliviano, 4. Núcleo Piedmont, 5. Vales interandinos boliviano-peruano, 6. Costa do pacífico equador, 7. Vale interandino colombiano, 8. Costa caribenha da Colômbia e Venezuela, 9. América central, 10. Antilhas; Savanas: Ce, Cerrado. Ll, Llanos. Ru, Rupununi. Ch, Chaco.



Fonte: Retirado de Pennington *et al.*, (2000).

A FTSS atual é resultante da degradação antrópica, onde o clímax seria a floresta seca. Mas, de acordo com Pennington et al (2000), sem negar o papel das ações humanas, as florestas secas seriam formações climáticas, sendo estas mesoclimáticas e/ou edáficas. A adaptação do ipê branco em ambientes secos e pedregosos e suas particularidades xerófitas, levou o mesmo a ser bastante indicado para restauração ecológica e recomposição vegetal, além de ser empregado para fins medicinais devido ao seu potencial farmacológico (ABBADÉ; TAKAKI, 2014; FERRAZ-FILHA *et al.*, 2016). Os biomas inseridos na zona das FTSSs possuem grande variedade de formas de vida e um acentuado grau de endemismo, mas, com pouco estudo, principalmente, envolvendo a Caatinga (ALVES *et al.*, 2009).

Grande parte das espécies da Caatinga possuem meios para sobreviver à estação seca, sendo assim, por meio de alterações do ritmo biológico ou por mudanças no metabolismo da água além de perda das folhas, possibilitam que as plantas economizem água, sem atingir uma verdadeira microfilia, que é característica de muitas espécies de outras regiões semiáridas (KOECHLIN; MELO, 1980). A degradação dos solos e a alteração das condições hídricas em consequência dos desmatamentos torna difícil a reconstituição da vegetação (ALVES, 2007). Assim, o quadro recente é caracterizado por níveis desiguais de degradação da floresta, como

também, o aumento de pastagens artificiais que vem causando grandes alterações na paisagem (ALVES *et al.*, 2009).

Nos mapas atuais de biomas brasileiros, o Cerrado consta como o segundo em extensão, ocupando quase 24% da área territorial nacional (LIMA; SILVA, 2005), ou cerca de 2,2 milhões de quilômetros quadrados (AB’SABER; MARIGO, 2006) e 65% das terras sul-mato-grossenses (POTT *et al.*, 2006). O bioma Cerrado abrange grande variedade de rochas sedimentares, formas de relevo, cotas altimétricas e solos, por causa da sua extensão e posição geográfica. Quanto às chuvas, está sob um clima que tem características sazonais, e demonstra diferentes variações nas suas médias anuais de temperatura e precipitação (ADÁMOLI *et al.*, 1986; NIMER; BRANDÃO, 1989).

O Chaco situa-se na borda oeste do estado de Mato Grosso do Sul (MS) (PENNINGTON *et al.*, 2000), ocupando cerca de 7% da área da sub-região do Pantanal do Nabileque (SILVA *et al.*, 2000). Apresenta vegetação arbustiva, caducifólia, micrófila e espinescente, geralmente, associada a solos salinos (SILVA *et al.*, 2000). Segundo Prado *et al.* (1992) o Chaco, no Brasil se encontra representado apenas nas florestas de Porto Murtinho (MS). É considerado um bioma de alta prioridade para a conservação na escala regional (TÁLAMO; CAZIANI, 2003). Devido à expansão da pecuária sul-mato-grossense nas últimas décadas no sudoeste do estado, muitas áreas do Chaco encontram-se prejudicadas e escassas (POTT; POTT, 2003), colocando em perigo a biodiversidade da região. A falta de dados atuais e estudos causam contratempos na preservação ambiental deste bioma. É considerado por alguns autores como um bioma completo, sem muitas modificações, devido aos fatores climáticos, edáficos e antrópicos (KOECHLIN; MELO, 1980; SCHNELL, 1961; AUBRÉVELILLE, 1961; MARTIUS, 1996).

3.3 Efeitos da deficiência hídrica e a Floresta Tropical Sazonalmente Seca

3.3.1 Efeitos da deficiência de água sobre as plantas

Quando o total de água que entra no sistema solo-planta é menor do que a quantidade total de água perdida pela evaporação e pela transpiração pelas plantas, pode-se dizer que a deficiência de água ocorre nos tecidos vegetais, pois o balanço hídrico é negativo, gerando várias alterações no metabolismo vegetal (DUARTE *et al.*, 2012). As FTSSs têm pouca água disponível para os vegetais em um longo período no ano e, ainda, encontram-se submetidas ao ressecamento do solo, devido ao aumento da evapotranspiração (TROVÃO *et al.*, 2007), pois,

com o *déficit* de chuva, os níveis de radiação solar e a temperatura se elevam, e a umidade relativa do ar diminui, aumentando o déficit de pressão de vapor (DPV), medida da demanda de água da atmosfera local.

As plantas que habitam regiões áridas e semiáridas estão constantemente expostas a efeitos negativos por causa de fatores abióticos que são causados devido a variações extremas do clima, pela variação da radiação, duração do dia, mudanças constantes de temperatura e quantidade de precipitação que acontecem (LARCHER, 2006). Devido à pouca disponibilidade de água no solo, o volume de água perdida supera o volume de água absorvida, logo, a planta entra em estado de déficit de água e desidrata cada vez mais (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A taxa fotossintética é um dos fatores mais atingidos após o estresse hídrico duradouro, podendo inclusive ser nula, processo que ocorre devido ao fechamento estomático. (CORNIC; FRESNEAU, 2002). A biomassa da planta também é afetada por mudanças nos índices de translocação de carbono, podendo ter reduções significativas (CHAVES; MAROCO; PEREIRA, 2003). Algumas plantas tendem a alocar biomassa para raiz, afim de otimizar a assimilação de água do solo (indo mais fundo e mais longe) (GUREVITCHE; SCHEINER; FOX, 2009) e reduzem a superfície foliar (onde ocorre maior evaporação de água) diminuindo a perda por transpiração, levando a redução da parte aérea. Essa estratégia é utilizada quando a espécie ao detectar déficit de água, através do sistema radicular, emite sinais químicos para a parte aéreas que reduzem a divisão e expansão celular em que esta habilidade também pode induzir de maneira negativa o ganho de carbono das plantas (CHAVES, MAROCO; PEREIRA, 2003). As espécies vegetais tem capacidade de sintetizar compostos orgânicos como a prolina, um aminoácido que contribui para o ajuste osmótico em resposta à desidratação, mantendo a turgidez celular (TAIZ *et al.*, 2017; SOMAL *et al.*, 1998).

As características do crescimento das plantas são dependentes das condições onde a espécie se encontra (exemplo: fatores edáficos, climáticos, fisiográficos e bióticos) (ONYEKWELU *et al.*, 2011). Em plantas jovens está envolvida em processos de regulação osmótica, produção da biomassa, fechamento estomático e processos fotossintéticos (TAIZ; ZEIGER, 2004), incluindo, também, absorção de nutrientes minerais (FIRMANO *et al.*, 2009; GONZALEZ-DUGO *et al.*, 2010).

A deficiência hídrica pode levar a modificações morfológicas, o que pode ser inconversível dependendo dos aspectos do vegetal, estágio do desenvolvimento, duração da deficiência hídrica e severidade da mesma (SANTOS; CARLESSO 1998). Por exemplo, de acordo com Taiz et al (2017), durante períodos de baixa precipitação, a escassez hídrica pode afetar os processos morfológicos, com destaque no pouco desenvolvimento do tamanho das

folhas ou até a queda no número de folhas afetando diretamente o crescimento vegetal, devido a deficiência hídrica. E nos processos fisiológicos há uma queda na assimilação de nutrientes essenciais a sobrevivência da espécie (trocas gasosas, clorofila, água e outros). Por isso, observa-se que com a deficiência hídrica há uma tendência de redução na eficiência fotossintética, caindo também, a taxa fotossintética da planta. Este efeito depende da rigidez do estresse e do ambiente em questão além das propostas essenciais às características das espécies. Diante disso, dos estágios iniciais do estresse hídrico, a planta tende a aumentar a eficiência do uso da água, o que significa que mais CO₂ será absorvido por unidade de água transpirada (TAIZ *et al.*, 2017).

3.2.2 Resposta da planta à baixa disponibilidade de água

O conceito de adaptação, envolve traços genéticos de tolerância que foram acumulados em uma espécie ao longo de sua história evolutiva, por serem favoráveis no ambiente natural das mesmas (TAIZ; ZEIGER, 2009). As plantas nativas de áreas que passam pelo déficit hídrico naturalmente, possuem adaptações para tolerar os períodos de seca, como: ajustes nas taxas de crescimento e/ ou maior crescimento do sistema radicular; ajustes morfológicos, como a diminuição da área foliar e número de estômatos; ajustes fisiológicos, como o ajuste osmótico e da eficiência do uso da água e o aumento na atividade bioquímica protetora. São modificações morfofisiológicas utilizadas como estratégia de retardo e tolerância à desidratação. Ainda existem as espécies vegetais que possuem mecanismos de escape da seca, que abrange as espécies que completam seu ciclo de vida durante a época onde a umidade do solo é favorável (TROVÃO *et al.*, 2007; TAIZ; ZEIGER, 2009).

