



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

**DISSERTAÇÃO**

**FATORES ABIÓTICOS NA FISIOLOGIA DE SEMENTES E MUDAS DE**  
*Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke

**MARIA DE FÁTIMA DE QUEIROZ LOPES**

**Areia-PB**

**2018**



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRARIAS  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**FATORES ABIÓTICOS NA FISIOLOGIA DE SEMENTES E MUDAS DE**  
*Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke

MARIA DE FÁTIMA DE QUEIROZ LOPES

*Sob orientação da Professora*

**Dra. Riselane de Lucena Alcântara Bruno**

Dissertação submetida como requisito para  
obtenção do grau de **Mestre em Agronomia**, do  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

Areia-PB

2018

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

L864f Lopes, Maria de Fátima de Queiroz.

FATORES ABIÓTICOS NA FISILOGIA DE SEMENTES E  
MUDAS DE  
Luetzelburgia auriculata (Alemão) Ducke / Maria de  
Fátima de Queiroz Lopes. - Areia, 2018.  
85f. : il.

Orientação: Riselane de Lucena Alcântara Bruno.  
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Qualidade fisiológica de sementes. 2. Caatinga.  
3.  
Adaptação ecológica. 4. Ecofisiologia. 5. Estresse  
salino. 6. Estresse hídrico. I. Bruno, Riselane de  
Lucena Alcântara. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: FATORES ABIÓTICOS NA FISIOLOGIA DE SEMENTES E  
MUDAS DE *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke

MARIA DE FÁTIMA DE QUEIROZ LOPES

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

  
Prof. Dra. Riselane de Lucena Alcântara Bruno  
Orientadora - CCA/UFPB

  
Prof. Dr. Alexandre Bosco de Oliveira  
Examinador - CCA/UFC

  
Prof. Dra. Aderilania Iane Barbosa de Azevedo  
Examinadora - IFRN

Data de realização: 23 de Fevereiro de 2018

  
Presidente da Comissão Examinadora  
Dra. Riselane de Lucena Alcântara Bruno  
Orientadora

## **DEDICO**

Aos meus pais, Mário Evandro Ribeiro Lopes e Maria do Socorro de Queiroz Lopes, responsáveis pela minha educação e pela pessoa que me tornei. Vocês são meu porto seguro, paz em meio ao caos, a quem eu devo amor incondicional.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus e a Nossa Senhora de Fátima, por me manter firme em meio a tantos obstáculos, me sustentar em seu colo, e debaixo de seu manto, renovando todos os dias minha fé, me dando sabedoria e paciência para seguir em frente, diante dos problemas e me acalentando nos momentos difíceis.

A minha família, meus pais Maria do Socorro e Mário Evandro, e meu irmão Francisco Marcelo, pela minha formação, e pelo apoio.

A minha orientadora, Professora Dra. Riselane de Lucena Alcântara Bruno por me acolher e acreditar no meu trabalho. Por todo apoio e incentivo que me deu desde que eu cheguei na instituição.

A Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de Mestrado.

A todos os professores do programa de pós-graduação em Agronomia (PPGA-UFPB) pelos ensinamentos transmitidos e contribuição em minha formação durante o mestrado.

Aos funcionários do Laboratório de Análise de Sementes (LAS), Sr. Rui, e Sr. Biu, pela disponibilidade e atenção na realização dos experimentos.

Aos amigos da pós-graduação, Camila Ferreira, Carlos Leite, Crys Vítório, Hélio Andrade, Igor Henrique, Joana Moura, Leonardo Vieira, Miguel Avelino, Romário Figueiredo, Ronimeire Torres, e Toshik Iarley. Pessoas maravilhosas que tive a satisfação de conviver durante o mestrado, agradeço a todos vocês pelas conversas, brincadeiras e ajudas. Vocês direta ou indiretamente contribuíram na condução e realização deste trabalho, só tenho a agradecer a todos.

A Lucas Kennedy, por acreditar na minha capacidade em algumas horas mais do que eu, obrigada por disponibilizar ajuda e compreensão na reta final dessa jornada, e por se fazer presente na minha vida, apesar da distância.

Aos meus amigos da graduação, uma amizade que ultrapassou as barreiras da universidade e que eu levo para minha vida, sempre me dando conselhos e apoio em todas as minhas decisões. Apesar de não poder está mais presente nos encontros, viagens, saídas, levo vocês no meu coração e tenho imenso carinho por cada um; André Nogueira, Antônio Ageu, Caio Bezerra, Érica Costa, Francisco Araújo, Marcelo Clementino, Marina Monteiro, Maíra Saldanha, Mário Rógeson, Rafaela Magalhães, Raiza Neves, e Tarcísio Hugo.

As amigas de longa data, Kilvia Cristina e Marcia Sousa, agradeço pelo apoio, carinho, atenção, por compartilhar comigo de tantos momentos importantes na minha vida, é muito bom retornar para casa e saber que eu sempre vou ser bem recebida, admiro muito vocês.

Aos membros da banca examinadora, pela atenção, disponibilidade, observações e contribuições dadas ao trabalho.

## RESUMO GERAL

LOPES, Maria de Fátima de Queiroz, **Fatores abióticos na fisiologia de sementes e mudas de *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke**, 2018. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Fevereiro 2018.

O Bioma Caatinga é exclusivo do Brasil e constitui-se num dos mais ricos em biodiversidade, apesar das constantes perturbações antrópicas. Por outro lado, é necessário realizar a recuperação de áreas degradadas, sobretudo, em locais com acelerado processo de devastação. Com isso, o objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos dos fatores abióticos na fisiologia de sementes e mudas de *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke provenientes de duas classes de massa. Para tal, as sementes de *Luetzelburgia auriculata* foram coletadas manualmente na Fazenda de Poço da Pedra, situada no município de Caridade-CE e encaminhadas ao Laboratório de Análise de Sementes da UFPB em Areia-PB. Antes da instalação do experimento, cada unidade de semente foi pesada individualmente em balança analítica (0,001 g), com finalidade de dividir a amostra em duas classes de sementes, leves (< 0,35 g) e pesadas ( $\geq 0,35$  g). Inicialmente foram determinados o teor de água (TA) e o peso de mil sementes (PMS), posteriormente as classes de sementes foram submetidas aos estresses salino e hídrico. Quanto ao primeiro, foram utilizados os níveis de 0,0; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m<sup>-1</sup> com avaliações de germinação (G%), primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), massa fresca de parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR), massa fresca de cotilédone (MFCot), massa seca de parte aérea (MSPA), massa fresca de raiz (MFR), e massa seca de cotilédone (MSCot). Para o estresse hídrico, os potenciais estudados foram: 0,0; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa, avaliando-se, nesta etapa, as mesmas variáveis acima listadas, com exceção de CPA, MFPA, MSPA. Subsequentemente em ambiente protegido, as mudas produzidas foram analisadas quanto as trocas gasosas e suas relações com componentes meteorológicos, sendo as variáveis estudadas: Temperatura do ambiente (TA) e umidade relativa do ar (UR), taxa de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), transpiração (E), temperatura da folha (TF), eficiência no uso da água (A/E) e eficiência de carboxilação (EC). Com aumento dos estresses salino e hídrico observou-se efeito prejudicial, na maioria das variáveis morfológicas e fisiológicas, em ambas classes de sementes. Com relação as mudas, foram verificadas correlações de alta magnitude entre as variáveis TA, UR, A, E, gs, E, Ci e A/E. A taxa de fotossíntese líquida, transpiração e condutância estomática decrescem ao longo do dia, apresentando valores mínimos às 16 horas. De modo geral, as sementes pesadas ( $\geq 0,35$  g) se mostram mais adaptadas aos estresses hídrico e salino, de modo que a qualidade fisiológica de sementes leves foi afetada pela seca e salinidade. A classe de sementes não influencia nas trocas gasosas das mudas, porém estas variáveis são influenciadas pelas horas do dia e, portanto, são dependentes de fatores meteorológicos.

**Palavras-chaves:** Qualidade fisiológica de sementes, caatinga, adaptação ecológica, ecofisiologia, estresse salino, estresse hídrico.

## GENERAL ABSTRACT

LOPES, Maria de Fátima de Queiroz, **Abiotic factors in the physiology of seeds and seedlings of *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke** 2018. 85 f. Dissertation (Masters in Agronomy) - Federal University of Paraíba, February 2018.

The Caatinga Biome is unique to Brazil and constitutes one of the richest in biodiversity, despite the constant anthropic disturbances. On the other hand, it is necessary to recover the degraded areas, especially in places with an accelerated process of devastation. The objective of this work was to study the effects of abiotic factors on seed physiology and seedlings of *Luetzelburgia auriculata* (German) Ducke from two mass classes. For this, the seeds of *Luetzelburgia auriculata* were collected manually at the Poço da Pedra Farm, located in the city of Caridade-CE and sent to the Laboratory of Seed Analysis of the UFPB in Areia-PB. Prior to the installation of the experiment, each seed unit was individually weighed on an analytical scale (0.001 g) to divide the sample into two classes of light, (<0.35 g) and heavy ( $\geq 0.35$  g) seeds. The water content (TA) and the weight of one thousand seeds (PMS) were first determined, after which the seed classes were submitted to saline and water stresses. As for the first one, the levels of 0,0 were used; 1.5; 3.0; 4.5 and 6.0 dS m<sup>-1</sup> with germination (G%), first germination count (PCG), germination speed index (IVG), mean germination time (TMG), shoot length CPA), root length (CR), fresh shoot mass (MFPA), fresh root mass (MFR), fresh cotyledon mass (MFCot), shoot dry mass (MSPA), fresh root mass (MFR), and cotyledon dry mass (MSCot). For water stress, the potentials studied were: 0.0; -0.2; -0.4; -0.6; -0.8 and -1.0 MPa, evaluating, at this stage, the same variables listed above, except for CPA, MFPA, MSPA. Subsequently, in a protected environment, the seedlings produced were analyzed for gaseous exchange and their relationships with meteorological components. The variables studied were: Ambient temperature (TA) and relative humidity (UR), net photosynthesis rate (A), conductance stomatal (gs), internal carbon (C<sub>i</sub>), transpiration (E), leaf temperature (TF), water use efficiency (A/E) and carboxylation efficiency (A/C<sub>i</sub>). With increasing saline and water stresses, a harmful effect was observed in most of the morphological and physiological variables in both seed classes. Regarding the seedlings, high magnitude correlations were verified between the variables TA, UR, A, E, gs, E, C<sub>i</sub> and A/E. The rate of liquid photosynthesis, transpiration and stomatal conductance decreases throughout the day, presenting minimum values at 16 hours. In general, heavy seeds ( $\geq 0.35$  g) are more adapted to the water and saline stresses, so that the physiological quality of light seeds was affected by drought and salinity. The seed class does not influence the gas exchange of the seedlings, but these variables are influenced by the hours of the day and, therefore, are dependent on meteorological factors.

**Key-words:** Physiological quality, caatinga, ecological adaptation, ecophysiology, saline stress, hydric stress.

## LISTA DE TABELAS

### **CAPÍTULO II: ESTRESSE SALINO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke EM FUNÇÃO DA MASSA DE SEMENTES**

- Tabela 1.** Teor de água (TA) e Peso de mil sementes (PMS) em função das classes de pesos para sementes de pau mocó (*Luetzelburgia auriculata* Alemão Ducke).  
..... 35
- Tabela 2.** Resumo da ANAVA para as características biométricas e fisiológicas de sementes leves (< 0,35 g) e pesadas (≥ 0,35 g) de *L. auriculata* submetidas a diferentes níveis de salinidade. .... 35
- Tabela 3.** Análise da interação entre classes de sementes e níveis de salinidade em *L. auriculata*. .... 42

### **CAPÍTULO III: ESTRESSE HÍDRICO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke EM FUNÇÃO DA MASSA DE SEMENTES**

- Tabela 4.** Teor de água (TA) e Peso de mil sementes (PMS) em função das classes de pesos para sementes de pau mocó (*Luetzelburgia auriculata* Alemão Ducke).  
..... 55
- Tabela 5.** Resumo da ANAVA para as características biométricas e fisiológicas de sementes leves (< 0,35 g) e pesadas (≥ 0,35 g) de *L. auriculata* submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico. .... 56
- Tabela 6.** Análise da interação entre classes de sementes e níveis de estresse hídrico em *L. auriculata*. .... 63

### **CAPÍTULO IV: RELAÇÕES FISIOLÓGICAS EM MUDAS DE *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke EM FUNÇÃO DA MASSA DE SEMENTES**

- Tabela 7.** Análise química do substrato utilizado para a produção de mudas de *Luetzelburgia auriculata*. .... 75

<b>Tabela 8.</b> Resumo da ANAVA para características fisiológicas em mudas de <i>Luetzelburgia auriculata</i> provenientes de classes de sementes leves (< 0,35 g) e pesadas ( $\geq 0,35$ g).....	77
<b>Tabela 9.</b> Coeficientes de correlação de Pearson existentes entre os elementos meteorológicos e as variáveis fisiológicas em mudas de <i>Luetzelburgia auriculata</i> .....	82

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO II: ESTRESSE SALINO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke EM FUNÇÃO DA MASSA DE SEMENTES

**Figura 1.** Representação da distribuição de classes das sementes leves (<0,35g) e pesadas (≥0,35 g) de *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke. .... 33

**Figura 2.** Variáveis fisiológicas de sementes leves (< 0,35 g) e pesadas (≥ 0,35 g) de *L. auriculata* submetidas a diferentes níveis de salinidade (dSm<sup>-1</sup>). PCG: primeira contagem de germinação (A), Ger: Germinação (B), IVG: índice de velocidade de germinação (C), TMG: tempo médio de germinação (D). .... 38

**Figura 3.** Variáveis morfológicas de plântulas provenientes de sementes leves (< 0,35 g) e pesadas (≥ 0,35 g) de *L. auriculata* submetidas a diferentes níveis de salinidade (dSm<sup>-1</sup>). CPA: comprimento de parte aérea (A), CR: comprimento de raiz (B), MFPA: massa fresca de parte aérea (C), MSPA: massa seca de parte aérea (D), MFCot: massa fresca de cotilédone (E), MSCot: massa seca de cotilédone (F), MSR: massa seca de raiz (G). .... 40

### CAPÍTULO III: ESTRESSE HÍDRICO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke EM FUNÇÃO DA MASSA DE SEMENTES

**Figura 4.** Frequência de massa em histograma para amostra de 400 sementes de *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke. .... 53

**Figura 5.** Variáveis fisiológicas de sementes leves (< 0,35 g) e pesadas (≥ 0,35 g) de *L. auriculata* submetidas a diferentes níveis de potencial osmótico. PCG: primeira contagem de germinação (A), Ger: Germinação (B), IVG: índice de velocidade de germinação (C), TMG: tempo médio de germinação (D). .... 58

**Figura 6.** Plântulas procedentes de sementes leves (<0,35g) e pesadas (≥0,35g) submetidas a diferentes potenciais osmóticos após os 25 dias de instalação do teste de germinação. .... 61

**Figura 7.** Variáveis morfológicas de plântulas provenientes de sementes leves (< 0,35 g) e pesadas (≥ 0,35 g) de *L. auriculata* submetidas a diferentes níveis de potencial

osmótico. CR: comprimento de raiz (A), MFR: massa fresca de raiz (B), MSCot: massa seca de cotilédone (C), MSPA: massa seca de raiz (D)..... 62

#### **CAPÍTULO IV: RELAÇÕES FISIOLÓGICAS EM MUDAS DE *Luetzelburgia auriculata* Alemão Ducke EM FUNÇÃO DA MASSA DE SEMENTES**

**Figura 8.** Distribuição de massa pelo boxplot para amostra de 400 sementes de *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke..... 74

**Figura 9.** Variáveis meteorológicas ao longo do dia em mudas de *Luetzelburgia auriculata* provenientes de sementes leves (< 0,35 g) e pesadas ( $\geq$  0,35 g). TA: Temperatura do ambiente (A), UR: umidade relativa (B)..... 78

**Figura 10.** Variáveis fisiológicas ao longo do dia em mudas de *Luetzelburgia auriculata* provenientes de sementes leves (< 0,35 g) e pesadas ( $\geq$  0,35 g). A: Taxa de fotossíntese líquida (A), gs: Condutância estomática (B), E: Transpiração (C), C<sub>i</sub>: Concentração interna de CO<sub>2</sub> (D), A/E: Eficiência do uso da água (E), A/C<sub>i</sub>: Eficiência de carboxilação (F) e TF: temperatura da folha (G)..... 80

## SUMÁRIO

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	6
CAPITULO I: REVISÃO DE LITERATURA.....	9
Aspectos morfológicos de <i>Luetzelburgia auriculata</i> .....	10
Conservação das espécies florestais (peso e tamanho das sementes) .....	11
Fatores ambientais .....	14
Salinidade.....	15
Estresse Hídrico .....	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	19
CAPITULO II: ESTRESSE SALINO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE <i>Luetzelburgia auriculata</i> (Alemão) Ducke EM FUNÇÃO DA MASSA DE SEMENTES .....	28
RESUMO.....	29
ABSTRACT .....	30
INTRODUÇÃO .....	31
MATERIAL E MÉTODOS .....	32
<i>Coleta e beneficiamento das sementes</i> .....	32
<i>Instalação e condução do experimento</i> .....	33
<i>Variáveis</i> .....	34
<i>Delineamento experimental</i> .....	34
<i>Análise dos dados</i> .....	34
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
CONCLUSÕES.....	42
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	44
CAPITULO III: ESTRESSE HÍDRICO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE <i>Luetzelburgia auriculata</i> (Alemão) Ducke EM FUNÇÃO DA MASSA DE SEMENTES .....	48
RESUMO.....	49
ABSTRACT .....	50
INTRODUÇÃO .....	51

<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>52</b>
<i>Coleta e beneficiamento das sementes .....</i>	<i>52</i>
<i>Instalação e condução do experimento .....</i>	<i>53</i>
<i>Variáveis .....</i>	<i>54</i>
<i>Delineamento experimental .....</i>	<i>54</i>
<i>Análise dos dados .....</i>	<i>55</i>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>55</b>
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>64</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>65</b>
<b>CAPITULO IV: RELAÇÕES FISIOLÓGICAS EM MUDAS DE <i>Luetzelburgia auriculata</i> Alemão Ducke EM FUNÇÃO DA MASSA DE SEMENTES .....</b>	<b>69</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>70</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>72</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>73</b>
<i>Coleta e beneficiamento das sementes .....</i>	<i>73</i>
<i>Local e obtenção das mudas .....</i>	<i>74</i>
<i>Condução do experimento .....</i>	<i>75</i>
<i>Variáveis .....</i>	<i>75</i>
<i>Delineamento experimental .....</i>	<i>76</i>
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>82</b>

## INTRODUÇÃO GERAL

O Bioma Caatinga é exclusivo do Brasil, com ocorrência principalmente no Nordeste do país e uma parte no Norte do estado de Minas Gerais, predominando nesses locais o clima semiárido (SILVA, et al., 2004). Os fatores ambientais presentes nesse ecossistema são em geral responsáveis pela vegetação formada em maior parte por plantas xerófilas caducifólias (SOUZA, 2014); classificadas como efêmeras, suculentas e lenhosas (DUQUE, 2004). É um dos biomas mais ricos em diversidade do Brasil, possuindo grande número de espécies, vasta variedade de tipos vegetacionais e remanescentes de vegetação preservada, apesar das constantes perturbações antrópicas. A degradação em regiões da caatinga cresce constantemente, de forma intensa, em virtude da extração de madeira para indústria, aumento de áreas urbanas, expansão das atividades agrícolas e pecuária (OLIVEIRA, 2010).

A recuperação de áreas degradadas no Semiárido é de extrema necessidade sobretudo, em locais com acelerado processo de devastação, sujeitos ao surgimento e intensificação de processos erosivos, assoreamento de rios, perda da biodiversidade e empobrecimento do solo (FERREIRA et al., 2009). Durante o planejamento de recuperação desses locais, a escolha das espécies e a produção de mudas se torna uma grande responsabilidade, especialmente englobando condições acessíveis aos pequenos e médios produtores (LIMA et al., 2017). Dessa forma, para garantir a obtenção de quantidade adequada de mudas em bom estado fitossanitário, com qualidade genética e fisiológica é necessário amplo conhecimento sobre espécies estratégicas com as particularidades (PIETRO- SOUZA e SILVA, 2014).

Na seleção de espécies destinadas a restauração de áreas, as relações fisiológicas desempenham um papel fundamental, pois exprimem o comportamento das mesmas em diversos ambientes, visto que a fisiologia da planta é controlada por fatores genéticos inerentes a espécie e pelas condições do ambiente que são variáveis durante o período do dia (TONELLO e TEIXEIRA FILHO, 2013; CARON et al., 2014). Portanto, é fundamental a identificação das condições edafoclimáticas favoráveis e limitantes de cada espécie que irão subsidiar o entendimento sobre sua ecologia e o modo de adaptação ao meio em que ela irá ser inserida (FRITZSONS et al., 2017).

Dentre as espécies estratégicas para a regeneração de áreas degradadas está a *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke pertencente à família Leguminosae-Papilionoideae. Esta espécie conhecida popularmente como pau mocó, pau serrote e pau de chapada caracteriza-se como uma árvore endêmica da região Nordeste do Brasil,

distribuída em alguns estados como Bahia, Ceará, Maranhão, Piauí e Paraíba (LORENZI, 2008; MELLO et al., 2010; CARDOSO et al., 2014). Sua madeira por ser de boa qualidade é amplamente utilizada na construção civil, na fabricação de móveis, para lenha e carvão (LORENZI, 2008).

Essa planta está presente na Caatinga em locais caracterizados por manchas isoladas de florestas tropicais sazonalmente secas da América do Sul (CARDOSO et al., 2014). É considerada uma espécie rústica adaptada a terrenos secos e pedregosos (LORENZI, 2008). Em geral, as espécies nativas do Nordeste possuem ampla adaptabilidade e certo grau de tolerância a estresses abióticos, como em ambientes com excesso de sais no solo, comumente encontrados na região Semiárida (MENDONÇA et al., 2010). A alta salinidade em ambientes semiáridos ocorre em decorrência da baixa precipitação pluviométrica registrada na região, juntamente com elevadas taxas de evaporação, que por consequência acabam acumulando no solo sais que causam danos ao desenvolvimento das plantas (VASCONCELOS et al., 2013).

Devido à escassez de chuva, a região passa por longos períodos de estiagem (SILVA et al., 2010), e em virtude disso, as plantas são acometidas por estresse hídrico, o que faz com que as espécies endêmicas desenvolvam mecanismos de adaptação a esta condição, para garantir sua sobrevivência. No entanto, para haver a perpetuação dos vegetais é necessário que ocorra a germinação das sementes e com isso o fornecimento de condições favoráveis de temperatura, luz, oxigênio e água, para o estabelecimento da plântula (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

A semente constitui um elemento muito importante na qualidade das mudas produzidas no viveiro, uma vez que a qualidade das mudas é determinada pelo genótipo e pela qualidade fisiológica da semente a partir da qual ela se origina (MUNIZ et al., 2007 FORNAH et al., 2017). No caso das sementes de *L. auriculata*, destacam a desuniformidade de tamanho destas, com comprimento (17,1 a 21,7 mm), largura (9,1 a 11,7 mm), espessura (3,9 a 6,5 mm) e peso (0,23 g a 0,68 g) variáveis (NOGUEIRA et al., 2012).

Fatores como o peso e o tamanho das sementes podem influenciar na germinação e no estabelecimento da plântula. Sementes grandes tem maior conteúdo de reserva e conseqüentemente são mais tolerantes a condições desfavoráveis, e sementes pequenas tem maior eficiência de dispersão, sendo mais fáceis de serem transportadas de um local para outro (KHAN, 2004). As condições ecológicas em que as plantas se estabeleceram podem influenciar no tamanho e peso das sementes entre as espécies, de maneira que,

espécies provenientes de habitats abertos tem menor massa média de sementes se comparadas àquelas originadas de habitats mais adensados (RABELLO et al., 2010).

