



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

DISSERTAÇÃO

**ANÁLISES MORFO-FISIOLÓGICAS EM PLANTAS DE *Allamanda blanchetii* SOB
DÉFICIT HÍDRICO**

MAGNÓLIA MARTINS ALVES

Fevereiro
2016



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ANÁLISES MORFO-FISIOLÓGICAS EM PLANTAS DE *Allamanda blanchetii* SOB
DÉFICIT HÍDRICO**

Magnólia Martins Alves

Sob a orientação do Professor

Prof. Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque

Dissertação submetida como requisito para
obtenção do grau de Mestre em Agronomia, no
Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

Areia-PB
Fevereiro de 2016

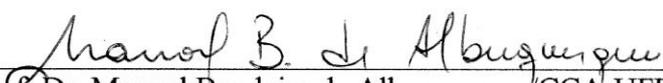
**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: ANÁLISES MORFO-FISIOLÓGICAS EM PLANTAS DE *Allamanda blanchetii* SOB DÉFICIT HÍDRICO

AUTOR: Magnólia Martins Alves

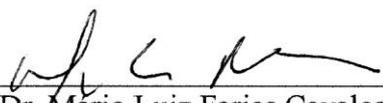
Aprovado como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE em AGRONOMIA (Agricultura Tropical) pela comissão Examinadora:


Prof. Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque /CCA-UFPB

Orientador


Prof. Dr. Leonardo Pessoa Felix /CCA-UFPB

Examinador


Prof. Dr. Mario Luiz Farias Cavalcanti /CCA-UFPB

Examinador

Data da realização: 15 de fevereiro de 2016.

Presidente da Comissão Examinadora
Prof. Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque
Orientador

Aos meus pais, José Ursulino Alves e Josefa Pereira Martins

Ofereço.

À minha família, que sempre me apoiou em todos os momentos.

*Ao meu orientador prof. Manoel Bandeira pelos ensinamentos e apoio durante
essa formação.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, fazendo seguir em frente com determinação e coragem para conclusão de mais uma etapa da minha vida, dando-me proteção em todos os momentos.

Ao meu orientador Manoel Bandeira de Albuquerque, pela oportunidade de ter me recebido em fazer parte do Laboratório de Ecologia Vegetal, pelos conhecimentos científicos e profissionais, que muito contribuíram para a minha formação acadêmica, a quem tenho profunda gratidão. Meus sinceros agradecimentos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba professores e funcionários.

Ao professor Walter Esfrain por ter me concedido o aparelho IRGA para realizações das análises.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

As colegas do laboratório de Ecologia Vegetal, em especial ao João Pedro que tanto me ajudou com o experimento em campo.

As minhas amigas do Laboratório de Análise de Sementes, em especial Maria de Lourdes, Rosemere e Luciana Rodrigues.

Aos funcionários e estagiários do Laboratório de Ecologia Vegetal (LEV).

Muito obrigada!

Alves, Magnólia Martins. **ANÁLISES MORFO-FISIOLÓGICAS EM PLANTAS DE *Allamanda blanchetii* SOB DEFICIT HÍDRICO** 2016. 41f. Dissertação em Agronomia. Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal da Paraíba. Orientador: Prof. Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque.

RESUMO

A seca pode ser compreendida como um fenômeno natural, muito frequente na região Nordeste, sendo comumente atribuída ao desvio da quantidade normal de precipitações pluviais. O estudo de parâmetros fisiológicos e anatômicos de espécies da Caatinga, desenvolvidas em diferentes condições hídricas, pode ajudar a esclarecer os mecanismos utilizados pela espécie a enfrentar baixa disponibilidade de água no solo. *Allamanda blanchetii* é uma espécie endêmica da Caatinga, pertencente à família Apocynaceae, conhecida popularmente como allamanda-roxa. O presente trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação, do Laboratório de Ecologia Vegetal, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, *campus* II, Areia, PB. O objetivo da pesquisa foi avaliar o crescimento, trocas gasosas, conteúdo relativo de água e densidade estomática de *A. blanchetii* sob condições de estresse hídrico. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos hídricos (100%, 80%, 60%, 40% e 20% da capacidade de pote e suspensão de rega) com oito repetições. Semanalmente foi avaliada a altura das plantas, o número de folhas. No final do experimento aos 112 dias, determinou área foliar, área foliar específica, razão da área foliar, matéria seca das folhas (MSF), caules (MSC) e raízes (MSR), alocação de biomassa destes componentes [folhas (ABF), caules (ABC) e raízes (ABR)], comprimento de raiz (cm) e volume do sistema radicular (VSR). Além disso, foram realizadas três medições das variáveis relativas às trocas gasosas aos 66, 85 e 105 dias após a semeadura [fotossíntese (*A*), transpiração (*E*), condutância estomática (*G_s*), carbono interno (*C_i*), diferença entre a temperatura da folha e do ar], densidade estomática, SPAD e teor relativo de água (TRA). Os resultados obtidos apontam que as plantas se desenvolvem melhor com níveis de água de 100% e 80% da capacidade de pote, sem apresentar modificações morfológicas e fisiológicas significativas. A restrição hídrica interferiu negativamente nas trocas gasosas e crescimento, nos tratamentos de 60% e 40% da capacidade de pote, sendo que as plantas do tratamento 20% e sem rega não suportaram o estresse aplicado. A AF e RAF foram significativamente afetadas, mas sem alterações no AFE. O sistema radicular teve uma redução significativa no seu volume apesar do aprofundamento da raiz principal ser menos sensível ao estresse hídrico. O SPAD e o teor relativo de água na folha não foram influenciadas pelo regime hídrico a que as plantas foram submetidas. Pode-se concluir que a redução do crescimento da superfície foliar, trocas gasosas e diminuição na densidade estomática são os principais efeitos do estresse hídrico sobre as plantas jovens de *A. blanchetii*. **Palavras-chave:** Planta endêmica, ecofisiologia, relações hídricas, trocas gasosas.

ABSTRACT

Drought can be seen as a natural phenomenon, very common in the Northeast, is commonly attributed to the deviation from the normal amount of rainfall. The study of physiological and anatomical parameters of species of Caatinga, developed in different water conditions, may help to clarify the mechanisms used by the species facing low water availability in the soil. *Allamanda blanchetii* is an endemic species of the Caatinga and belongs to the family Apocynaceae, popularly known as allamanda-rosa. This study was conducted in a greenhouse Laboratório de Ecologia Vegetal, do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, *campus* II, Areia, PB. The objective of the research was to evaluate the growth, gas exchange, relative water content and stomatal density *A. blanchetii* under water stress conditions. The experimental design was completely randomized with six water treatment (100%, 80%, 60%, 40% and 20% of the pot capacity and irrigation suspension) with eight replications. Weekly reviews were plant height, number of leaves. At the end of the experiment at 112 days, determined the leaf area, specific leaf area, leaf area ratio, matter of the leaves (MSF), stems (MSC) and roots (MSR), biomass allocation of these components [sheets (ABF), stems (ABC) and roots (ABR)], root length (cm) and root system volume (VSR), leaf area (AF), specific leaf area (AFE) and leaf area ratio (RAF). In addition, three measurements were made of the variables related to gas exchange with 66, 85 and 105 days after sowing [photosynthesis (*A*), transpiration (*E*), stomatal conductance (*G_s*), internal carbon (*C_i*), the difference between temperature leaf and air], stomatal density, SPAD and relative water content (TRA). The results suggest that plants grow best in water levels of 100% and 80% of the pot capacity, without presenting significant morphological and physiological changes. Fluid restriction impairs the gas exchange and growth in treatments of 60% and 40% of the pot capacity, and the treatment plans 20% could not stand the stress applied. The AF and RAF were significantly affected, but no changes to the AFE. The root system had a significant reduction in volume despite the deepening of the main root less sensitive to water stress. The SPAD and relative water content of leaves were not influenced by the water system to which the plants were submitted. It can be concluded that reducing the growth of the leaf surface, gas exchange and changes in stomatal density are the main effects of water stress on young plants of *A. blanchetti*.

Key-words: Endemic Plant, ecophysiology, water relations, gas exchange.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Equações de regressão polinomial e respectivos coeficientes de determinação.....15
- Tabela 2.** Valores médios de comprimento de raiz e volume de raiz de *Allamanda blanchetti* após 112 dias sob diferenciação hídrica.....16
- Tabela 3.** Valores médios da alocação de biomassa de folhas, caule e raízes de *Allamanda blanchetti* após 112 dias sob diferenciação hídrica.....18
- Tabela 4.** Valores médios da Fotossíntese (*A*) e Transpiração (*E*) de plantas de *Allamanda blanchetii* cultivadas após 66, 85 e 105 dias sob diferenciação hídrica.....20
- Tabela 5.** Valores médios da Condutância estomática (*G_s*) e Carbono interno (*C_i*) de plantas de *Allamanda blanchetii* cultivadas após 66, 85 e 105 dias sob diferenciação hídrica.....21
- Tabela 6.** Valores médios da diferença entre temperatura de folhas e do ar de plantas de *Allamanda blanchetii* cultivadas após 66, 85 e 105 dias sob diferenciação hídrica.....22
- Tabela 7.** Valores médios da Densidade estomática, SPAD e TRA de folhas de *Allamanda blanchetti* após 112 dias sob diferenciação hídrica.....24

LISTA DE QUADRO

Quadro 1. Análise da fertilidade do solo coletado no município Junco do Seridó, PB, utilizado no experimento em vasos em casa de vegetação.....	9
--	---

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** *Allamanda blanchetii* A. DC. [as *Allamanda violacea* Gardner] [1049-38643-4599] Curtis's Botanical Magazine, vol. 116 [ser. 3, vol. 46]: t. 7122 (1890) [M. Smith].....2
- Figura 2.** Localização do Bioma Caatinga na Região Nordeste do Brasil.....4
- Figura 3:** Fruto de *Allamanda blanchetii* A. DC.....8
- Figura 4:** Massa seca de folhas (A), massa seca de caule (B) e massa seca de raiz (C).....10
- Figura 5.** Utilização do IRGA (A) para trocas gasosas: Utilização do SPAD (B) para determinar o teor de clorofila, em mudas de *Allamanda blanchetii* submetidas ao estresse hídrico.....11
- Figura 6.** Etapas para determinar o teor de água (TRA).....12
- Figura 7.** Valores médios da altura e número de folhas de *Allamanda blanchetti* após 112 dias sob diferenciação hídrica.....15
- Figura 8.** Valores médios da matéria seca das folhas (MSF), caules (MSC) e raízes (MSR) de *Allamanda blanchetti* após 112 dias sob diferenciação hídrica.....17
- Figura 9.** Valores médios da área foliar, área foliar específica e razão de área foliar de *Allamanda blanchetti* após 112 dias sob diferenciação hídrica.....19
- Figura 10.** Evidenciando um estômato anisocítico (a), paracítico (b), tetracítico C e tricoma tector (D).....23