As clorofilas são pigmentos responsáveis pela assimilação de luz usada pela fotossíntese, sendo elas essenciais na conversão da radiação luminosa em energia química, na forma de ATP e NADPH. Com isso, as clorofilas são referidas com a eficiência fotossintética das plantas e, conseqüentemente com seu crescimento e aptidão aos diferentes ambientes (JESUS; MARENCO, 2008). Os Efeitos na morfologia também podem ser vistos em plantas submetidas à deficiência hídrica. Em relação à área foliar é possível observar que em várias culturas expostas ao estresse hídrico há uma diminuição do desenvolvimento de área foliar, podendo estar estabelecida com a pequena redução no tamanho das folhas individuais ou com a menor produção de folhas, impor a aceleração da senescência e da abscisão das folhas. (MCCREE; FERNANDEZ, 1989; SANTOS; CARLESSO, 1998). A senescência é um efeito comum entre as culturas próximo à fase de maturação, podendo ser característica intrínseca de

muitas espécies de ambientes secos, no entanto, pode ser elevada em situação de déficit hídrico extremo. Estudos recentes como o de Padilha *et al.*, (2016) relatam que nestas situações, há redução da expansão das folhas, diminuição do índice de área foliar com consequente perda no crescimento vegetal. Dessa forma, respostas fisiológicas e morfológicas apontam que as plantas, quando são sujeitas ao déficit hídrico, regulam seu metabolismo para a conservação da água disponível no solo e no corpo vegetal, como se estivessem guardando a água para períodos posteriores, e otimizando seu uso para processos mais importantes do seu desenvolvimento (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A restrição hídrica leva ao desenvolvimento de estratégias visando à sobrevivência nestas condições. Dentre muitos mecanismos, o controle da abertura e do fechamento estomático é o mecanismo de sensibilidade e o de maior eficiência para que a planta possa minimizar a perda de água pelas folhas. O processo de regulação estomática funciona de maneira adequada nestes casos, promovendo maior eficiência no uso da água, procurando maximizar a entrada de CO₂, e reduzir a perda de água para a atmosfera (GONÇALVES *et al.*, 2009). Os fatores como luz e disponibilidade de água no solo e na atmosfera determinam o comportamento estomático (GUREVITCHE; SCHEINER; FOX, 2009). Alguns autores defendem que o declínio do potencial hídrico foliar em resposta ao baixo teor de água no substrato, explica a perda da turgescência das folhas e o fechamento estomático (MANSUR; BARBOSA, 2000; NAVES-BARBIERO *et al.*, 2000; COSTA; MARENCO, 2007). No entanto, outros autores afirmam que a abertura estomática está mais intimamente ligada com o potencial hídrico do solo, que é detectado pelas raízes através de sinais químicos que emitem controle sobre a condutância estomática (TERMAAT; PASSIOURA; MUNNS, 1985; SCHULZE, 1986; DAVIES; MANSFIELD; HETHERINGTON, 1990; CHAVES; MAROCO; PEREIRA, 2003). Em condições de escassez hídrica, o fechamento estomático é controlado pela alta concentração do hormônio ácido abscísico (ABA) e constitui uma das primeiras estratégias das plantas frente estas condições, pois reduz a perda de água através da transpiração (MELCHER *et al.*, 2009).

A biomassa da planta é prejudicada por alterações nos índices de assimilação de carbono, reduzindo significativamente o acúmulo de biomassa. (CHAVES; MAROCO; PEREIRA, 2003). Algumas plantas tendem a alocar biomassa para raiz, afim de otimizar a captação de água do solo (indo mais fundo e mais longe) (GUREVITCHE; SCHEINER; FOX, 2009) e reduzem a superfície foliar (onde ocorre maior evaporação de água) diminuindo a perda por transpiração, levando a redução da parte aérea. (TAIZ *et al.*, 2017; SOMAL, 1998). Desta forma, a deficiência hídrica pode levar a alterações no metabolismo vegetal, o que pode ser

irreversível dependendo das condições do vegetal, estágio do desenvolvimento, duração da deficiência hídrica e severidade da mesma. (SANTOS; CARLESSO 1998).

Essas estratégias podem favorecer o estabelecimento da espécie em ambientes áridos. Provavelmente, espécies que consigam adaptar o seu metabolismo, realizando taxas fotossintéticas em nível normal de sobrevivência, devem ter maior aptidão para superar períodos de seca. A disponibilidade hídrica está, geralmente, associada a altas temperaturas e excesso de irradiância. Todas estas situações combinadas levam, rápida ou lentamente dependendo da espécie, à fotoinibição, devido a danos ao fotossistema II. No caso da restrição hídrica e fechamento estomático, este dano pode ser acentuado, o que depende das características adaptativas da espécie, tanto em nível morfológico como fisiológico, envolvendo a capacidade de reparo dos danos causados ao fotossistema (MURATA *et al.*, 2007).

A manutenção do turgor das células garante a permanência dos processos fotossintéticos, mas a frequência e a intensidade do déficit hídrico podem prejudicar a manutenção da turgescência e constituem os fatores mais importantes na limitação da produção vegetal (SANTOS; CARLESSO, 1998). À medida que o potencial hídrico cai, há uma redução na turgidez celular, sendo este o efeito biofísico mais precoce em resposta ao estresse hídrico (LARCHER, 2006; TAIZ *et al.*, 2017), ocasionando queda do alongamento celular e, conseqüentemente, no desenvolvimento da área foliar (LUDLOW; MUCHOW, 1990), e da produção de biomassa.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Instalação e estratégia experimental

O experimento foi realizado na casa de vegetação do Laboratório de Fisiologia Vegetal, localizado no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, no município de Rio Largo, Alagoas. Foram utilizados vinte e dois indivíduos jovens de *Tabebuia roseoalba*, com cerca de seis meses de idade, produzidos e cultivados no Instituto de Preservação da Mata Atlântica (IPMA) da Usina Utinga Leão e selecionados com base na uniformidade de altura e estado fitossanitário e transplantados para vasos com capacidade para 25 L preenchidos com 20 kg de solo peneirado, coletado no CECA. Os vasos foram perfurados no fundo para o escoamento da água, sendo organizados seguindo o delineamento experimental inteiramente casualizado com dois tratamentos e com 11 repetições em cada (11 irrigados e 11 submetidos à deficiência hídrica).

Antes do início dos tratamentos, as plantas foram mantidas por 30 dias para aclimatização na casa de vegetação. O estresse hídrico foi induzido pela interrupção da irrigação das plantas. O tratamento de restrição hídrica foi mantido por 15 dias e durante esse período a umidade do solo e a fotossíntese foram acompanhados diariamente, para identificar o período de estresse extremo, quando os valores da fotossíntese reduzissem para valores próximos de zero, utilizando-se um analisador de gás infravermelho (IRGA) modelo LI-6400 (Li-cor, USA) equipado com uma fonte de luz artificial 6400-02B **Red Blue** e um sensor de umidade do modelo SM200 (DELTA-T Devices, Cambridge-England), respectivamente. As trocas gasosas foram coletadas diariamente desde a implementação (dia 1) dos tratamentos até o final do experimento (dia 15), o potencial hídrico foi coletado no primeiro e no último dia e o índice SPAD, a fluorescência da clorofila e a biomassa foram determinados no último dia do experimento.

4.1.1 Dados meteorológicos

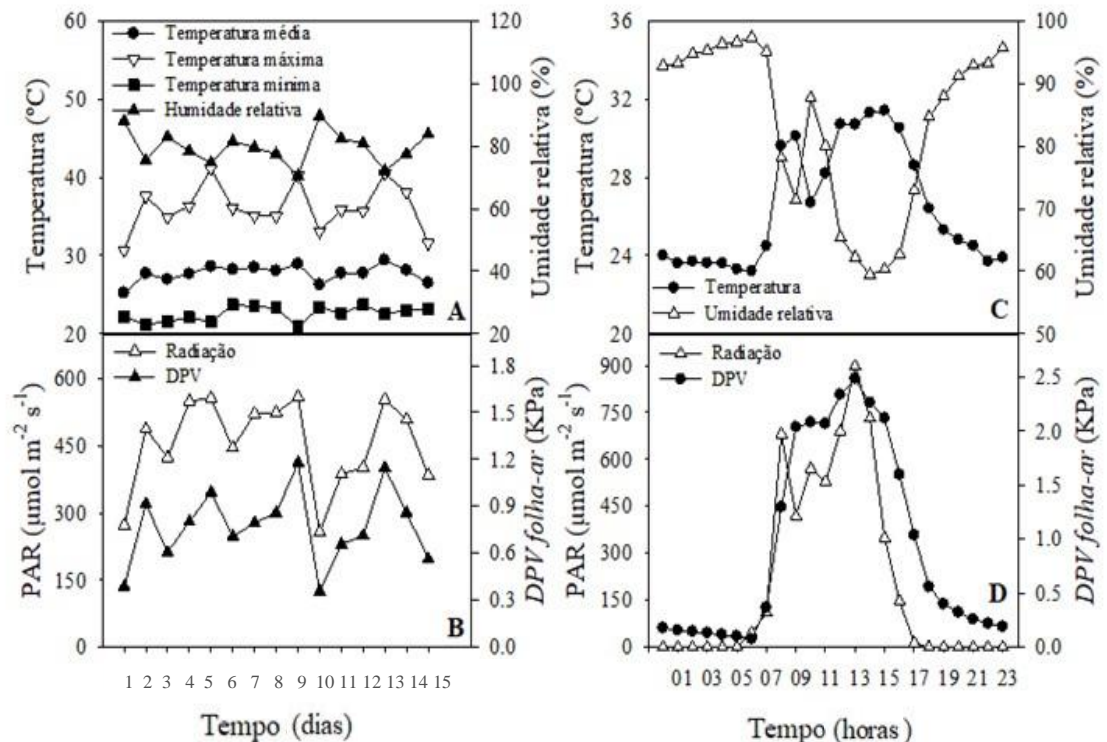
Os dados meteorológicos foram registrados a cada 15 minutos em uma estação meteorológica automática (Weather Station) modelo WS – GP1 (AT DELTA – T Devices, Cambridge – England), localizada no interior da casa de vegetação, ao longo dos 15 dias de imposição dos tratamentos, os quais foram coletados e, posteriormente, transformados para dados horários e utilizados para o cálculo das médias diárias. Os dados de temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) e radiação solar ($W.m^{-2}$) foram registrados, e a partir dessas variáveis foi possível calcular o déficit de pressão de vapor do ar (DPV) (Allen *et.al.*, 1998), de acordo com a fórmula a seguir:

$$DPV = es - e = \left[0,6108 \exp \left(\frac{17,27.T}{237,3+T} \right) \right] - \left(\frac{es - UR}{100} \right)$$

Onde: es = Pressão de vapor saturado (kPa);
 e = Pressão de Vapor do ar (kPa);
 T = Temperatura ($^{\circ}\text{C}$);
 UR = Umidade relativa (%).

A temperatura e umidade relativa do ar, PAR e déficit de pressão de vapor (DPV ar) no interior da casa de vegetação são apresentados na Figura 4. Observa-se que o aumento do déficit de pressão de vapor (DPV) ocorreu entre 09:00 horas e 15:00 horas, o que pode ser justificado pelo decréscimo da umidade relativa do ar e aumento da temperatura. No pico do DPV a necessidade atmosférica por água é imensa, então a redução do Ψ_{wf} pode elevar a resistência da folha contra a perda exagerada de água na transpiração (GUCCI, *et al.*, 1996).

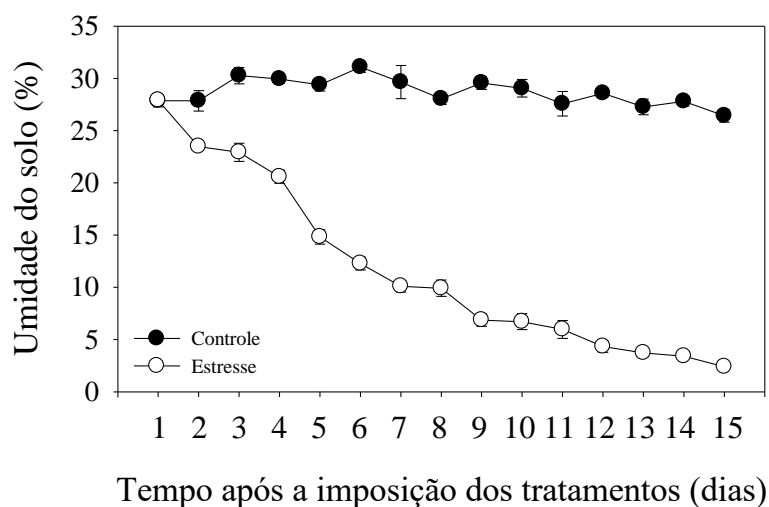
Figura 4. Temperatura (A) e umidade relativa do ar (B), e PAR (C) e déficit de pressão de vapor (DPV) (D) no interior da casa de vegetação. Figuras A–B, indicam as médias diárias durante o período do experimento e Figuras C–D, indicam a variação no dia do estresse máximo.



4.1.2 Umidade do solo

A umidade do solo foi determinada diariamente a partir da utilização de um medidor de umidade modelo HH2 acoplado a um sensor de umidade modelo SM200 (DELTA-T Devices, Cambridge, England) (Figura 5).

Figura 5. Umidade do solo dos vasos onde as mudas foram cultivadas durante 15 dias do experimento. Barras correspondem ao erro padrão. N = 10.



Com o tempo de imposição dos tratamentos avançando, a umidade do solo diminuiu, no tratamento sequeiro, reduzindo para valores bastante baixos.

4.1.3 Potencial hídrico foliar

O potencial hídrico foliar foi determinado na antemãhã às 04:00 horas e ao meio dia no primeiro dia do tratamento e no dia do estresse máximo, com a utilização de uma bomba de pressão (SCHOLANDER *et al.*, 1965). Para a determinação do Ψ_w foliar, foram coletadas, a partir da região mediana da copa, folhas totalmente expandidas e em bom estado fitossanitário, colocadas na bomba de pressão do tipo Scholander onde foi aplicada uma pressão até a exsudação da seiva no pecíolo da folha, com posterior registro da pressão utilizada. (TURNER, 1981).

4.2 Avaliações fisiológicas

4.2.1 Monitoramento das taxas fotossintéticas

A resposta da fotossíntese aos tratamentos foi realizada com um analisador portátil de

CO₂ à infravermelho – IRGA modelo LI-6400XT (LI-COR, Lincoln, USA). As medidas foram realizadas a partir de uma região mediana da copa, em folhas totalmente expandidas e em bom estado fitossanitário entre 8:00 e 10:00 horas da manhã. O IRGA continha as seguintes especificações: densidade de fluxo de fótons de 2000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, estabelecida com o auxílio de uma curva de luz, CO₂ de referência de 400 ppm e temperatura do bloco de 27 °C.

4.2.2 Eficiência na utilização da água (EUA) e eficiência intrínseca no uso da água (EIUA)

A eficiência instantânea e a intrínseca da utilização da água (EUA e EIUA) foram obtidas a partir dos dados de fotossíntese, transpiração e condutância estomática conforme a fórmula abaixo. As respostas fotossintéticas à irradiância ajustadas ao modelo da curva exponencial foram utilizadas para calcular a eficiência do uso da água (EUA) e a eficiência intrínseca do uso da água (EIUA) por meio das razões:

EUA ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) = Fotossíntese / Transpiração

EIUA ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) = Fotossíntese / Condutância estomática.

4.3 Determinação da fluorescência da clorofila *a*

A fluorescência da clorofila *a* foi determinada utilizando-se um fluorômetro portátil (Plant Efficiency Analyser-MK2– 9600 – Hansatech Instruments, King’s Lynn, Norfolk, UK). As medições foram realizadas entre 09:00 e 11:00 horas em todos os tratamentos, em cinco folhas por indivíduo. As folhas foram submetidas à adaptação ao escuro durante 30 minutos e, em seguida, expostas a um pulso de luz saturante de intensidade de 3000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ emitidos por seis diodos (comprimento de onda de 650 nm) durante 1 segundo, com irradiância homogênea nos 4mm de diâmetro avaliado da folha.

4.4. Índice SPAD (índice de teor de clorofila total)

O índice de teor de clorofila foi determinado através do método não destrutivo, utilizando o clorofilômetro (SPAD-502 - Minolta, Japan). Foram realizadas três leituras aleatórias em cada planta, na mesma folha (3 folíolos), e com a média obtivemos o valor final do índice SPAD.

4.5 Determinação de massa seca

Aos 15 dias, no final do experimento, as plantas foram seccionadas em folhas, caules e raízes, acondicionados em sacos de papel para secagem em estufa a temperatura de 65°C durante quatro dias para determinação da matéria seca. A pesagem da matéria seca (MS) foi determinada em balança analítica, após secagem dos tecidos seccionados em estufa.

4.6 Análises estatísticas

Os dados de potencial hídrico foliar e da eficiência fotoquímica máxima do PSII foram submetidos à análise de variância e quando detectada diferença significativa, as médias foram submetidas ao teste de Tukey ($P < 0,05$) (*Sisvar* versão 5.6). Os demais dados foram comparados através do teste *T* ($P < 0,05$) e os gráficos foram elaborados com auxílio do software *Microsoft Office*© *Excel*© 2016.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho, observamos que ocorreu redução de 70% da condutância estomática em plantas submetidas à deficiência hídrica com valores que variaram entre 0,2 e 0,4 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ nas plantas irrigadas e estressadas respectivamente (figura 6). Dependendo das condições, as plantas tendem a manter os estômatos fechados sob deficiência hídrica, para a manutenção de água no interior da folha. Por outro lado, esta diminuição prejudica a ascensão da seiva do xilema para partes aéreas da planta reduzindo assim o suprimento de nutrientes, e por fim, afetando a biomassa do vegetal decaule, folha e raiz (LÜTTGE, 2007)

Em condições de déficit hídrico, as plantas normalmente tem um decréscimo análogo de fotossíntese e condutância estomática (NI; PALLARDY, 1992). Um rápido fechamento estomático pode estar associado a uma adaptação rápida das plantas ao estresse hídrico (MENCUCCINI *et al.*, 2000). Em condições de deficiência hídrica, é comum o fechamento estomático para evitar a perda d'água por transpiração. Neste experimento, após 15 dias da imposição do tratamento de estresse hídrico, os valores obtidos para condutância estomática e transpiração refletiram o efeito dos tratamentos, e os valores da fotossíntese ficaram muito próximos ou iguais a 0. As plantas submetidas ao tratamento de escassez hídrica tiveram valores muito inferiores se comparadas às plantas que eram irrigadas regularmente. Este declínio ocorreu devido às estratégias dos indivíduos, que são mecanismos de defesa para preservação da água, entretanto, apesar de atenuar os efeitos dessa restrição hídrica a curto prazo, a longo prazo pode causar a morte do vegetal, pois reduz a assimilação de carbono pelas folhas e, assim, impossibilita-o de realizar funções metabólicas básicas e essenciais para sua sobrevivência (CHAVES, 1991). O decréscimo da condutância estomática, também é considerado uma defesa da planta para a manutenção do *status* hídrico em condições de estresse hídrico (TAIZ *et al.*, 2017).