Em virtude da quantidade escassa de informações a respeito da espécie, o objetivo dessa pesquisa foi estudar os fatores abióticos na fisiologia de sementes e mudas de *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke provenientes de duas classes de sementes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARDOSO, D. B. O. S., DE QUEIROZ, L. P., DE LIMA, H. C. A taxonomic revision of the South American papilionoid genus *Luetzelburgia* (Fabaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 175, n.3, 328-375, 2014.

CARON, B. O.; PERRANDO, E. R.; SCHMIDT, D.; MANFRON, P. A.; BEHLING, A.; ELLI, E. F.; ELOY, E. Relações fisiológicas em mudas de pata-de-vaca (*Bauhinia forficata* Link). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.16, n.2, p.196-201, 2014.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. FUNEP: Jaboticabal, 2012. 590p. MUNIZ, M. F. B.; SILVA, L. M.; BLUME, E. Influência da assepsia e do substrato na qualidade de sementes e mudas de espécies florestais. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, 140-146, 2007.

DUQUE, J. G. **O Nordeste e as Lavouras Xerófilas**. Ed. 4ª. Fortaleza. Banco do Nordeste. p.43. 2004.

FERREIRA, R. A.; SANTOS, P. L.; ARAGÃO, A. G.; SANTOS, T. I. S.; SANTOS NETO, E. M.; SILVA REZENDE, A. M. Semeadura direta com espécies florestais na implantação de mata ciliar no Baixo São Francisco em Sergipe. **Scientia Forestalis**, v.37, p.37-46, 2009.

FORNAH, Y.; MATTIA, S. B.; OTESILE, A. A.; KAMARA, E. G. Effects of Provenance and Seed Size on Germination, Seedling Growth and Physiological Traits of *Gmelina arborea*, Roxb. **International Journal of Agriculture and Forestry**, v.7, n. 1, 28-34. 2017.

FRITZSONS, E.; WREGGE, M. S.; MANTOVANI, L. E. Climatic factors for limiting araucaria distribution in São Paulo state. **Scientia Forestalis**, v. 45, n. 116, 2017.

KHAN, M. L. Effects of seed mass on seedling success in *Artocarpus heterophyllus* L., a tropical tree species of north-east India. **Acta Oecologica**. v.25, p.103–110, 2004.

LIMA, L. K. S.; MOURA, M. D. C. F.; SANTOS, C. C.; NASCIMENTO, K. P. C.; DUTRA, A. S. Produção de mudas de aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) em resíduos orgânicos. **Revista Ceres**, v. 64, n. 1, 2017.

- LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arboreas nativas do Brasil. Sao Paulo, Instituto Plantarum, 2008, 384p
- MELLO, G. W.; OLIVEIRA, D. M.; CARVALHO, C. J.; CAVALCANTE, M. V. F.; COSTA, F. A.; RIET-CORREA, F.; SILVA, S. M. Poisoning of goats by the pods of *Luetzelburgia auriculata*. **Toxicon**, v. 55, n.6, 1115-1118, 2010.
- MENDONÇA, A.V.R.; CARNEIRO, J. G. A.; FREITAS, T. A. S.; BARROSO, D. G.; Características fisiológicas de mudas de *Eucalyptus* spp submetidas a estresse salino **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 2, p. 255-267, 2010.
- MENDONÇA, A. V. R.; CARNEIRO, J. G. A.; FREITAS, T. A. S.; BARROSO, D. G.; Características fisiológicas de mudas de *Eucalyptus* spp submetidas a estresse salino **Ciência Florestal**, v. 20, n. 2, p. 255-267, 2010.
- NOGUEIRA, F. C. B.; LIMA, J. W.; SILVA, A. M. E. B.; FILHO, S. M. Efeito da temperatura e luz na germinação de sementes de *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke–Fabaceae. **Acta Botanica Brasílica**, v. 26, n. 4, 772-778, 2012.
- OLIVEIRA, R. L. C. Etnobotânica e plantas medicinais: estratégias de conservação. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v. 10, n.2, p. 76-82, 2010.
- PIETRO-SOUZA, W.; SILVA, N. M. Plantio manual de muvuca de sementes no contexto da restauração ecológica de áreas de preservação permanente degradadas. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v. 9, n. 3, p. 63-74, 2014.
- SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; LINS, L. V. (org). **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília (DF): MMA/UFPE/Conservation International – Biodiversitas – Embrapa Semi-árido, 2004. 382p.
- SILVA, P. C. G.; MOURA, M. S. B.; KIILL, L. H. P.; BRITO, L. T. L.; PEREIRA, L. A.; SÁ, I. B.; CORREIA, R. C.; TEIXEIRA, A. H. C.; CUNHA, T. J. F. E GUIMARÃES FILHO, C. 2010. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. In: SÁ, I. B. E SILVA, P. C. G. da S. Semiárido Brasileiro: Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação. Embrapa Semiárido. Petrolina. pp. 7-48.

TONELLO, K. C.; TEIXEIRA FILHO, J. Transpiração e condutância estomática de *Eucalyptus* sp em resposta à radiação global e diferentes condições hídricas. **Irriga**, v. 18, n.4, p. 607-23, 2013.

VASCONCELOS, R. R. A.; BARROS, M. F. C.; SILVA, E. F. F.; GRACIANO, E. S. A.; FONTENELE, A. J. P.B.; SILVA, N. M. L. Características físicas de solos salino-sódicos do semiárido pernambucano em função de diferentes níveis de gesso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v. 17, n. 12, p. 1318–1325, 2013.

## **CAPÍTULO I**

### **REVISÃO DE LITERATURA**

## REVISÃO DE LITERATURA

### Aspectos morfológicos de *Luetzelburgia auriculata*

O gênero *Luetzelburgia* compreende 13 espécies de árvores e arbustos, sendo a maior parte de sua diversidade (sete espécies) encontrada na Caatinga, nas manchas isoladas de florestas tropicais sazonalmente secas da América do Sul (QUEIROZ, 2006; CARDOSO e QUEIROZ, 2011; CARDOSO et al., 2014). As espécies do gênero *Luetzelburgia* podem ser distinguidas pela combinação única de pétalas onduladas e curvilíneas que são externamente macias (CARDOSO et al., 2014).

A espécie que varia de 3-7 m de altura, são encontrados tubérculos radiculares que não é uma característica comum das leguminosas. Aparentemente essa estrutura de reserva se deve ao mecanismo de adaptação ao ambiente seco onde comumente é encontrada. A casca externa é predominantemente branca e fissurada verticalmente ou áspera, já a endoderme apresenta coloração esverdeada (CARDOSO et al., 2014). Os ramos são eretos e surgem em fascículos de dois a dez por nó (CARDOSO et al., 2013; CARDOSO et al., 2014). O eixo da inflorescência dos cálices é densamente coberto por tricomas curtos já o indumento de coloração castanha claro, ou branca (CARDOSO et al., 2014).

As folhas são alternadas e imparipinadas, com folhas raramente paripinadas ou unifolioladas na mesma planta. O número de folhas é sempre menor que 11 por folíolo e o tamanho geralmente diminui do ápice até a base da folha, os mesmos apresentam coloração verde escura, e altamente variáveis em tamanho e forma mesmo dentro desta espécie. A nervura central é sempre proeminente na superfície abaxial (CARDOSO et al., 2014). *L. auriculata* perde as folhas e flores no início da estação seca, produzindo vagens com apenas uma semente durante o período de seca (LIMA, 1982). Os frutos de *L. auriculata* são alados, com uma única semente. A inflorescência desta espécie é bastante vistosa, pois ocorre quando a planta apresenta poucas folhas, se dispondo de forma ereta e pode variar de forma aglomerada para espaçada, dispostas em panículas piramidais. Cada panícula é formada por vários brotos de racemos densamente floridos, tornando-se progressivamente mais curto em direção ao ápice, de modo que a panícula termina nas flores terminais. As inflorescências são bilateralmente simétricas com pétalas laterais e abaxiais. As flores são pediceladas e o pedicelo é articulado a partir da base do cálice. O comprimento da flor desta espécie é sempre maior que 13 mm de comprimento (CARDOSO et al., 2014). As flores têm um cheiro doce e são visitadas

por abelhas do gênero *Xylocopa* e *Centris* (AGUIAR et al., 2003; YAMAMOTO et al., 2007; CARDOSO et al., 2014).

As sementes apresentam desuniformidade quanto ao tamanho, apresentando variação no comprimento de 17,1 a 21,7 mm, largura de 9,1 a 11,7 mm e espessura de 3,9 a 6,5 mm, quanto ao peso pode variar de 0,23 g a 0,68 g (NOGUEIRA et al., 2012). A madeira de *L. auriculata* é utilizada na construção civil em acabamentos internos, em marcenaria e para lenha e carvão, além de ser destinada para recomposição de áreas degradadas e de preservação permanente (LORENZI, 2008). A espécie também é conhecida pelo seu potencial tóxico em rebanhos de caprinos (MELLO et al., 2010) e pelo efeito alelopático em algumas espécies ao exemplo da alface (NOVAIS et al., 2012).

A restrição geográfica do gênero *Luetzelburgia* nas manchas isoladas de florestas tropicais sazonalmente secas da América do Sul condicionam o conservadorismo de nicho filogenético forte que limita a dispersão do gênero a um fragmento ou área relativamente pequena (CARDOSO et al., 2014). Essa limitação geográfica torna as espécies do gênero mais vulnerável às intempéries climáticas, pois com sua faixa restrita de ocorrência, os estresses abióticos podem ser mais nocivos as espécies do gênero, sobretudo em regiões Semiáridas que estão sendo seriamente afetadas pelas mudanças climáticas.

### **Conservação das espécies florestais (peso e tamanho das sementes)**

Fundamental para a manutenção do homem nordestino, as florestas da Caatinga foram sempre consideradas, pobres, quase sem utilidade e, por vezes, um empecilho ao desenvolvimento regional. No entanto, sabe-se que as mesmas têm grande diversidade de fauna e flora desempenhando um importante papel na economia do Nordeste, pois são utilizadas tanto na geração de energia para indústrias e domicílios, quanto para a obtenção de produtos florestais não-madeireiros. Entretanto, a Caatinga vem sendo explorada de forma predatória e, como consequência, o seu processo de degradação vem sendo intensificado progressivamente (GARIGLIO et al., 2010).

A recuperação de áreas perturbadas tem sido uma vertente bastante discutida, diante do prolongado efeito antrópico causado ao bioma Caatinga ao longo das últimas décadas. Entre as etapas de regeneração de áreas degradadas, a escolha das espécies e a formação de mudas de qualidade destacam-se entre as principais (GARIGLIO et al., 2010; LIMA et al., 2017). Nesse contexto, a formação de mudas em viveiro é a

principal maneira para obtenção de plantas de qualidade e isentas de doenças e pragas (MUNIZ et al., 2007; LIMA et al., 2017). Poucas espécies florestais são amplamente propagadas vegetativamente. Portanto, a obtenção de sementes de qualidade que expresse o potencial e estabelecimento desta nova planta em condições de campo é uma etapa fundamental em qualquer programa de florestamento ou recuperação de áreas degradadas (EVANS, 1986).

Apesar da semente ser considerada um recurso natural renovável, uma vez que a fonte está esgotada ou em baixa frequência, a disponibilidade deste recurso pode delongar consideravelmente para se regenerar (KADAMBI, 1972). O conhecimento sobre os aspectos biométricos de frutos e sementes, e sua influência na germinação, pode contribuir na escolha dos frutos e sementes com os melhores atributos para produção e estabelecimento de mudas de espécies tropicais nativas saudáveis e vigorosas (PEREIRA et al., 2011; DRESCH, 2013). Desse modo, uma área de recuperação bem-sucedida não pode ser constituída sem a utilização de sementes de qualidade, associada ao tamanho e peso das sementes (KADAMBI, 1972; ANTUNES et al., 2012; DRESCH, 2013; FORNAH et al., 2017).

O tamanho da semente é um indicativo que pode prever a germinação e as taxas de crescimento das plântulas, tanto na sementeira como por um breve período após o estabelecimento das plantações (ONI e BADA, 1992; ANTUNES et al., 2012; DRESCH, 2013; FORNAH et al., 2017).

Para muitas espécies, o peso da semente é indicativo da sua qualidade fisiológica, sendo que, em um mesmo lote, sementes leves, normalmente, apresentam menor desempenho do que as pesadas (BONFIL, 1998; BEZERRA et al., 2004; CICEK e TILKI, 2007). Isto porque, maior quantidade de reserva aumenta a possibilidade de sucesso no estabelecimento da plântula, uma vez que possibilita a sua sobrevivência por um maior período, em condições ambientais que ainda não permitam o aproveitamento das reservas nutricionais e hídricas do solo e a realização da fotossíntese (HAIG e WESTOBY 1991).

Vários estudos avaliaram o efeito do tamanho das sementes, expresso através da massa, na germinação e no estabelecimento de plântulas e comparando diferentes espécies vegetais (BONFIL, 1998; GERITZ et al., 1999; COOMES e GRUBB, 2003; SILVERTOWN e BULLOCK, 2003; COSTA et al., 2006; KLEIN et al., 2007; PEREIRA et al., 2008; PEREIRA et al., 2011; DRESCH et al., 2013; MTAMBALIKA et al., 2014; ALMEIDA et al., 2014), no entanto, existem ainda poucas informações

disponíveis destes processos dentro de uma mesma espécie, especialmente em espécies nativas da região semiárida brasileira (ALVES et al., 2005). A hipótese da relação positiva entre a massa de sementes e seu potencial germinativo indica que sementes maiores possuem embriões bem mais desenvolvidos e uma maior quantidade de reservas (BEZERRA et al., 2002). Teoricamente, esse fato poderia contribuir com o aumento na chance de sobrevivência, sob condições de estresse hídrico, escassez de nutrientes no solo e condições desfavoráveis de intensidade luminosa (WHITE e GONZÁLEZ, 1990; SILVA e CARVALHO, 2008).

Alguns estudos demonstraram que sementes menores e mais leves possuem melhor potencial fisiológico em comparação a sementes pesadas ou não são influenciadas pelo peso (PEREIRA et al., 2008; PEREIRA et al., 2011; DRESCH et al., 2013; ALMEIDA et al., 2014; MTAMBALIKA et al., 2014) indicando que não há regra quanto a influência do peso das sementes na emergência e qualidade fisiológica das plântulas. Desse modo, é possível inferir que as espécies apresentam respostas distintas ao peso/tamanho das sementes, havendo a necessidade de execução de estudos específicos para cada espécie para indicar a melhor faixa de peso para obtenção de mudas uniformes e vigorosas.

A massa das sementes influencia vários aspectos da ecologia das espécies vegetais, uma vez que pode refletir as relações entre plantas e os agentes dispersores e predadores de sementes e as taxas de sobrevivência dos indivíduos na fase de plântulas (WESTOBY, 1998). Além disso, as amplas diferenças no tamanho das sementes entre as espécies têm sido relacionadas às condições ecológicas em que as plantas se estabelecem, com espécies de habitats abertos apresentando menor massa média de sementes do que às de habitats mais adensados (SALISBURY, 1974; FOSTER e JANSON, 1985; MAZER, 1989; KELLY e PURVIS, 1993; BONFIL, 1998).

Em quatro das cinco espécies estudadas, Werner e Platt (1976) demonstraram que as populações em uma comunidade aberta produzem sementes menores em relação a uma comunidade mais fechada. Wulff (1986) mostrou que as mudas de *Desmodium paniculatum* oriundas de sementes grandes foram favorecidas nos estágios iniciais de crescimento em local seco e perturbado. Em *Prunella vulgaris*, os requisitos para o desenvolvimento de plântulas oriundas de sementes pequenas são mais restritivos do que aqueles para sementes maiores (WINN, 1985) e uma relação positiva entre o tamanho da semente e o estabelecimento e crescimento das plântulas foi relatada em

uma variedade de espécies (WEIS, 1982; STANTON, 1984; WELLER, 1985; COSTA et al., 2006; KLEIN et al., 2007; MISHRA et al., 2014).

Herbivoria, geada, seca e agentes patogênicos são outros desafios comuns enfrentados por uma semente no início da vida e sua capacidade de lidar com isso provavelmente é afetada pela presença ou ausência de cotilédones, o tamanho da semente a partir do qual ela originou e o tempo decorrido desde a germinação (ZHANG et al., 2011). Vários trabalhos foram realizados para verificar o efeito da massa/peso da semente na sua germinação e na qualidade fisiológica de diversas espécies vegetais, porém, no que diz respeito às florestais, estudos ainda são bastante escassos, sendo referenciadas algumas espécies, como jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa*), ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus*), tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*), cumaru (*Dipteryx odorata*) (PEREIRA et al., 2011; RIBEIRO et al., 2012; LESSA, 2013; ALMEIDA et al., 2017).

Oliveira et al. (2005) mencionam que, dentro de um mesmo lote de sementes, aquelas consideradas pequenas podem apresentar menor emergência de plântulas e, portanto, menor vigor em relação às médias e grandes. No entanto, as sementes de maior tamanho armazenam maior quantidade de substâncias de reserva durante a fase de desenvolvimento, o que proporciona embriões mais desenvolvidos, sendo consideradas sementes mais vigorosas (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

Nesse contexto indicar a classe ideal de peso e tamanho das sementes ou se há efeito dessa característica na emergência e no vigor inicial das plântulas é fundamental para a formação de mudas vigorosas que possam ser utilizadas para recuperação de áreas degradadas.

### **Fatores ambientais**

Existem diversos fatores que afetam o desenvolvimento das plantas, entre eles estão: luz, temperaturas extremas, salinidade, escassez hídrica, oxigênio, e gás carbônico.

O ambiente ao qual as plantas se desenvolvem podem submetê-las a passarem por mudanças morfofisiológicas ocasionadas pela luz e a adaptação a esses níveis de luminosidade presente em diversos ambientes é que vai determinar o êxito da espécie (RESENDE et al., 2011). O processo de fotossíntese dos vegetais é dependente da luz no qual as clorofilas são pigmentos responsáveis por converter energia luminosa em energia química (NHUT et al., 2003).

O excesso de luz pode causar redução do crescimento e produtividade das plantas, fenômeno conhecido por fotoinibição gerando perdas na eficiência das reações fotoquímicas, desencadeando distúrbios nos processos fotossintéticos já que as enzimas cloroplastídicas são reguladas pela luz (ARAÚJO; DEMINICIS, 2009).

Com altas temperaturas do ar e foliar ocorre diminuição da taxa fotossintética resultante do incremento das taxas respiratórias da planta (LLOYD; FARQUHAR, 2008). No entanto, baixas temperaturas ocasionam redução da eficiência fotossintética em função de menores taxas de condutância estomática e menor carboxilação, em consequência de limitações metabólicas (MACHADO et al., 2010).

O aumento da produção de alimentos requer maior demanda de áreas agricultáveis e de recursos hídricos para manutenção de plantações sendo a qualidade da água utilizada muito importante pois existe uma tendência crescente de escassez mundial de fontes hídricas o que ocasiona o uso de águas com baixa qualidade com altas quantidades de sais (BARNARD et al., 2010). A salinidade é comumente observada em regiões semiáridas como no caso do nordeste brasileiro, responsável por afetar o desenvolvimento das plantas cultivadas (BRITO et al., 2014).

Juntamente com a salinidade o estresse hídrico causado pela escassez de água também reduz a produtividade pois afeta o desenvolvimento das plantas (MARTINAZZO et al., 2013); gerando alterações morfológicas, anatômicas, fisiológicas e bioquímicas (BEZERRA et al., 2003). Devido ao estresse hídrico a planta ativa o mecanismo de fechamento estomático para reduzir a perda de água pela transpiração e fornecimento de CO<sub>2</sub> para folhas o que faz com que a produção de biomassa seja reduzida (PAIVA et al., 2005).

### **Salinidade**

A salinização dos solos é uma ameaça generalizada para a estrutura e o funcionamento ecológico dos biomas mundiais e esse processo ocorre em escala geográfica sem precedentes no qual mudanças climáticas e as modificações antropogênicas no ciclo hidrológico devem aumentar ainda mais a extensão e a gravidade da salinização (RIVERO et al., 2014). Esta acumulação de sais solúveis, provoca concentrações iônicas acima dos níveis naturais, conhecida como salinização (HERBERT et al., 2015).

As causas da salinização incluem alterações nos fluxos de água doce, desmatamento, irrigação, eliminação de efluentes de águas residuais, adubação mal

conduzida, elevação do nível do mar, surtos de tempestades e aplicações de sais de degelo. Essas condições alteram a natureza físico química do ambiente solo-água, o equilíbrio químico e a solubilidade mineral, com consequente aumento das concentrações iônicas de solutos, especialmente sulfato, e alteração do ciclo biogeoquímico de elementos importantes, incluindo carbono, nitrogênio, fósforo, enxofre, ferro e sílica (HERBERT et al., 2015).

As plantas respondem aos ambientes salinos através de múltiplos mecanismos fisiológicos, metabólicos e moleculares. Esses mecanismos são interconectados e integrados para criar respostas específicas que levam à aclimação da planta a ambientes em mudança. A manutenção do potencial de membrana, as atividades de várias enzimas e a concentração apropriada de osmólitos para lidar com a regulação do volume celular são todas dependentes da homeostase iônica e, mais especificamente, da homeostase do  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  (CONDE et al., 2011). Sabe-se que o estresse salino induz alterações no transporte e compartimentação de íons (MUNNS, 2002). A salinidade causa a toxicidade de  $\text{Na}^+$ , que pode prejudicar a absorção de  $\text{K}^+$  pelas células radiculares e exerce efeitos tóxicos graves em genes e enzimas que causam prejuízos no metabolismo (HASEGAWA et al., 2011; CONDE *et al.*, 2011).

Muitas áreas agrícolas afetadas pela salinidade estão localizadas em regiões áridas ou semiáridas. Nessas localidades, a influência do estresse salino é agravada pela ação simultânea de fatores xerotérmicos, em particular altas temperaturas (KUZNESTOV e SHEVYAKOVA, 1997). A caatinga abriga espécies adaptadas às diferentes condições do solo e clima. As plantas nativas configuram-se como alternativa importante na utilização de áreas salinas, tendo em vista que a exploração de espécies agrícolas anuais não é viável economicamente, no entanto, as informações acerca da adaptabilidade de plantas do Semiárido ao estresse salino são escassas (BESSA et al., 2017).

### **Estresse Hídrico**

A restrição hídrica exerce forte influência no crescimento das plantas em muitos ecossistemas terrestres, especialmente em regiões áridas e semiáridas, onde a ocorrência de seca normalmente oscila em diferentes níveis temporais e espaciais (SPONSELLER, 2007; SWEMMER et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2012).

A maioria das plantas terrestres ao longo do seu ciclo de vida são expostas a curtos ou longos períodos de restrição hídrica e tendem a desenvolver mecanismos adaptativos as mudanças do ambiente. As plantas mostram respostas diferentes de

acordo com as espécies e a natureza e gravidade do estresse (AKINCI e LÖSEL, 2012; ZHAO et al., 2017). Algumas espécies podem se adaptar ao ambiente em mudança com mais facilidade que outras, dando-lhes uma vantagem no processo adaptativo (AKINCI e LÖSEL, 2012).

As alterações metabólicas em condições de estresse ambiental promovem um ajuste funcional, com o objetivo de alcançar um novo estado de homeostase, em um processo conhecido como aclimatação (MITTLER 2006; SUZUKI e MITTLER, 2006). Diferentes fases estão envolvidas na aclimatação. Nas etapas iniciais, a mudança na condição ambiental é detectada pela planta e ativa uma rede de vias de sinalização. Nas fases posteriores, as vias de transdução de sinal ativadas na primeira fase desencadeiam a produção de diferentes proteínas e compostos que restauram ou alcançam um novo estado de homeostase (SHULAEV et al., 2008).