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO GERAL	1
2.REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. A Caatinga	3
2.2. Estresse hídrico.....	5
2.3. Adaptações das espécies vegetais em ambiente xéricos.....	5
2. MATERIAL E MÉTODOS	8
Local de Condução do Experimento, Área de Coleta de Frutos e obtenção das sementes <i>Allamanda blanchetii</i>	8
Produção de mudas.....	8
Variáveis de crescimento.....	10
Variáveis fotossintéticas e leitura SPAD.....	11
Teor relativo de água (TRA)	12
Preparação do material para microscopia óptica	12
Análise estatística	13
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
4. CONCLUSÕES	26
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

1. INTRODUÇÃO GERAL

A seca é um fenômeno frequente, principalmente na região semiárida do Nordeste Brasileiro. Regiões semiárida e árida são caracterizadas por uma persistente irregularidade das precipitações pluviiais, onde a variabilidade espacial torna muito mais frequente às ocorrências de fenômenos regionais de seca (MENESES et al., 2006). De acordo com Kirono et al. (2011) a seca pode ser compreendida como um fenômeno natural de escassez de água em qualquer sistema que necessite da presença da mesma, sendo comumente atribuída ao desvio da quantidade normal de precipitação durante um período prolongado de tempo, que consequentemente, as plantas sofrem com a sua ausência.

Dentre desse contexto, a Caatinga apresenta clima quente e semiárido, com menos de 1.000 mm de chuva ao ano, distribuídas por um curto período e secas que podem durar até dois anos. Os solos variam de rasos e pedregosos os profundos e arenosos, pouco férteis ou altamente férteis (VELLOSO et al., 2002). A deficiência hídrica é uma característica marcante dos solos sob fisionomia de Caatinga, onde apresentam solos argilosos que apresenta textura mais fina a capacidade de retenção de água é bem maior do que em solos de textura arenosa, devido à maior área superficial e a poros menores entre partículas em que as espécies vegetais são submetidas (TROVÃO et al., 2004).

No entanto, percebe-se que não é apenas a precipitação que provoca o déficit hídrico, mas também, a associação a outros fatores característicos da região, como altas temperaturas associadas à alta intensidade luminosa (TROVÃO et al., 2007). Mesmo assim, a Caatinga possui uma alta diversidade florística, com muitas espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas. Essas espécies são morfofisiologicamente adaptadas para suportarem as condições adversas que existem na Caatinga (GARIGLIO et al., 2010).

O estresse causado pela seca pode ser também resultado da absorção inadequada de água pelas plantas, por exemplo, que crescem em solos rasos, é incapaz de proporcionar um desenvolvimento favorável do sistema radicular. Assim, a compreensão dos processos fisiológicos quanto às suas mudanças provocadas por estresse e dos mecanismos de adaptação e de aclimação de plantas sob estresses ambientais é de grande importância para o meio ambiente (TAIZ; ZEIGER, 2013; LARCHER, 2006).

A família Apocynaceae é uma das maiores e mais complexas famílias de angiospermas, com aproximadamente 5.000 espécies e 400-480 gêneros (ENDRESS; BRUYNS, 2000; ENDRESS et al., 2007), distribuídas por todos os continentes, desde regiões tropicais e subtropicais, contudo ausentes na Antártica (ALBERTS; MEVE, 2001). No Brasil,

esta família é bem representada nos diferentes biomas (RAPINI, 2004), com aproximadamente 760 espécies e 421 espécie endêmica Koch et al., (2016). Dentre as Apocynaceae, encontra-se a *Allamanda blanchetii*, uma espécie arbustiva, de ocorrência da Caatinga, conhecida popularmente como allamanda-roxa, cujas inflorescências abrem no máximo, duas flores por dia. As flores são hermafroditas e a corola gamopétala, com cinco pétalas de coloração rosa púrpura. As floração e frutificação apresentaram padrão do tipo anual, no qual há uma produção constante de poucas flores durante um período extenso (ARAÚJO et al., 2011). Esse padrão de floração sugere que *A. blanchetii* seja uma importante fonte de recurso alimentar para seus polinizadores, principalmente, em ambientes com condições extremas como a Caatinga, onde pode ocorrer a escassez de recursos por longos períodos (MACHADO; SAZIMA 2008), ocorre preferencialmente nos afloramentos rochosos e distribuindo-se por todo o nordeste brasileiro (GIULIETTI et al. 2002).

Pesquisas realizadas com plantas da Caatinga sob deficiência hídrica são relevante para entender as condições a escassez hídrica, para compreender os padrões de morfológico, fisiológico e produção de matéria seca, dessa forma o objetivo da pesquisa foi avaliar o crescimento, trocas gasosas, conteúdo relativo de água e densidade estomática de *A. blanchetii* sob condições de estresse hídrico.

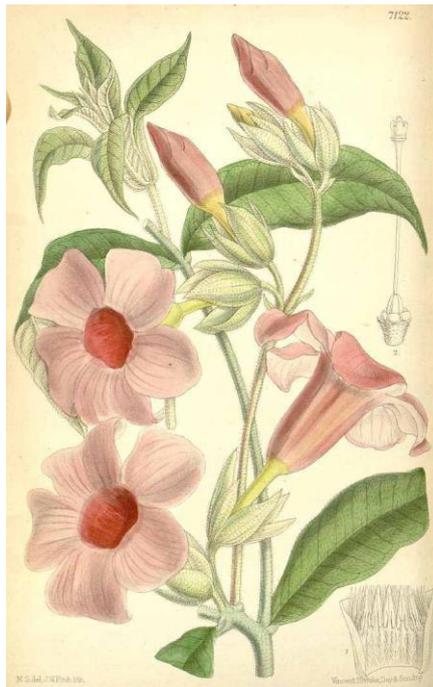


Figura 1. *Allamanda blanchetii* A. DC. [as *Allamanda violacea* Gardner] [1049-38643-4599]
Curtis's Botanical Magazine, vol. 116 [ser. 3, vol. 46]: t. 7122 (1890) [M. Smith]

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A Caatinga

Durante muitos anos a Caatinga vem sendo utilizada pelo homem de forma desordenada para a produção de lenha e carvão e do seu solo, pecuária e agricultura. Como consequência disto, causa desequilíbrios ambientais, como por exemplo, o processo de desertificação em algumas áreas, o que vem despertando o interesse de pesquisadores dos âmbitos ecológico, econômico e social (VELLOSO et al., 2002; SOUZA, 2006).

O bioma Caatinga está inserido na maior parte na região Nordeste do Brasil, e tem como característica climática, a alta taxa de evapotranspiração e a irregularidade na distribuição de chuvas (Figura 2). Com uma área de aproximadamente 900.000 km² apresenta duas estações definidas, a primeira corresponde à estação chuvosa que dura de três a cinco meses e a estação seca com duração de sete a nove meses (BRASIL, 2005; MOREIRA et al., 2006; ALVES et al., 2009). A precipitação média anual varia entre 240 e 1.500mm, mas metade da região recebe menos de 750mm e algumas áreas centrais menos de 500mm (SAMPAIO, 1995), podendo ser encontrada nos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe (SOUZA, 2006).

É caracterizada como floresta de porte baixo, composta por árvores e arbustos que geralmente apresentam espinhos, além de plantas suculentas e de um estrato herbáceo efêmero (CARDOSO; QUEIROZ, 2007). É um bioma com grande importância, não somente pela notável diversidade biológica, com vários taxa endêmicos, mas também porque essas espécies são adaptadas a uma precipitação irregular (LEAL et al., 2005).

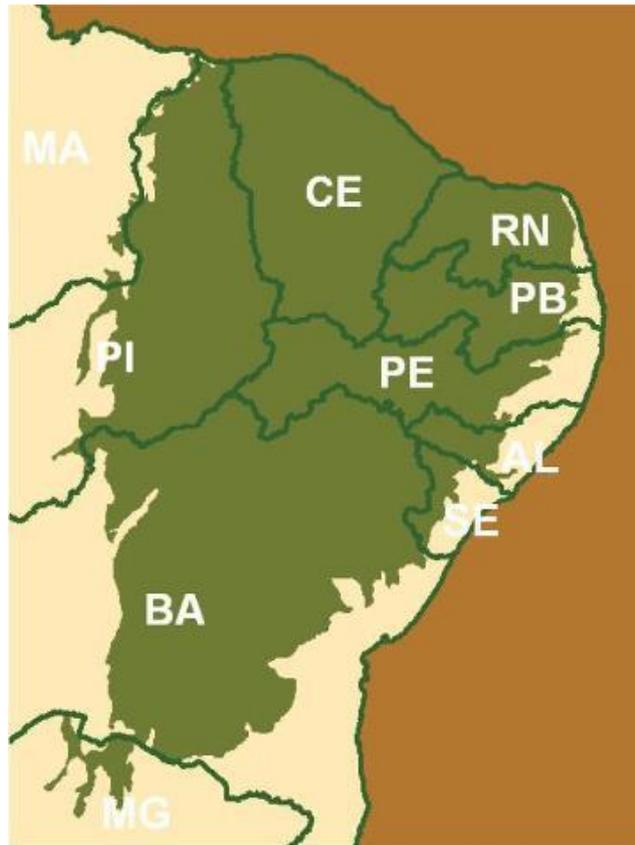


Figura 2. Localização do Bioma Caatinga na Região Nordeste do Brasil.
<http://caatinga102.tumblr.com/post/49944687343/um-mapa-da-caatinga>

A expressão Caatinga vem do Tupi cujo o significado é “vegetação branca” ou “floresta branca” (MAIA, 2012), é um termo genérico empregado para designar um complexo de vegetação, constituída de vegetais lenhosos, cactáceas e bromeliáceas, uma vegetação decídua e xerófila, espécies arbustivas, cactáceas e pequenas árvores, nas quais há adaptações morfológicas e/ou fisiológicas que permitem sua sobrevivência nos períodos secos.