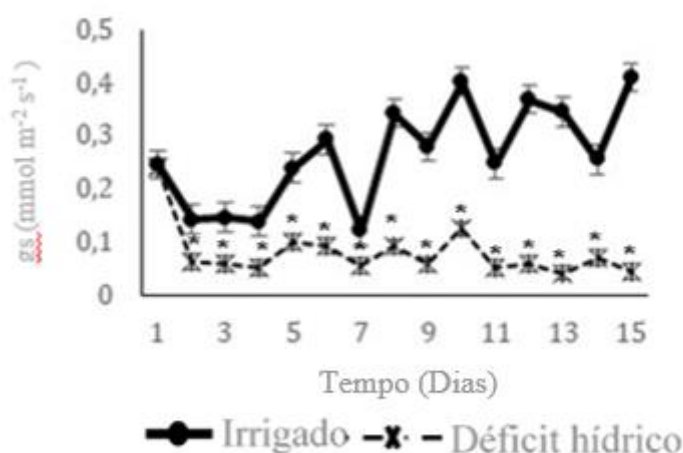
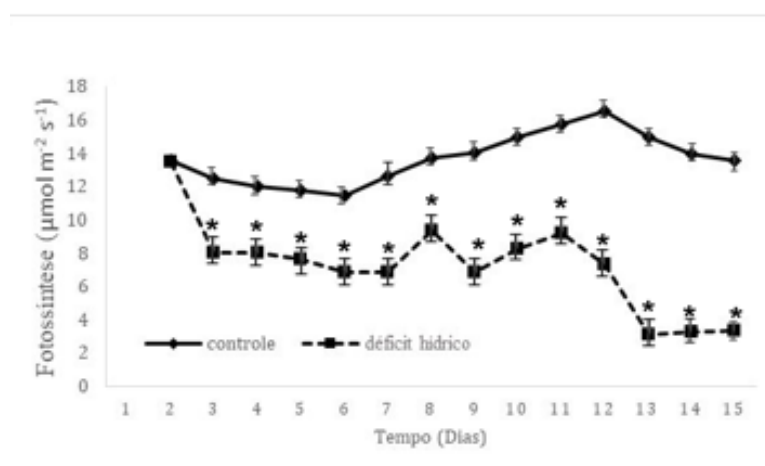


Figura 6. Condutância estomática em plantas de *Tabebuia roseoalba* submetidas a dois regimes hídricos, deficiência hídrica e hidratado, em casa de vegetação.

‘**’ Indica diferença significativa pelo teste T ($p < 0,05$). Média de 10 plantas do 1º dia ao 15º dia.

Como consequência dessa redução da abertura estomática, houve uma queda na taxa transpiratória, corroborando com o estudo de Lawson *et al.* (2014), podendo ser uma estratégia para a preservação de água na planta, evitando assim a sua diminuição exagerada pela transpiração (ALBUQUERQUE *et al.*, 2013). Assim, observou-se nesse estudo ao longo dos 15 dias de deficiência hídrica, que a queda da condutância estomática está associada a perda de água, sendo considerada uma estratégia para diminuir a taxa de transpiração foliar e manter os tecidos hidratados. Dombroski *et al.*, (2014) relata que essa estratégia tem como resultado a restrição da taxa da fotossíntese. Observa-se na figura 7, o declínio da taxa fotossintética nos indivíduos jovens de *Tabebuia roseoalba* cultivados sob restrição de água, observando que com a suspensão da irrigação a taxa fotossintética reduz consideravelmente ao longo dos dias, chegando a quase zero no tratamento citado, diferentemente dos indivíduos mantidos irrigados

Figura 7. Fotossíntese em plantas de *Tabebuia roseoalba* submetidas a dois regimes hídricos, deficiência hídrica e hidratado, em casa de vegetação

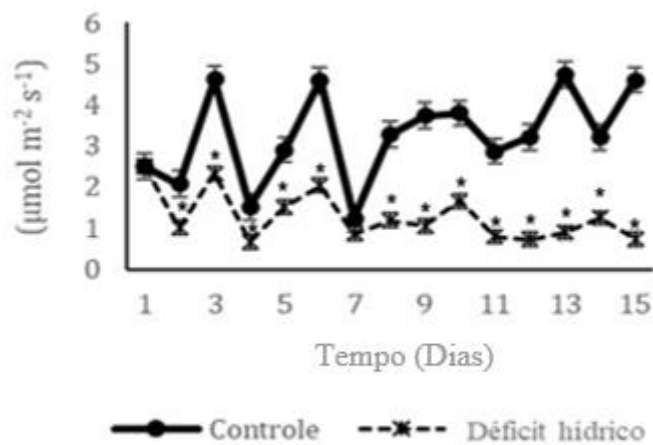


‘**’ Indica diferença significativa pelo teste T ($p < 0,05$). Média de 10 plantas do 1º dia ao 15º dia.

Tonello e Filho (2011) relacionaram a transpiração e a condutância estomática em função de variáveis ambientais, de dois clones de *Eucalyptus sp.* Como resultado, estes autores observaram que os valores da taxa de transpiração variaram em função do DPV em que os valores da g_s variaram inversamente e proporcionalmente ao aumento do DPV.

Algumas espécies arbóreas da Caatinga (*Crataeva tapia*, *Erythrina mulungu*, *Handroanthus impetiginosus*, *Tabebuia aurea* e *Ziziphus joazeiro*) reduziram as taxas de transpiração sob condições de deficiência hídrica (SILVA *et al.*, 2003). Estes mesmo autores observaram que, na espécie *T. áurea* e *T. roseoalba*, a falta de água induziu as plantas a diminuir a transpiração em resposta ao fechamento estomático. A figura 8 mostra a redução da transpiração no tratamento de escassez hídrica em casa de vegetação, em que ocorreu queda de 85% na taxa de transpiração no dia do estresse máximo.

Figura 8. Transpiração em plantas de *Tabebuia roseoalba* submetidas a dois regimes hídricos, deficiência hídrica e hidratado, em casa de vegetação

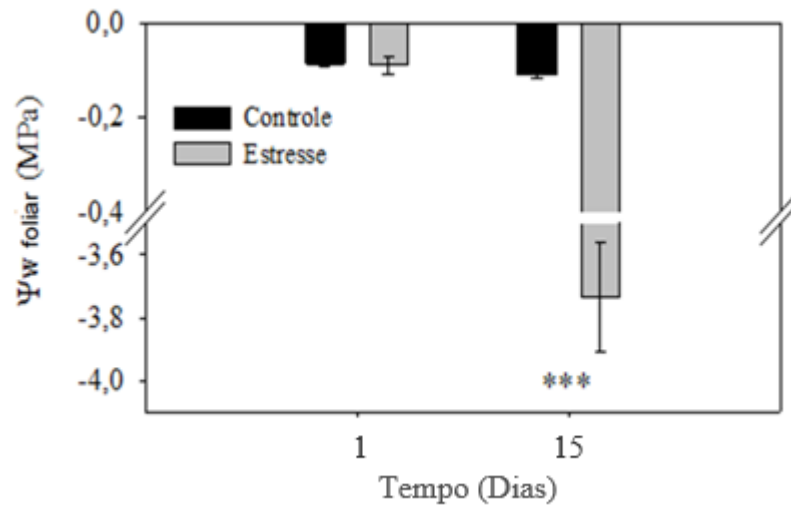


“*” Indica diferença significativa pelo teste *T* ($P < 0,05$); $N = 10$

No dia do estresse máximo houve uma redução significativa do potencial hídrico foliar (Ψ_w foliar) nas plantas estressadas, as quais atingiram Ψ_w foliar de -3,5 MPa, enquanto as plantas no tratamento irrigado ficaram com Ψ_w foliar em torno de -0,1 MPa (Figura 9). A diminuição do potencial hídrico foliar causa uma diminuição significativa da condutância estomática em plantas em regime de escassez hídrica (AZEVEDO *et al.*, 2017). Este dado sugere que a diminuição do potencial hídrico foliar (Ψ_w foliar) é uma estratégia para adaptação da espécie ao Semiárido (TROVÃO *et al.*, 2004; DROMBOSKI *et al.*, 2011 e 2014; ALBUQUERQUE *et al.*, 2013). As reduções do potencial hídrico foliar verificadas nas plantas submetidas à suspensão da hidratação em nosso trabalho refletem um dos efeitos deste estresse, a capacidade de reduzir o potencial hídrico foliar e como verificado em *T. roseoalba* pode ser

considerada como uma das características de espécies que são tolerantes à seca (TROVÃO, 2004; DOMBROSKI et al 2014).