As respostas de aclimatação a seca incluem à inibição do crescimento ou abscisão foliar que reduz a perda d'água pelos estômatos, esse processo ajuda a manter o conteúdo de água na planta e, portanto, a assimilação de carbono. Os compostos osmóticos que se acumulam em resposta a seca também têm função para sustentar a atividade metabólica do tecido. Essas respostas também incluem síntese de solutos e ajustes compatíveis no transporte de íons que levarão eventualmente à restauração da homeostase celular e, portanto, à sobrevivência sob o estresse (CHAVES et al., 2009). As respostas de aclimatação provocam alteração na composição química e física dos tecidos, alterando vários aspectos da qualidade da planta, como por exemplo o sabor das frutas e a densidade da madeira (KOZLOWSKI, 1968). A seca também afeta significativamente a relação raiz-parte aérea (BEGG, 1980; PASSIOURA et al., 1993).

De modo geral, em condições de estresse, as taxas de crescimento das plantas são geralmente reduzidas. No entanto, a biomassa absoluta das raízes de plantas adaptadas as condições de seca tendem a aumentar (SHARP e DAVIES, 1979; MALIK e DHANKAR, 1979; LAWLOR, 2011). Quase todos os processos fisiológicos, metabólicos e bioquímicos da planta são afetados direta ou indiretamente pela restrição hídrica. Quando o solo seca, a redução do teor de água é acompanhada por outras mudanças, como aumento da concentração de sal e aumento de barreiras físicas a penetração das raízes. O crescimento das plantas é controlado por taxas de divisão celular e expansão, bem como pelo fornecimento de compostos orgânicos e inorgânicos necessários para a síntese de novos protoplasmas e paredes celulares (AKINCI e LÖSEL, 2012).

A compreensão dos mecanismos moleculares e bioquímicos das espécies endêmicas do semiárido brasileiro ao estresse da seca são pouco estudados e compreendidos. Respostas morfológicas e bioquímicas, em determinados grupos, de plantas nativas das regiões semiáridas quando expostas a restrição hídrica severa ocasiona parcial ou total perda das folhas, que é visto como o mecanismo de adaptação às condições adversas (CHAVES et al., 2003; COSTA e SILVA, 2004; ACHTEN et al., 2010). Com isso, a taxa de crescimento é mais lenta (fase de aclimação). Isso ocorre devido à inibição da expansão celular e à redução da assimilação de carbono (COSTA e SILVA, 2004). A manutenção do crescimento depende da pressão do turgor para expansão celular e divisão, que é afetada pela seca (TAIZ e ZEIGER, 2013). Assim, uma redução no crescimento é considerada o principal efeito da seca nas plantas (LARCHER, 1995).

Do ponto de vista ecofisiológico, as estratégias de adaptação às condições de ambientes desfavoráveis, não é a maximização da produtividade que é importante; mas o estabelecimento de um equilíbrio entre rendimento e sobrevivência (LARCHER, 1995). As plantas que impedem o crescimento para sobreviver em condições desfavoráveis podem ser consideradas tolerantes, mas essas plantas produzem menos grãos, folhas ou frutos, reduzindo assim seu valor econômico (DAMATTA, 2004).

A compreensão dos mecanismos e respostas de espécies nativas do Semiárido no processo de aclimação ao déficit hídrico é essencial, sobretudo em espécies endêmicas, como é o caso da *Luetzelburgia auriculata*. Essas informações são particularmente relevantes pois com o avanço das mudanças climáticas, a compreensão do comportamento dessa espécie é de extrema importância, não só em plantas adultas, mas também nas fases iniciais de crescimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHTEN, W. M. J.; MAES, W. H.; REUBENS, B.; MATHIJS, E.; SINGH, V.P.; VERCHOT, L.; MUYS, B. Biomass production and allocation in *Jatropha curcas* L. seedlings under different levels of drought stress. **Biomass and Bioenergy**, v. 34, n. 5, p. 667-676, 2010.

AGUIAR C. M. L.; ZANELLA F. C. V.; MARTINS C. F.; CARVALHO C. A. L. Plantas visitadas por *Centris* spp. (Hymenoptera: Apidae) na Caatinga para obtenção de recursos florais. **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 2 p. 247–259, 2003.

AHUJA, I.; VOS, R. C.; BONES, A. M.; HALL, R. D. Plant molecular stress responses face climate change. **Trends in Plant Science** v. 15, n. 12 p. 664–674, 2010.

AKINCI, Ş.; LÖSEL, D. M. Plant water-stress response mechanisms. In: RAHMAN, I, M.; E HASEGAWA, H. (edts.) **Water stress**. Web of Science, InTech, 2012, 312 p.

ALMEIDA, J. P. N. D.; LESSA, B. F. D. T.; PINHEIRO, C. L.; GOMES, F. M.; MEDEIROS FILHO, S.; SILVA, C. C. Germination and development of *Amburana cearensis* seedlings as influenced by seed weight, light and temperature. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 39, n. 4, p. 525-533, 2017.

ALMEIDA, J. P. N.; PINHEIRO, C. L.; LESSA, B. F. da. T.; GOMES, F., M. MEDEIROS FILHO, S. Estresse hídrico e massa de sementes na germinação e crescimento de plântulas de *Amburana cearensis* (Alemão) AC Smith. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 4, p. 777-787, 2014.

ALVES, E. U.; BRUNO, R. L. A.; OLIVEIRA, A. P.; ALVES, A. U.; ALVES, A. U.; PAULA, R.C. Influência do tamanho e da procedência de sementes de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. sobre a germinação e vigor. **Revista Árvore**, v. 29, n. 6, p. 877-885, 2005.

ANTUNES, L. E. C.; PICOLOTTO, L.; VIGNOLO, G. K.; GONÇALVES, M. A. Influência do substrato, tamanho de sementes e maturação de frutos na formação de mudas de pitangueira. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1216-1223, 2012.

ARAÚJO, S. A. C.; DEMINICIS, B. B. Fotoinibição da Fotossíntese. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 7, n. 4, p. 463-472, 2009.

BARNARD, J.H., RENSBURG, L.D.V., BENNIE, A.T.P. Leaching irrigated saline sandy to sandy loam apedal soils with water of a constant salinity. **Irrigation Science**, v. 28, n. 2, p. 191-201, 2010.

BEGG, J. E. Morphological adaptations of leaves to water stress. Adaptations of plants to water and high temperature stress. (ed. by Neil C. Turner, Paul J. Kramer) John-Wiley e Sons, New York. 1980, p. 33-42.

BESSA, M. C.; LACERDA, C. F.; AMORIM, A. V.; BEZERRA, A. M. E.; LIMA, A. D. Mechanisms of salt tolerance in seedlings of six woody native species of the Brazilian semi-arid. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 1, p.157-165, 2017.

BEZERRA, A. M. E.; MEDEIROS FILHO, S.; MOREIRA, M.G.; MOREIRA, F.J.C.; ALVES, T.T.L. Germinação e desenvolvimento de plântulas de copaíba em função do tamanho e da imersão da semente em ácido sulfúrico. **Revista Ciência Agronômica**, v. 33, n. 2, p. 5-12, 2002.

BEZERRA, A. M. E.; MOMENTÉ, V. G.; MEDEIROS FILHO, S. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) em função do peso da semente e do tipo de substrato. **Revista de Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, p. 295-299, 2004.

BEZERRA, F. M. L.; ARARIPE, M. A. E; TEÓFILO, E. M.; CORDEIRO, L. G.; SANTOS, J. J. A. Feijão caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n. 1, p. 5-10, 2003.

BONFIL, C. The effects of seed size, cotyledon reserves, and herbivory on seedling survival and growth in *Quercus rugosa* and *Quercus laurina* (Fabaceae). **American Journal of Botany**, v. 85, n. 1, p. 79-79, 1998.

BRITO, M.E.B., FERNANDES, P.D., GHEYI, H.R., MELO, A.S., SOARES FILHO, W.S., SANTOS, R.T. Sensibilidade à salinidade de híbridos trifoliados e outros porta-enxertos de citros. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 1, p. 17 – 27, 2014.

CARDOSO, D. B. O. S.; de QUEIROZ, L. P. Caatinga no contexto de uma metacomunidade: evidências da biogeografia, padrões filogenéticos e abundância das

espécies em Leguminosas. In: CARVALHO CJB, ALMEIDA EAB, eds. **Biogeografia da América do Sul: padrões e processos**. São Paulo: Roca, 2011, p. 243–260.

CARDOSO, D. B. O. S.; QUEIROZ, L. P.; DE LIMA, H. C. A taxonomic revision of the South American papilionoid genus *Luetzelburgia* (Fabaceae). **Botanical journal of the Linnean Society**, v. 175, n. 3, p. 328-375, 2014.

CARDOSO, D.; de QUEIROZ, L. P.; DE LIMA, H. C.; SUGANUMA, E.; VAN DEN BERG, C.; LAVIN, M. A molecular phylogeny of the vataireoid legumes underscores floral evolvability that is general to many early-branching papilionoid lineages. **American Journal of Botany**, v. 100, p. 403–421, 2013.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2012. p.590.

CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v. 103, n. 4, p. 551-560, 2009.

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, n. 3, p. 239-264, 2003.

CICEK, E.; TILKI, F. Seed size effects on germination, survival and seedling growth of *Castanea sativa* Mill. **Journal of Biological Sciences**, v. 7, n. 2, p. 438-441, 2007.

CONDE A.; SILVA P.; AGASEE A.; CONDE C.; GERÓS H. Mannitol transport and mannitol dehydrogenase activities are coordinated in *Olea japonica* under salt and osmotic stress. **Plant & Cell Physiology**, v. 52, n. 1, p. 1766–1775, 2011.

COOMES, D. A.; GRUBB, P. J. Colonization, tolerance, competition and seed-size variation within functional groups. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 18, n. 6, p. 283-291, 2003.

COSTA e SILVA, F.; SHVALEVA, A.; MAROCO, J. P.; ALMEIDA, M. H.; CHAVES, M. M.; PEREIRA, J. S. Responses to water stress in two *Eucalyptus globulus* clones differing in drought tolerance. **Tree Physiology**, v. 24, n. 10, p. 1165-1172, 2004.

COSTA, R. S.; OLIVEIRA, I. V. M.; MÔRO, F. V.; MARTINS, A. B. G. Aspectos morfológicos e influência do tamanho da semente na germinação do jambo-vermelho. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.1, p.117-120, 2006.

DAMATTA, F. M. Exploring drought tolerance in coffee: a physiological approach with some insights for plant breeding. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 16, n. 1, p.1-6, 2004.

DRESCH, D. M.; QUINTÃO SCALON, S. D. P.; MASETTO, T. E.; VIEIRA, M. D. C. Germinação e vigor de sementes de gabioba em função do tamanho do fruto e semente. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 3, p. 262-271, 2013.

EVANS, J.; TURNBULL, J. W. Plantation Forestry in the Tropics: The Role, Silviculture, and Use of Planted Forests for Industrial, Social, Environmental, and Agroforestry Purposes. No. 3. ed. **Oxford University Press**. 2004, 480 p.

FORNAH, Y.; MATTIA, S. B.; OTESILE, A. A.; KAMARA, E. G. Effects of Provenance and Seed Size on Germination, Seedling Growth and Physiological Traits of *Gmelina arborea*, Roxb. **International Journal of Agriculture and Forestry**, v. 7, n. 1, p. 28-34. 2017.

GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. D. S.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. 2010, p.368.

GERITZ, S. A.; VAN DER MEIJDEN, E.; METZ, J. A. J. Evolutionary dynamics of seed size and seedling competitive ability. **Theoretical Population Biology**, v. 55, n. 3, p. 324-343, 1999.

HAIG, D.; WESTOBY, M. Seed size, pollination casts and angiosperm success. **Evolutionary Ecology**, v. 5, n. 2, p. 231-247, 1991.

HASEGAWA P. M.; BRESSAN R. A.; ZHU J. K.; BOHNERT H. J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annual Review of Plant Physiology & Plant Molecular Biology**, v. 51, n. 1, p. 463–499. 2011.

HERBERT, E. R.; BOON, P.; BURGIN, A. J.; NEUBAUER, S. C.; FRANKLIN, R B.; ARDÓN, M.; GELL, P. Uma perspectiva global sobre a salinização das zonas húmidas: conseqüências ecológicas de uma ameaça crescente para as zonas húmidas de água doce. **Ecosfera**, v. 6, n. 10, p.1-43, 2015.

KADAMBI, K. Forestry Bulletin No. 24: **Silviculture and Management of Teak**. 1972, p. 1957-1972.

KELLY, C. K.; A. PURVIS. Seed size and establishment conditions in tropical trees. **Oecologia**, v. 94, n. 1, p. 356–360, 1993.

KLEIN, J.; ZUCARELI, V.; KESTRING, D.; CAMILLI, L.; RODRIGUES, J. D. Efeito do tamanho da semente na emergência e desenvolvimento inicial de mudas de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 2, p. 861-863, 2007.

KOZLOWSKI, T. T. Water deficits and plant growth. Vol. I (ed. by T.T. Kozlowski) Academic press. New York, 1968, p. 1-21.

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. **Water Relations of Plants and Soils**. Academic Press, New York, 1995, p. 482

LARCHER, W. **Physiological Plant Ecology**. Springer, Berlin, 1995, 514p

LAWLOR, D. Abiotic stress adaptation in plants. Physiological, molecular and genomic foundation. **Annals of botany**, v. 107, n. 4, p.7-11, 2011.

LESSA, B. F. T.; ALMEIDA, J. P. N.; PINHEIRO, C. L.; NOGUEIRA, F. C. B.; MEDEIROS FILHO, S. Germinação e crescimento de plântulas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong em função da localização da semente no fruto e regimes de temperatura. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 5, p. 1474-1483, 2014.

LIMA, H. C. Nota taxonômica sobre o “pau mocó” *Luetzelburgia auriculata* (Fr. Alemão) Duke. **Cadernos de pesquisa (Série Botânica, 1)**, n. 2, 54–59, 1982.

LIMA, L. K. S.; MOURA, M. D. C. F.; SANTOS, C. C.; CARVALHO NASCIMENTO, K. P.; DUTRA, A. S. Produção de mudas de aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) em resíduos orgânicos. **Revista Ceres**, v. 64, n. 1, p. 1-11, 2017.

LLOYD, J.; FARQUHAR, G.D. Effects of rising temperatures and [CO<sub>2</sub>] on the physiology of tropical forest trees. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, v. 363, n. 1, p. 1811-1817, 2008.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Sao Paulo, Instituto Plantarum, 2008, 384p.

MACHADO, D.F.S.P.; MACHADO, E.C.; MACHADO, R.S.; RIBEIRO, R.V. Efeito da baixa temperatura noturna e do porta-enxerto na variação diurna das trocas gasosas e na atividade fotoquímica de laranjeira ‘Valencia’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, p. 351-359, 2010.

MALIK, R. S.; DHANKAR, J. S.; TURNER, N. C. Influence of soil water deficits on root growth of cotton seedlings. **Plant and Soil**, v. 53, p. 109-115, 1979.

MARTINAZZO, E. G.; PERBONI, A. T.; OLIVEIRA, P. V.; BIANCHI, V. J.; BACARINI, M. A. Atividade fotossintética em plantas de ameixeira submetidas ao déficit hídrico e ao alagamento. **Ciência Rural**, v.43, n. 1, p.35-41, 2013.

MAZER, S. J. Ecological, taxonomic and life history correlates of seed mass among Indiana dune angiosperms. **Ecological Monographs**, v. 59, p. 153–175, 1989.

MELLO, G. W.; OLIVEIRA, D. M.; CARVALHO, C. J.; CAVALCANTE, M. V. F.; COSTA, F. A.; RIET-CORREA, F.; SILVA, S. M. Poisoning of goats by the pods of *Luetzelburgia auriculata*. **Toxicon**, v. 55, n. 6, p. 1115-1118, 2010.

MISHRA, Y.; RAWAT, R.; RANA, P. K.; SONKAR, M. K.; MOHAMMAD, N. Effect of seed mass on emergence and seedling development in *Pterocarpus marsupium* Roxb. **Journal of forestry research**, v. 25, n. 2, p.415-418, 2014.

MITTLER, R. Abiotic stress, the field environment and stress combination. **Trends in Plant Science**, v. 11, n. 1, p. 11-19, 2006.

MTAMBALIKA, K.; MUNTHALI, C.; GONDWE, D.; MISSANJO, E. Effect of seed size of *Azelia quanzensis* on germination and seedling growth. **International Journal of Forestry Research**, v. 6, n. 4, p. 1–5, 2014.

MUNIZ, M. F. B.; SILVA, L. M.; BLUME, E. Influência da assepsia e do substrato na qualidade de sementes e mudas de espécies florestais. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p.140-146, 2007.

MUNNS R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell& Environment** v. 25, n. 2, p.239–250, 2002.

NOGUEIRA, F. C. B.; LIMA, J. W.; SILVA, A. M. E. B.; FILHO, S. M. Efeito da temperatura e luz na germinação de sementes de *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke–Fabaceae. **Acta Botânica Brasílica**, v. 26, n. 4, p.772-778, 2012.

NHUT, D.T.; TAKAMURA, T.; WATANABE, H.; OKAMOTO, K.; TANAKA, M. Responses of strawberry plantlets cultured in vitro under superbright red and blue light-emitting diodes (LEDs). **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v.73, n. 1, p.43-52, 2003.

OLIVEIRA, A. B.; ALENCAR, N. L. M.; GOMES-FILHO, E. Physiological and biochemical responses of semiarid plants subjected to water stress. In **Water Stress**. InTech. 2012, p. 43-58.

OLIVEIRA, I. V. M.; COSTA, R. S.; ANDRADE, R. A.; MARTINS, A. B. G. Influência do tamanho da semente na emergência das plântulas de longan (*Dimocarpus longan* Lour) **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 1, p. 171-172, 2005.

ONI, O.; BADA, S. O. Effect of seed size on seedlings vigour in Idigbo (*Terminalia ivorensis*. A. Chev). **Journal of Tropical Forest Sciences**, v. 4, n. 3, p. 215-224, 1992.

PAIVA, A. S.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D.; TURCO, J. E. P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 1, p. 161-169, 2005.

PASSIOURA, J. B.; CONDON, A. G.; RICHARDS, R. A. Water deficits, the development of leaf area and crop productivity. In: **Water Deficits Plant responses from cell to community**. (ed. by J.A.C. Smith, H. Griffiths). BIOS Scientific Publishers, p. 253-264, 1993.

PEREIRA, P. C.; DE FREITAS, R. S.; MELO, B.; FRANZÃO, A. A.; PEREIRA, A. P.; GRACAS SANTANA, J.; MARTINS, M. Influência do tamanho de sementes na qualidade de mudas de tamarindeiro. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 4, p. 73-79, 2008.

PEREIRA, S. R.; GIRALDELLI, G. R.; LAURA, V. A.; SOUZA, A. D. Tamanho de frutos e de sementes e sua influência na germinação de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* var. *stigonocarpa* Mart. ex Hayne, Leguminosae-Caesalpinioideae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n.1, p.141-148, 2011.

- QUEIROZ, L. P. The Brazilian Caatinga: phytogeographical patterns inferred from distribution data of the Leguminosae. In: PENNINGTON RT, LEWIS GP, RATTER J, eds. **Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity, biogeography, and conservation**. Boca Raton, FL: Taylor & Francis CRC Press, 2006, 121–157.
- RESENDE, S. V.; CREPALDI, I. C.; PELACANI, C. R.; BRITO, A. L. Influência da luz e substrato na germinação e desenvolvimento inicial de duas espécies de *Calliandra benth.* (Mimosoideae - Leguminosae) endêmicas da Chapada Diamantina, Bahia. **Revista Árvore**, v. 35, n. 1, p. 107-117, 2011.
- RIBEIRO, C. A. D.; COSTA, M. P.; SENNA, D. S.; CALIMAN, J. P. Fatores que afetam a germinação das sementes e a biomassa de plântulas de *Tabebuia heptaphylla*. **Revista Floresta**, v. 42, n. 1, p. 161-168, 2012.
- RIVERO, R. M.; MESTRE, T. C.; MITTLER, R. O. N.; RUBIO, F.; GARCIA-SANCHEZ, F.; MARTINEZ, V. The combined effect of salinity and heat reveals a specific physiological, biochemical and molecular response in tomato plants. **Plant, cell & environment**, v. 37, n. 5, p.1059-1073, 2014.
- SHARP, R. E.; DAVIES, W. J. Solute regulation and growth by roots and shoots of water-stressed maize plants. *Planta*, v. 147, n. 1, p.43-49, 1979.
- SHULAEV, V.; CORTES, D.; MITTLER, R. Metabolomics for plant stress response. **Physiologia Plantarum**, v. 132, n. 2, p. 1027-1040, 2008.
- SILVA, B. M. S.; CARVALHO, N. M. Efeitos do estresse hídrico sobre o desempenho germinativo da semente de faveira (*Clitoria fairchildiana* R. A. Howard. – Fabaceae) de diferentes tamanhos. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p. 55-65, 2008.
- SILVERTOWN, J.; BULLOCK, J. M. Seedlings in gaps interact? A field test of assumptions in ESS seed size models. **Oikos**, v. 101, n. 3, p. 499-504, 2003.
- SPONSELLER R. A. Precipitation pulses and soil CO<sub>2</sub> flux in a Sonoran Desert ecosystem. **Global Change Biology**, v. 13, n. 1, p. 426–436, 2007.
- STANTON, M. Seed variation in wild radish: effect of seed size on components of seedling and adult fitness. **Ecology**, v. 65, n. 4, p.1105–1112, 1984.

- SUZUKI, N.; MITTLER, R. Reactive oxygen species and temperature stresses: a delicate balance between signaling and destruction. **Physiologia Plantarum**, v. 126, n. 1, p.45-51, 2006.
- SWEMMER AM, KNAPP AK, SNYMAN HA. Intra-seasonal precipitation patterns and above-ground productivity in three perennial grasslands. **Journal of Ecology**, v. 95, n. 4, p.780–788, 2007.
- WEIS, Y. M. The effects of propagule size on germination and seedling growth in *Mirabilis hirsuta*. **Canadian Journal of Botany**, v. 60, n. 10, p. 1868–1874. 1982.
- WELLER, S. J. Establishment of *Lithospermum carolinense* on sand dunes: the role of nutlet mass. **Ecology**, v. 66, n. 6, p. 1893–1901, 1985.
- WERNER, P. A.; W. J. PLATT. Ecological relationships of co-occurring goldenrods (*Solidago: Compositae*). **American Naturalist**, v. 110, n. 1, p. 959–971, 1976.
- WESTOBY, M. **Seed size and mass in relation to environment**. Proceedings of the Royal Society of London. v. 186, 1974.
- WHITE, J.W.; GONZÁLEZ, A. Characterization of the negative association between seed yield and seed size among genotypes of common bean. **Field Crops Research**, v. 23, n. 3, p. 159-175, 1990.
- WULFF, R. D. Seed size variation in *Desmodium paniculatum* II. Effects on seedling growth and physiological performance. **Journal of Ecology**, v. 74, p. 99–114, 1986.
- YAMAMOTO L. F.; KINOSHITA L. S.; MARTINS F. R. Síndromes de polinização e de dispersão em fragmentos da floresta estacional semidecídua montana, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, v. 21, n. 3, p. 553–573, 2007.
- ZHANG, J. H.; LIU, Y. P.; PAN, Q. H.; ZHANG, J. C.; WANG, X. Q.; HUANG, W. D. Changes in membrane-associated H<sup>+</sup>-ATPase activities and amount in young grape plants during the cross adaptation to temperature stress. **Plant Science**, v. 170, n. 4, p. 768–777, 2006.
- ZHANG, S.; ZHAO, C.; LAMB, E. G. Cotyledon damage affects seed number through final plant size in the annual grassland species *Medicago lupulina*. **Annals of botany**, v. 107, n. 3, p.437-442. 2010.