No entanto, todos os ecossistemas são influenciados por condições adversas, contrastando apenas em função da intensidade e duração dos fatores estressantes, que provocam injúrias em várias etapas dos ciclos de vida do vegetal. Isso limita desde a sobrevivência e estabelecimento, até a produção, partição e alocação de biomassa, refletindo alterações interessantes no estudo dos limites de tolerância e formação dos ecossistemas naturais (GORAI; MARAGHNI; NEFFATI, 2010; TURKAN, 2011).

2.2. Estresse hídrico

A água é um dos recursos fundamentais para o desenvolvimento dos vegetais, já que a mesma contribui para a manutenção das moléculas biológicas, células, tecidos e organismos (MARENCO; LOPES, 2009). No entanto, o déficit hídrico ocupa posição de destaque dentre os vários fatores limitantes para a produção vegetal, pois além de afetar os processos metabólicos nas plantas, tais como a fotossíntese e a respiração, é um fenômeno ocorrente em plantas que cobrem grandes extensões de áreas cultiváveis (NOGUEIRA et al. 2001).

O estresse hídrico é um dos fatores ambientais que mais interferem nos vegetais, ocasionado pela redução sazonal da disponibilidade hídrica no solo ou pela baixa capacidade de retenção devido à demanda evapotranspiratória da planta (DUARTE; MELO FILHO; SANTOS, 2013).

O termo estresse hídrico está intimamente relacionado ao de tolerância ao estresse, que é a aptidão da planta para enfrentar um ambiente desfavorável (TAIZ; ZEIGER, 2013). De acordo com Larcher (2006) o estresse causa desvio significativo das condições ótimas para a vida, e induz a mudanças e respostas em todos os níveis funcionais do organismo, os quais são reversíveis a princípio, mas podem se tornar permanentes. Estes efeitos podem ser evidentes, desde a germinação, passando pelo seu desenvolvimento até a produtividade do mesmo, o que leva a necessidade de uma avaliação desses efeitos na fisiologia do crescimento das espécies com grande potencial econômico e ecológico (CABRAL; BARBOSA; SIMABUKURO, 2004). Assim como todos os seres vivos, a vegetação está condicionada ao déficit hídrico relacionado à seca, em decorrência da irregularidade das chuvas. As plantas que habitam em regiões de clima predominantemente semiárido respondem ao déficit hídrico de diversas formas (PIMENTEL, 2004).

2.3. Adaptações das espécies vegetais em ambiente xéricos

As respostas das plantas ao déficit hídrico podem ser classificadas geralmente como mecanismos para escapar, evitar ou tolerar o estresse. O escape pode ser alcançado através do rápido crescimento e desenvolvimento da plasticidade, pelo qual a coincidência de estágios críticos de desenvolvimento com períodos de seca é evitado. Evitar o estresse hídrico envolve mecanismos para reduzir a perda de água ou aumentar a absorção da mesma. A tolerância ao estresse implica na habilidade de sobreviver a longos períodos de déficit hídrico e deve envolver mecanismos como o ajustamento osmótico (LARCHER, 2000).

As plantas da Caatinga apresentam diversas adaptações fisiológicas às condições estressantes, sendo o estudo desses parâmetros de vital importância para o entendimento dos ecossistemas do semiárido (TROVÃO et al., 2007).

Em ambientes áridos e semiáridos, algumas características morfológicas dos vegetais são consideradas adaptativas, Podemos citar a redução no crescimento, números de folhas, abscisão foliar, como também podem afetar o aumento na densidade e profundidade de raízes e redução da massa fresca (TORRECILLAS et al., 1996). Redução da relação entre superfície e volume, cutícula e paredes periclinais externas das células epidérmicas espessadas; presença de ceras; indumento denso; estômatos protegidos; calotas de esclerênquima; tecidos armazenadores de água; parênquima paliçádico bem desenvolvido e idioblastos com compostos fenólicos e cristais (BURROWS, 2001; FAHMY, 1997; FAHN; CUTLER, 1992; ROTONDI et al., 2003). Segundo Larcher (2000), como também formação de órgãos de reserva nas raízes (xilopódios), arranjos anatômicos específicos nas folhas, modificações no metabolismo (acúmulo de componentes osmoticamente ativos, a produção do ácido abscísico é afetada, os mecanismos desencadeados pelas proteínas e pelos aminoácidos são logo limitados, etc.), todas visando um melhor aproveitamento da água.

Ocorre uma queda no potencial de água das folhas, levando à perda de turgescência e à redução da condutância estomática. Esta redução da condutância estomática constitui uma das primeiras estratégias utilizadas pelas plantas para diminuir a taxa de transpiração para manter a turgescência celular. No entanto, a baixa umidade no solo leva à diminuição gradual da fotossíntese pela maior resistência à fixação do CO₂ em decorrência do fechamento dos estômatos (MARENCO; LOPES, 2009). A redução do potencial hídrico foliar também pode ocorrer devido ao acúmulo de solutos compatíveis que contribuem para o ajustamento osmótico da planta, uma vez que toleram a desidratação severa e mantêm ativos os processos metabólicos (LARCHER, 2006).

A turgescência é uma reação à tensão da parede celular, então, a extensibilidade desta determinaria o potencial de turgescência e o potencial hídrico celular, concluindo que o crescimento é primeiramente mais dependente da capacidade de extensão da parede que do turgor da mesma (NEUMANN, 1995).

A regulação estomática (à curto prazo redução da abertura dos ostíolos estomático e a longo prazo redução no tamanho e densidade dos estômatos) visando diminuir a perda de água por transpiração, agindo deste modo como recurso para evitar a desidratação dos tecidos, mantendo a turgescência por um período maior (LARCHER, 2006).

A redução do potencial hídrico das folhas provoca fechamento estomático e consequente, diminuição das trocas gasosas, inibindo vários processos bioquímicos e fisiológicos, como a fotossíntese, respiração, absorção de íons, metabolismo dos nutrientes, entre outros. Sob as condições de estresse hídrico, em razão do controle da abertura dos estômatos, ocorre diminuição da condutância estomática, que é fundamental na manutenção da turgescência (GONÇALVES, 2013). Segundo Souza, Soares e Regina (2001) o fechamento dos estômatos diminui a difusão de CO₂ para o mesófilo foliar, ocasionando assim a redução da taxa fotossintética, afetando o acúmulo de fotoassimilados e ativação do metabolismo secundário como forma de proteção ao estresse.

Além disso, o estresse hídrico também provoca modificações estruturais, anatômicas e morfológicas para limitar a perda de água pela transpiração (KUDREV, 1994). Essas modificações anatômicas podem estar associadas à desidratação pelo déficit hídrico (SAM et al., 2000; BURROWS, 2001; GRISAFI et al., 2004; LIU et al., 2007).

O estresse hídrico intervém no processo fotossintético, gerando modificações nos teores de clorofilas (MOHAWESH; AL-ABSI, 2009). As clorofilas são pigmentos que refletem a cor verde e estão diretamente associadas com o potencial da atividade fotossintética. A alta eficiência fotossintética, que está diretamente relacionada com o aproveitamento da radiação disponível por esses pigmentos (SILVA et al., 2014) que são responsáveis pela captura de luz usada na fotossíntese, sendo elas essenciais na conversão da radiação luminosa em energia química, na forma de ATP e NADPH (JESUS; MARENCO, 2008). A fluorescência da clorofila *a* permite uma análise qualitativa e quantitativa da absorção e aproveitamento da energia luminosa através do fotossistema II e possíveis relações com a capacidade fotossintética (TORRES NETTO, 2005).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Local de Condução do Experimento, Área de Coleta de Frutos e obtenção das sementes *Allamanda blanchetii*

O experimento foi conduzido no Laboratório Ecologia Vegetal (LEV) do Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCA/UFPB), *Campus II*, no município de Areia – PB, entre maio de 2015 a outubro de 2015, com período de 112 dias. A temperatura média em casa de vegetação durante esse período foi de 29,33% e umidade relativa do ar de 70%.

As mudas de *A. blanchetii* foram produzidas, com sementes procedentes do município de Junco do Seridó, Paraíba, localizada sob as coordenadas geográficas: (latitude 7° 00' 006.6'' S, Longitude 36° 42' 30.5'' W) situado a 619 m de altitude. Os frutos foram coletados de forma aleatória em diferentes indivíduos, que no momento da coleta apresentavam coloração marrom e estavam próximos do início da liberação espontânea das sementes.



Figura 3: Fruto de *Allamanda blanchetii* A. DC.

Após a coleta os frutos foram acondicionados em sacos de papel kraft e transportados para o Laboratório de Ecologia Vegetal, dispostos em bandejas plásticas por três dias, realizando-se em seguida o beneficiamento, onde foram abertos manualmente para a obtenção das sementes.

Produção de mudas

As sementes foram desinfestadas por meio de solução 1% de hipoclorito de sódio por 3 minutos e enxaguadas em água destilada por 1 minuto. As sementes foram colocadas para germinar em papel germitest, onde foi umedecido com água destilada na quantidade

equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco. Colocada em câmara de germinação do tipo *Biochemical Oxygen Demand* (B.O.D.) ajustados à temperatura 30°C constantes, após 10 dias quando houve a estabilização com 96% de porcentagem de germinação.

Foram selecionadas 48 plântulas uniformes, apresentavam uma média de 5 cm de comprimento e 1 par de cotilédones. Posteriormente colocadas em vasos com capacidade de 5 litros com solo coletado na área de origem das sementes. A composição química do solo:

Quadro 1. Análise da fertilidade do solo coletado no município Junco do Seridó, PB, utilizado no experimento em vasos em casa de vegetação.

pH	P	K	Na	Ca+Mg	Ca	Mg	Al
mg/dm ³	mg/dm ³	cmolc/dm ³	cmolc/dm ³	---	cmolc/dm ³	---	cmolc/dm ³
5,50	10,96	53,29	0,08	11,21	8,52	2,69	0,00
H+Al	C	MO	SB	CTC	V%		
g/lg	g/lg						
2,64	1,03	1,77	11,43	14,07	81,23		

O conteúdo da água do vaso foi estabelecido em seis repetições, pelo método gravimétrico, onde pesou o vaso com solo seco e deixando em uma bandeja com água para determinar a prática de saturar o solo seco e deixar drenar o excesso de água. As superfícies dos vasos foram cobertas com um de filme plástico, com o intuito de evitar a perda da água por evaporação, posteriormente foi pesado e os tratamentos foram determinados tomando-se por base 100% da capacidade de pote, durante trinta dias, período de aclimação das plantas. Após esse intervalo, iniciou-se a aplicação das diferenciações de tratamentos. A manutenção dos tratamentos foi realizada através de pesagem diária dos vasos e a reposição da água perdida por evaporação, até atingir o peso correspondente de cada tratamento, utilizado uma balança Balmak UD com capacidade para 6 kg.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos hídricos 100% (controle), 80%, 60%, 40%, 20% e sem regas da capacidade de pote (CP), com oito repetições para cada tratamento totalizando 48 plantas. A capacidade de pote foi determinada pelo método gravimétrico de acordo com a metodologia descrita por Souza et al. (2000).