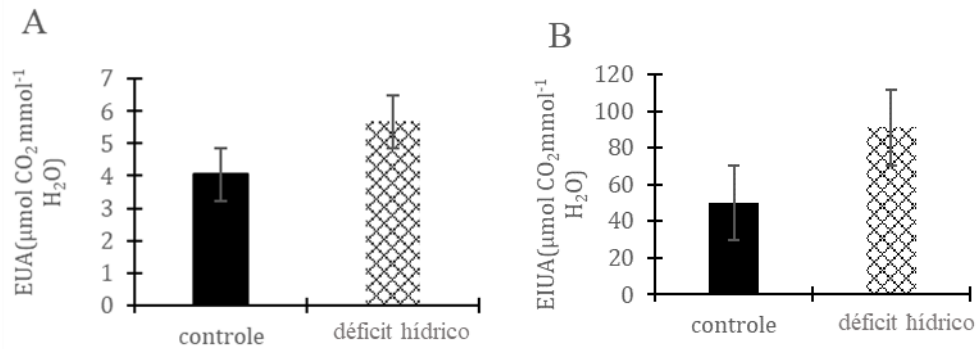
Figura 9. Potencial hídrico foliar (Ψ_w foliar), no primeiro dia dos tratamentos e no dia do estresse máximo, em plantas de *Tabebuia roseoalba* submetidas a dois regimes hídricos, deficiência hídrica e hidratado, em casa de vegetação



“**”) Indica diferença significativa pelo teste *T* ($P < 0,05$); $N = 10$

Os valores referentes à eficiência do uso da água (EUA) (Figura 10A) e a eficiência intrínseca do uso da água (EIUA) (Figura 10B) estão relacionados a mudanças extrínsecas do vegetal que alteram o funcionamento estomático e o metabolismo. Após sete dias de suspensão hídrica foi possível analisar nos dois casos uma eficiência maior no tratamento submetido ao estresse hídrico. Isto indica que o estabelecimento de um tratamento de escassez hídrica, induz mecanismos para que a planta utilize a água com maior eficiência, o que revela a enorme plasticidade vegetal na espécie.

Figura 10. Eficiência do uso da água (A) e Eficiência intrínseca do uso da água (B) em plantas de *Tabebuia roseoalba* submetidas a dois regimes hídricos, após 15 dias de estresse hídrico



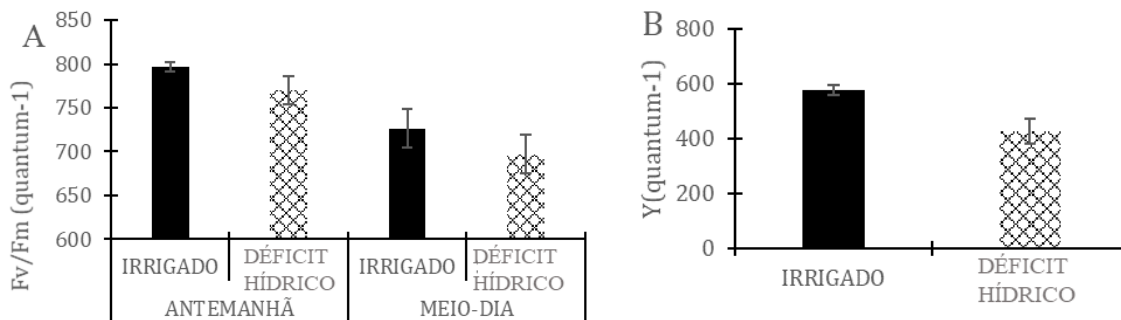
A Eficiência instantânea e a eficiência intrínseca do uso da água foram de cerca de 29% e 45,2% maiores no tratamento com deficiência hídrica, respectivamente, em comparação ao controle. O processo do ajustamento estomático modifica as razões entre estas trocas gasosas e a fotossíntese, alternando assim a eficiência no uso da água para maximizar a entrada de CO₂ e reduzir a perda de água para a atmosfera, economizando a água (GONÇALVES *et al.*, 2009). Esses valores são essenciais medidas da capacidade das espécies se estabelecerem em ambientes com reduzida disponibilidade hídrica como a Caatinga (NOGUEIRA *et al.*, 1998).

Durante o estresse hídrico, estudos com espécies arbóreas indicaram elevação nas medidas de *EUA* e *EIUA* (DROMBOSKI, 2014; FREIRE, 2016; TROVÃO *et al.*, 2004), para otimização do uso da pouca água disponível como uma estratégia aplicada por diversas plantas sob déficit moderado (SILVA-PINHEIRO *et al.*, 2016; ROZA, 2010). Na pesquisa de Gonçalves *et al.* (2009), com andiroba sob escassez hídrica, não foram encontradas diferenças relevantes para os valores de *EUA*, diferindo dos resultados observados nesse experimento. Costa *et al.* (2015), que estudaram a aroeira do sertão sob estresse hídrico, notaram queda da *EUA* ao longo do período de escassez hídrica, diferindo dos resultados obtidos no experimento, pois no experimento não houve aumento significativo no último dia de tratamento. Em estudo realizado em casa de vegetação por Gonçalves *et al.* (2009) foi constatada alta eficiência no uso da água em plantas jovens de *C. guianensis*, uma vez que não foi observada diferença significativa entre os tratamentos de plantas no controle e escassez hídrica, esses resultados mostram uma regulação das perdas de água acoplada ao ganho de carbono nas duas situações hídricas (alta e baixa disponibilidade).

Outro parâmetro utilizado para avaliar o impacto do estresse hídrico em plantas é a eficiência fotoquímica do fotossistema II (PSII) (razão F_v/F_m) (Figura 11). Ao fim do experimento, as médias obtidas para os tratamentos não divergiram entre os tratamentos na antemã, porém houve redução nos valores de F_v/F_m ao meio dia, indicando fotoinibição dinâmica. Valores de F_v/F_m variando entre 0,750 e 0,850 indicam ausência de estresses ambientais (REIS; CAMPOSTRINI, 2008). No presente experimento, alguns indivíduos do

tratamento escassez hídrica tiveram valores abaixo de 0,750, no entanto, as médias forma maiores do que este valor na antemanhã, porém, forma menores ao meio dia .

Figura 11. Eficiência potencial do fotossistema PSII (A) e eficiência efetiva do fotossistema PSII (B) em plantas de *Tabebuia roseoalba* submetidas a dois regimes hídricos, nos tratamentos controle (irrigado) e déficit hídrico no último dia de suspensão hídrica nos períodos da antemanhã e ao meio dia em casa de vegetação



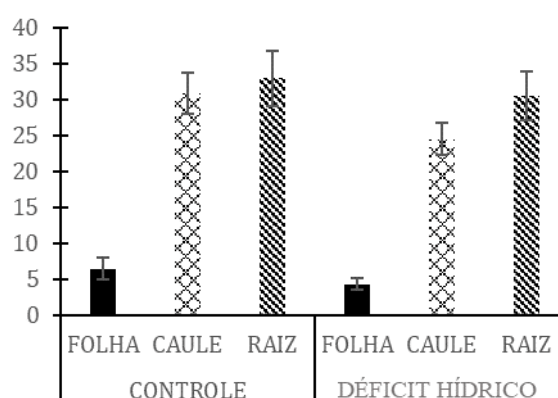
Valores baixos de F_v/F_m (Figura 11) indicam inibição da atividade fotoquímica (PEREIRA *et al.*, 2000). Sob condições de deficiência hídrica, mesmo níveis baixos de luz podem ser prejudiciais, pois, geralmente, o PSII é o principal fator afetado pelo estresse hídrico devido à sua estrutura (QUEIROZ *et al.*, 2002). Essa pequena queda na relação F_v/F_m mostra que folhas que estão no topo da árvore estão ajustadas às condições de radiação solar intensa ao longo do dia, mas já em um experimento feito por Azevedo e Marengo (2012) em mudas e árvores na fase juvenil sujeitas à radiação solar intensa foi observada fotoinibição em casos de exposição prolongada foto-oxidação foliar (MAGALHÃES *et al.*, 2009). Porém, a inibição da fixação do CO₂ desata o ciclo das zeaxantinas minimizando os danos causados pela fotoinibição (CASPER *et al.*, 1993), demonstrando assim a variedade de aparatos e estratégias vegetais sob condições de estresse hídrico.

A escassez hídrica desempenhou um enorme impacto sobre a eficiência fotoquímica efetiva das plantas de ipê branco, já que houve redução do Yield de cerca de 32% nas plantas estressadas em relação ao controle. Com isso, ajuda a determinar o impacto do estresse sobre a competência de transportar elétrons pelos fotossistemas, revelando a eficiência na utilização de energia durante o período de estresse hídrico (LICHTENTHALER *et al.*, 2005, WANG *et al.*, 2016). Igualmente, autores como Santana (2011), Freire (2016) e Silva-Pinheiro *et al.*, (2016) também notaram diminuição na eficiência fotoquímica efetiva em plantas jovens de outras

espécies arbóreas submetidas a escassez hídrica. Estes resultados, conforme Yusuf *et al.* (2010) e Redillas *et al.* (2011), mostram que as plantas sofreram redução na capacidade de utilizar a energia luminosa aproveitada pelos centros de reação do PSII, ocasionando uma série de efeitos nocivos no aparato fotossintético, como perdas estruturais nos tilacóides. E isso pode auxiliar no entendimento das causas do decréscimo na eficiência fotoquímica máxima, causando fotoinibição.