ZHAO, N.; MENG, P.; HE, Y.; YU, X. The interaction of CO<sub>2</sub> concentrations and water stress in semi-arid plants causes a divergent response in the instantaneous water use efficiency and in the composition of carbon isotopes. **Biogeociências**, v.14, n. 1, 3431–3444, 2017.

## CAPITULO II

**ESTRESSE SALINO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke EM FUNÇÃO DA MASSA DE SEMENTES**

**ESTRESSE SALINO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke EM FUNÇÃO DA MASSA DE SEMENTES**

**RESUMO**

O estresse salino destaca-se entre os principais fatores abióticos que reduz o desenvolvimento das espécies vegetais, sobretudo em regiões Semiáridas que apresentam baixa precipitação pluviométrica contribuindo com o acúmulo de sais no solo. Por meio desta pesquisa objetivou-se avaliar o efeito do estresse salino na qualidade fisiológica de *Luetzelburgia auriculata* em função de duas classes de massa de sementes. O trabalho foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes (LAS) do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, Areia-PB. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 5, sendo duas classes de sementes, leves (<0,35g) e pesadas (≥0,35g) e cinco níveis de estresse salino (0,0; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m<sup>-1</sup>), distribuídas em quatro repetições de 25 sementes. As variáveis avaliadas foram: qualidade fisiológica de sementes, crescimento inicial de plântulas, massa fresca e seca de parte aérea, cotilédones e raiz. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANAVA), as médias das classes de sementes comparadas pelo teste de Tukey (P≤0,05) e os níveis de NaCl quando significativos (P≤0,05), foram analisados por regressão polinomial. Houve diferença significativa entre os fatores isolados e interação das variáveis avaliadas. Com aumento do estresse salino foi observado redução na germinação, no comprimento da raiz, na massa fresca e seca da parte aérea, no índice de velocidade de germinação, e retardo no tempo médio de germinação. De modo geral, plântulas oriundas de sementes

pesadas ( $\geq 0,35$  g) se mostram mais adaptadas ao estresse salino em comparação as de sementes leves ( $< 0,35$  g). Dessa forma, sementes pesadas de *Luetzelburgia auriculata* devem ser priorizadas para formação de mudas destinadas a recuperação de áreas degradadas, sobretudo se houver indícios na área de elevados níveis de salinidade.

**Palavras-chaves:** Pau-mocó, estresse abiótico, salinidade.

### **SALT STRESS IN THE PHYSIOLOGICAL QUALITY OF *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke IN THE FUNCTION OF SEEDS**

#### **ABSTRACT**

Saline stress stands out among the main abiotic factors that reduce the development of plant species, especially in semi-arid regions that present low rainfall contributing to the accumulation of salts in the soil. The objective of this research was to evaluate the effect of saline stress on the physiological quality of *Luetzelburgia auriculata* as a function of two classes of seed mass. The work was carried out at the Laboratory of Seed Analysis (LAS) of the Agricultural Sciences Center of the Federal University of Paraíba, Campus II, Areia-PB. The experiment was conducted in a completely randomized design in a 2 x 5 factorial scheme, with two seed classes, light ( $<0.35$ g) and heavy ( $\geq 0.35$ g) and five salt stress levels (0.0, 1.5, 3.0, 4.5 and 6.0 dS m<sup>-1</sup>), distributed in four replicates of 25 seeds. The evaluated variables were: seed physiological quality, initial seedling growth, fresh and dry mass of shoot, cotyledons and root. The data were submitted to analysis of variance (ANAVA) and the means of the classes of seeds compared by the Tukey test ( $P \leq 0.05$ ) and the NaCl levels when significant ( $P \leq 0.05$ ) were analyzed by polynomial regression. There was a significant difference between the isolated factors and interaction of the evaluated variables. With increasing salt stress, germination reduction, root length, fresh and dry shoot weight, germination rate index and germination time delay were observed. In general, seedlings from heavy seeds ( $\geq 0.35$  g) are more adapted to saline stress than those from light seeds ( $<0.35$  g). Thus, heavy seeds of *Luetzelburgia auriculata* should be prioritized for the formation of seedlings intended for the recovery of degraded areas, especially if there are indications in the area of high levels of salinity.

**Keywords:** Pau mocó, abiotic stress, salinity.

## INTRODUÇÃO

*Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke, encontrada basicamente na região nordeste do Brasil e pertencente à família Fabaceae. A espécie é conhecida popularmente por pau-serrote ou pau mocó. Esta espécie é destinada ao reflorestamento de áreas degradadas devido ao seu potencial madeireiro e adaptação às condições da região semiárida (LORENZI, 2008). O êxito da maior parte das espécies vegetais nativas do Nordeste para diversos fins de exploração e recuperação de áreas está em sua adaptabilidade ao meio e tolerância a estresses abióticos, como a seca e salinidade do solo (MENDONÇA et al., 2010).

Na região Semiárida é frequente a ocorrência de solos salinizados, devido à baixa precipitação pluviométrica e altas taxas de evaporação, favorecendo a acumulação de sais que não são lixiviados no solo, gerando diversos problemas para o desenvolvimento das plantas (VASCONCELOS et al., 2013). Outra problemática é encontrada na baixa qualidade da água utilizada para irrigação das plantas na fase de mudas no próprio viveiro, sabendo que a água é fundamental para que as mesmas possam se desenvolver; com importância mais expressiva nesses ambientes já que não ocorre a lavagem dos sais pelas águas das chuvas, como ocorre na natureza (GUEDES et al., 2015)

A salinidade prejudica a germinação das sementes impedindo a absorção de água devido aos íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , que em excesso têm efeitos tóxicos, ocasionando decréscimo da disponibilidade de água no solo, resultando em fenômeno chamado de seca fisiológica, além de desbalanço da homeostase iônica (SILVA et al., 2011).

A avaliação da tolerância a estresses abióticos é de fundamental importância para a adaptação das espécies, pois o estresse pode afetar diretamente a germinação das sementes, comprometendo o desenvolvimento e estabelecimento das plântulas (LARCHER, 2000).

Outro fator que pode influenciar no vigor é o tamanho ou massa das sementes. Geralmente maior massa está relacionada a maior qualidade fisiológica de sementes. Entretanto, sementes de menor tamanho, conseqüentemente mais leves, tem relação superfície/volume maior que sementes grandes (mais pesadas), facilitando o processo de germinação, porém com menor quantidade de reservas (KOPPER et al., 2010).

Várias pesquisas têm sido desenvolvidas para investigar o desempenho de espécies florestais quanto à tolerância ao estresse salino, como em *Enterolobium schomburgkii* Benth (BRAGA et al., 2009), *Guizotia abyssinica* (Lf) Cass (GORDIN et al., 2012), *Zizyphus joazeiro* Mart. (LIMA; TORRES, 2009), *Anadenanthera colubrina* (Velloso) Brenan (REGO et al., 2011), *Physalis angulata* L. (SOUZA et al., 2011), *Tabebuia aurea* (Mart.) Bur (SILVA et al., 2014), *Gallesia integrifolia* (LOPES et al., 2015), *Erythrina velutina* Willd. (RIBEIRO et al., 2017).

Contudo, estudos com *L. auriculata* são escassos e incipientes, com avaliação do estresse salino somente na fase de mudas (BESSA et al., 2017), não havendo estudos para averiguar se existe relação da tolerância ao estresse salino com a massa da semente. Nesse sentido, a obtenção destas informações é fundamental para a determinação do nível de tolerância desta espécie a salinidade, principalmente na emergência de plântulas, considerada a fase mais crítica das espécies ao estresse salino (GOIZ et al., 2008; ARAÚJO et al., 2016).

Diante do exposto, objetivou-se com esta pesquisa avaliar o efeito do estresse salino na qualidade fisiológica de *Luetzelburgia auriculata* em função de duas classes de massa de sementes.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### ***Coleta e beneficiamento das sementes***

As sementes de Pau mocó (*Luetzelburgia auriculata*) foram coletadas manualmente de 10 matrizes vigorosas e isentas de sintomas de pragas e doenças, no mês de julho de 2016, na Fazenda de Poço da Pedra, situada no município de Caridade-CE a 100,4 km de Fortaleza. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é BSw'h', isto é, semiárido muito quente, com estação chuvosa no verão, inferior a 750 mm (CAETANO et al., 2011).

As sementes foram extraídas, beneficiadas manualmente e colocadas para secar à sombra por três dias. Posteriormente, as sementes foram acondicionadas em sacos de

polietileno e armazenadas em câmara fria ( $\pm 12$  °C e 50%) até a instalação do experimento. Antes da instalação do experimento, cada unidade de semente foi pesada individualmente em balança analítica (0,001 g), com a finalidade de dividir a amostra em duas classes de sementes de acordo com sua massa específica, definidas em leves ( $< 0,35$  g) e pesadas ( $\geq 0,35$  g). As categorias foram determinadas com base na frequência de ocorrência da massa de sementes (Figura 1) obtidas a partir da pesagem aleatória de 400 sementes.



**Figura 1.** Representação da distribuição de classes das sementes leves ( $< 0,35$ g) e pesadas ( $\geq 0,35$  g) de *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke.

### ***Instalação e condução do experimento***

O trabalho foi realizado nos Laboratórios de Análise de Sementes (LAS) do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, Areia-PB (06° 57' 48" S 35° 41' 30" W). O teor de água foi determinado tomando-se duas amostras de 5 g de sementes de cada classe de peso, sendo colocadas em recipientes de alumínio e levadas a estufa a 105 °C, por 24 horas (BRASIL, 2009).

Antes da realização dos testes, as sementes foram desinfestadas com a imersão em solução de hipoclorito de sódio a 0,5% durante 5 minutos e lavadas em seguida em água destilada. As sementes foram submetidas ao estresse salino proporcionado por diferentes soluções de cloreto de sódio (NaCl).

Para cada classe de massa foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes, colocadas em papel tipo germitest®, em forma de rolo umedecidos com 2,5 vezes o peso do papel com água destilada (testemunha) e com solução de NaCl em diferentes concentrações, que proporcionaram valores médios crescentes de condutividade elétrica

da solução (1,5; 3; 4,5 e 6 dS m<sup>-1</sup>). Os rolos foram acondicionados em sacos de plástico transparentes, para evitar a perda de água por evaporação. O teste foi conduzido em câmara do tipo B.O.D (*Bioquimic Oxigen Demand*) na temperatura constante de 30 °C com fotoperíodo de 12 horas (NOGUEIRA et al., 2012). Quando se julgou necessário, foi realizado o reumedecimento do papel com sua respectiva solução.

### ***Variáveis***

A germinação foi avaliada diariamente, sendo consideradas sementes germinadas as que apresentaram emissão de radícula com 2 mm. Foi determinada a porcentagem de plântulas normais, sendo realizada a primeira contagem de germinação aos oito dias após a instalação do experimento e a última contagem aos 25 dias (NOGUEIRA et al., 2012). O índice de velocidade de germinação foi conduzido conjuntamente com o teste de germinação (MAGUIRE, 1962).

Foi mensurado o comprimento das plântulas normais que apresentavam estruturas essenciais bem formadas (BRASIL, 2009) sendo retiradas 15 plântulas aleatórias e submetidas a medições de comprimento da parte aérea e da raiz, com o auxílio de uma régua graduada em centímetros, os resultados foram expressos em cm plântula<sup>-1</sup>.

Em seguida, as partes foram colocadas em sacos tipo kraft sendo submetidos a secagem (80 °C por 48 h) em estufa de circulação forçada de ar e posterior pesadas em balança analítica (0,001 g) para determinação da massa da matéria seca. O resultado foi expresso em g.plântulas<sup>-1</sup>.

### ***Delineamento experimental***

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 5 sendo duas classes de massa leves (<0,35 g) e pesadas (≥0,35 g) e cinco níveis de salinidade (0,0; 1,5; 3; 4,5; 6 dS m<sup>-1</sup>), conduzido em quatro repetições de 25 sementes.

### ***Análise dos dados***

Os dados foram submetidos à análise de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, e quando seguiram distribuição normal foram submetidos à análise de variância (ANAVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey (P≤0,05) para comparação de dados qualitativos. Quando significativos, os dados quantitativos foram submetidos à

análise de regressão polinomial ( $P \leq 0,05$ ). Para as análises de regressão utilizou-se o programa SISVAR 4.3 (FERREIRA, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas duas classes de sementes de *Luetzelburgia auriculata*, leves ( $< 0,35$ g) e pesadas ( $\geq 0,35$ g), observaram-se teores de água em torno de 9,0%, demonstrando que as classes não influenciaram nos valores de equilíbrio higroscópico. Com relação a determinação do peso de mil sementes houve diferença de 170 gramas entre as classes de sementes (Tabela 1), e como esperado obteve-se maior valor na classe pesada. A variação de peso e tamanho da espécie, é um atributo utilizado como estratégia de adaptação e conservação da espécie para perpetuação em diversos ambientes (OLIVEIRA et al., 2006).

**Tabela 1.** Teor de água (TA) e Peso de mil sementes (PMS) em função das classes de massa para sementes de pau mocó (*Luetzelburgia auriculata* Alemão Ducke).

Classe de peso	TA (%)	PMS (g)
Leves ( $< 0,35$ g)	9,76 a	316,6 b
Pesadas ( $\geq 0,35$ g)	9,16 a	487,2 a
CV (%)	–	4,38

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Com base no resumo da análise de variância (Tabela 2) houve diferença significativa entre os fatores isolados e interação para todas as variáveis avaliadas. A interação entre os fatores foi significativa para as variáveis germinação (Ger), primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), comprimento de raiz (CR), e massa fresca de cotilédone (MFCot). Entre as classes de sementes ocorreu variação para a maioria das características com exceção do comprimento da raiz (CR), massa fresca de parte aérea (MFPA), massa fresca do cotilédone (MFCot), massa seca da parte aérea (MSPA). Assim observa-se que ocorreu variação para as variáveis mais relacionadas com os processos fisiológicos.

**Tabela 2.** Resumo da ANAVA para as características biométricas e fisiológicas de sementes leves ( $< 0,35$  g) e pesadas ( $\geq 0,35$  g) de *L. auriculata* submetidas a diferentes níveis de salinidade.

FV	Ger	PCG	IVG	TMG	CPA	CR	MFPA	MFR	MFCot	MSPA	MSR	MSCot	MSR/MSPA
Massa (M)	12,7**	10,12**	50,8**	27,7**	160,1**	0,13 <sup>ns</sup>	12,2**	9,2**	0,6 <sup>ns</sup>	2,7 <sup>ns</sup>	6,8*	155,9**	7,09**

Nível (N)	2,11 <sup>ns</sup>	5,81 <sup>**</sup>	30,6 <sup>**</sup>	30,6 <sup>**</sup>	4,46 <sup>ns</sup>	20,8 <sup>**</sup>	3,3 <sup>*</sup>	2,0 <sup>ns</sup>	5,7 <sup>*</sup>	7,6 <sup>**</sup>	2,9 <sup>*</sup>	5,67 <sup>**</sup>	0,93 <sup>ns</sup>
M x N	3,40 <sup>*</sup>	5,86 <sup>**</sup>	6,69 <sup>**</sup>	5,67 <sup>**</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	4,85 <sup>**</sup>	1,5 <sup>ns</sup>	2,3 <sup>ns</sup>	3,0 <sup>*</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	2,19 <sup>ns</sup>
Erro	28,26	24,61	0,16	0,03	0,10	1,20	1,36	0,23	2,51	0,01	0,001	0,10	0,01
CV (%)	5,86	5,68	6,69	4,60	12,78	6,59	15,19	20,51	12,29	11,38	20,73	12,74	21,29
Regressão													
Linear	8,2 <sup>**</sup>	15,23 <sup>**</sup>	108,2 <sup>**</sup>	107,8 <sup>**</sup>	17,2 <sup>**</sup>	58,5 <sup>**</sup>	11,9 <sup>**</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,045 <sup>ns</sup>	30,74 <sup>**</sup>	11,41 <sup>**</sup>	21,69 <sup>**</sup>	0,03 <sup>ns</sup>
Quadrática	0,18 <sup>ns</sup>	1,41 <sup>ns</sup>	10,94 <sup>**</sup>	6,32 <sup>*</sup>	0,31 <sup>ns</sup>	6,94 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	1,24 <sup>ns</sup>	12,43 <sup>*</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>	1,42 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>
Massa													
<0,35	87,80 b	84,71 b	5,60 b	4,19 a	1,88 b	16,51 a	8,42 a	2,64 a	12,66 a	1,13 a	0,42 b	1,88 b	0,37 b
≥0,35	93,80 a	90,12 a	6,51 a	3,87 b	3,17 a	16,65 a	7,00 a	2,08 b	13,08 a	1,20 a	0,51 a	3,19 a	0,44 a

\*significância a 1%, \*significância a 5%, ns - não significativo, ambos pelo teste F, Ger: Germinação, PCG: primeira contagem de germinação IVG: índice de velocidade de germinação, TMG: tempo médio de germinação de sementes de sementes leves CPA: comprimento de parte aérea, CR: comprimento de raiz, MFPA: massa fresca de parte aérea, MFR: massa fresca de raiz, MFCot: massa fresca de cotilédone, MSPA: massa seca de parte aérea, MSR: massa seca de raiz, MSCot: massa seca de cotilédone e MSR/MSPA: relação entre a massa seca da raiz e parte de sementes leves (< 0,35 g) e pesadas (≥ 0,35 g) de *L. auriculata* submetidas a diferentes níveis de salinidade.

As sementes de classe pesada (≥0,35 g) demonstraram superioridade para a maioria das variáveis avaliadas. Por outro lado, as sementes de classe leve (<0,35 g), obtiveram massa fresca de raiz (2,64 g) e tempo médio de germinação (4,19 dias) superiores, com 2,08 g e 3,87 dias, respectivamente. Contudo, quanto menor o tempo de germinação, maior o vigor das sementes, sendo, portanto, uma característica importante para obtenção precoce de mudas viáveis.

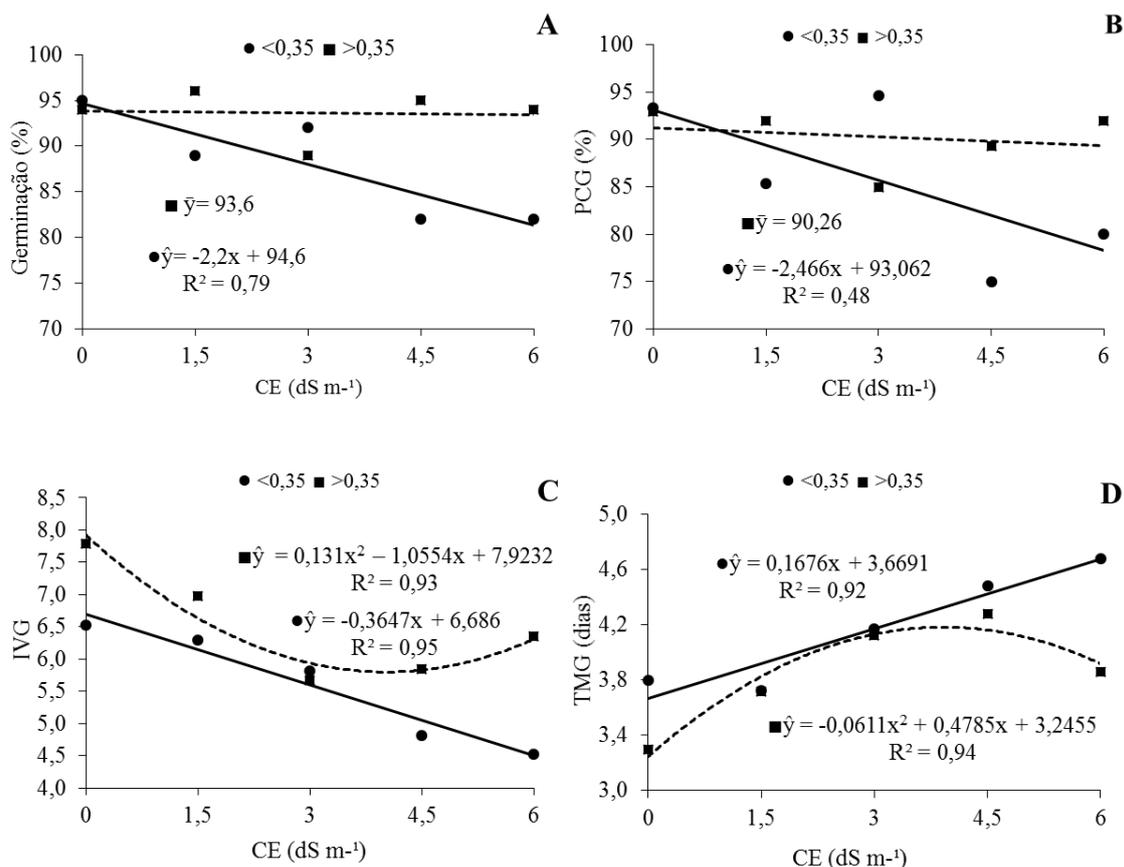
A germinação, avaliada aos 25 dias após o início do experimento, também seguiu a mesma tendência, com redução desta variável para as sementes leves e comportamento constante com média de germinação de 93% para as sementes pesadas (Figura 2A). Resultados semelhantes foram obtidos por Silva et al. (2014) com a espécie *Tabebuia aurea* (Mart.) Bur. onde estimou-se que a máxima porcentagem de germinação de (55%) foi atingida no nível de salinidade correspondente a 1,79 dS m<sup>-1</sup>, e decrescendo com o aumento dos níveis de sais. Guedes et al. (2009) estudando sementes de *Chorisia glaziovii* O. Kuntze submetidas ao estresse salino também obtiveram redução na germinação à medida que aumentou a concentração das soluções salinas, obtendo-se percentuais de germinação (86%, 68% e 75%) no nível zero de salinidade (controle).

A germinação de sementes leves foi influenciada negativamente pelo efeito da salinidade em relação as sementes pesadas possivelmente em função da menor quantidade de reservas observada em sementes de classe leve. Tal resposta é importante do ponto de vista ecológico, demonstrando que sementes pesadas possuem maior tolerância a estresses abióticos e possivelmente se adaptam melhor a ambientes desfavoráveis. Quanto a comparação entre as classes de sementes, em função dos níveis

de salinidade, ocorreu superioridade na germinação das sementes pesadas a partir do nível  $4,5 \text{ dSm}^{-1}$  (Tabela 3).

A variável PCG foi reduzindo nas sementes leves devido ao acréscimo de NaCl variando de 93% no controle para 78% na maior concentração salina (Figura 2B). Corroborando, Guedes et al. (2009) verificaram redução na PCG em *Chorisia glaziovii* sem germinação no nível  $4,5 \text{ dS.m}^{-1}$  de salinidade. Este resultado pode ser atribuído a danos ocasionados pela elevada pressão osmótica causada pelo excesso de sais que promove redução da disponibilidade de água para as sementes (SÁ et al., 2016). Já as sementes pesadas não foram influenciadas pelo acréscimo de sais na solução apresentado média de 90% de germinação (Figura 2B), demonstrando que sementes com essa característica apresenta maior tolerância a redução do potencial osmótico ao aumento de pressão osmótica e conseqüentemente aos danos causados pelo NaCl. A comparação entre as classes de sementes, para esta variável (Tabela 3) demonstrou que as sementes leves se sobressaíram em relação às pesadas no nível de  $3 \text{ dSm}^{-1}$ , já nas concentrações de  $4,5$  e  $6,0 \text{ dS m}^{-1}$  as sementes pesadas foram mais tolerantes a salinidade com PCG de 89 e 93%, respectivamente.