Variáveis de crescimento

Semanalmente procedeu-se a estimativa dos seguintes variáveis de crescimento: altura das plantas considerando o nível do solo, a distância entre o colo da planta até a inserção da última folha expandida mensurada com auxílio de uma régua milimetrada; o número de folhas com contagem do número de folhas em todas as plantas de cada tratamento.

Aos 112 dias após a semeadura determinou a área foliar (AF), que foi obtida através de imagens de folhas digitalizadas, captadas com scanner de mesa. O processo de digitalização das imagens consistiu no escaneamento das folhas, com scanner modelo HP deskjet Photosmart D 110a, onde as imagens adquiridas foram processadas através do software ImageJ 1.49, salvas no formato TIFF (Tag Image File Format), sendo os valores registrados numa planilha Microsoft Office Excel 2010.

A partir dos dados de AF foram calculados a área foliar específica (AFE) e razão da área foliar (RAF) segundo Benincasa (1988):

$$AFE = \frac{AF}{MSF} \qquad RAF = \frac{AF}{MST}$$

sendo: AF= área foliar; MST= matéria seca total e FSF= matéria seca das folhas.

No final do experimento aos 112 dias as plantas de cada tratamento foram colhidas e separadas folhas, caules e raízes. As raízes foram lavadas em água corrente para retirar todos os resíduos de solo, secas em papel absorvente e medidas a raiz principal com um auxílio de régua milimetrada, posteriormente foram acondicionadas em sacos de papel kraft as raízes, caule e folhas. Levadas à estufa de circulação de ar forçada a 65 °C até atingir peso constante. Em seguida pesou-se a matéria seca das folhas (MSF), dos caules (MSC), das raízes (MSR).



Figura 4: Massa seca de folhas (A), massa seca de caule (B) e massa seca de raiz (C).

Com os dados da matéria seca, calculou-se a alocação de biomassa para as folhas (ABF), caules (ABC) e raízes (ABR), segundo Benincasa (1998):

$$ABF = \frac{MSF}{MST}, \quad ABC = \frac{MSC}{MST}, \quad ABR = \frac{MSR}{MST}$$

Volume do sistema radicular (VSR) (em mL), a avaliação do volume radicular foi realizado através do método de deslocamento de coluna d'água em proveta graduada.

Variáveis fotossintéticas e leitura SPAD

Aos 66, 85 e 105 dias após a semeadura, a avaliação das trocas gasosas foi realizada utilizando-se um IRGA LC-Pro Sd Portable, ADC BioScientific, UK (Figura 5A). As medidas foram sempre efetuadas nas folhas do terço medianas de cada planta no período de 10 às 12h da manhã. Como fonte de luz, lâmpada a qual fornecia uma radiação fotossinteticamente ativa (RFA) intensidade de $1.200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. As taxas de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (G_s), transpiração (E), Carbono interno (C_i) e a diferença entre a temperatura da folha e temperatura do ar.

O teor relativo de clorofila das folhas foi determinado com aparelho portátil, clorofilômetro SPAD-502 mediante seis leituras por planta na parte mediana da folha (Figura 5B).

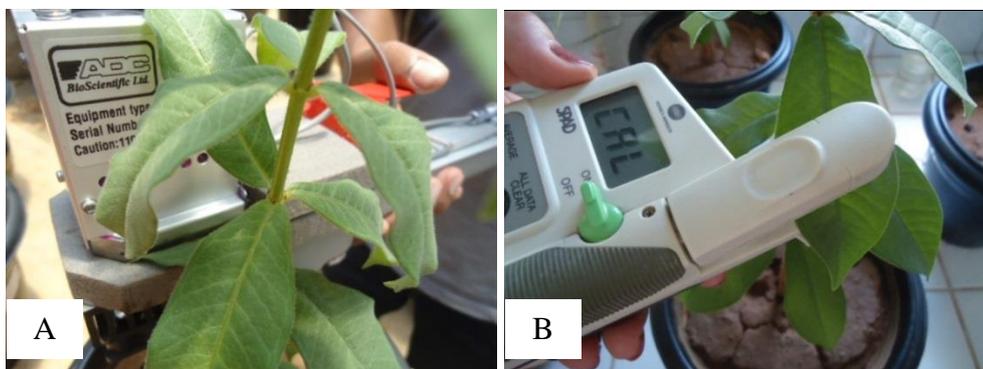


Figura 5. Utilização do IRGA (A) para trocas gasosas: Utilização do SPAD (B) para determinar o teor de clorofila, em mudas de *Allamanda blanchetii* submetidas ao estresse hídrico.

Teor relativo de água (TRA)

Para a determinação do teor relativo de água (TRA) foi retirada 10 discos das folhas em uma única planta (repetições), esses foram pesados e se obteve a matéria fresca de folhas (MFF) coletadas às 10 h, as quais ficaram acondicionadas em placas de petri sob imersão a 10 mL de água destilada, onde passaram 24 horas em temperatura ambiente. Após esse período, os discos foram submetidas a uma nova pesagem para a obtenção do peso da massa túrgida fresca (MTF) e foram acondicionadas em sacos de papel Kraft e estes conduzidos à estufa de circulação de ar forçada a 65 °C durante 48 h. Por fim, as folhas foram novamente pesadas para obtenção do peso da massa seca (MSF) e os valores obtidos foram substituídos na fórmula descrita pela metodologia de Weatherley (1998).

$$\text{TRA} = \frac{\text{MFF} - \text{MSF}}{\text{MTF} - \text{MSF}} \times 100$$



Figura 6. Etapas para determinar o teor de água (TRA).

Preparação do material para microscopia óptica

Para a determinação do tipo e a densidade estomática nos diferentes tratamentos, as análises foram feitas com acetato de celulose comercial para obtenção, das impressões da superfície da folha, nas faces abaxial e adaxial entre a quinta e sétima nervura secundária. Foram aplicados uma camada acetato de celulose, de tamanho aproximado de 4 cm de comprimento. Após a secagem as impressões dos estômatos retirados. Em seguida foram montadas lâminas histológicas temporárias com água e fucsina ácida. As seções transversais

foram analisadas em imagens digitais no microscópio com aumento de 40x projetando-se nas mesmas condições ópticas, as escalas correspondentes de 1mm^2 .

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, os dados do número de folhas foram transformados em $\sqrt{x} + 0,5$ e as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade. Os dados de altura e número de folhas foram submetidos a uma análise de regressão polinomial (CALBO, 1989) por meio do *software* SigmaPlot versão 13.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas submetidas ao tratamento mais seco (20% da CP e sem rega) não sobreviveram ao nível de déficit hídrico dentro do período de avaliação e, portanto não serão apresentados dados relativos a ele. A altura média de plantas de *A. blanchetii* foi influenciada pelos tratamentos hídricos a partir 40º dia após a diferenciação. As plantas do tratamento 100% CP apresentaram maiores valores (em média 59,11 cm) em relação aos outros tratamentos, para o tratamento 80% CP verificou um aumento linear durante o período experimental. Os demais tratamentos (60% e 40% CP) apresentaram valores menores que os demais tratamentos, contudo, não foram observadas diferenças estatísticas entre si (20,0 cm e 12,0 cm de altura, respectivamente). Comparados ao tratamento controle as plantas mantidas com 40% da CP reduziu 20,82% de altura (Figura 7). A redução do tamanho das plantas tem importância adaptativa, uma vez que, quanto menor a planta menor será a demanda de recursos. Resultados encontrados por Lenhard et al. (2011) estudando crescimento inicial de mudas de pau ferro (*Caesalpinia ferrea* Mart.) desenvolveram maior altura nos regimes hídrico 70% e 40% CP.

Quanto ao número de folhas, as plantas quando submetidas ao tratamento 100% e 80%, verificou um aumento linear com o aumento da disponibilidade de água no solo, apresentando emissão de folhas (em média 29,57 e 32,00 folhas, respectivamente). As plantas do tratamento 40% CP demonstraram pequena recuperação na emissão de folhas novas, mas ainda insuficiente para apresentar valores mais elevados que as plantas do tratamento 60%. O déficit hídrico reduziu a emissão de folhas no tratamento 40% reduções em termo percentual foi na ordem de 20,88% quando compradas as plantas do tratamento controle. De acordo com Shao et. al (2008) o crescimento é um dos processos fisiológico mais sensível à seca, devido à pressão do turgor celular, que, por sua vez afeta a expansão celular limitando o crescimento e desenvolvimento das plantas. Resultados encontrados por Silva et al. (2010), após 15 dias de déficit hídrico em plantas de mulungu (*Erythrina velutina* Willd) houve uma redução no número de folhas em plantas cultivadas 25% CP em comparação com aqueles cultivados com 100% CC. Aos 35 dias de estresse, a altura das mudas de mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam.) foi maior com a disponibilidade de água de 50% e 100% CC (SCALON, et al. 2011). Entretanto, Duarte et al. (2015) pesquisando mudas de pinhão-manso (*Jatropha curcas*) em condição de déficit hídrico, o número de folhas foi em média 33% maior nas plantas irrigadas diariamente em comparação com aqueles sob déficit hídrico.

Figura 7. Valores médios da altura e número de folhas de *Allamanda blanchetti* após 112 dias sob diferenciação hídrica.