Quanto à biomassa, Cabral *et al.* (2004) em um estudo com *Tabebuia aurea*, conhecida como ipê amarelo, submetida a três tratamentos hídricos, verificaram que a área foliar média sofreu uma redução maior em plantas com o menor suprimento hídrico. Da mesma forma, Oliveira *et al.* (2011) trabalhando com mudas de *Annona muricata* submetidas ao déficit hídrico observaram maior produção de biomassa na raiz do que nos demais órgãos vegetais. Porém no presente experimento, apesar de as plantas irrigadas e as submetidas à estresse hídrico parecerem visualmente muito diferentes (Figura 12), estatisticamente, por média, os valores dos pesos secos das folhas, caule e raiz não foram significativamente diferentes, tendo uma variação de 19,5% e 9%, respectivamente. A biomassa foi menor nos caules dos indivíduos sob regime de estresse, com uma redução de 28,5% no peso seco. O tempo em que o experimento foi realizado não permitiu visualizar grandes diferenças entre os tratamentos, mas, provavelmente a submissão a um estresse prolongado promoveria diferenças significativas entre as variáveis analisadas.

Figura 12. Biomassa seca de folhas, caules e raízes em plantas jovens de *Tabebuia roseoalba* submetidas a dois regimes hídricos, controle e déficit hídrico, após 15 dias de suspensão hídrica em casa de vegetação



Scalon *et al.* (2011), em plantas de mutambo (*Guazuma ulmiflora Lam.*), com tratamento de água em 100%, 50%, 25% e 12,5% da capacidade de campo (cc), verificaram aos

35 e 83 dias de cultivo que a altura das plantas foi cerca de 50% menor nos tratamentos com menor disponibilidade hídrica (25% e 12,5% da cc), em relação aos tratamentos 100% e 50%). Da mesma forma, Cabral *et al.* (2004), aos 120 dias de estudo, observaram em *Tabebuia aurea*, a maior altura no tratamento 100% cc em comparação com os tratamentos 50% e 25% cc. Em plantas de jatobá (*Hymenaea courbaril L.*), Nascimento *et al.* (2011) verificaram que as plantas submetidas a estresse severo (25% da cc) tiveram seu crescimento em altura reduzido em 42,17%, apresentando os menores valores (em média 32,8 cm) quando comparado com o tratamento controle. Quanto ao diâmetro do caule, Scalon *et al.* (2011) verificaram que as plantas de mutambo submetidas a 25% cc apresentaram o menor valor neste parâmetro, em comparação com os tratamentos 100% e 50% cc. Em plantas de *Myracrodruon urundeuva*, foi verificado que o déficit hídrico reduziu a altura das plantas sob 25% cc aos 30 dias de tratamento (FIGUEIRÔA *et al.*, 2004). Em outro estudo foram verificadas diminuições nas alturas, número de folhas e diâmetro do caule da nim-indiano nos tratamentos mais severos do experimento quando submetidas a 20% cc (MARTINS *et al.*, 2010).

A expansão das células, processo relacionado com a hidratação da planta, é um dos primeiros processos afetados pela escassez da água no solo. No déficit hídrico severo, outros processos fisiológicos podem ser afetados resultando no decréscimo dos compostos assimilados (TURNER, 1996). O estresse hídrico, dentre tantos outros efeitos negativos, leva à perda do turgor celular e abertura estomática, estas alterações contribuem para o aumento da eficiência do uso da água, em contrapartida, limitam a assimilação de carbono e conseqüentemente, a produção de biomassa (TROVÃO *et al.*, 2007). A espécie *Tabebuia roseoalba* quando submetida a escassez hídrica modifica seu comportamento e desenvolve mecanismos para sua sobrevivência, como verificamos nesse estudo, só que esses mecanismos que ocorrem em resposta ao estresse hídrico afetam diretamente o desenvolvimento da planta. Por isso, a pesquisa e estudos sobre espécies do bioma brasileiro, principalmente da Caatinga, ser deve ser ampliada para identificar as estratégias da diversidade biológica (TURNER, 1997).

6 CONCLUSÕES

O estresse hídrico alterou o comportamento fisiológico de *Tabebuia roseoalba*, porém, a espécie teve capacidade fisiológica e morfológica para se adequar as condições de deficiência hídrica, utilizando estratégias para a sobrevivência como a recuperação do PSII durante a noite, aumento da eficiência do uso da água e diminuição do potencial hídrico foliar, o que pode explicar a ampla distribuição da espécie pelo território brasileiro, mesmo em ambientes como a Caatinga, que passa por longos períodos de seca e por precipitações irregulares.

REFERÊNCIAS

- ABBADE, L. C.; TAKAKI, M. Biochemical and physiological changes of *Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith (Bignoniaceae) seeds under storage. **Journal of Seed Science**, vol. 36, n. 1, p. 100-107, 2014.
- AB'SÁBER, A. N.; MARIGO, L. C. **Ecosistemas do Brasil**, Metalivros, São Paulo, p. 299, 2006.
- ADÂMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, L. G.; MADEIRA-NETO, J. Caracterização da região dos Cerrados. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Brasília, DF: Embrapa-CPAC, p. 33-74, 1986.
- ALBUQUERQUE, M. P. F.; MORAES, F. K. C.; SANTOS, R. I. N.; CASTRO, G. L. S.; RAMOS, E. M. L. S.; PINHEIRO, H. A. **Ecofisiologia de plantas jovens de mogno-africano submetidas a déficit hídrico e reidratação**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 48, n. 1, p. 9-16, 2013.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. **FAO Irrigation and Drainage Papers - 56**, Rome, p. 326, 1998.
- ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A.; SANTOS NASCIMENTO, S. Degradação da caatinga: uma investigação ecogeográfica, **Revista Caatinga**, vol. 22, núm. 3, julho-setembro, Universidade Federal Rural do Semi-Árido Mossoró, Brasil, p. 126-135, 2009.
- ALVES, J. J. A. Geoecologia da caatinga no semi-árido do Nordeste brasileiro. **CLIMEP: Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rio Claro, v.2, n.1, p. 58-71, 2007.
- AUBRÉVELILLE, A. Etude écologique des principales formations végétales du Brésil. Nogent-sur-Marne, **Centre Technique Forestier Tropical**, p. 1-2, 1961.
- AZEVEDO, B. M.; SOUSA, G. G.; PAIVA, T. F. P.; MESQUITA, B. R.; VIANA, T. V. A. **Manejo da irrigação na cultura do amendoim**. Departamento de Engenharia Agrícola,

Universidade Federal do Ceará. 2017.

AZEVEDO, G. F. C.; MARENCO, R. A. Growth and physiological changes in saplings of *Miquartia guianensis* and *Swietenia macrophylla* during acclimation to full sunlight. **Photosynthetica**, p. 50, 86-94, 2012.

BOHNERT, H. J.; NELSON, D. E.; JENSEN, R. G. Adaptations to Environmental Stresses. **American Society of Plant Physiologists**, 1995.

CABRAL, E. L.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore submetidas a estresse hídrico. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 241-251, 2004.

CASPER, C.; EICKMEIER, W. G.; OSMOND, C. B. Changes of fluorescence and xanthophyll pigments during dehydration in the resurrection plant *Selaginella lepidophylla* in low and medium light intensities. **Oecologia**, v.94, p.528-533, 1993.

CHAVES, M. M. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**, v. 42, p. 16, 1991.

CHAVES M.M.; MAROCO J.P.; PEREIRA J.S. Understanding plant responses to drought – from genes to the whole plant. **Functional Plant Biology** v.30, p. 239–264, 2003.

COLLEVATTI, R. G. et al. High genetic diversity and contrasting fine-scale spatial genetic structure in four seasonally dry tropical forest tree species. *Plant Systematics and Evolution*, v. 300, p. 1671-1681, 2014.

CORNIC, G; FRESNEAU, C. Photosynthetic carbon reduction and carbon oxidation cycles are the main electron sinks for photosystem ii activity during a mild drought. **Annals of botany**, Oxford, v. 89, n. 7, p. 887-894, 2002.

COSTA, A, S.; FREIRE, A. L. O.; BAKKE, I. A.; PEREIRA, F. H. F. Respostas fisiológicas e bioquímicas de plantas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) ao déficit hídrico e posterior recuperação. *Irriga*, v. 20(4), p. 705-717, 2015.