Na variável IVG os resultados divergem em função da classe de semente utilizada com desempenho linear decrescente, com menor IVG ( $4,5$ ) na concentração  $6 \text{ dS m}^{-1}$  nas sementes leves e quadrático nas sementes pesadas (Figura 2C). Oliveira et al. (2007) avaliando o estresse salino na germinação de *Myracrodunon urundeuva* também observaram decréscimo do IVG nas maiores concentrações salinas e verificaram que a partir da concentração de  $20 \text{ dS m}^{-1}$  houve uma menor velocidade na germinação das plântulas, em comparação a testemunha. Na interação entre as classes de sementes (Tabela 3), em cada nível de salinidade, o IVG não variou entre as classes, com exceção do nível de  $3 \text{ dSm}^{-1}$  em sementes pesadas.



**Figura 2.** Variáveis fisiológicas de sementes leves (<math>< 0,35</math> g) e pesadas (<math>\geq 0,35</math> g) de *L. auriculata* submetidas a diferentes níveis de salinidade (dSm<sup>-1</sup>). PCG: primeira contagem de germinação (A), Ger: Germinação (B), IVG: índice de velocidade de germinação (C), TMG: tempo médio de germinação (D).

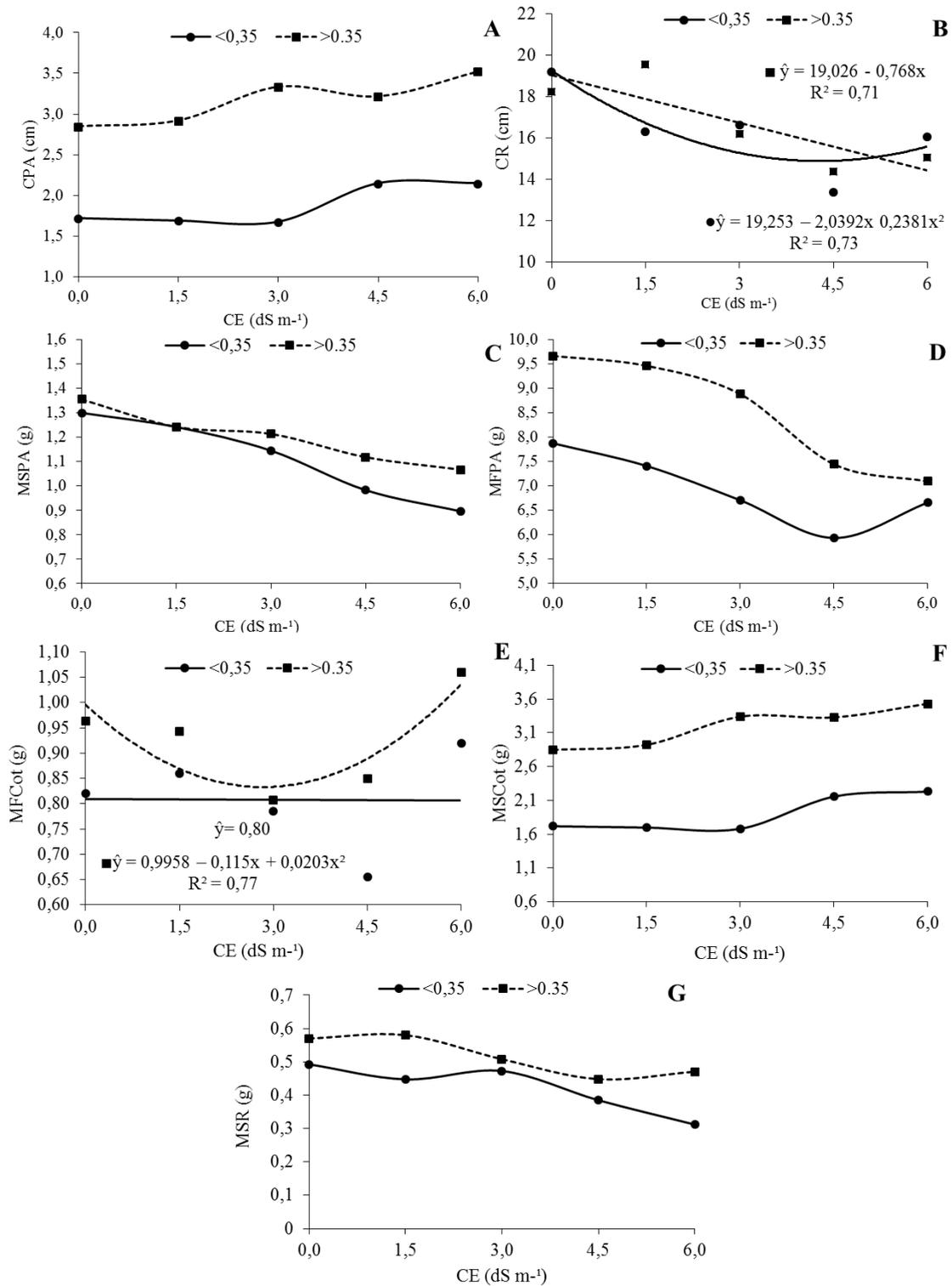
Quanto ao TMG, para sementes leves foi obtido ajuste linear crescente, variando de 3,7 a 4,7 dias nas concentrações de 0 e 6 dSm<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 2D). Dutra et al. (2014) também verificaram aumento no TMG, com elevação da concentração de sais em teste conduzido com sementes de *Jacaranda pteroides*, no qual os valores obtidos passaram de 11,4 dias para 27,24 dias com aumento de 41,85%. Porém, as sementes pesadas se ajustaram ao modelo quadrático de regressão, observando-se maior tempo médio de germinação (4,18 dias) na dose 3,92 dSm<sup>-1</sup>. A interação entre as classes de sementes em cada nível de salinidade para o TMG apresentou diferença em sementes pesadas apenas no controle (3,31) e no nível 6 dSm<sup>-1</sup> (3,86) Tabela 3.

Os resultados observados para o IVG e TMG, mostram que possivelmente com o aumento da salinidade a germinação se tornou mais lenta no qual houve a necessidade de hidratação satisfatória na fase de embebição das sementes para que houvesse a reativação de processos metabólicos para desenvolvimento do eixo embrionário (MARCOS FILHO, 2015).

Quanto a variável CPA, as plantas cresceram de forma linear positiva, ou seja, o aumento do nível de salinidade foi diretamente proporcional ao comprimento de parte aérea. O acréscimo foi de 22%, variando de 2,32 cm ( $0,0 \text{ dSm}^{-1}$ ) para 2,83 cm ( $6,0 \text{ dSm}^{-1}$ ). Esse ligeiro aumento de parte aérea com o acréscimo do nível de sais pode estar associado aos mecanismos de partição e alocação de fotoassimilados (FREITAS et al., 2014).

Para o CR, observou-se que as sementes leves obtiveram comportamento quadrático com menor comprimento (14,89 cm) no nível de  $4,28 \text{ dSm}^{-1}$  e maior comprimento (19,25 cm) no controle, enquanto que sementes pesadas tiveram comportamento linear decrescente em função das maiores doses, variando de 19,79 cm para 14,41 cm, no controle e no nível de  $6,0 \text{ dSm}^{-1}$  (Figura 3B). De maneira semelhante, o comprimento da raiz de plântulas de *C. glaziovii* também foi reduzido à medida que se aumentou os níveis de salinidade (GUEDES et al., 2011).

O efeito osmótico na semente causa danos no crescimento das raízes devido a toxidez de íons de NaCl no protoplasma que afeta as membranas e ao desenvolvimento do fenômeno chamado de “seca fisiológica” (SYVERTSEN e GARCIA-SANCHEZ, 2014; TAIZ e ZAIGER, 2013). Na comparação entre as classes de sementes em cada dose de NaCl o comprimento de raiz (CR), mostrou diferença estatística somente no nível de  $1,5 \text{ dSm}^{-1}$  onde as sementes leves apresentaram maior comprimento (19,58 cm) quando comparadas às sementes pesadas com 16,33 cm (Tabela 3).



**Figura 3.** Variáveis morfológicas de plântulas provenientes de sementes leves (< 0,35 g) e pesadas ( $\geq$  0,35 g) de *L. auriculata* submetidas a diferentes níveis de salinidade (dSm<sup>-1</sup>). CPA: comprimento de parte aérea (A), CR: comprimento de raiz (B), MFPA: massa fresca de parte aérea (C), MSPA: massa seca de parte aérea (D), MFCot: massa fresca de cotilédone (E), MSCot: massa seca de cotilédone (F), MSR: massa seca de raiz (G).

A MFPA e MSPA obtiveram comportamento linear decrescente para as sementes com o acúmulo de NaCl, a MFPA variou de 0,58 g para 0,44 g apresentando decréscimo de 24%, já para a MSPA houve variação de 0,088 g para 0,065 g com queda de 26% (Figuras 3C, D), respectivamente. Esses resultados corroboram com os de Pereira et al. (2012) na germinação de melão submetidas a salinidade, com variação de MSPA de 0,120 para 0,069 g planta<sup>-1</sup> nas condutividades elétrica da água de 1,0 e 5,0 dSm<sup>-1</sup>. Possivelmente o desenvolvimento de parte aérea nas plântulas foi prejudicado devido a elevada quantidade de sais, reduzindo, assim, a disponibilidade de água para o crescimento das plântulas (MEDEIROS et al., 2007).

Houve variação para a MFCot em função da classe de sementes, onde as pesadas se adequaram ao modelo quadrático de regressão com menor massa (0,83 g) no nível de 2,83 dSm<sup>-1</sup> e maior (1,03 g) em 6 dSm<sup>-1</sup> (Figura 3E). As sementes leves não se ajustaram aos modelos de regressão propostos apresentando média de 0,80 g. Observa-se que a quebra de mobilização de reservas não foi afetada até aproximadamente 3 dSm<sup>-1</sup> e nos maiores níveis de salinidade houve redução da mobilização de reservas, isso pode ser comprovado observando outras variáveis, como TMG e IVG. Analisando-se a interação entre as classes de sementes em cada nível de salinidade verifica-se efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) na dose de 4,5 dSm<sup>-1</sup> como menor MFCot (9,83 g) nas sementes leves (Tabela 2). Para a variável MSCot (Figura 3F) ocorreu efeito significativo somente para o fator nível de salinidade, com aumento de massa de forma linear crescente em função do aumento dos níveis de sais. No nível de 0,0 dSm<sup>-1</sup> a MSCot foi de 0,15 g, já em 6,0 dSm<sup>-1</sup> ao valor foi de 0,19 g, demonstrando crescimento de 26,66%.

Marques et al. (2011), estudando os efeitos do estresse salino na germinação de cajueiro anão precoce, verificaram resposta semelhante em que o aumento no nível de sais no meio de crescimento não afetou significativamente a MSCot e a salinidade por sua vez acabou inibindo a perda de reservas cotiledonares, levando ao acúmulo de massa seca nesses órgãos.

A MSR obteve comportamento decrescente em função do aumento no nível de salinidade, tanto sementes leves quanto pesadas apresentaram menores valores no nível de 6 dSm<sup>-1</sup>. Resultados semelhantes foram observados por Silva et al. (2005) em *Cnidoscopus phyllacanthus* Pax & K. Hoffm, sob efeito da salinidade, onde se observou redução de 66,80% na variável massa seca de raiz com incremento da salinidade. O resultado mais expressivo foi observado em sementes leves (<0,35g), isso pode ser

atribuído à menor quantidade de reservas acumuladas pelas sementes mais leves, as quais são transferidas para a plântula (CARVALHO e NAKAGAWA 2012).

**Tabela 3.** Análise da interação entre classes de sementes e níveis de salinidade em *L. auriculata*.

	G (%)				
	0 dSm <sup>-1</sup>	1,5 dSm <sup>-1</sup>	3 dSm <sup>-1</sup>	4,5 dSm <sup>-1</sup>	6 dSm <sup>-1</sup>
<0,35 g	94,00a	89,00a	92,00a	82,00b	82,00b
≥0,35 g	95,00a	96,00a	89,00a	95,00a	94,00a
	PCG (%)				
	0 dSm <sup>-1</sup>	1,5 dSm <sup>-1</sup>	3 dSm <sup>-1</sup>	4,5 dSm <sup>-1</sup>	6 dSm <sup>-1</sup>
<0,35 g	93,00a	85,00a	95,00a	75,00b	80,00b
≥0,35 g	93,00a	92,00a	85,00b	89,00a	92,00a
	IVG				
	0 dSm <sup>-1</sup>	1,5 dSm <sup>-1</sup>	3 dSm <sup>-1</sup>	4,5 dSm <sup>-1</sup>	6 dSm <sup>-1</sup>
<0,35 g	6,52b	6,30b	5,81a	4,82b	4,52b
≥0,35 g	7,79a	6,89a	5,67a	5,84a	6,35a
	TMG (dias)				
	0 dSm <sup>-1</sup>	1,5 dSm <sup>-1</sup>	3 dSm <sup>-1</sup>	4,5 dSm <sup>-1</sup>	6 dSm <sup>-1</sup>
<0,35 g	3,80a	3,73a	4,12a	4,48a	4,68a
≥0,35 g	3,31b	3,72a	4,17a	4,28a	3,86b
	CR (cm)				
	0 dSm <sup>-1</sup>	1,5 dSm <sup>-1</sup>	3 dSm <sup>-1</sup>	4,5 dSm <sup>-1</sup>	6 dSm <sup>-1</sup>
<0,35 g	18,28a	19,59a	16,25a	14,42a	16,09a
≥0,35 g	19,22a	16,33b	16,68a	13,43a	15,09a
	MFCot (g)				
	0 dSm <sup>-1</sup>	1,5 dSm <sup>-1</sup>	3 dSm <sup>-1</sup>	4,5 dSm <sup>-1</sup>	6 dSm <sup>-1</sup>
<0,35 g	14,48a	14,14a	12,13a	9,83b	15,90
≥0,35 g	12,31a	12,92a	11,77a	12,73a	13,75a

Letras iguais, minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Ger: Germinação, PCG: primeira contagem de germinação, IVG: índice de velocidade de germinação, TMG: tempo médio de germinação, CR: comprimento de raiz, MFCot: massa fresca de cotilédone.

De modo geral, os resultados demonstram que sementes leves (< 0,35 g) são mais sensíveis ao estresse salino, o qual afeta a germinação e o tempo médio de germinação, indicando que sementes mais pesadas são mais tolerantes a estresse abióticos, e devem ser priorizadas para recomposição florestal em ambientes perturbados.

## CONCLUSÕES

As plântulas de *L. auriculata* se mostram sensíveis ao estresse salino com efeito do nível de NaCl para a maioria das variáveis analisadas, somente para sementes leves;

Sementes pesadas de *L. auriculata* (≥ 0,35 g) são mais adaptadas ao estresse salino na fase de plântulas, devendo ser priorizadas para formação de mudas destinadas

a recuperação de áreas degradadas, sobretudo se houver indícios de elevados níveis de salinidade;

A qualidade fisiológica de sementes leves de *L. auriculata* é afetada na presença do estresse salino.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J. P. N. **Germinação e crescimento de plântulas de Amburana Cearensis (Allemão) a.c. Smith em função do peso de sementes e fatores abióticos.** 2014. 111 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2014.

ARAÚJO, E. B. G.; SÁ, F. V. S.; OLIVEIRA, F. A.; SOUTO, L. S.; PAIVA, E. P.; SILVA, M. K. N.; MESQUITA, E. F.; BRITO, M. E. B. Crescimento inicial e tolerância de cultivares de meloeiro à salinidade da água. **Revista Ambiente e Água**, v. 11 n. 2, p. 462-471, 2016.

BRAGA, L. F.; SOUSA, M. P.; ALMEIDA, T. A. Germinação de sementes de *Enterolobium schomburgkii* (Benth.) Benth. submetidas a estresse salino e aplicação de poliamina. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, n. 1, p. 63-70, 2009.

BRASIL. **Regras para análises de sementes.** Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. SNDA / DNDV / CLAV. Brasília, 2009. 399 p.

CAITANO, R. F.; LOPES, F. B.; TEIXEIRA, A. S. Estimativa da aridez no Estado do Ceará usando Sistemas de Informação Geográfica. In: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, p. 8904 - 8911. 2011.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção.** 5.ed. FUNEP: Jaboticabal, 2012. 590p. DUTRA, T. R.; MASSAD, M. D.; MATOS, P. S.; OLIVEIRA, J. C.; SARMENTO, M. F. Q. Germinação e crescimento inicial de plântulas de carobinha-do-campo submetido ao estresse hídrico e salino. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 10, n. 4, p. 39-45, 2014.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FREITAS, M. A. C.; AMORIM, A.V.; BEZERRA, A. M. E.; PEREIRA, M. S., BESSA, M. C.; NOGUEIRA FILHO, F. P.; LACERDA, C. F. Crescimento e tolerância à salinidade em três espécies medicinais do gênero *Plectranthus* expostas a diferentes níveis de radiação. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 4, p. 839-849, 2014.

- GÓIS, V. A.; TORRES, S. B.; PEREIRA, R. A. Germinação de sementes de maxixe submetidas a estresse salino. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 4, p. 64-67, 2008.
- GORDIN, C. R. B.; MARQUES, R. F.; MASETTO, T. E.; SOUZA, L. C. F. Estresse salino na germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de Níger (*Guizotia abyssinica* (Lf) Cass.) **Acta Botânica Brasílica**, v. 26, n. 4, p. 966-972, 2012.
- KOPPER, A. C.; MALAVASI, M. de M.; MALAVASI, U. C. Influência da temperatura e do substrato na germinação de sementes de *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2, p. 160-165, 2010.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531p.
- LIMA, B. G.; TORRES, S. B. Estresses hídrico e salino na germinação de sementes de *Zizyphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae). **Revista Caatinga**, v. 22, n. 4, 2009.
- LOPES, J. C.; FREITAS, A. R.; BELTRAME, R. A, VENÂNCIO, L. P.; MANHONE, P. R.; SILVA, F. R. N. Germinação e vigor de sementes de pau d'algo sob estresse salino. **Brazilian Journal of Forestry Research**, v. 35, n. 82, p. 169-177, 2015.
- Lorenzi, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. São Paulo, Instituto Plantarum. 2008, 384p.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.
- MARCOS FILHO, J. Utilização de testes de vigor em programas de controle de qualidade de sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 4, n. 2, p. 33-35, 1994.
- MARQUES, E. C.; FREITAS, V. S.; BEZERRA, M. A.; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Efeitos do estresse salino na germinação, emergência e estabelecimento da plântula de cajueiro anão precoce. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 993-999, 2011.
- MEDEIROS, J. F.; SILVA, M. C. C.; SARMENTO, D. H. A.; BARROS, A. D. Crescimento do meloeiro cultivado sob diferentes níveis de salinidade, com e sem cobertura do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 248-255, 2007.

MENDONÇA, A. V. R.; CARNEIRO, J. G. A.; FREITAS, T. A. S.; BARROSO, D. G.; Características fisiológicas de mudas de *Eucalyptus* spp submetidas a estresse salino **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 2, p. 255-267, 2010.

NOGUEIRA, F. C. B.; SILVA, J. W. L.; BEZERRA, A. M. E.; MEDEIROS FILHO, S. Efeito da temperatura e luz na germinação de sementes de *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke – Fabaceae. **Acta Botânica Brasílica**, v. 26, n. 4, p. 772-778, 2012.

OLIVEIRA, A. M.; LINHARES, P. C. F.; MARACAJÁ, P. B.; RIBEIRO, M. C.; BENEDITO, C. P. Salinidade na germinação e desenvolvimento de plântulas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* FR ALL). **Revista Caatinga**, v. 20, n. 2, p. 39-42, 2007.

PEREIRA, A. M.; QUEIROGA, R. C. F.; SILVA, G. D.; NASCIMENTO, M. G. R.; ANDRADE, S. E. O. Germinação e crescimento inicial de meloeiro submetido ao osmocondicionamento da semente com NaCl e níveis de salinidade da água. **Revista Verde**, v. 7, n. 3, p. 205-211, 2012.

REGO, S. S.; FERREIRA, M. M.; NOGUEIRA, A. C; GROSSI, F; SOUSA, R. K; BRONDANI, G. E.; ARAUJO, M. A. SILVA, A. L. L. Estresse Hídrico e Salino na Germinação de Sementes de *Anadenanthera colubrina* (Velloso) Brenan. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 2, n. 4, p. 37-42, 2011.

RIBEIRO, R. C.; DANTAS, B. F.; MATIAS, J. R.; PELACANI, C. R. Efeito do Estresse Salino na Germinação e Crescimento Inicial de Plântulas de *Erythrina velutina* Willd. (Fabaceae). **Revista Gaia Scientia**, v. 11, n. 1, p. 65-78, 2017.

SÁ, F. V. Silva.; PAIVA, E. P.; TORRES, S. B.; BRITO, M. E. B.; NOGUEIRA, N. W.; FRADE, L. J. G.; FREITAS, R. M. O. Seed germination and vigor of different cowpea cultivars under salt stress. **Comunicata Scientiae**, v.7, n. 4, p.450-455, 2016.

SILVA, I. N.; FONTES, L. O.; TAVELLA, L. B.; OLIVEIRA, J. B.; OLIVEIRA, A. C. Qualidade de água na irrigação. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 7, n. 3, p. 01–15, 2011.

SILVA, M. B. R.; BATISTA, R. C.; LIMA, V. L. A.; BARBOSA, E. M.; BARBOSA, M. F. N. Crescimento de plantas jovens da espécie florestal favela (*Cnidoculus phyllacanthus* Pax & K. Hoffm) em diferentes níveis de salinidade da água. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 5, n. 2, p. 1-13, 2005.

SILVA, T. T. S.; LIMA, V. L. A.; ALVES, A. S.; MONTEIRO, D. R.; FERREIRA FILHO, J. G. A. Estresse salino na germinação de sementes de Craibeira. **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 29, n. 1, p. 23-25, 2014

SOUZA, M. O.; SOUZA, C. L. M.; PELACANI, C. R. Germination of osmoprimed and non-osmoprimed seeds and initial growth of *Physalis angulata* (Solanaceae) in saline environments. **Acta Botânica Brasílica**, v. 25, n. 1, p. 105-112, 2011.

SYVERTSEN, J. P.; GARCIA-SANCHEZ, F. Multiple abiotic stresses occurring with salinity stress in citrus. **Environmental and Experimental Botany** v. 103, n. 1, p. 128-137, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2013. 819 p.

VASCONCELOS, R. R. A.; BARROS, M. F. C.; SILVA, E. F. F.; GRACIANO, E. S. A.; FONTENELE, A. J. P.B.; SILVA, N. M. L. Características físicas de solos salino-sódicos do semiárido pernambucano em função de diferentes níveis de gesso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v. 17, n. 12, p. 1318–1325, 2013.

BESSA, M. C.; LACERDA, C. F.; AMORIM, A. V.; BEZERRA, A. M. E.; LIMA, A. D. Mechanisms of salt tolerance in seedlings of six woody native species of the Brazilian semi-arid. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 1, p. 157-165, 2017.

GUEDES, R. A. A.; OLIVEIRA, F. A.; ALVES, R. C.; MEDEIROS, A. S.; GOMES, L. P.; COSTA, L. P. Estratégias de irrigação com água salina no tomateiro cereja em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 19, n. 10, p. 913–919, 2015.

OLIVEIRA, I. V. M.; ANDRADE, R. A.; MARTINS, A. B. G. Influência do tamanho-peso da semente na precocidade de emergência de bacuripari (*Rheedia gardneriana*). **Revista Caatinga**, v. 19, n. 4, p. 387-390, 2006.