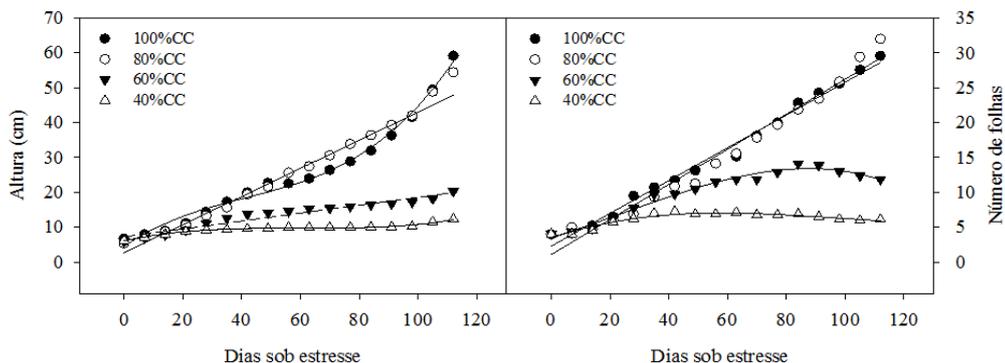


Tabela 1. Equações de regressão polinomial e respectivos coeficientes de determinação

Altura	
$y(100\%CP) = 4,464 + 0,575x - 0,0086x^2 + 0,0000687x^3$	$R^2 = 0,99$
$y(80\%CP) = 2,377 + 0,421x$	$R^2 = 0,98$
$y(60\%CP) = 5,063 + 0,296x - 0,00311x^2 + 0,0000144x^3$	$R^2 = 0,98$
$y(40\%CP) = 6,06 + 0,181x - 0,00302x^2 + 0,0000168x^3$	$R^2 = 0,98$
Número de folhas	
$y(100\%CP) = 2,299 + 0,235x$	$R^2 = 0,99$
$y(80\%CP) = 1,098 + 0,251x$	$R^2 = 0,97$
$y(60\%CP) = 3,539 + 0,129x + 0,000909x^2 - 0,0000125x^3$	$R^2 = 0,98$
$y(40\%CP) = 3,455 + 0,144x - 0,00177x^2 + 0,0000061x^3$	$R^2 = 0,92$

Na tabela 2 estão apresentados os parâmetros biométricos do comprimento de raiz e volume de raiz. Em relação ao comprimento da raiz, verificou-se uma diferença estatística apenas entre os tratamentos 80% e 40% CP (redução de 51,8%), sem variação estatisticamente significativa entre os demais. O volume de raiz por sua vez decresceu significativamente em função da redução da disponibilidade hídrica, sendo os tratamentos 60% e 40% com os menores valores e sem apresentar diferença significativa entre si. Comparando com o controle, o tratamento mais estressado redução no volume radicular em 92,1%. A partir da análise conjunta do comprimento e volume radicular, percebe-se que A.

blanchetti, dentro das presentes condições experimentais, procurou aprofundar o sistema radicular a partir da sua raiz principal, porém as condições experimentais de estresse não lhe permitiram gerar um volume de raízes que lhe proporcionasse a possibilidade de explorar um maior volume de solo. Segundo Scalon et al. (2011) a continuidade do crescimento radicular, sob condições de menor disponibilidade hídrica, depende da manutenção de uma pressão de turgor mínima nas células, que seja suficiente para permitir o alongamento da parede celulósica e o crescimento celular.

Tabela 2. Valores médios de comprimento de raiz e volume de raiz de *Allamanda blanchetti* após 112 dias sob diferenciação hídrica.

Tratamentos	Comprimento de raiz (cm)	Volume do sistema radicular (ml)
100% da CP	66,57ab	22,42a
80% da CP	80,42a	16,14b
60% da CP	52,62ab	5,62c
40% da CP	38,75b	1,75c

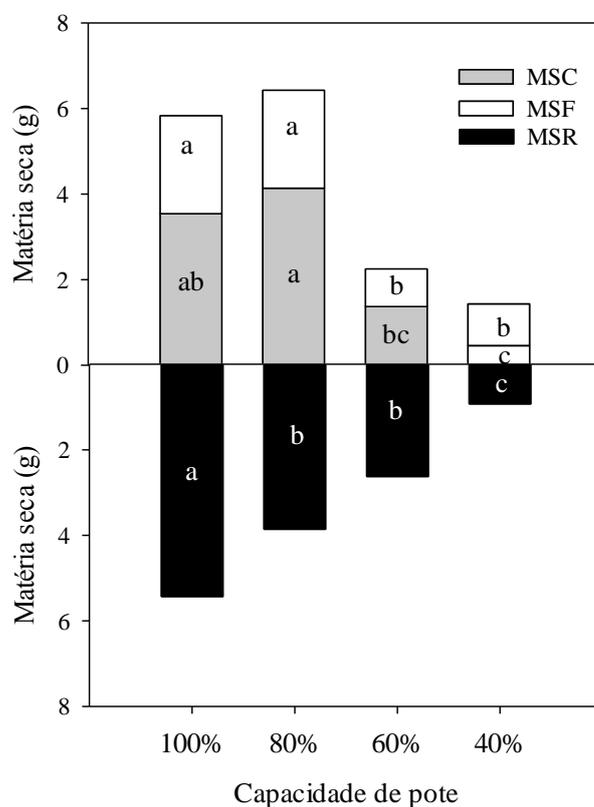
Médias seguidas de mesma letra na coluna são estatisticamente iguais entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O déficit hídrico submetido às plantas de *A. blanchetii* foi suficiente para reduzir o desenvolvimento em diferentes compartimentos da espécie em estudo (Figura 8). Em relação a matéria seca dos diferentes compartimentos [folhas (MSF), caules (MSC) e raízes (MSR)], detectou-se uma redução constante da matéria seca das raízes deste o tratamento 60% CP, onde o tratamento mais severo diminuiu 92,4% em relação ao controle. Em relação a MSC a queda foi significativa em comparação ao tratamento 80% a partir do tratamento 60%. Já em relação a MSF, o tratamento mais severo decresceu 57,2% quando comparado ao tratamento controle. A análise conjunta dos dados permite observar que a raiz é o compartimento mais sensível por responder significativamente a mais leve redução de disponibilidade hídrica (80% CP) e que no tratamento mais severo (40% CP) o caule é o compartimento com maior redução na produção de matéria seca em relação ao tratamento controle (87% de redução).

O efeito do déficit hídrico sobre a matéria seca pode ter sido consequência da diminuição da condutância estomática, primeiro mecanismo de prevenção da desidratação. Os principais efeitos são o decréscimo na produção de fotoassimilados, uma vez que ocorre redução da entrada de CO₂ (LARCHER, 2006), bem como um acréscimo na atividade de

enzimas oxidantes, decorrente da elevação da temperatura da planta, que aumentam a respiração e o consumo de fotoassimilados e, conseqüentemente, diminuem o crescimento (TAIZ; ZEIGER, 2013). Resultados encontrados por Martins et al. (2010) em plantas nim-indiano (*Azadirachta indica* A. Juss.) quando submetidas a diferentes regimes hídricos, justificaram que nos tratamentos controle e 80% da CP apresentaram maiores valores de matéria seca de folhas. Nascimento et al. (2011) obtiveram um comportamento em mudas de Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) tendo o tratamento 100% da CP como detentor das maiores médias relativo, para massa seca de folhas, massa seca de caule e massa seca total.

Figura 8. Valores médios da matéria seca das folhas (MSF), caules (MSC) e raízes (MSR) de *Allamanda blanchetti* após 112 dias sob diferenciação hídrica.



A análise da alocação de biomassa nos diferentes compartimentos demonstrou que apenas as folhas tiveram queda estatisticamente significativa entre os tratamentos hídricos (Tabela 3). Nos tratamentos controle 100% e 80% CP, a alocação de biomassa das folhas ao final do experimento foram mais elevadas, pode-se notar uma redução expressiva para esta variável quando as plantas estavam sob os efeitos do estresse hídrico a 40% CP (redução de

52% em relação ao tratamento-controle). Silva et al. (2008) constataram que para a produção de matéria seca em plantas jovens de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) não foi observada diferença significativa entre os tratamentos para a alocação de biomassa das folhas (ABF), dos caules (ABC) e das raízes (ABF). Para a espécie nim-indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) Martins et al. (2010) verificaram que nos tratamentos-controle 100% , 80% e 60% da CP, a alocação de biomassa das folhas ao final do experimento foi a mais alta, sendo de 38,9; 40,1; e 43,7%, respectivamente. Estudando a análise do crescimento de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) Nascimento et al. (2011) verificou que não houve diferenças significativas entre as variáveis avaliadas alocação da área foliar, alocação do caule e alocação de raiz, comprovando que o estresse hídrico não afetou a alocação de fitomassa nos tratamentos estudados.

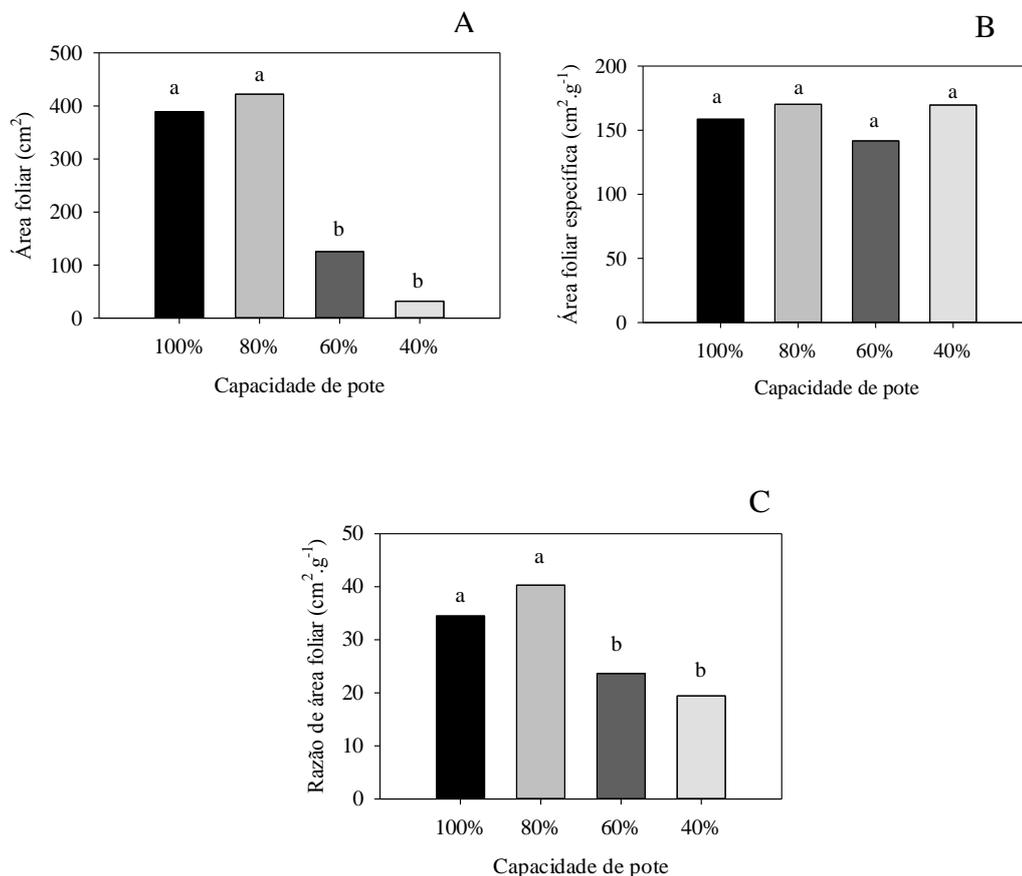
Tabela 3. Valores médios da alocação de biomassa de folhas, caule e raízes de *Allamanda blanchetti* após 112 dias sob diferenciação hídrico.