- COSTA, G. F.; MARENCO, R. A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). *Acta Amazonica*, Manaus, v. 3, n. 2, p. 229-234, 2007.
- DAVIES W.J., MANSFIELD T.A. & HETHERINGTON A.M. (1990) Sensing of soil water status and the regulation of plant growth and development. *Plant, Cell Environment* 13, 709–719.
- DOMBROSKI, J. L. D.; PRAXEDES, S. C.; FREITAS, R. M. O.; PONTES, F. M. Water relations of Caatinga trees in the dry season. **South African Journal of Botany**, v. 77(2), p. 430-434, 2011.
- DOMBROSKI, J. L. D.; FREITAS, R. M. O.; TOMCZAK, V. E.; PINTO, J. R. S.; FARIAS, R. M. Ecophysiology of water stressed *Handroanthus impetiginosus*(Mart. Ex. DC Mattos) seedlings. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v. 42, n. 101, p. 155-163, mar. 2014.
- DUARTE, J. M. L.; LIMA, A. D.; NASCIMENTO, R. S.; VIANA, T. V. A.; SARAIVA, K. R.; AZEVEDO, B. M. Eficiência do uso da água na produção de óleo do girassol (*Helianthus annuus* L.), sob suspensão hídrica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.6, nº. 3, p. 166 - 175, 2012.
- ESALQ – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, disponível em: <http://www.esalq.usp.br/trilhas/uteis/ut17.php>, 2006.
- FAVARETTO, V. F.; MARTINEZ, C. A.; SORIANI, H. H.; FURRIEL, R. P. M. Differential responses of antioxidant enzymes in pioneer and late-successional tropical tree species grown under sun and shade conditions. *Environmental and Experimental Botany*, **Science Direct**, v. 70, p. 20–28, 2011.
- FERRAZ-FILHA, Z. S.; ARAÚJO, M. C. P. M.; FERRARI, F.C.; DUTRA, I. P. A. R.; SAÚDE-GUIMARÃES, D. A. *Tabebuia roseoalba*: In Vivo Hypouricemic and Anti-inflammatory Effects of Its Ethanollic Extract and Constituents. **Planta Medica**, v. 82, n. 16, p. 1395-1402, 2016.

FERREIRA-JÚNIOR, J. C. Isolation of a dihydrobenzofuran lignin, icariside E4, with an antinociceptive effect from *Tabebuia roseo-alba* (Ridley) Sandwith (Bignoniaceae) bark. **Archives of Pharmacal Research**, v. 38, p. 950–956, 2014.

FIGUEIRÔA, J. M.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (*Anacardiaceae*) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botânica Brasileira**, 2004.

FIRMANO, R. S.; KUWAHARA, F. A.; SOUZA, G. M. Relação entre adubação fosfatada e deficiência hídrica em soja. **Ciência Rural**, v. 39(7), p. 1967-1973, 2009.

FREIRE, F. C. J. (2016) Características fisiológicas de mudas de craibeira sob condições de deficiência hídrica. 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, AL, 2016.

GAETTI-JARDIM JÚNIOR, E.; LANDUCCI, L. F.; GAETTI-JARDIM, E. C.; SANGALLI, J.; SOUSA, F. R. N. Atividade Inibitória de Extratos do Cerrado Brasileiro sobre Microrganismos Anaeróbios e Associados a Infecções Nosocomiais. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, v. 13, n. 2, p. 43-52, 2009.

GAI, A. P. C.; SANTOS, D. S.; VIEIRA, E. A. Effects of zinc excess on antioxidant metabolism, mineral content and initial growth of *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos and *Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith. **Environmental and Experimental Botany**, v. 144, p. 88-99, 2017.

GONÇALVES, J. F. C.; SILVA, C. E. M.; GUIMARÃES, D. G. Photosynthesis and water potential of andiroba seedlings submitted to water stress and rewetting. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 8-14, 2009.

GONZALEZ-DUGO, V.; DURAND, J.; GASTAL, F. Water déficit and nitrogen nutrition of crops. A review. **Agronomy Sustainable Development**, Baghdad, v. 30, n. 3, p. 529-544, 2010.

GROSE, S. O.; OLMSTEAD, R. G. Taxonomic Revisions in the Polyphyletic Genus *Tabebuia* s. I. (*Bignoniaceae*). **Systematic Botany**, v. 32, n. 3, 2007.

GUCCI, R.; MASSAI, R.; XILOYANNIS, C.; FLORE, J. A. The effect of drought and vapour pressure deficit on gas exchange of young kiwifruit (*Actinidiadeliciosavar. deliciosa*) vines. **Annals of Botany**, v. 77(6), p. 605-613, 1996.

GUREVITCHE, J; SCHEINER, S. M.; FOX, G. A. Ecologia das Plantas. 2. Ed. Porto Alegre: **Artmed**, 2009.

JESUS. S. V.; MARENCO, R. A. O SPAD-502 como alternativa para a determinação dos teores de clorofila em espécies frutíferas. **Acta Amazônica**. vol. 38(4), p. 815 – 818, 2008.

KOECHLIN, J. Le milieu biologique: la végétation. In: MELO, A. S. T. Géographie et écologie de la Paraíba (Brésil). Talence: Centre d'Etudes de GéographieTropicale, (**Travaux et Documents de Géographie Tropicale**, v. 41, 1980.

LAWSON, T.; BLATT, M. R. Stomatal size, speed, and responsiveness impact on photosynthesis and water use efficiency. **Plant Physiology**, v.164, p. 1556-1570, 2014.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Tradução: Prado, C.H.B.A. Ed Rima, São Carlos, 2006.

LEAL, I. R.; SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; LACHER JÚNIOR, T. E. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do nordeste do Brasil. **Megadiversidade**. v.1, p.139-146, 2005.

LICHTENTHALER, H. K.; BUSCHMANN, C.; KNAPP, M. How to correctly determine the different chlorophyll fluorescence parameters and the chlorophyll fluorescence decrease ratio R_{Fd} of leaves with the PAM fluorometer. **Photosynthetica**, v. 43(03), p. 379-393, 2005.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. Estimativa da produção hídrica superficial do Cerrado brasileiro. In: Scariot, A.; Sousa-Silva, J.C.; Felfili, J.M. (Orgs.) **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. p. 61-72, 2005.

LOHMANN, L. G.; TAYLOR, C. M. A New Generic Classification of Tribe *Bignoniaceae* (*Biognoniaceae*), **Annals of The Missouri Botanical Garden**, v. 99:348-489, 2014.

LORENZI, H; MATOS, F. J. A. Plantas Medicinais no Brasil – nativas e exóticas. Árvores

brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. **Instituto Plantarum de Estudos da Flora**, 2002.

LUDLOW, M. M.; MUCHOW, R. C. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. **Advances in agronomy**, Australia, v. 43, p. 107-153, 1990.

LÜTTGE, U. **Physiological ecology of tropical plants**. 2º Ed. Springer, Berlin, GE, p. 56, 2007.

MAGALHÃES, N. S.; MARENCO, R. A.; MENDES, K. R. Aclimação de mudas de acariquara à alta irradiância. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, p. 44,687-694, 2009.

MANSUR, R. J.; BARBOSA, D. C. A. 2000. Comportamento fisiológico em plantas jovens de quatro espécies lenhosas da caatinga submetidas a dois ciclos de estresse hídrico. *Phyton*, Vicente López, v. 68, p. 97-106.

MARENCO, R. A.; ANTEZANA-VERA, S. A.; GOUVÊA, P. R. S.; CAMARGO, M. A. B.; OLIVEIRA, M. F.; SANTOS, J. K. S. Fisiologia de espécies florestais da Amazônia: fotossíntese, respiração e relações hídricas. **Revista Ceres**, p. 61, 786-789, 2014.

MARTINS, M. O.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; NETO, A. D. A.; SANTOS, M. G. Crescimento de plantas jovens de Nim-Indiano (*Azadirachta indica* a.juss. – Meliaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Revista árvore**. 2010.

MARTIUS, K. P. V. **A viagem de Von Martius**: tabula ephysiognice: 1840. Rio de Janeiro, v. 1, 1996.

MCCREE, K. J.; FERNANDEZ, C. J. Simulation Model for Studying Physiological Water Stress Responses of Whole Plants. **Crop Science**, 29, p. 353-360, 1989.

MENCUCCINI, M.; MAMBELLI, S.; COMSTOCK J. Stomatal responsiveness to leaf water status in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is a function of time of day. **Plant, Cell and Environment**, v.23, p. 1109–1118. 2000.

MELO, W. A.; LIMA-RIBEIRO, M. S.; TERRIBILE, L. C.; COLLEVATTI, R. G. Coalescent Simulation and Paleodistribution Modeling for *Tabebuia rosealba* Do Not Support South American Dry Forest Refugia Hypothesis. **PLoS ONE**, v. 11, n. 7, ID e0159314, 2016.

MOONEY, D. J.; PARK, S.; KAUFMANN, P. M.; SANO, K.; MCNAMARA, K.; VACANTI, J. P.; LANGER, R. Biodegradable sponges for hepatocyte transplantation. **Journal of Biomedical Materials Research**, v. 29, issue 8, 1995.

MURATA, N.; TAKAHASHI, S.; NISHIYAMA, Y.; ALLAKHVERDIEV, S.I. Photoinhibition of photosystem II under environmental stress. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1767, n. 6, p. 414–421, 2007.

MURPHY, P. G.; LUGO, A. E. Ecology of Tropical Dry Forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 17:67-68, 1986.

NASCIMENTO, H. H. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, E. C.; SILVA, M. A. Análise do crescimento de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes níveis de água no solo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 617-626, 2011.

Naves-Barbiero, C.C.; Franco, A.C.; Bucci, S.J.; Goldstein, G. 2000. Fluxo de seiva e condutância estomática de duas espécies lenhosas sempre-verdes no campo sujo e cerrado. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 12(2): 119-134.

NI, B.; PALLARDY, S. G. Stomatal and Nonstomatal Limitation to Net Photosynthesis in Seedlings of Woody Angiosperms. **Journal Plant Physiology**, p. 99, 1502-1508, 1992.