**CAPITULO III**

**ESTRESSE HÍDRICO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke EM FUNÇÃO DA MASSA DE SEMENTES**

**ESTRESSE HÍDRICO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke EM FUNÇÃO DA MASSA DE SEMENTES**

**RESUMO**

Em regiões semiáridas, o déficit hídrico ocorre com frequência por longos períodos destacando-se entre os efeitos limitantes ao desenvolvimento vegetal; no entanto, espécies endêmicas ao longo da evolução desenvolveram mecanismos de adaptação que são pouco conhecidos. Nesse contexto, objetivou-se com esta pesquisa determinar a tolerância de *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke ao estresse hídrico na germinação e no estabelecimento de plântulas em função do peso de sementes. O trabalho foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes (LAS) do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, Areia-PB. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 5, sendo duas classes de sementes de *L. auriculata*, leves (<0,35 g) e pesadas ( $\geq 0,35$  g) e cinco níveis de potencial osmótico (-0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa), distribuídas em quatro repetições de 25 sementes na parcela. As variáveis avaliadas foram: Qualidade fisiológica de sementes, crescimento inicial de plântulas e massa fresca e seca de parte aérea, cotilédone e raiz. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANAVA) e as médias das classes de sementes comparadas pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Os níveis de potencial osmótico foram submetidos a análise de variância, quando significativo ( $P \leq 0,05$ ), sendo submetidos à análise de regressão polinomial. Houve diferença significativa entre os fatores isolados ou interação das variáveis avaliadas. A medida que o potencial osmótico se tornou mais negativo foi observado redução na germinação, no comprimento da raiz, índice de velocidade de germinação, e retardo no tempo médio de germinação. De modo geral, as sementes pesadas ( $\geq 0,35$  g) se mostram tolerantes ao estresse hídrico na fase de plântulas em comparação às leves (< 0,35 g). Dessa forma, as sementes pesadas devem ser priorizadas para formação de mudas destinadas a recuperação de áreas degradadas, sobretudo em locais de baixa precipitação.

**Palavras-chaves:** Pau-mocó, potencial osmótico, tolerância.

**HYDRICAL STRESS IN THE PHYSIOLOGICAL QUALITY OF *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke IN THE FUNCTION OF SEEDS**

**ABSTRACT**

In semi-arid regions, the water deficit frequently occurs for long periods, highlighting the limiting effects on plant development; however, endemic species have evolved adaptation mechanisms that are poorly understood. In this context, the objective of this research was to determine the tolerance of *Luetzelburgia auriculata* (German) Ducke to water stress on germination and seedling establishment as a function of seed weight. The work was carried out at the Laboratory of Seed Analysis (LAS) of the Agricultural Sciences Center of the Federal University of Paraíba, Campus II, Areia-PB. The experiment was conducted in a completely randomized design in a 2 x 5 factorial scheme, with two classes of seeds, light ( $<0.35$  g) and heavy ( $\geq 0.35$  g) and five levels of osmotic potential (-0.2; -0.4, -0.6, -0.8 and -1.0 MPa), distributed in four replicates of 25 seeds in the plot. The variables evaluated were: physiological quality of *L. auriculata* seeds, initial seedling growth and fresh and dry mass of shoot, cotyledon and root. The data were submitted to analysis of variance (ANAVA) and the means of the seed classes compared by the Tukey test ( $P \leq 0.05$ ). The osmotic potential levels were submitted to analysis of variance, when significant ( $P \leq 0.05$ ), being submitted to polynomial regression analysis. There was a significant difference between the isolated factors or interaction of the variables evaluated. As the osmotic potential became more negative, a reduction in germination, root length, germination speed index, and delay in the mean germination time were observed. In general, the heavy seeds ( $\geq 0.35$  g) were more adapted to water stress in the seedling phase compared to light ( $<0.35$  g). Therefore, heavy seeds should be prioritized for the formation of seedlings intended for the recovery of degraded areas, especially in places with low rainfall.

**Keywords:** Pau-mocó, osmotic potential, tolerance.

## INTRODUÇÃO

O gênero *Luetzelburgia* é formado por oito espécies, dentre elas *Luetzelburgia auriculata* (Allemao) Ducke, leguminosa que se estabelece com sucesso mesmo em solos rasos e pedregosos, destacando-se em meio a vegetação da caatinga por sua folhagem verde em todas as estações do ano, exceto em seu período de floração e frutificação. A espécie exibe potencial ornamental podendo ser utilizada na arborização de vias, em programas de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas, nos sistemas agroflorestais compondo faixas arbóreas; apresenta potencial apícola, pois o pólen é apreciado por abelhas nativas, além disso, sua madeira é matéria prima para a fabricação de móveis e utilizada na construção civil (VASCONCELOS, 2012).

A região Semiárida é rica em diversidade florística, representada por uma abundância de paisagens e ambientes, sendo esta uma relevante característica regional, com grande diversidade de espécies que compõem o estrato herbáceo, arbustivo e arbóreo (LEAL et al., 2003; LIMA et al., 2014). Entretanto, a disponibilidade de água é um dos principais entraves da região e podem ocorrer longos períodos de estiagem seguidos de chuvas intensas com distribuição irregular, concentradas em três ou quatro meses causando um fenômeno conhecido por “seca verde” (SILVA et al., 2010). O déficit hídrico é responsável por reduzir o desenvolvimento vegetal, fazendo com que as espécies endêmicas expressem mecanismos de adaptação a esta condição.

As plantas desenvolvem estratégias para enfrentar a escassez hídrica que se dividem em: 1. escape utilizado por plantas de ciclo curto que completam o ciclo de vida durante a estação chuvosa para evitar a estação seca; 2. manutenção da água da planta para a produção fotossintética, e, 3. tolerância à seca que abrange o mecanismo de manter os estômatos abertos por determinado período de tempo (SALEHI-LISAR e BAKHSHAYESHAN-AĞDAM, 2016). Os efeitos dessa escassez são variáveis e dependem de fatores como o estágio de desenvolvimento da planta e nível da velocidade de estresse, como forma de resposta, as plantas passam por mudanças morfofisiológicas (PIMENTEL, 2004).

Para que ocorra a germinação das sementes é preciso que existam condições favoráveis de temperatura, luz e disponibilidade de água, sendo necessário o suprimento desses fatores para o estabelecimento da plântula (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). Na germinação de sementes, a escassez de água é um fator limitante, dessa forma, o vigor da semente pode estar diretamente relacionado ao potencial osmótico de

água no solo e pode comprometer a capacidade germinativa em condições naturais (PEREIRA et al., 2014).

O fator massa/tamanho da semente influencia em diversos aspectos como no estabelecimento da plântula, e na porcentagem de germinação. Sementes grandes apresentam vantagem de ter maior conteúdo de reservas e produzirem mudas mais tolerantes a algumas condições desfavoráveis como seca, desfolha, sombra, e competição com outras plantas garantindo maiores taxas de sobrevivência. Por outro lado, sementes mais leves tem maior eficiência de dispersão por serem transportadas para longas distâncias por escoamento de água e também por dispersores secundários (KHAN, 2004).

Ultimamente, vários trabalhos têm sido desenvolvidos para verificar o grau de tolerância de sementes de espécies florestais ao estresse hídrico, como em *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. (MOURA et al., 2011), *Apeiba tibourbou* Aubl. (GUEDES et al., 2013), *Encholirium spectabile* Mart. ex Schult. & Schult. (FIGUEIREDO et al., 2014), *Eucalyptus* spp (MARTINS et al., 2014), *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith (ALMEIDA et al., 2014), *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke (NOGUEIRA et al., 2014), *Poincianella bracteosa* e *Libidibia ferrea* (FERREIRA et al., 2015), *Chorisia glaziovii* O. Kuntze (SILVA et al., 2016), *Dimorphandra gardneriana* (URSULINO et al., 2016).

No entanto, não foram identificados na literatura estudos dessa natureza com *L. auriculata*, havendo a necessidade de investigar o comportamento desta espécie na fase inicial de crescimento na qual estão mais vulneráveis aos estresses abióticos, pois com base nessas informações é possível determinar a classe ideal de massa para a formação de mudas saudáveis assim como, relacionar a massa com o déficit hídrico controlado.

Desse modo, objetivou-se com esse trabalho determinar a tolerância de *Luetzelburgia auriculata* (Allemão) Ducke ao estresse hídrico na germinação e no estabelecimento de plântulas em função da massa de sementes.

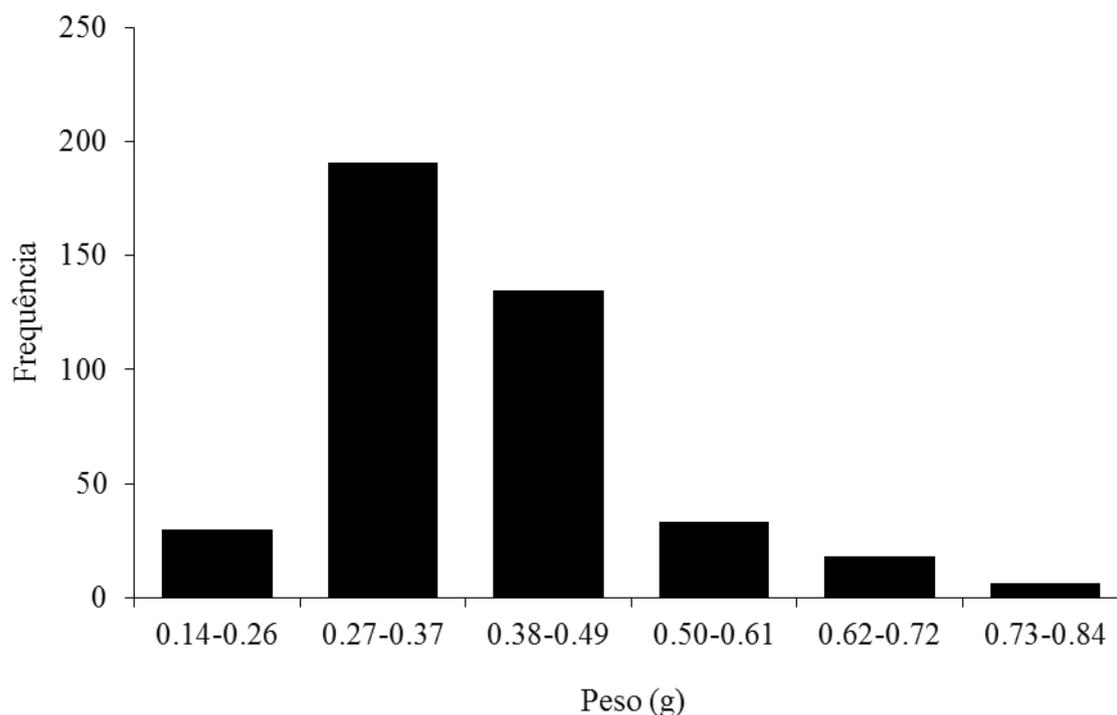
## **MATERIAL E MÉTODOS**

### ***Coleta e beneficiamento das sementes***

As sementes de Pau mocó (*Luetzelburgia auriculata*) foram coletadas manualmente, isentas de sintomas de pragas e doenças de 10 matrizes vigorosas, na Fazenda de Poço da Pedra, situada no município de Caridade-CE. O clima da região,

segundo a classificação de Köppen, é BSw'h', isto é, semiárido muito quente, com estação chuvosa no verão, inferior a 750 mm (CAETANO et al., 2011). As sementes foram extraídas, beneficiadas manualmente e colocadas para secar à sombra por três dias, sendo posteriormente acondicionadas em sacos de polietileno e armazenadas em câmara fria ( $12 \pm 2$  °C e 50% de UR) até a instalação do experimento.

Antes da instalação do experimento, cada unidade de semente foi pesada individualmente em balança analítica (0,0001 g), com a finalidade de dividir a amostra em duas classes de sementes de acordo com sua massa específica, definidas em leves ( $<0,35$  g) e pesadas ( $\geq 0,35$  g), com base na frequência de ocorrência do peso de sementes (Figura 1A) obtidas a partir da pesagem aleatória de 400 sementes.



**Figura 4.** Frequência de massa em histograma para amostra de 400 sementes de *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke.

#### ***Instalação e condução do experimento***

Antes da implantação do experimento as sementes foram desinfestadas através da imersão em solução de hipoclorito de sódio a 0,5% durante 5 minutos e lavadas em seguida em água destilada. As sementes foram submetidas ao estresse hídrico,

utilizando soluções de polietilenoglicol (PEG 6000), preparadas conforme Villela et al. (1991).

Para cada classe de massa foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes, colocadas em papel tipo germitest®, em forma de rolos umedecidos com 2,5 vezes o peso do papel com água destilada (testemunha) e na solução de PEG 6000 em diferentes potenciais (-0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 Mpa), sendo em seguida acondicionados em sacos de plástico transparentes, para evitar a perda de água por evaporação. O teste foi conduzido em câmara do tipo B.O.D (*Bioquimic Oxygen Demand*) na temperatura constante de 30 °C com fotoperíodo de 12 horas (NOGUEIRA et al., 2012). Quando necessário, foi realizado o reumedecimento das sementes com sua respectiva solução.

### ***Variáveis***

A germinação foi avaliada diariamente, sendo consideradas sementes germinadas as que apresentaram emissão de radícula com 2 mm. Foram determinadas as variáveis: Primeira contagem de germinação sendo a análise da germinação computada oito dias e a última contagem aos 25 dias após a instalação do teste de germinação. O Índice de velocidade de germinação foi conduzido conjuntamente com o teste de germinação em que:  $IVG = (G1/N1) + (G2/N2) + (G3/N3) + \dots + (Gn/Nn)$ , sendo G1, G2, Gn = número de plântulas na primeira, segunda, até a última contagem e N1, N2, Nn = número de semanas desde a primeira, segunda, até a última contagem, conforme Maguire (1962).

Após os 25 dias de instalação do teste de germinação foi realizada a avaliação de plântulas (BRASIL, 2009) sendo retiradas aleatoriamente 15 plântulas e submetidas a medições de comprimento da parte aérea e da raiz, com o auxílio de uma régua graduada em centímetros, com os resultados expressos em cm.plântula<sup>-1</sup>. Em seguida, as partes das plântulas (parte aérea, raiz e cotilédones) foram colocadas em sacos tipo kraft sendo submetidos a secagem (80 °C por 24 h) em estufa de circulação de ar e posterior pesagem em balança analítica (0,001 g) para determinação da massa da matéria seca. O resultado foi expresso em g.plântulas<sup>-1</sup>.

### ***Delineamento experimental***

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 5, sendo duas classes de sementes (leves <0,35 g e pesadas ≥0,35 g) e cinco níveis de potencial osmótico (-0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 Mpa), distribuídas em quatro repetições de 25 sementes na parcela.

### **Análise dos dados**

Os dados foram submetidos a análise de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, quando seguiram distribuição normal foram submetidas a análise de variância (ANAVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ) para comparação de médias dos dados qualitativos. Quando significativo, os dados quantitativos foram submetidos à análise de regressão polinomial ( $P \leq 0,05$ ), utilizando-se, neste caso, o programa SISVAR 4.3 (FERREIRA, 2011).

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Nas duas classes de sementes, leves ( $<0,35\text{g}$ ) e pesadas ( $\geq 0,35\text{g}$ ) observaram-se teores de água em torno de 9,0%, demonstrando que as classes não influenciaram nos valores de equilíbrio higroscópico. Com relação a determinação do peso de mil sementes houve diferença de 170 gramas entre as classes de sementes (Tabela 4), com destaque para as mais pesadas. Dessa forma, demonstra-se a variação de massa da espécie, característica que pode ser utilizada como estratégia de adaptação e conservação da espécie para sua perpetuação em diversos ambientes (OLIVEIRA et al., 2006).

**Tabela 4.** Teor de água (TA) e Peso de mil sementes (PMS) em função das classes de massa para sementes de pau mocó (*Luetzelburgia auriculata* Alemão Ducke).

Classe de peso	TA (%)	PMS (g)
Leves ( $<0,35\text{g}$ )	9,76	316,6 b
Pesadas ( $\geq 0,35\text{g}$ )	9,16	487,2 a
CV (%)	–	4,38

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Com base no resumo da análise de variância (Tabela 5), houve diferença significativa entre os fatores isolados e/ou interação para a maioria das variáveis avaliadas, com exceção das variáveis e índice de velocidade de germinação (IVG) e massa seca de raiz (MSR), entre as classes de sementes. O potencial osmótico influenciou todas as nove variáveis avaliadas. Já a interação foi significativa para a germinação (Ger), primeira contagem de germinação (PCG), e índice de velocidade de

germinação (IVG) comprimento de raiz (CR), massa seca do cotilédone (MSCot), e massa fresca de raiz (MFR).

**Tabela 5.** Resumo da ANAVA para as características biométricas e fisiológicas de sementes leves (< 0,35 g) e pesadas ( $\geq$  0,35 g) de *Luetzelburgia auriculata* submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico.

FV	Ger	PCG	IVG	TMG	CR	MFCot	MSCot	MFR	MSR
Massa (M)	32,09**	46,09**	0,08 <sup>ns</sup>	6,37*	30,88**	15,35**	14,80**	31,48**	1,90 <sup>ns</sup>
Nível (N)	247,10**	242,41**	467,75**	48,05**	541,13**	4,69**	5,26**	178,49**	19,03**
M x N	5,80**	11,8**	21,18**	0,89 <sup>ns</sup>	16,40**	2,21 <sup>ns</sup>	2,80*	4,78**	1,40 <sup>ns</sup>
Erro	43,88	48,44	0,11	0,86	0,55	0,03	0,009	0,0003	0,0001
CV (%)	10,45	13,22	10,98	21,57	10,04	23,13	33,08	14,39	43,34
Regressão									
Linear	976,89**	978,84**	2008,99**	38,14**	2388,59**	16,36**	8,18**	565,18**	83,13**
Quadrática	150,66**	20,73**	57,18**	164,54**	59,10**	2,74 <sup>ns</sup>	13,30**	137,98**	8,04**
Massa	%	%		dias	cm	g	g	g	g
<0,35	58,00 b	45,83 b	3,04 a	3,98 b	6,79 b	0,69 b	0,24 b	0,11 b	0,02 a
$\geq$ 0,35	68,83 a	59,47 a	3,02 a	4,66 a	7,99 a	0,90 a	0,35 a	0,14 a	0,02 a

\*\*significância a 1%, \*significância a 5%, ns - não significativo, ambos pelo teste F, CR: comprimento de raiz, MFCot: massa fresca de cotilédone, MFR: massa fresca de raiz, MSCot: massa seca de cotilédone, MSR: massa seca de raiz, PCG: primeira contagem de germinação, Ger: Germinação, IVG: índice de velocidade de germinação, TMG: tempo médio de germinação de sementes leves (< 0,35 g) e pesadas ( $\geq$  0,35 g) de *L. auriculata* submetidas ao estresse hídrico.

As sementes de classe pesada ( $\geq$ 0,35 g) demonstraram superioridade para a maioria das variáveis avaliadas (Tabela 5). Por outro lado, as sementes leves (<0,35 g), não diferiram da classe de sementes pesadas no índice de velocidade de germinação (IVG) e na massa seca de raiz (MSR).

Quanto à germinação, os dados se ajustaram ao modelo quadrático de regressão destacando-se as sementes pesadas com percentual máximo de 99% quando semeadas em potencial osmótico de -0,23 MPa, enquanto as sementes leves, obtiveram 91% de germinação no potencial de -0,1 MPa. Mesmo com a redução da germinação, observa-se que até o nível de -0,6 MPa, as sementes pesadas ainda mantiveram a germinação próxima de 80% e as leves em torno de 60% (Figura 5A), reduzindo consideravelmente a germinação a partir desse nível. Entretanto, Azêredo et al. (2016) estudando o estresse hídrico na germinação de *Piptadenia moniliformis* Benth. observaram decréscimo nos valores de germinação a partir de -0,6 MPa, até o potencial osmótico de -1,2 MPa.

Tal fato ocorre provavelmente pelo alto peso molecular do polietilenoglicol, que possui como característica uma alta viscosidade que limita a absorção de água pelas sementes simulando o déficit hídrico (OLIVEIRA et al., 2010).

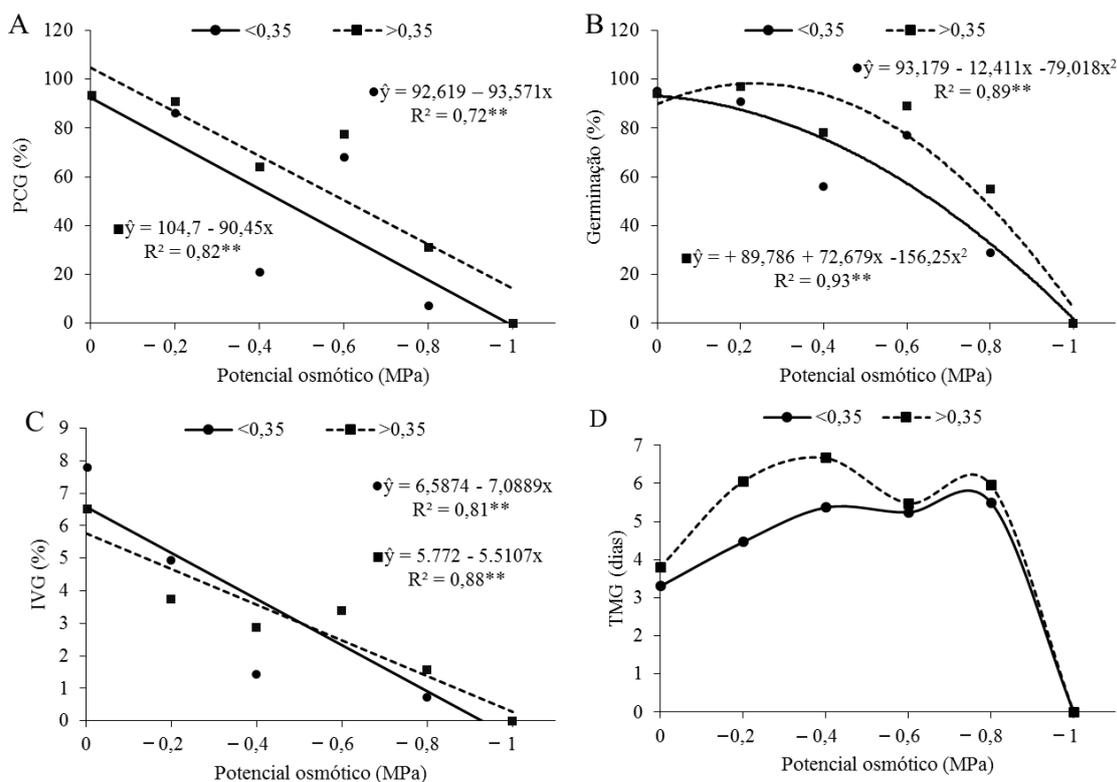
Por outro lado, Almeida (2014) pesquisando estresse hídrico para diferentes classes de sementes de *Amburana cearensis* encontrou resultados distintos em que sementes leves e médias obtiveram melhores desempenhos em relação às pesadas, sendo observada as melhores médias para a germinação da testemunha e o potencial -0,2 MPa, onde a partir daí a porcentagem foi influenciada de maneira significativa, verificando-se germinação até o limite de -0,6 MPa

Quanto a interação entre as classes de sementes e os níveis de potencial osmótico para a germinação, verificou-se que a germinação das sementes (pesadas e leves) foi acima de 90%, nos tratamentos controle e -0,2 MPa, enquanto nos demais níveis, as sementes pesadas se destacam, diferindo significativamente das leves nos tratamentos de -0,4; -0,6 e -0,8 MPa, com incremento de 28, 13 e 47% em relação as sementes leves, respectivamente e, alcançando no nível de -0,8 valores de germinação de 55% enquanto às leves de 29%; não ocorrendo mais germinação a partir daí (Tabela 6).