Tratamentos	Alocação de biomassa (%)		
	Folhas	Caules	Raízes
100% da CP	21,85a	30,00a	48,15a
80% da CP	23,50a	26,31a	49,51a
60% da CP	17,24ab	27,01a	55,74a
40% da CP	11,51b	32,15a	56,34a

Médias seguidas de mesma letra na coluna são estatisticamente iguais entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O estresse hídrico aplicado foi suficiente para causar alterações significativas na área foliar a partir do tratamento 60% CP (Figura 9A). Observa-se que as plantas dos tratamentos 100% e 80% CP apresentaram maiores valores de área foliar (389,37 e 422,18 cm², respectivamente), enquanto as plantas dos tratamentos com 60% e 40% da CP tiveram os menores valores (125,50 e 31,81 cm² . respectivamente). Por outro lado, a área foliar específica não teve variação estatisticamente significativa (Figura 9B). A razão da área foliar (Figura 9C) foi semelhante ao da área foliar, o déficit hídrico afetou a área foliar das plantas, quando foram submetidas a 60% e 40% da CP (23,64 e 19,43 cm². g⁻¹, respectivamente).

Figura 9. Valores médios da área foliar, área foliar específica e razão de área foliar de *Allamanda blanchetti* após 112 dias sob diferenciação hídrica.



Médias seguidas de mesma letra são estatisticamente iguais entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Esses resultados obtidos sugerem que *A. blanchetti* utiliza a redução da superfície foliar como uma estratégia para diminuir a perda de água, sem, no entanto, promover o espessamento da folha. A redução da área foliar em solos sobre condições de estresse pode ser uma opção vantajosa, pois diminui a superfície de transpiração levando a planta a economizar água. Outro parâmetro analisados na presente pesquisa, que com a diminuição da área foliar contribui, para o decréscimo da matéria seca da parte aérea e folhas, pode-se inferir que as plantas de *A. blanchetii* não conseguem manter a produção de matéria orgânica quando tem sua área foliar reduzida. Além disso, a reduções na expansão foliar, declínio na área foliar em função da perda de folhas tem sido comumente relatado como uma estratégia contra a seca (GONÇALVES; PASSOS, 2000; CHAVES et al., 2004; COOPMAN et al., 2008).

Dessa forma, pode-se afirmar que a redução da área foliar deve-se, pelo menos em parte, à redução na emissão de novas folhas nos tratamentos mais severos. Resultados encontrados por Nascimento et al. (2011), pesquisando mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril*

L.) em diferentes níveis de água no solo, que verificaram diferenças significativas na área foliar, no entanto para a razão de área foliar (RAF) e área foliar específica (AFE) não apresentaram diferenças significativas.

Os resultados da análise de variância referente às características fisiológicas das plantas de *A. blanchetii*, realizadas aos 66, 85 e 105 dias após semeadura fotossíntese (A) e transpiração (E), encontram-se na tabela 5. As avaliações realizadas aos 66, 85 e 105 dias após a semeadura, o comportamento das plantas de *A. blanchetii*, as taxas fotossintéticas reduziram (25,37%, 37,58% e 23,59%) respectivamente com o aumento do estresse hídrico.

Foram observadas variações nas taxas de transpiração (E) aos 66, 85 e 105 dias após a semeadura, manteve a mesma tendência da fotossíntese (A), constatando que nos tratamentos 100% (controle) e 80% CP resultando em maiores taxas transpiratória, nos tratamentos de 60% e 40% CP sendo esses mais afetados.

A redução da transpiração se dá em decorrência do fechamento estomático, que é uma das primeiras respostas da planta à redução da disponibilidade de água. De acordo com Larcher (2006), em condições normais, a taxa de transpiração nas folhas é determinada especialmente pela radiação, déficit de saturação e pela condutância estomática. Segundo Mariano et al., (2009) ao avaliarem a fotossíntese em aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) quando sob suspensão da rega, observaram que após 5 dias sem água a fotossíntese foi reduzida em 42%.

Tabela 4. Valores médios da Fotossíntese (A) e Transpiração (E) de plantas de *Allamanda blanchetii* cultivadas após 66, 85 e 105 dias sob diferenciação hídrica.

Tratamentos	Fotossíntese ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)			Transpiração ($\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)		
	66 dias	85 dias	105 dias	66 dias	85 dias	105 dias
100% da CP	13,95a	11,12a	9,58a	5,79a	5,32ab	4,57a
80% da CP	10,25a	13,23a	9,42a	6,38a	5,82a	4,92a
60% da CP	5,70b	8,93a	5,30b	1,88b	3,50b	2,70b
40% da CP	3,54b	4,18b	2,26c	1,07b	1,27c	2,25b

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna são estatisticamente iguais entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Com relação à condutância estomática (Tabela 5), aos 66, 85 e 105 percebe um efeito significativo dos tratamentos aplicados, as plantas do tratamento 100% e 80% CP, não diferindo estaticamente entre si, para os tratamentos 60% e 40% houve um decréscimo na G_s. Os resultados obtidos na presente pesquisa verificou que o fechamento dos estômatos, ocasionou uma diminuição na condutância estomática, o déficit hídrico levou a redução de 33,33% para o tratamento de 40% CP quando comparado ao tratamento 100% (controle).

No momento da medição, aos 66 dias após a semeadura, a concentração interna de CO₂ (C_i) não apresentou diferença estaticamente entre os tratamentos de 100%, 80%, 60% e 40% CP. Após 85 dias de estresse hídrico houve diferença significativa entre os tratamentos, o aumento na concentração interna de CO₂ verificado no tratamento de 80% CP. Já aos 105 dias em decorrência do estresse, foi observado que os tratamentos 100% e 80% CP não diferiram estatisticamente entre si, havendo queda nos tratamentos 60% e 40% CP.

Tabela 5. Valores médios da Condutância estomática (G_s) e Carbono interno (C_i) de plantas de *Allamanda blanchetii* cultivadas após 66, 85 e 105 dias sob diferenciação hídrica.

Tratamentos	Condutância estomática (mmol m ⁻² s ⁻¹)			Carbono interno (μmol mol ⁻¹)		
	66 dias	85 dias	105 dias	66 dias	85 dias	105 dias
100% da CP	0,177a	0,123ab	0,150a	212,85a	203,57ab	257,00a
80% da CP	0,137a	0,190a	0,137a	203,00a	228,14a	242,67a
60% da CP	0,044b	0,082bc	0,040b	147,5a	171,62bc	194,00b
40% da CP	0,026b	0,028c	0,050b	185,83a	152,00c	196,00b

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna são estatisticamente iguais entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Comparando a análise de parâmetros fisiológicos, tais como, fechamento parcial dos estômatos, observado através da diminuição da condutância estomática, e a queda na taxa de transpiração, provavelmente indicam mecanismos de adaptação da espécie *A. blanchetii*, no intuito de diminuir as perdas de água, quando sob condição de estresse hídrico. Provavelmente o fechamento dos estômatos tenha ocorrido em resposta influenciada pelo potencial hídrico foliar em função do déficit hídrico a qual as plantas foram expostas. De

acordo com Taiz; Zeiger (2013) os estômatos são mecanismos importantes nas trocas gasosas, em condições de baixa disponibilidade hídrica do solo, os estômatos permanecem fechados, permitindo que a planta evite a sua desidratação. No entanto quando os estômatos se fecham protegendo a plantas contra a perda de água, simultaneamente restringi a difusão de CO₂ atmosférico para as câmeras subestomáticas.

Analisando as alterações nas trocas gasosas causadas pelo déficit hídrico em plantas de aroeira (*Schinus terebinthifolius*) Silva et al., (2008) afirmaram que o estresse mais severo (25% CP) ocasionou reduções da transpiração, tendo os seus estômatos fechados aos 11 dias. Resultados encontrados para mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam.) aos 60 dias de restrição hídrica, acarretou o fechamento parcial dos estômatos, levando também à redução da condutância estomática, e a taxa transpiração e da assimilação de CO₂ nas mudas cultivadas sob 12,5% capacidade de campo (SCALON et al. 2011).

Como podemos observar na Tabela 6 os resultados da diferença entre a temperatura foliar e a temperatura do ar, entre os tratamentos aplicados, não evidenciaram diferenças significativas. As consequências das restrições hídricas promovem alterações na condutância estomática, a evaporação e, conseqüentemente, a capacidade de resfriamento da planta, esse fato não ocorreu na espécie em estudo. Este fato é favorecido pela resistência da camada limítrofe (rb) e à transferência de calor da folha para o ar. O comportamento observado no presente estudo sugere que *A. blanchetti* tenha estratégia para promover o resfriamento foliar além da transpiração, dentro do horário de tomada das variáveis de trocas gasosas.

Tabela 6. Valores médios da diferença entre temperatura de folhas e do ar de plantas de *Allamanda blanchetii* cultivadas após 66, 85 e 105 dias sob diferenciação hídrica.

Tratamentos	TF-Ta °C		
	66 dias	85 dias	105 dias
100% da CP	1,77a	1,81a	1,80a
80% da CP	1,80a	1,80a	1,79a
60% da CP	1,78a	1,80a	1,80a
40% da CP	1,80a	1,83a	1,80a

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna são estatisticamente iguais entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A. blanchetti revelou ser uma espécie de folhas anfi-estomáticas, sendo a sua densidade (número de estômatos/mm²) maior na face abaxial (inferior). Quanto ao tipo de

estômatos foram encontrados anisocítico (a) e paracítico (b), sendo este último o mais abundante. Timonin (1986) relata que numa mesma espécie de planta, pode apresentar vários tipos de estômatos (o que caracteriza polimorfismo). De acordo com Baranova (1992) estas espécies também podem ser chamadas de espécie heteroestomáticas. As células subsidiárias apresentavam de tamanho variado, sendo também observadas em ambas as superfícies tricomas tector formado por uma única célula.