NIMER, E.; BRANDÃO, A. M. P. M. **Balço hídrico e clima da região dos Cerrados**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; BARBOSA, D. C. A. MORAES, J. A. P. V. Trocas gasosas e relações hídricas em plantas jovens envasadas de três espécies da caatinga, submetidas a deficiência de água. **Phyton**, v.62, n.2, p.37-46, 1998.

OLIVEIRA, A. K.; GUALTIERI, S. C. J. e BOCCHESI, R. A. Gas exchange of potted

Tabebuia aurea plants under hydric stress. *Maringá*, v. 33, n4, p. 641-647, 2011.

ONYEKWELU, J. C.; STIMM, B.; EVANS, J. PLANTATION FORESTRY. IN: GUNTER, S.; WEBER, M.; STIMM, B.; MOSANDL, R. (ED.). **Silviculture in the Tropics**. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, p. 399-454, 2011.

PADILHA, N. S.; SILVA, C. J.; PEREIRA, S. B.; SILVA, J. A N.; HEID, D. M.; BOTTEGA, S. P.; SCALON, S. P. Q. Crescimento inicial do pinhão-manso submetido a diferentes regimes hídricos em latossolo vermelho distrófico. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 513-521, abr.-jun., 2016

PRADO, D.E; GIBBS, P. E.; POTT, A.; POTT, V. J. Pantanal transition in southern Mato Grosso, Brazil. In: FURLEY, P. A.; PROCTOR, J.; RATTER, J. A., Ed. **Nature and dynamics of forest-savanna boundaires**. London: Chapman & Hall, p. 451-470, 1992.

PRADO., D. E. As Caatingas da América do Sul - Ecologia e Conservação da Caatinga. Ed. Universitária da UFPE, 2003.

PENNINGTON, R. T.; PRADO, D. E.; PENDRY, C. A. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. **Journal of Biogeography**, v. 27, p. 261-273, 2000.

PENNINGTON, R. T.; RICHARDSON, J. E.; LAVIN, M. Insights into the historical construction of species-rich biomes from dated plant phylogenies, neutral ecological theory and phylogenetic community structure. **Journal New Phytologist Foundation**, v. 172, issue 4, 2006.

PEREIRA, W. E.; SIQUEIRA, D. L.; MARTINEZ, C.; PUIATTI, M. Gas exchange and chlorophyll fluorescence in four citrus rootstocks under aluminium stress. **Journal of Plant Physiology**, v. 157, n. 4, p. 513-520, 2000.

POTT, A.; POTT, V. J. **Espécies de fragmentos florestais em Mato Grosso do Sul**. In: Costa, R.B. Fragmentação florestal e alternativas de desenvolvimento rural na Região Centro-Oeste. UCDB, Campo Grande, MS. Pp 28-52, 2003.

POTT, A.; POTT, V. J.; SCIAMARELLI, A.; SARTORI, A.L.B.; RESENDE, U.M.; SCREMIN-DIAS, E.; JACQUES, E. L.; ARAGAKI, S.; NAKAJIMA, J. N.; TOMERO, R.;

CRISTALDO, A. C. M.; DAMASCENO-JÚNIOR, G. A. Inventário das Angiospermas no Complexo AporéSucuriú. In: Pagotto, T.C.S. e Souza, P.R. **Biodiversidade do Complexo AporéSucuriú: Subsídios à conservação e ao manejo do Cerrado**. Campo Grande: Ed. UFMS. p. 45-66, 2006.

QUEIROZ, C. G. S.; GARCIA, Q. S.; LEMOS FILHO, J. P. Atividade fotossintética e peroxidação de lipídios de membrana em plantas de aroeira-do-sertão sob estresse hídrico e após reidratação. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v. 14(1), p. 59-63, 2002.

REDILLAS, M. C. F. R.; STRASSER, R. J.; JEONG, J. S.; KIM, Y. S.; KIM, J. K. The use of JIPtest to evaluate drought-tolerance of transgenic rice overexpressing OsNAC1, *Plant Biotechnology Reports*, v. 5, p. 169-175, 2011.

REIS, F. O.; CAMPOSTRINI, E. **Trocas gasosas e eficiência fotoquímica potencial em mamoeiro do grupo 'Formosa' cultivado em condição de campo**. *Bragantina, Campinas*, v. 67, n. 4, p. 815-822, 2008.

ROZA, F. A. Alterações morfofisiológicas e eficiência de uso da água em plantas de *Jatropha curcas* L. submetidas à deficiência hídrica. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Santa Cruz. Ilhéus – Bahia, p. 67, 2010.

SANTANA, C. S. Mecanismos de tolerância à seca em quatro espécies arbóreas ocorrentes no semi-árido brasileiro. 2011. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, AL, 2011.

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

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; EUZÉBIO, V. L. M.; KODAMA, F. M.; KISSMANN, C. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 655-662, 2011.

SCHNELL, R. Le problème des homologues phytogéographiques entre l'Afrique et l'Amérique tropicales. *Mém. Mus. D'Hist. Nat. Nouv. Série Paris*, v. 11, p. 137-241, 1961.

SCHOLANDER, P. F.; HAMMEL, H. T.; HEMMINGSEN, E. A.; BRADSTREET, E.D. Hydrostatic pressure and osmotic potentials in leaves of mangroves and some other plants. **Proceedings of the National Academy Science**, v. 51, p.119-125, 1965.

SCHULZE, E.D. Whole-plant response to drought. *Australian Journal of Plant Physiology*, Melbourne, v.13, n.2, p.127-141, 1986.

SILVA, A. M. L.; COSTA, M. F. B.; LEITE, V. G.; REZENDE, A. A.; TEIXEIRA, S. P. **Anatomia foliar com implicações taxonômicas em espécies de ipês**. *Hoehnea*, v. 36: 329-338, 2009.

SILVA, E. C. A. Respostas fisiológicas bioquímicas e enzimáticas em mudas de *Moringa oleifera* Lam. submetidas a estresses abióticos. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2013.

SILVA, M.P. da; Mauro, R.; Mourão, G. & Coutinho, M. 2000. Distribuição e quantificação de classes de vegetação através de levantamento aéreo. *Revista Brasileira de Botânica*23(2):143-152.

SILVA-PINHEIRO.,J; Lins.,L; Felipe Cardoso Souza., F. C.; Silva., C. E. M.; Flávia de Barros Prado Moura., F. B. P.; Endres., L; Justino., G. C. Drought-stress tolerance in three semi-arid species used to recover logged áreas Braz. J. Bot DOI 10.1007/s40415-016-0309-4, 2016.

SOMAL, T. L. C.; YAPA, P. A. J. Accumulation of proline in cowpea under nutrient, drought, and saline stresses. *J. Journal of Plant Nutrition*, Moticello, v. 21, n.11, p. 2465-2473, 1998.

SOUZA, B. D.; MEIADO, M.V.; RODRIGUES. B. M; SSANTOS, M. G. Water relations and chlorophyll fluorescence responses of two leguminous trees from the Caatinga to different watering regimes. **Acta Physiologia e Plantarum**, v. 2, p. 235-244. 2010.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. **Instituto Plantarum**, 2005.
TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. edição. Porto Alegre: Artmed, p. 918, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. edição. São Paulo: Artmed, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TÁLAMO, A.; CAZIANI, S. M. Variation in wood vegetation among sites with different disturbance histories in the Argentine Chaco. **Forest Ecology and Management**, p.184,79-91, 2003.

TERMAAT, A.; PASSIOURA, J.B.; MUNNS, R. Shoot turgor does not limit growth of NaCl-affected wheat and barley. *Plant Physiology*, Bethesda, v.77, n.7, p.869-872, 1985.

TROVÃO, D. M. B. M.; DANTAS, P. F.; ALVES, L. A.; NETO, J. D.; BATISTA, A. O.; ARAÚJO, J. Q. Avaliação do potencial hídrico de espécies da Caatinga sob diferentes níveis de umidade do solo. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 04(2), 2004.

TROVÃO, D. M. B. M.; FERNANDES, P. D.; ANDRADE, L. A.; NETO, J. D. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11(3), p. 307-311, 2007.

TONELLO, K. C; FILHO, J. T. Mudança de escala da transpiração foliar e condutância estomática de dois clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em função de variáveis ambientais. **Scientia forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 90, p. 253-264, 2011.

TURNER, N. C. Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. **Plant and Soil**, v. 58, p. 339-366, 1981.

TURNER, N.C. Further Progress in crop Water Relations. In **Advances in Agronomy** (D.L. Sparks, ed.). CSIRO Division of Plant Industry, Centre for Mediterranean Agricultural Research, Private Bag, P.O., Wembley, Western Australia 6014, Australia, p. 293-338. 1996.

TURNER, N.C. Further progress in crop water relations. In **Advances in agronomy** (D.L. Sparks, ed.). Academic Press, New York, p. 293-337. 1997.

WANG, M. et al. The critical role of potassium in plant stress response. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 14(4), p. 7370-7390, 2013.

YUSUF, M. A.; KUMAR, D.; RAJWANSHI, R.; STRASSER, R. J.; TSIMILLI-MICHAEL, M.; GOVINDJEE; SARIN, N.B. Overexpression of γ -tocopherol methyl transferase gene in transgenic *Brassica juncea* plants alleviates abiotic stress: physiological and chlorophyll a fluorescence measurements. *Biochimica et Biophysica Acta*, v. 1797, p. 1428-1438, 2010.