As variáveis PCG e IVG obtiveram comportamentos semelhantes, com redução linear para ambas as classes de sementes em função da redução do potencial osmótico. Contudo, para as variáveis germinação (G%) e tempo médio de germinação (TMG), o modelo de regressão que obteve melhor ajuste foi o quadrático (Figura 5).

Na figura 5 B, observa-se que a redução do potencial osmótico foi marcante nas duas classes de sementes, sendo com maior destaque para as sementes mais leves. A PCG variou de 93% (0,0 MPa) para 0,00% (-1,0 MPa). Semelhante a estes resultados Pereira et al. (2012) avaliando os efeitos do estresse hídrico induzido por polietilenoglicol 6000 em sementes de *Urochloa ruziziensis* observaram redução nos valores de primeira contagem de germinação, sobretudo nos mais negativos níveis de potencial osmótico. Os autores verificaram, ainda, que a germinação não ocorreu no potencial -0,8 MPa.

A redução da germinação se deve ao aumento da concentração osmótica que gera uma diminuição do gradiente hídrico do sistema substrato-semente, fazendo com que ocorra uma menor absorção de água pelas sementes (MARCOS FILHO, 2015). Analisando-se a interação entre as classes de sementes, em cada nível de potencial osmótico, para a PCG com diferença significativa nos níveis de -0,4MPa e -0,8MPa, e resultados favoráveis para as sementes pesadas (Tabela 6).



**Figura 5.** Variáveis fisiológicas de sementes leves (<math>< 0,35\text{ g}</math>) e pesadas (>math>\geq 0,35\text{ g}</math>) de *L. auriculata* submetidas a diferentes níveis de potencial osmótico. PCG: primeira contagem de germinação (A), Ger: Germinação (B), IVG: índice de velocidade de germinação (C), TMG: tempo médio de germinação (D).

O IVG tornou-se menor a medida que o potencial osmótico se tornou mais negativo, observando-se, dessa forma, que as sementes demoraram mais tempo para germinar. Flowers (2004) diz que menores taxas de absorção de água pelas sementes reduz a velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos que ocorrem durante a germinação, resultando em plântulas de desenvolvimento mais tardio. O IVG das sementes pesadas (Figura 5C) variou de 6,44 no controle para valores nulos no potencial de -1,0 MPa e de sementes leves essa variação foi de 5,92 no controle para 0,00 em -1,0 MPa. Resultados semelhantes de IVG foram encontrados por FARIAS et al., (2009) para sementes de *Gliricidia sepium* sob condições de estresse hídrico, no qual observaram que a medida em que o potencial osmótico ficava mais negativo, as sementes necessitaram de mais tempo para embeber e germinar, evidenciando menor velocidade de germinação.

Mesma tendência ocorreu em sementes de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. onde o IVG foi significativamente reduzido de 17,91 para cerca de 0,09 nos potenciais de 0,0 e -0,5 MPa, respectivamente (MOURA et al., 2011). Quanto a interação entre as classes

de sementes e os níveis de potencial osmótico, observa-se para o IVG diferença significativa para a maioria dos níveis de potencial osmótico, exceto nos níveis de -0,6 MPa e -1,0 MPa. Dessa forma, na maioria dos tratamentos as sementes pesadas mostraram-se mais vigorosas (Tabela 6).

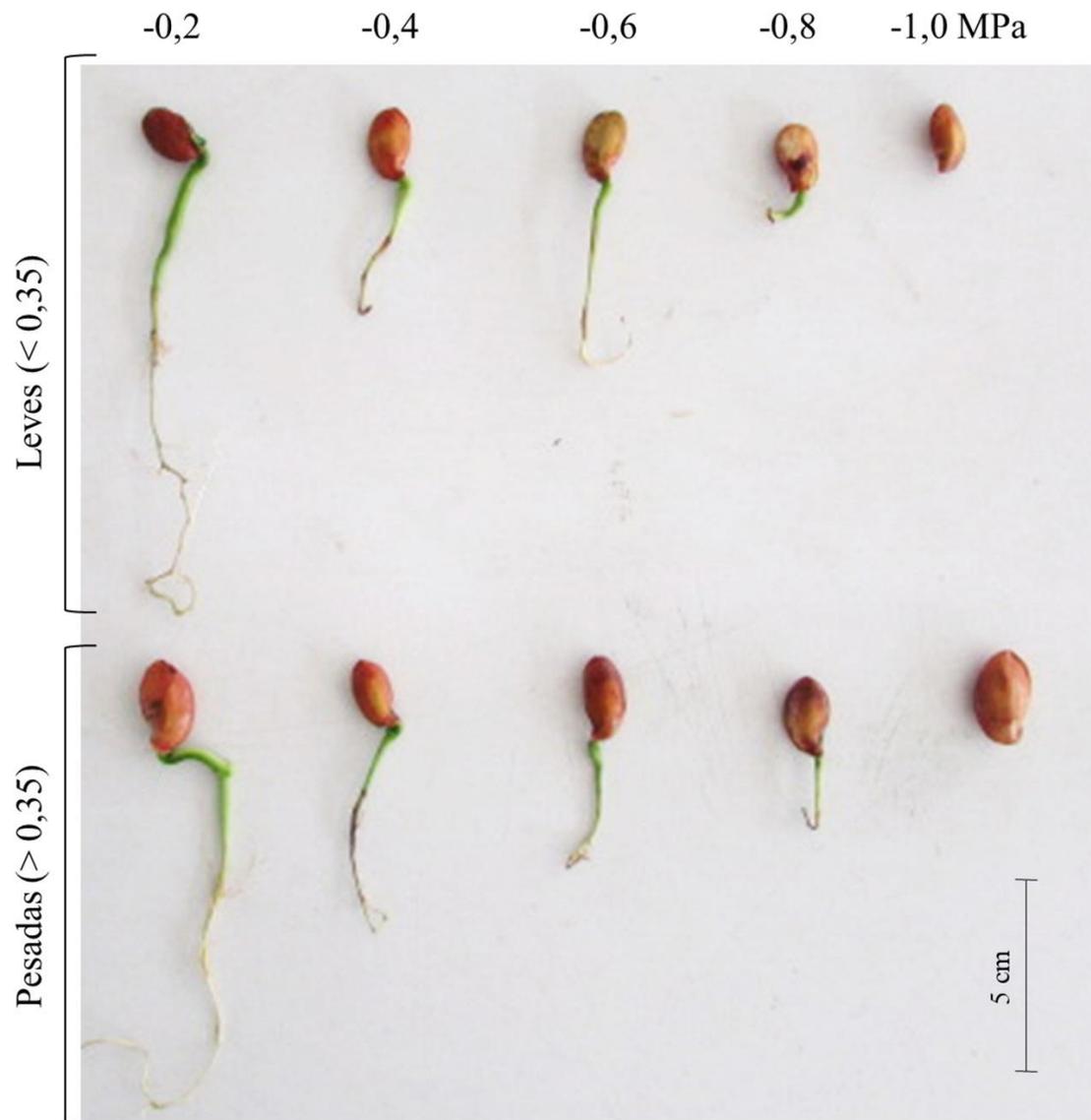
O TMG não diferiu entre as classes de sementes com ajuste ao modelo quadrático de regressão. O maior TMG foi de 6,42 dias no potencial de -0,43 MPa, isso demonstra que foi necessário um maior número de dias para que as sementes germinassem, reduzindo a partir deste ponto como consequência do decréscimo na porcentagem de germinação de sementes, e, principalmente pela inibição da germinação no menor potencial (Figura 5D). Santos et al. (2016) ao avaliar o TMG para duas espécies da caatinga (*Poincianella pyramidalis* e *Anadenanthera colubrina*) sob efeito do estresse induzido por polietilenoglicol perceberam que valores maiores de TMG foram observados nos tratamentos -0,8 Mpa. Em valores mais negativos de potencial osmótico a germinação não ocorreu, como constatado na presente pesquisa. O período que a semente leva para iniciar o processo de germinação pode influenciar o estabelecimento e uniformidade de plântulas no campo, já que atrasos nesse período pode causar danos as sementes, em virtude de ataques de agentes patogênicos, assim como condições desfavoráveis no ambiente (RABBANI et al., 2012).

No tocante a variável CR comportamento linear decrescente ocorreu em ambas as classes de sementes (Figura 7A). As sementes pesadas com valores variando de 15,56 cm (0 MPa) para 0,0 cm (-1,0 MPa), e as sementes leves de 14,56 cm (0 MPa) para 0,0 cm (-1,0 MPa). Contudo, as sementes pesadas obtiveram maior comprimento de raiz nos potenciais de -0,2, -0,4 e -0,8 MPa com 11,85; 7,92 e 3,56 cm, respectivamente (Tabela 6). Resultados semelhantes foram obtidos por Simon et al. (2017), pesquisando os efeitos do estresse hídrico em *Salvia hispanica* L. observaram um decréscimo no comprimento de raiz à medida que o potencial osmótico se tornava mais negativo. Rabbani et al. (2012) atribuem esse acentuado decréscimo no crescimento, a redução na expansão e turgidez celular. Analisando-se a interação entre as classes de sementes leves e pesadas, em cada nível de potencial osmótico, houve diferença no CR em todos os níveis exceto nos níveis de 0,0 MPa (controle), -0,6 MPa e -1,0 MPa (Tabela 6).

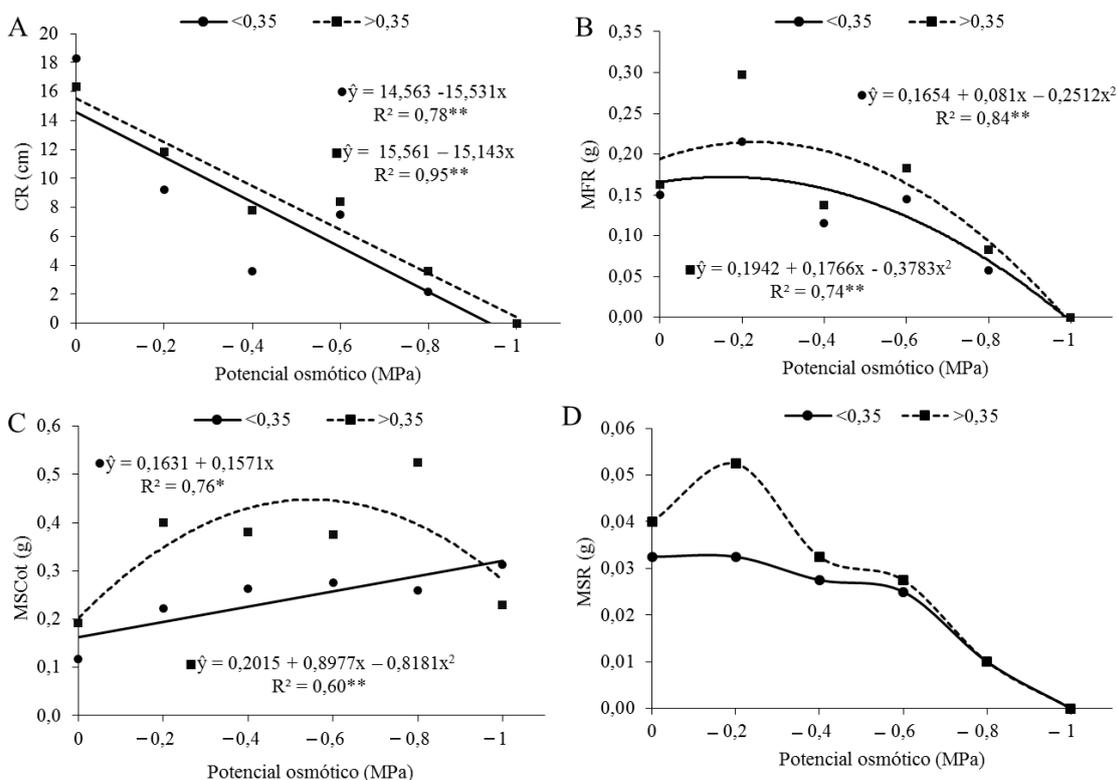
Houve ajuste ao modelo quadrático de regressão para a MFR em ambas as classes de sementes. Sementes pesadas obtiveram valor máximo de MFR de 0,21 g (-0,23 MPa) e para sementes leves o valor máximo foi de 0,17 g (-0,16 MPa) dessa forma observa-se plântulas oriundas de sementes pesadas possuem mais aptidão para se desenvolver na

presença de déficit hídrico (Figura 7B). Neste estudo foi verificado que a redução do potencial osmótico dificultou a emissão de epicótilo mesmo nos menores potenciais (Figura 6) e no potencial de -1,0 MPa a emissão de parte aérea e raiz da plântula foi totalmente inibida, promovendo completo impedimento da germinação. Almeida et al. (2014) estudando os efeitos do estresse hídrico em plântulas de *Amburana cearensis*, também observaram que a capacidade de crescimento das raízes superou a parte aérea, com maior alocação de biomassa para região radicular e atribui esse comportamento como um mecanismo de tolerância a seca.

A interação entre as classes de sementes em cada nível de potencial osmótico mostra que a MFR das plântulas oriundas de sementes pesadas superou as leves, com incremento de 27 e 17% nos potenciais de -0,2 e -0,6 MPa, respectivamente (Tabela 6).



**Figura 6.** Plântulas procedentes de sementes leves (<0,35g) e pesadas ( $\geq$ 0,35g) submetidas a diferentes potenciais osmóticos após os 25 dias de instalação do teste de germinação.



**Figura 7.** Variáveis morfológicas de plântulas provenientes de sementes leves (< 0,35 g) e pesadas ( $\geq$  0,35 g) de *L. auriculata* submetidas a diferentes níveis de potencial osmótico. CR: comprimento de raiz (A), MFR: massa fresca de raiz (B), MSCot: massa seca de cotilédone (C), MSR: massa seca de raiz (D).

Para a variável MSCot, os dados se ajustaram ao modelo quadrático de regressão, destacando-se nas sementes pesadas, valor máximo de 0,45 g na concentração de -0,55 MPa; enquanto nas sementes leves observa-se comportamento linear crescente, com valor de 0,12 g no controle (0,0 MPa) e 0,23 g em potencial osmótico mais negativo de -1,0 MPa; observando-se dessa forma, que sementes leves são mais sensíveis a redução do potencial osmótico (Figura 7C). A limitada disponibilidade hídrica, nos menores potenciais hídricos influencia diretamente a hidratação dos tecidos e, conseqüentemente, o desencadeamento dos processos bioquímicos para a mobilização de reservas essenciais no processo de germinação e estabelecimento de plântulas, acarretando em maior massa de cotilédone, pois a mobilização de reservas para a formação de plântulas foi baixa, com redução de comprimento, massa fresca e seca de raiz (BEWLEY e BLACK, 1994; AZERÊDO et al., 2016).

Por outro lado, Breno e Carvalho (2008) estudando o efeito do tamanho da semente associado ao estresse hídrico na germinação de *Clitoria fairchildiana* R. Howard, observaram que nas sementes grandes, a massa seca do cotilédone se manteve

constante, entretanto, para as médias, a massa seca do cotilédone decresceu quanto mais negativo se tornava o potencial osmótico. Na interação entre as classes de sementes, em cada nível de potencial osmótico, para a MSCot houve variação apenas para os níveis de -0,2 e -0,8 MPa, onde sementes pesadas alcançaram valores superiores (Tabela 6).

Na figura 7D, observa-se que a massa seca de raiz (MSR) apresentou comportamento linear decrescente apenas para as sementes leves, com valores próximos a 0,05g em potencial de 0,0 MPa alcançando valor nulo em -1,0 MPa, (Figura 7D). Corroborando com a presente pesquisa, Dutra et al. (2015), avaliando a germinação e o crescimento inicial de plântulas de *Jacaranda pteroides* submetidas a estresse hídrico, registraram redução nos valores médios de massa seca de raiz a próximos de zero conforme o potencial osmótico se tornava mais negativo.

**Tabela 6.** Análise da interação entre classes de sementes e níveis de estresse hídrico em *L. auriculata*.

	G (%)					
	0 MPa	-0,2 MPa	-0,4 MPa	-0,6 MPa	-0,8 MPa	-1,0 MPa
<0,35 g	94,00a	91,00a	56,00b	77,00b	29,00b	0,00a
≥0,35 g	95,00a	97,00a	78,00a	89,00a	55,00a	0,00a
	PCG					
	<0,35 g	93,33a	86,00a	21,00b	68,00a	7,00b
≥0,35 g	93,00a	91,00a	64,00a	77,50a	31,00a	0,00a
	IVG					
	<0,35 g	6,52b	4,93a	1,43b	3,38a	0,73b
≥0,35 g	7,80a	3,73b	2,88a	3,39a	1,57a	0,00a
	CR (cm)					
	<0,35 g	18,28a	9,24b	3,60b	7,52a	2,16b
≥0,35 g	19,22 a	11,85a	7,82a	8,37a	3,56a	0,00a
	MFR (g)					
	<0,35 g	0,15a	0,22b	0,12a	0,15b	0,06a
≥0,35 g	0,16a	0,30a	0,14a	0,18a	0,08a	0,00a
	MSCot (g)					
	<0,35 g	0,12a	0,22b	0,26a	0,28a	0,26b
≥0,35 g	0,19a	0,40a	0,38a	0,38a	0,53a	0,31a

Letras iguais, minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. MFCot: massa fresca de cotilédone, CR: comprimento de raiz, Massa fresca de raiz, PCG: primeira contagem de germinação, Ger: Germinação, IVG: índice de velocidade de germinação, TMG: tempo médio de germinação.

Do ponto de vista ecológico, a inibição na germinação das sementes pode ser vista como estratégia de adaptação e conservação da espécie em ambientes áridos e

semiáridos, onde os mecanismos de dormência da espécie permaneceram ativos até a disponibilidade de condições favoráveis ao estabelecimento da planta. Desse modo, estudos posteriores são necessários para averiguação se, após o estresse hídrico por determinado período, as sementes possuem a capacidade de germinar quando submetidas a condições favoráveis de desenvolvimento, indicando que a espécie possui mecanismos adaptativos para lidar com estresse abiótico e perpetuar a espécie.

## CONCLUSÕES

As sementes de *Luetzelburgia auriculata* se mostram sensíveis ao estresse hídrico, com efeito prejudicial para a maioria das variáveis analisadas, sobretudo para sementes mais leves;

Sementes pesadas ( $\geq 0,35$  g) de *L. auriculata* são mais tolerantes ao estresse hídrico devendo ser priorizadas para formação de mudas destinadas a recuperação de áreas degradadas em locais de baixa precipitação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J. P. N.; PINHEIRO, C. L.; LESSA, B. F. T.; GOMES, F. M.; MEDEIROS FILHO, S. Estresse hídrico e massa de sementes na germinação e crescimento de plântulas de *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, p. 777-787, 2014.

AZERÊDO, G. A.; PAULA, R. C.; VALERI, S. V. Germinação de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. Sob estresse hídrico. **Revista Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 193-202, 2016.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Prenum Press, 1994. 445 p.

DUTRA, T. R.; MASSAD, M. D.; MATOS, P. S.; OLIVEIRA, J. C.; SARMENTO, M. F. Q. Germinação e crescimento inicial de plântulas de carobinha-do-campo submetido ao estresse hídrico e salino. **Agropecuária Científica no Semiárido**. v. 10, n. 4, p. 39-45, 2014.

LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M.C.; BARROS, M. L. B. **Ecologia e conservação da caatinga**, Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003. 822 p.

FARIAS, S. B. G.; FREIRE, A. L. O.; SANTOS, D. R.; BAKKE, I. A.; SILVA, R. B. Efeitos dos estresses hídrico e salino na germinação de sementes de gliricidia [*Gliricidia sepium* (JACQ.) Steud.]. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 4, p. 152-157, 2009.

FERREIRA, W. N.; LACERDA, C. F.; COSTA, R. C.; MEDEIROS FILHO, S. Effect of water stress on seedling growth in two species with different abundances: the importance of Stress Resistance Syndrome in seasonally dry tropical forest. **Acta Botânica Brasílica**, v. 29, p. 375-382, 2015.

FIGUEIREDO, M. F.; NOGUEIRA, F. C. B.; PINHEIRO, C. L.; BRITO, S. F.; MEDEIROS FILHO, S. Germination of *Encholirium spectabile* Mart. ex Schult. & Schult. f. Seeds in Response to Temperature and Water Stress. **American Journal of Plant Sciences**, v. 5, p. 2237-2246, 2014.

FLOWERS, T. J. Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 55, p. 307-319, 2004.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; VIANA, J. S.; GONÇALVES, E. P.; LIMA, C. R.; SANTOS, R. N. S. Germinação e vigor de sementes de *Apeiba tibourbou* Aubl. submetidas ao estresse hídrico e diferentes temperaturas. **Ciência Florestal**, v. 23, p. 45-53, 2013.

KHAN, M. L. Effects of seed mass on seedling success in *Artocarpus heterophyllus* L., A tropical tree species of north-east India. **Acta Oecologica**, v. 25, p.103–110, 2004.

LIMA, C. R.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, K. R. G.; PACHECO, M. V.; ALVES, E. U. Qualidade fisiológica de sementes de diferentes árvores matrizes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 2, p. 370-378, 2014.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed., Londrina: ABRATES, 2015, 660p.

MARTINS, C. C.; PEREIRA, M. R. R.; LOPES, M.T.G. Germinação de sementes de eucalipto sob estresse hídrico e salino. **Bioscience Journal**, v. 30, p. 318-329, 2014.

MOURA, M. R.; LIMA, R. P.; FARIAS, S. G. G.; ALVES, A. R.; SILVA, R. B. Efeito do estresse hídrico e do cloreto de sódio na germinação de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. **Revista Verde**, v. 6, n. 2, p. 230 – 235, 2011

NOGUEIRA, F. C. B.; BEZERRA, M. L.; PINHEIRO, C. L.; BRITO, S. F.; FILHO, S. M. *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke Seed Germination in Response to Temperature, Light and Water Stress. **American Journal of Plant Sciences**, v. 5, p. 3796-3904, 2014.

OLIVEIRA, A. B.; GOMES-FILHO, E.; ENÉAS-FILHO, J. Condicionamento osmótico e fatores que afetam essa técnica: envelhecimento das sementes e estresses abióticos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 11, p. 01-18, 2010.

PEREIRA, M. R. R.; MARTINS, C. C.; MARTINS, D.; SILVA, R. J. N. Estresse hídrico induzido por soluções de PEG e de NaCl na germinação de sementes de nabiça e fedegoso. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, p. 687-696, 2014.

PEREIRA, M. R. R.; MARTINS, C. C.; SOUZA, G. S. F. de.; MARTINS, D. Influência do estresse hídrico e salino na germinação de *Urochloa decumbens* E *Urochloa ruziziensis*. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 4, p. 537-545, 2012.