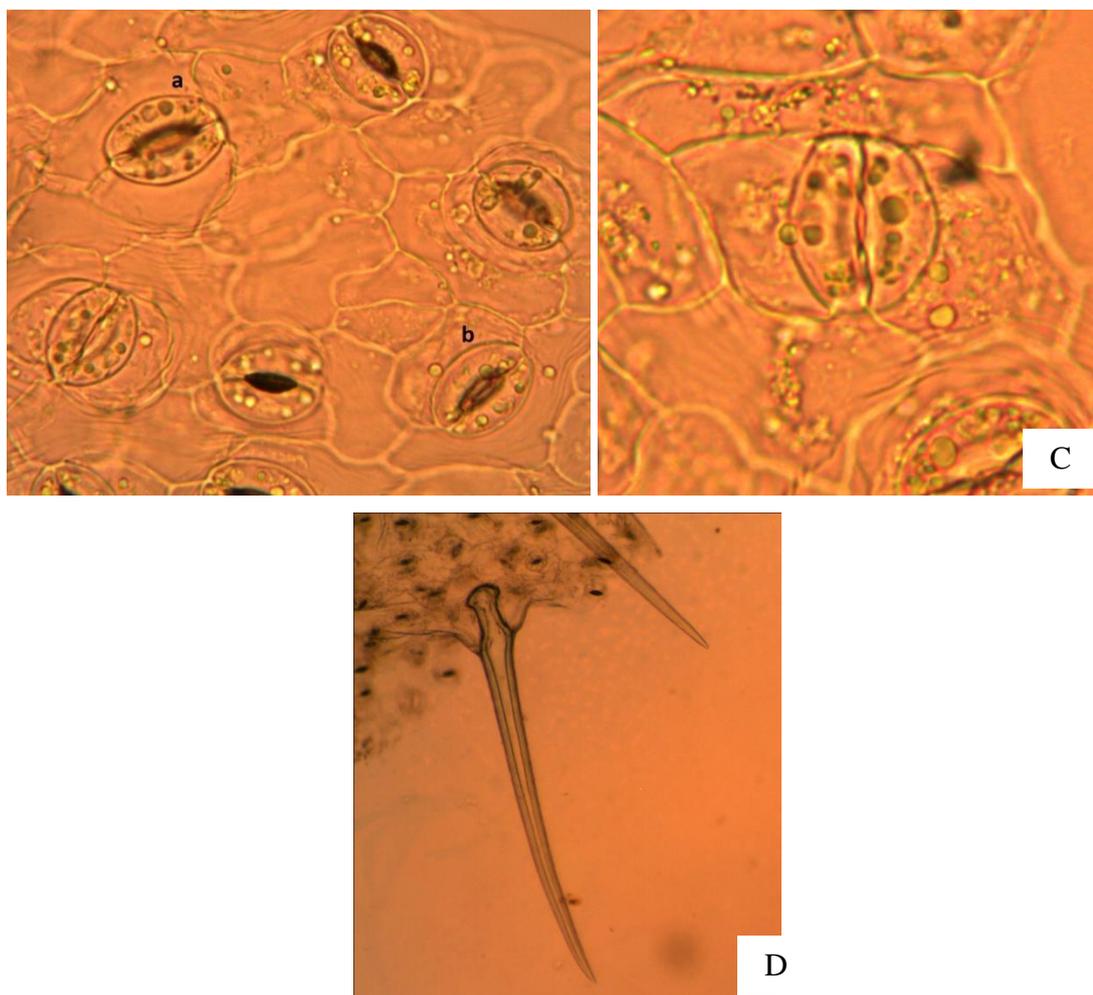


Figura 10. Evidenciando um estômato anisocítico (a), paracítico (b), tetracítico (C) e tricoma tector.

Quando submetida ao déficit hídrico, observou-se uma redução acentuada da sua densidade, principalmente na superfície inferior, de 38,5% no tratamento 40% CP em relação ao controle (Tabela 7). Quanto a superfície adaxial, apesar das diferenças significativas entre tratamentos, não foi possível detectar um padrão em resposta ao déficit hídrico.

A densidade estomática está relacionada à capacidade fotossintética das folhas, uma vez que, quanto maior o número de estômatos/mm², menor a resistência à difusão de gases na folha. Assim, a menor densidade estomática pode contribuir para menor taxa fotossintética das folhas (LIMA JUNIOR et al., 2006). Cabral et al. (2004) estudando o crescimento de plantas jovens de *Tabebuia aurea* (Manso) constatou que a densidade estomática apresentaram, maior número de estômatos na superfície abaxial (inferior), variando de 119,63 a 155,19 estômatos por mm².

O SPAD e o teor relativo de água (TRA) nas plantas de *A. blanchetii* cultivadas em casa de vegetação, não foram verificadas diferenças significativas entre os regimes hídricos aos quais as plantas foram submetidas. Segundo Pimentel (2004), o teor relativo de água na folha, pode ser um indicador da intensidade do estresse por seca, principalmente em plantas que não realizam ajustamento osmótico, pois, deve ser entendido como um indicativo do grau de turgescência celular. Resultados semelhantes a referente pesquisa, corroboram de Jales Filho; Seraphin (2001) analisando o TRA em plantas jovens de lobeira (*Solanum lycocarpum*) as avaliações foram feitas aos 210 dias de tratamentos hídricos, verificou que não houve diferença significativa no teor relativo de água no tratamento controle e estresse. Entretanto, Lenhard et al. (2011) pesquisando a espécie de pau ferro (*Caesalpinia férrea* Mart.) o teor de clorofila em maiores valores, foram encontrados no tratamento 70% CC, seguidos de 40% e 12,5% CC, aos 28 e 35 dias apresentou 41%, caindo em 10% até o final do experimento, aos 56 dias de estresse. Duarte et al. (2015) estudando crescimento de mudas de pinhão-manso (*Jatropha curcas*) em condição de déficit hídrico constatou que os teores de clorofilas em decorrência da condições hídrica, os pigmentos fotossintéticos não foram afetados, assim como o teor de água.

O clorofilômetro (SPAD-502) de acordo com Silva et al. (2014) tem se demonstrado um bom equipamento para diagnosticar a integridade do sistema fotossintético sob deficiência hídrica, sendo considerado assim um bom parâmetro para avaliar espécie vegetal resistentes à seca.

Tabela 7. Valores médios da Densidade estomática, SPAD e TRA de folhas de *Allamanda blanchetti* após 112 dias sob diferenciação hídrica.

Tratamentos	Densidade estomática (estômatos.mm ⁻²)		SPAD	Teor relativo de água (%)
	Adaxial	Abaxial		
100% da CP	16,57a	223,14a	49,66a	50,59a
80% da CP	7,00c	196,14b	49,31a	46,67a
60% da CP	12,00ab	136,38c	47,81a	55,82a
40% da CP	7,75bc	137,25c	44,10a	52,91a

Médias seguidas de mesma letra na coluna são estatisticamente iguais entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

4. CONCLUSÕES

1. As plantas de *Allamanda blanchetii* crescem satisfatoriamente sob 100 % e 80% da capacidade de pote garantindo a sua sobrevivência e crescimento sem apresentar modificações morfológicas e fisiológicas significativas;
2. Nas presentes condições experimentais, plantas de *A. blanchetti* não conseguiram promover um efetivo aprofundamento das raízes para amenizar os efeitos do estresse hídrico;
3. A redução relativa da superfície e da emissão de novas folhas bem como a redução da densidade estomática são estratégias utilizadas por essa espécie para se ajustar ao déficit hídrico;
4. As trocas gasosas são negativamente afetadas em níveis de disponibilidade hídrica abaixo de 80% da CP.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, J.J.A.; ARAÚJO, M.A.; NASCIMENTO, S.S. Degradação da caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, v.22, n3, p.126-135, 2009.
- ALBERTS, F.; MEVE, U. A karyological survey of Asclepiadoideae, Periplocoideae, and Secamonoideae, and evolutionary considerations within Apocynaceae s.l. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v.88, n.4, p.624-656, 2001.
- ARAÚJO, L.D.A.; QUIRINO, Z.G.M.; MACHADO, I.C. Fenologia reprodutiva, biologia floral e polinização de *Allamanda blanchetii*, uma Apocynaceae endêmica da Caatinga **Revista Brasileira Botânica**. v.34, n.2, p.211-222, 2011.
- BARANOVA, M.A. Principles of comparative stomatographic studies of flowering plants. **Botanical Review**, v.58, n.1, p.49-99. 1992.
- BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42p.
- BRASIL, Ministério da Integração Nacional. **Nova delimitação do semi-árido brasileiro**. 2005. 32p.
- BURROWS, G.E. Comparative anatomy of the photosynthetic organs of 39 xeromorphic species from subhumid New South Wales, Australia. **International Journal of Plant Sciences**, v.162, n.2, p.411-430, 2001.
- 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 brasílica**. v.18,n.2, p.241-251. 2004.
- CALBO, A.G.; SILVA, W.L.C.; TORRES, A.C. Comparação de modelos e estratégias para análise de crescimento. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.1, n.1, p.1-7, 1989.
- CARDOSO, D.B.O.S.; QUEIROZ, L.P. Diversidade de Fabaceae nas Caatingas de Tucano, Bahia: implicações para a fitogeografia do semi-árido do nordeste do Brasil. **Rodriguésia**, v.58, n.2, p.379-391, 2007.

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.

COOPMAN, R.E.; JARA, J.C.; BRAVO, L.A.; SÁEZ, K.L.; MELLA, G.R.; ESCOBAR, R. Changes in morpho-physiological attributes of *Eucalyptus globulus* plants in response to different drought hardening treatments. **Electronic Journal of Biotechnology**, v.11, n.2, p.1-10, 2008.

DUARTE, D.M.; GUIMARÃES, G.R.; TORRES JUNIOR, H.D.; PEREIRA, F.S.; NEVES, T.G.; MATOS, F.S. Growth of *J. curcas* seedlings under water deficit condition. **Bioscience Journal**, v.31, n.6, p.1618-1623, 2015.

DUARTE, E.A.A.; MELO FILHO, P.A.; SANTOS, R.C. Características agronômicas e índice de colheita de diferentes genótipos de amendoim submetidos a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.17, n.8, p.843-847, 2013.

ENDRESS, M.E.; BRUYNS. A revised classification of the Apocynaceae s.l. The **Botanical Review**, v.66, n.1, p.1-56, 2000.

ENDRESS, M.E., LIEDE-SCHUMANN, S. MEVE, U. Advances in Apocynaceae: the enlightenment, an introduction. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v.94, n.2, p.259-267, 2007.

FAHMY, G. M. Leaf anatomy and its relation to the ecophysiology of some non-succulent desert plants from Egypt. **Journal of Arid Environments**, v.36, n.8, p.499-525, 1997.

FAHN, A.; CUTLER, D. F. **Xerophytes**. Berlin: Gebüder Borntraeger, 1992.

GARIGLIO, M.A.; SAMPAIO, E.V.S. B.; CESTARO, L.A.; KAGEYAMA, P.Y. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. 368p.

GIULIETTI, A.M., HARLEY, R.M., QUEIROZ, L.P., BARBOSA, M.R.V., BOCAGENA, A.L.; FIGUEIREDO, M.A. Espécies endêmicas da caatinga. In *Vegetação e flora da*

Caatinga (E.V.S.B. SAMPAIO, A.M. GIULIETTI, J. VIRGINIO; C.F.L. Gamarra-Rojas, eds.). Associação Plantas do Nordeste - APNE/Centro Nordestino de Informações sobre Plantas - CNIP/Universidade Federal de Pernambuco, Recife, p.103-115. 2002.

GONÇALVES, J.G.R. **Identificação de linhagens de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerantes à seca.** 2013. 82f. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2013.

GORAI, M.; MARAGHNI, M.; NEFFATI, M. The relationship between phenological traits and water potential patterns of the wild jujube *Ziziphus lotus* in southern Tunisia. **Plant Ecology e Diversity**. v.3, n.3, p.273-280, 2010.

GONÇALVES, M.R.; PASSOS, C.A.M. Crescimento de cinco espécies de eucalipto submetidas a déficit hídrico em dois níveis de fósforo. **Ciência Florestal**, v.10, n.2, p.145-161, 2000.

GRISAFI, F.; BONAFEDE, E.; VECCHIAE, F.D.; RASCIOE, N. Some morphological, anatomical, physiological responses of different olive cultivars to high temperatures and drought stress. **Acta Botanica Gallica**, v.151, n.3, p.241-253, 2004.

JALES FILHO. T.C.; SERAPHIN, E.S., Alteração no potencial osmótico e teor de carboidratos solúveis em plantas jovens de lobeira (*Solanum lycocarpum* St. Hil.) em resposta ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Botânica**, v.24, n.2, p.199-204, 2001.

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

KIRONO, D.G.C; HENNESSY K.; MPELASOKA F.; KENT D. Approaches for generating climate change scenarios for use in drought projections – a review. **CAWCR Technical Report**, n.34, p.32, 2011.

KOCH, I.; RAPINI, A.; SIMÕES, A.O.; KINOSHITA, L.S.; SPINA, A.P.; CASTELLO, A.C.D. 2016. Apocynaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB15539>>. Acesso em: 18 Jan. 2016.

KUDREV, T.G. **Água: vida das plantas**. São Paulo: Ícone, 1994. 178p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Ed. Rima, 2006. 531p.

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

LENHARD, N.R.; SCALON, S.P.Q.; NOVELINO, J.O. Crescimento inicial de mudas de pau ferro (*Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. var. *leiostachya* Benth.) sob diferentes regimes hídricos. **Ciência agrotecnologia**, v.34, n.4, p.870-877, 2011.

LIMA JUNIOR, E.C.; ALVARENGA, A.A.; CASTRO, E.M.; VIEIRA, C.V.; BARBOSA, J.P.R.A.D. Aspectos fisiológicos de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, v.30, n.1, p.33-41, 2006.

LIU, Y.B.; WANG, G.; LIU, J.; ZHAO, X.; TAN, H.J.; LI, X.R. Anatomical, morphological and metabolic acclimation in the resurrection plant *Reaumuria soongorica* during dehydration and rehydration. **Journal of Arid Environments**, v.70, n.2, p.183-194, 2007.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas nutrição mineral**. 3 ed, Minas Gerais. 2009. UFV, 486p.

MARIANO, K.R.; BARRETO, L.S.; SILVA, ALISSON H.B.; NEIVA, GRAZIELA K.P. Amorim, S. Fotossíntese e tolerância protoplasmática foliar em *Myracrodruon urundeuva* Fr. ALL. submetida ao déficit hídrico. **Revista Caatinga**, v.22, n.1, p.72-77, 2009.

MARTINS, M.O.; NOGUEIRA, R.J.M.C.; AZEVEDO NETO, A.D. S.M.G. Crescimento de plantas jovens de nim-indiano (*Azadirachta indica* A. Juss. - meliaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Revista Árvore**, v.34, n.5, p.771-779, 2010.

MACHADO, I.C.S.; SAZIMA, M. Pollination and breeding system of *Melochia tomentosa* L. (Malvaceae), a keystone floral resource in the Brazilian Caatinga. **Flora**, v.203, n.6, p.484-490. 2008.

MAIA, G.N. **Caatinga, árvores arbustos e suas utilidades**. Leitura e Arte. 2ed., São Paulo. 2012. 412p.

MENESES, C.H.S.G.; LIMA L.H.G.M.; LIMA, M.M.A.; VIDAL, M.S. Aspectos genéticos e moleculares de plantas submetidas ao déficit hídrico. **Revista Brasileira de Oleaginosas Fibrosas**, v.10, n.1/2, p.1039-1072, 2006.

MOREIRA, J.N.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F.; FERREIRA, M.A.; ARAÚJO, G.G.L.; FERREIRA, R.L.C.; SILVA, G.C. Caracterização da vegetação de Caatinga e da dieta de novilhos no sertão de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.11, p.1643-1651, 2006.

MOHAWESH, O.; AL-ABSI, K. Physiological response of two apple genotypes to different water regimes under semiarid conditions. **Advances in Horticultural Science**, v.23, n.3, p.158-165. 2009.

NASCIMENTO, H.H.C.; NOGUEIRA, REJANE 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**, v.35, n.3, p.617-626, 2011.

NEUMANN, P.M. The role of cell wall adjustment in plant resistance to water deficits. **Crop Science**, v.35, n.5, p.1258-1266, 1995.

NOGUEIRA, R.J.M.C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, HÉLIO A.; BEZERRA NETO, E. 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.

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

RAPINI, A. Apocynaceae (dogbane and milk-weed family). In: Smith, N.; Mori, S.A.; Henderson, A.; Stevenson, D.Wm. e Head, S.V. (eds.). **Flowering plants of the Neotropics**. Princeton University Press, Princeton. 2004.

ROTONDI, A. ROSSI, F.; ASUNIS, C.; CESARACCIO, C. Leaf xeromorphic adaptations of some plants of a coastal Mediterranean macchia ecosystem. **Journal Mediterran Ecology**, v.4, n.3-4, p.25-35, 2003.

SAM, O.; JERÉZ, E.; DELL AMICO, J.; RUIZ-SANCHEZ. Water stress induced changes in anatomy of tomato leaf epidermis. **Biologia Plantarum**, v.43, n.2, p.275-277, 2000.

SAMPAIO, E.V.S.B. Overview of the Brazilian Caatinga. In: S.H. Bullock, H.A. Mooney & E. Medina (eds.). Seasonally dry forests. pp. 35-58. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, 1995.

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**, v.21, n.4, p.655-662, 2011.

SILVA, M.A.; SANTOS, C.M.; VITORINO, H.S.; RHEIN, A.F. Pigmentos fotossintéticos e índice SPAD como descritores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, v.30, n.1, p.173-181, 2014.

SILVA, M. de A.; JIFON, J.L.; SILVA, J.A.G. da; SANTOS, C.M. dos; SHARMA, V. Relationships between physiological traits and productivity of sugarcane in response to water deficit. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge. v.152, n.1, p.104-118, 2014.

SOUZA, C.R.D.; SOARES, Â.M.; REGINA, M.D.A. Trocas gasosas de mudas de videira, obtidas por dois porta-enxertos, submetidas à deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.10, p.1221-1230, 2001.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II**. 2.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 2008.

SOUZA, M. J. N. A problemática ambiental: cenários para o Bioma Caatinga no Nordeste do Brasil. In: SILVA, J. B.; LIMA, L. C.; DANTAS, E. W. C. **Panorama da geografia brasileira**. São Paulo: Annablume, v.2, 2006. 308p.

SHAO, H.B.; CHU, L.Y.; JABEEL, C.A.; ZHAO, C.X. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus Biologies**, v.331, n.3, p.215-225, 2008.

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, n.2, p.335-344, 2008.

SILVA, E.C.; SILVA, M.F.A.; NOGUEIRA, R.J.M.C.; ALBUQUERQUE, M.B. Growth evaluation and water relations of *Erythrina velutina* seedlings in response to drought stress. **Brazilian Society of Plant Physiology**, v.22, n.4, p.225-233, 2010.

SOUZA, C.C.; OLIVEIRA, F.A.; SILVA, I.F.; AMORIM NETO.; M.S. Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3, p.338-342, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

TIMONIN, A.K. On the taxonomic value of stomatal characteristics and evolution of the stomatal complexes in flowering plants. Byulleten' Moskovskogo Obshchestva Ispytatelei Prirody Otdel Biologicheskii: v.91, p.72-81, 1986.

TORRECILLAS, A.; ALARCÓN, J.J.; DOMINGO R.; PLANES, J.; SÁNCHEZ-BLANCO, M.J. Strategies for drought resistance in leaves of two almond cultivars. **Plant Science**, v.118, n.2, p.135-143, 1996.

TORRES NETTO, A.; Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. **Scientia Horticulturae**, v.104, p.199-209, 2005.

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

TROVÃO, D.M.B.M.; SILVA, S.C.; SILVA, A.B.; VIEIRA JÚNIOR, R.L. Estudo comparativo entre três fisionomias de caatinga no estado da Paraíba e análise do uso das espécies vegetais pelo homem nas áreas de estudo. **Revista Biologia e Ciências da Terra**, v.4, n.2, p.1-5, 2004.

TURKAN, I. **Plant Responses to Drought and Salinity Stress: Developments in Post-Genomic Era.** In *Advances in Botanical Research*. Editora. Academic Press, Elsevier, 2011. p.593.

WEATHERLEY, P.E. Studies in the water relations of the cotton plant. I- The field measurements of water deficits in leaves. **New Phytologist**, v.49, n.7, p.81-97, p.1439-1451, 1998.

VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F. G. C. **Ecorregiões propostas para o Bioma Caatinga.** Recife: Associação Plantas do Nordeste; Instituto de Conservação Ambiental The Nature Conservancy do Brasil, 2002. 76p.