- PIMENTEL C. A relação da planta com a água. Seropédica, Edur, 2004, p. 171-191.
- RABBANI, A. R. C.; MANN, R. S.; FERREIRA, R. A.; PESSOA, A. M. S.; BARROS, E. S.; MESQUITA, J. B. Restrição hídrica em sementes de moringa (*Moringa oleifera* L.). **Revista Científica UDO Agrícola** v. 12, n. 3, p. 563-569, 2012.
- SALEHI-LISAR, S. Y.; BAKHSHAYESHAN-AGDAM, H. Drought Stress in Plants: Causes, Consequences, and Tolerance. In.: HOSSAIN, M. A. et al. (Eds.). Drought Stress Tolerance in Plants: **Physiology and Biochemistry**. New York: Springer International Publishing, 2016. v. 1, p. 1-16.
- SANTOS, C. A.; SILVA, N. V.; WALTER, L. S.; SILVA, E. C. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Germinação de sementes de duas espécies da caatinga sob déficit hídrico e salinidade. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 87, p. 219- 224, 2016.
- SILVA, M. L. M.; ALVES, E. U.; BRUNO, R. L. A.; SANTOS-MOURA, S. S.; SANTOS NETO, A. P. Germinação de sementes de *Chorisia glaziovii* o. Kuntze submetidas ao estresse hídrico em diferentes temperaturas. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 3, p. 999-1007, 2016.
- SILVA, P. C. G.; MOURA, M. S. B.; KIILL, L. H. P.; BRITO, L. T. L.; PEREIRA, L. A.; SÁ, I. B.; CORREIA, R. C.; TEIXEIRA, A. H. C.; CUNHA, T. J. F. E GUIMARÃES FILHO, C. 2010. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. In: SÁ, I. B. E SILVA, P. C. G. da S. Semiárido Brasileiro: Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação. Embrapa Semiárido. Petrolina. p. 7-48.
- SIMON, C. A.; SORANA, C. K. P. M.; ALVES, C. Z.; Estresse hídrico na germinação e vigor de sementes de chia. **Revista Ciências Agroambientais**, v. 15, n. 1, p. 1-5, 2017.
- URSULINO, M. M.; COSTA, M. P. S. D.; MEDEIROS, J. G. F.; ALVES, E. U.; ARAUJO, P. C.; BRUNO, R. L. A.; ARAUJO, L. R. Seed viability of *Dimorphandra gardneriana* subject to water stress in different temperatures. **Ciência Rural**, v. 46, p. 2090-2095, 2016.
- VASCONCELOS, A. L. **Perfil anatômico fitoquímico, antimicrobiano e citotóxico de *Luetzelburgia auriculata* (Allemão) Ducke**, 2012, 90 f, Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2012,

VILLELA, F. A.; DONI FILHO, L.; SIQUEIRA, E. L. Tabela do potencial osmótico em função da concentração de polietilenoglicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, p. 1957-1968, 1991.

OLIVEIRA, I. V. M.; ANDRADE, R. A.; MARTINS, A. B. G. Influência do tamanho-peso da semente na precocidade de emergência de bacuripari (*Rheedia gardneriana*). **Revista Caatinga**, v. 19, n. 4, p. 387-390, 2006.

**CAPITULO IV**

**RELAÇÕES FISIOLÓGICAS DIÁRIAS EM MUDAS DE *Luetzelburgia*  
*auriculata* (Alemão) ORIUNDAS DE DIFERENTES CLASSES DE SEMENTES**

**RELAÇÕES FISIOLÓGICAS DIÁRIAS EM MUDAS DE *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) ORIUNDAS DE DIFERENTES CLASSES DE SEMENTES**

**RESUMO**

As respostas fisiológicas das espécies florestais revelam seu desempenho em diferentes ambientes, servindo como parâmetro na escolha de espécies destinadas a áreas de reflorestamento. Diante do exposto, o objetivo da pesquisa foi avaliar as relações fisiológicas, ao longo do dia, em mudas de *Luetzelburgia auriculata* provenientes de duas classes de sementes. O experimento foi realizado, em ambiente protegido na Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II, Areia, PB. O curso diário das trocas gasosas foi realizado em mudas com 60 dias fornecendo os efeitos máximos dos elementos meteorológicos, sobre as características analisadas entre as 8:00h da manhã e as 16:00h da tarde, com intervalo de 120 minutos, totalizando 10 avaliações para mudas oriundas de cada classe de sementes. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 5 sendo duas classes de sementes (leves  $<0,35$  e pesadas  $\geq 0,35$  g) e cinco horários de leitura (8:00; 10:00; 12:00; 14:00 e 16:00 horas). As trocas gasosas foram analisadas, assim como suas relações com componentes meteorológicos. Os dados de trocas gasosas foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Os cursos diários foram submetidos à análise de regressão polinomial. Além disso, foi feita a correlação entre as variáveis, para identificar a sinergia entre as características mensuradas. Houve diferença significativa para todas as variáveis em função do horário do dia. Foram verificadas correlações de alta magnitude entre as variáveis. A medida que a temperatura aumenta a umidade relativa do ar diminui e os estômatos se fecham evitando a perda de água limitando a entrada de gás carbônico e saída de oxigênio, regulando também a transpiração da planta, e conseqüentemente, se os estômatos reduzem a atividade a temperatura da folha aumenta. A taxa de fotossíntese líquida, transpiração e a condutância estomática decresceu ao longo do dia, apresentando valores mínimos às 16 horas. Há efeito direto das modificações ambientais ao longo do dia nas respostas fisiológicas de *Luetzelburgia auriculata*, e a classe de sementes não influencia nas relações fisiológicas das mudas.

**Palavras-chave:** trocas gasosas, semiárido, classe de sementes.

**LOGICAL RELATIONSHIPS ON DUCKES OF *Luetzelburgia auriculata* (Alemão)  
Ducke IN THE FUNCTION OF SEEDS**

**ABSTRACT**

The physiological responses of forest species reveal their performance in different environments, serving as a parameter in the selection of species destined to reforestation areas. In view of the above, the objective of the research was to evaluate the physiological relationships, throughout the day, in *Luetzelburgia auriculata* seedlings from two seed classes. The experiment was carried out in a greenhouse at the Federal University of Paraíba (UFPB), Campus II, Areia, PB. The daily course of gas exchange was carried out in 60-day seedlings providing the maximum effects of the meteorological elements, on the analyzed characteristics between 8:00 am and 4:00 p.m., with an interval of 120 minutes, totalizing 10 evaluations for seedlings from each seed class. The experimental design was completely randomized in a 2 x 5 factorial scheme, with two classes of seeds (light weight  $<0.35$  and heavy  $\geq 0.35$  g) and five reading times (8:00, 10:00, 12:00, 2:00 p.m. and 4:00 p.m.). The gas exchanges were analyzed, as well as their relationships with meteorological components. Gas exchange data were submitted to analysis of variance and the means were compared by the Tukey test ( $p \leq 0.05$ ). The daily courses were submitted to polynomial regression analysis. In addition, the correlation between the variables was made to identify the synergy between the measured characteristics. There was a significant difference for all variables according to the time of day. Correlations of high magnitude were verified between the variables. As the temperature increases the relative humidity of the air decreases and the stomata close, preventing water loss by limiting the entrance of carbon dioxide and oxygen output, also regulating the transpiration of the plant, and consequently, if the stomata reduce the activity to sheet temperature increases. The rate of liquid photosynthesis, transpiration and stomatal conductance decreased throughout the day, presenting minimum values at 16 hours. There is direct effect of environmental modifications throughout the day on the physiological responses of *Luetzelburgia auriculata*, and the seed class does not influence the physiological relationships of seedlings.

**Keywords:** gas exchange, semiarid, seed class.

## INTRODUÇÃO

A espécie *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke, é encontrada na caatinga brasileira, predominante em manchas isoladas de florestas tropicais sazonalmente secas, em áreas relativamente pequenas (CARDOSO et al., 2014). Endêmica do Nordeste brasileiro pode ser encontrada nos estados da Bahia, Ceará, Maranhão, Piauí e Paraíba, considerada uma espécie rústica adaptada a terrenos secos e pedregosos (LORENZI, 2008). Devido as suas características, pode ser utilizada em programas de reflorestamento, recuperação de áreas degradadas e exploração comercial de sua madeira (VASCONCELOS, 2012).

As respostas fisiológicas das espécies florestais, sejam nativas ou exóticas, são importantes indicadores do desempenho dessas espécies em ambientes variados contribuindo na seleção de espécies destinadas a restauração de áreas degradadas (NOGUEIRA e SILVA-JUNIOR, 2001). Essas respostas são controladas pelas condições ambientais e por características da espécie (TONELLO e TEIXEIRA FILHO, 2013), portanto, ao longo do dia a planta apresenta desempenho distinto, influenciadas principalmente pela temperatura, umidade relativa do ar e disponibilidade hídrica do solo (CARON et al., 2014).

O conhecimento das condições edafoclimáticas favoráveis e limitantes é fundamental para entender a ecologia e adaptação das espécies florestais ao ambiente, sobretudo na recomposição de ecossistemas naturais, seja na introdução ou reintrodução de determinada espécie (FRITZSONS et al., 2017). As relações ecológicas com outros organismos são determinantes no estabelecimento do vegetal, principalmente quando há presença de espécies exóticas que não coevoluiram juntas.

O sucesso na recuperação de áreas degradadas depende de uma série de fatores bióticos e abióticos, dentre os mais relevantes, a escolha da espécie destaca-se, pois, a seleção incorreta pode levar a maiores perturbações ao ambiente já degradado (SALOMÃO et al., 2012). Desse modo, a utilização de espécies vegetais no reflorestamento é dependente de uma série de informações prévias que vão desde a qualidade fisiológica das sementes até o seu desenvolvimento em áreas degradadas.

No estabelecimento inicial em campo as mudas estão sujeitas a condições edafoclimáticas desfavoráveis, além disso, o plantio mal conduzido e a competição com outras plantas pode dificultar o crescimento inicial das mudas, acarretando em elevadas taxas de mortalidade (CLOSE et al., 2005).

A escolha de sementes para composição das mudas é uma fase crítica em que as leves são mais vulneráveis a mortalidade por fontes múltiplas. Essa característica pode influenciar na persistência e abundância das espécies pois, interações bióticas, como a predação de sementes, podem desempenhar funções no esclarecimento de padrões entre espécies de plantas na natureza (PARDINE et al., 2017). A influência da massa de sementes no desempenho da planta pode depender de efeitos intrínsecos como hormônios associados a germinação, quantidade e mobilização de reservas, efeitos extrínsecos, a exemplo da temperatura e umidade relativa do ar disponibilidade hídrica e interações com outras espécies e microrganismos (KHAN, 2004).

Diversos fatores estão interligados nas respostas fisiológicas das espécies a diferentes ambientes. A concentração interna e externa de gases influencia diretamente na taxa fotossintética (CONCEIÇÃO et al., 2008), espécies com altas taxas de absorção do CO<sub>2</sub> apresentam elevada transpiração (KLAR, 1984), sendo a transpiração controlada pela condutância estomática que é altamente influenciada por fatores climáticos (PEREIRA NETO, 2002; TAIZ e ZEIGER, 2017).

Fatores genéticos também possuem forte influência na fisiologia das espécies, contudo, o conhecimento do curso transpiratório, fotossintético e acúmulo de carbono ao longo do dia nas espécies nativas do semiárido brasileiro são pouco estudados em comparação a outras espécies (FREIRE et al., 2014; SILVA et al., 2015; SILVA et al., 2016; ALVAREZ et al., 2016; SOUZA et al., 2016; SANCHEZ et al., 2017; ARANTES et al., 2018). Dessa forma, o conhecimento do comportamento fisiológico de espécies nativas a exemplo de *L. auriculata* são vitais não só do ponto de vista científico, mas para prever a adaptabilidade dessas espécies em ambientes de reflorestamento.

Levando em conta a importância da espécie do ponto de vista ecológico para o meio ambiente e a inexistência de registros na literatura sobre sua ecofisiologia, o objetivo da pesquisa foi avaliar as alterações fisiológicas, ao longo do dia, em mudas de *Luetzelburgia auriculata* provenientes de duas classes de massa de sementes.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

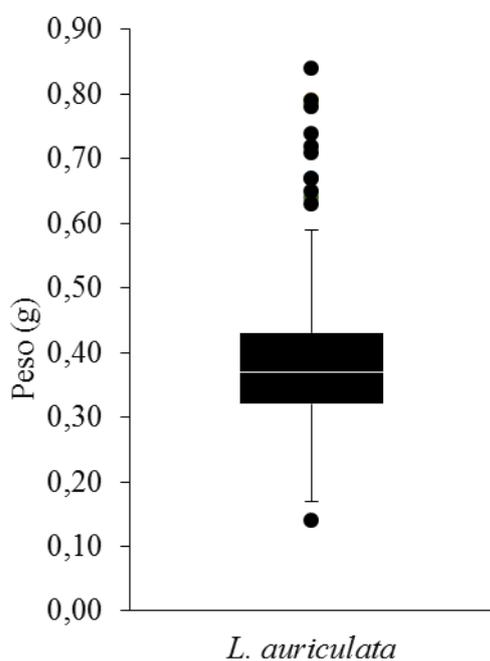
### ***Coleta e beneficiamento das sementes***

As sementes de Pau mocó (*Luetzelburgia auriculata*) foram coletadas manualmente de 10 matrizes vigorosas e isentas de sintomas de pragas e doenças, no mês de julho de 2016, na Fazenda de Poço da Pedra, situada no município de Caridade-

CE a 100,4 km de Fortaleza. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é BSw'h', isto é, semiárido muito quente, com estação chuvosa no verão, inferior a 750 mm (CAETANO et al., 2011).

As sementes foram extraídas manualmente e colocadas para secar à sombra por três dias. Posteriormente, as sementes foram acondicionadas em sacos de polietileno e armazenadas em câmara fria ( $\pm 12$  °C e 50%) até a instalação do experimento.

Antes da instalação do experimento, cada unidade de semente foi pesada individualmente em balança analítica (0,0001 g), com a finalidade de dividir a amostra em duas classes de sementes de acordo com sua massa específica, definidas em leves ( $< 0,35$  g) e pesadas ( $\geq 0,35$  g) (Figura 8). As categorias leves ( $< 0,35$ ) e pesadas ( $\geq 0,35$ ) foram determinadas com base na frequência de ocorrência da massa de sementes (Figura 1B) obtidas a partir da pesagem aleatória de 400 sementes.



**Figura 8.** Distribuição de massa pelo boxplot para amostra de 400 sementes de *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke.

### ***Local e obtenção das mudas***

O experimento foi conduzido em condições de ambiente protegido com telhado transparente de acrílico e laterais de tela antiafídio da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II, Areia, PB (06° 57' 48" S 35° 41' 30" W), durante a condução do

experimento a temperatura mínima, média e máxima foi de 21,7 °C, 39,5 °C e 45,6 °C, respectivamente e umidade relativa de 15%, 35% e 79%, respectivamente.

As mudas utilizadas no experimento foram produzidas em copos descartáveis com capacidade para 400 mL, tendo como substrato areia lavada. Trinta dias após a semeadura (DAS) momento em que as mudas apresentavam quatro folhas expandidas foi realizado o transplântio para vasos com capacidade de 5 L, contendo substrato (Tabela 7) composto por solo, areia lavada, e esterco caprino na proporção de (1: 1: 1).

**Tabela 7.** Análise química do substrato utilizado para a produção de mudas de *Luetzelburgia auriculata*

pH	P	K	Na	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H+Al	C	MO	SB	CTC	V%
	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	-----cmol <sub>c</sub> <sup>-1</sup> dm <sup>3</sup> -----						g/kg	g/kg			
7,5	250,17	946,41	0,64	7,71	7,09	0,62	0,00	0,33	15,89	27,39	10,77	11,10	97,03

Fonte: Laboratório de Análise de Solos; Departamento de Ciências do Solo – UFPB, Areia-PB.

### **Condução do experimento**

Para determinar a capacidade de campo cinco amostras do substrato foram secas em estufa à 105 °C, até atingir peso constante. Em seguida quantificou-se o volume de água necessário para saturar as amostras. Para monitorar a capacidade de campo, quatro vasos foram pesados antes de efetuar a irrigação, verificando-se, assim, a quantidade de água necessária para atingir 60% da capacidade de campo. Aos 30 dias após o transplântio (DAT) as leituras de curso diário de trocas gasosas foram realizadas.

O curso diário foi mensurado em dia considerado típico na agroclimatologia, em condições de zero nebulização, fornecendo, dessa forma, os efeitos máximos dos elementos meteorológicos, sobre as características analisadas entre as 8:00 horas da manhã e as 16:00 horas da tarde, com intervalo de 120 minutos, totalizando 10 avaliações para cada classe de sementes.

### **Variáveis**

Utilizando-se o analisador de gás por radiação infravermelha [Infra redgasanalyser (IRGA), Mod. Li-COR® 6400 XT] foram analisadas as seguintes variáveis: Concentração interna de CO<sub>2</sub> (*C<sub>i</sub>*) ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ); Condutância estomática (*g<sub>s</sub>*) ( $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ); Transpiração (*E*) ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ); Taxa de fotossíntese líquida (*A*) ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ); Temperatura da folha (TF) (°C). Posteriormente a coleta dos dados, foram quantificadas

a eficiência instantânea no uso da água (A/E), e eficiência instantânea de carboxilação (A/C<sub>i</sub>).

As medidas da temperatura do ambiente (TA °C) e umidade relativa do ar (UR%) foram determinadas utilizando-se um termohigrômetro [ICOTERM®].

### ***Delineamento experimental***

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 5 sendo duas classes de sementes (leves <0,35 e pesadas ≥0,35 g) e cinco horários (8:00; 10:00; 12:00; 14:00 e 16:00 horas), com 4 repetições de 5 plantas, na parcela.

### ***Análise dos dados***

Os dados foram submetidos a análise de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, quando seguiram distribuição normal foram submetidos a análise de variância (ANAVA) e as médias referentes aos dados qualitativos comparadas pelo teste de Tukey (P<0,05). Quando significativo, os dados quantitativos foram submetidos à análise de regressão polinomial (P≤0,05) utilizando-se o programa estatístico SISVAR 4.3 (FERREIRA, 2011). As variáveis foram correlacionadas entre si com base na correlação de Pearson com auxílio do Software Statistica 10.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O resumo da análise de variância demonstrou que houve efeito significativo (p ≤ 0,01) do tempo em todas as variáveis avaliadas. Entretanto, entre as classes de sementes não ocorreu variação para nenhuma das variáveis, bem como na interação entre os dois fatores (Tabela 8). Esses resultados indicam que a massa da semente não possui efeito direto no desempenho fisiológico de mudas de *L. auriculata*.

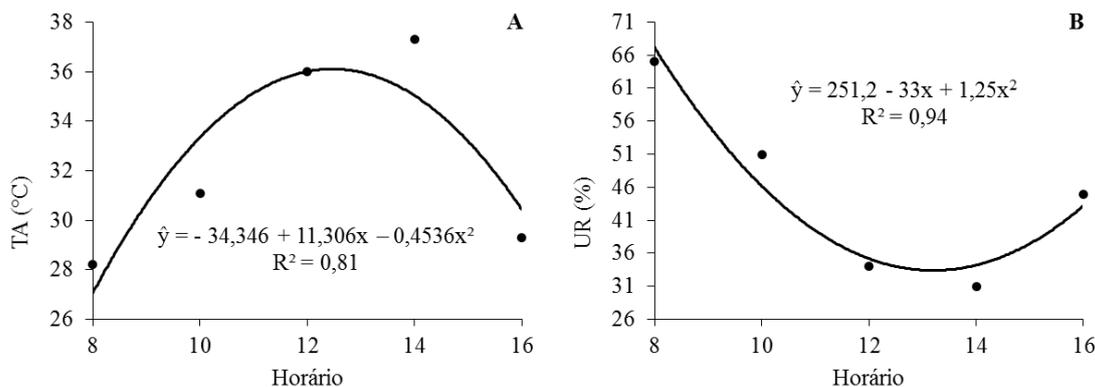
**Tabela 8.** Resumo da ANAVA para características fisiológicas em mudas de *Luetzelburgia auriculata* provenientes de classes de sementes leves (< 0,35 g) e pesadas ( $\geq$  0,35 g).

FV	A	gs	Ci	E	TF	A/E	A/C <sub>i</sub>
Massa (M)	0,54 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	0,124 <sup>ns</sup>	0,235 <sup>ns</sup>	3,514 <sup>ns</sup>	1,55 <sup>ns</sup>	0,568 <sup>ns</sup>
Tempo (T)	48,19 <sup>**</sup>	37,09 <sup>**</sup>	26,52 <sup>**</sup>	36,51 <sup>**</sup>	57,95 <sup>**</sup>	15,53 <sup>**</sup>	11,36 <sup>**</sup>
M x T	1,65 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	1,36 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	2,13 <sup>ns</sup>	1,47 <sup>ns</sup>
Erro	0,128	0,00014	2632,04	0,04	2,04	0,03	0,0001
CV (%)	16,44	1,15	22,8	12,09	4,35	11,25	1,08
Regressão							
Linear	160,62 <sup>**</sup>	124,11 <sup>**</sup>	4,46 <sup>*</sup>	133,34 <sup>**</sup>	21,50 <sup>**</sup>	14,46 <sup>**</sup>	18,84 <sup>**</sup>
Quadrática	12,11 <sup>**</sup>	17,082 <sup>**</sup>	101,58 <sup>**</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	209,73 <sup>**</sup>	43,34 <sup>**</sup>	19,81 <sup>**</sup>
Cúbica	15,27 <sup>**</sup>	1,26 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	4,88 <sup>*</sup>	0,65 <sup>ns</sup>	1,47 <sup>ns</sup>	3,88 <sup>*</sup>
Massa	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	$\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	$\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	$^{\circ}\text{C}$	-	-
<0,35	2,15a	1,02a	223,25a	1,66a	32,58a	1,74a	1,01a
$\geq$ 0,35	2,21a	1,02a	226,93a	1,68a	33,12a	1,79a	1,01a

\*\*significância a 1%, \*significância a 5%, ns - não significativo, ambos pelo teste F, A: Taxa de fotossíntese líquida, gs: Condutância estomática, Ci: Concentração interna de CO<sub>2</sub>, E: Transpiração, TF: Temperatura da folha, A/E: Eficiência do uso da água, A/C<sub>i</sub>: Eficiência de carboxilação.

Durante a avaliação do experimento, a temperatura interna do ambiente e a umidade relativa do ar apresentaram ajuste quadrático ao modelo de regressão, com valores máximos de temperatura de 35,7 °C, por volta de meio dia (Figura 9A), esta variável correlacionou-se negativamente ( $r = -0,90$ ) com a umidade relativa do ar com 33,4% as 13 horas (Figura 9B). A TF seguiu a mesma tendência da TA com correlação de alta magnitude ( $r=0,78$ ) e ajuste ao modelo quadrático com coeficiente de determinação de  $r^2 = 0,99$ , com temperatura máxima de 35,49 °C as 12 horas e 38 min. (Figura 10G). Corroborando, Caron et al. (2014) conduzindo estudo com a espécie *Bauhinia forficata* mostraram que o aumento da temperatura do ambiente também causou aumento na temperatura da folha.

As plantas podem ter sua TF elevada em relação a TA, em horas próximas ao meio dia em que há maior radiação solar, tanto para plantas de metabolismo C3 como para C4, sendo as C3 mais atingidas pelos efeitos (TAIZ e ZEIGER 2013). Vale destacar que a temperatura da folha é regulada pela transpiração da planta, pois se os estômatos se encontram fechados ocorre redução da transpiração e aumento da temperatura foliar em consequência da diminuição da dissipação de calor latente (SILVA et al., 2015). Neste estudo foi verificada forte semelhança entre a TA e TF e horário de máxima temperatura (Figura 9 e 10).



**Figura 9.** Variáveis meteorológicas ao longo do dia em mudas de *Luetzelburgia auriculata* provenientes de sementes leves (< 0,35 g) e pesadas ( $\geq$  0,35 g). TA: Temperatura do ambiente (A), UR: umidade relativa (B).

A taxa de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs) e transpiração (E), seguiram o mesmo comportamento, observando-se decréscimo nos valores ao final da tarde (Figura 10). A taxa de fotossíntese líquida (A) apresentou valor máximo de 6,91  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  às 9:00 horas, decrescendo ao longo do dia atingindo valores mínimos de 1,35  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  às 16:00 horas (Figura 10A). Comportamento semelhante também foi observado com outra espécie da caatinga o *Zizyphus joazeiro*, onde Santos et al. (2014) constataram maiores valores das taxas de fotossíntese nas primeiras horas da manhã, e diminuição com o passar do dia, evidenciando uma redução da fotossíntese a partir da limitação estomática em função da redução da umidade relativa do ar e aumento da temperatura do ambiente.

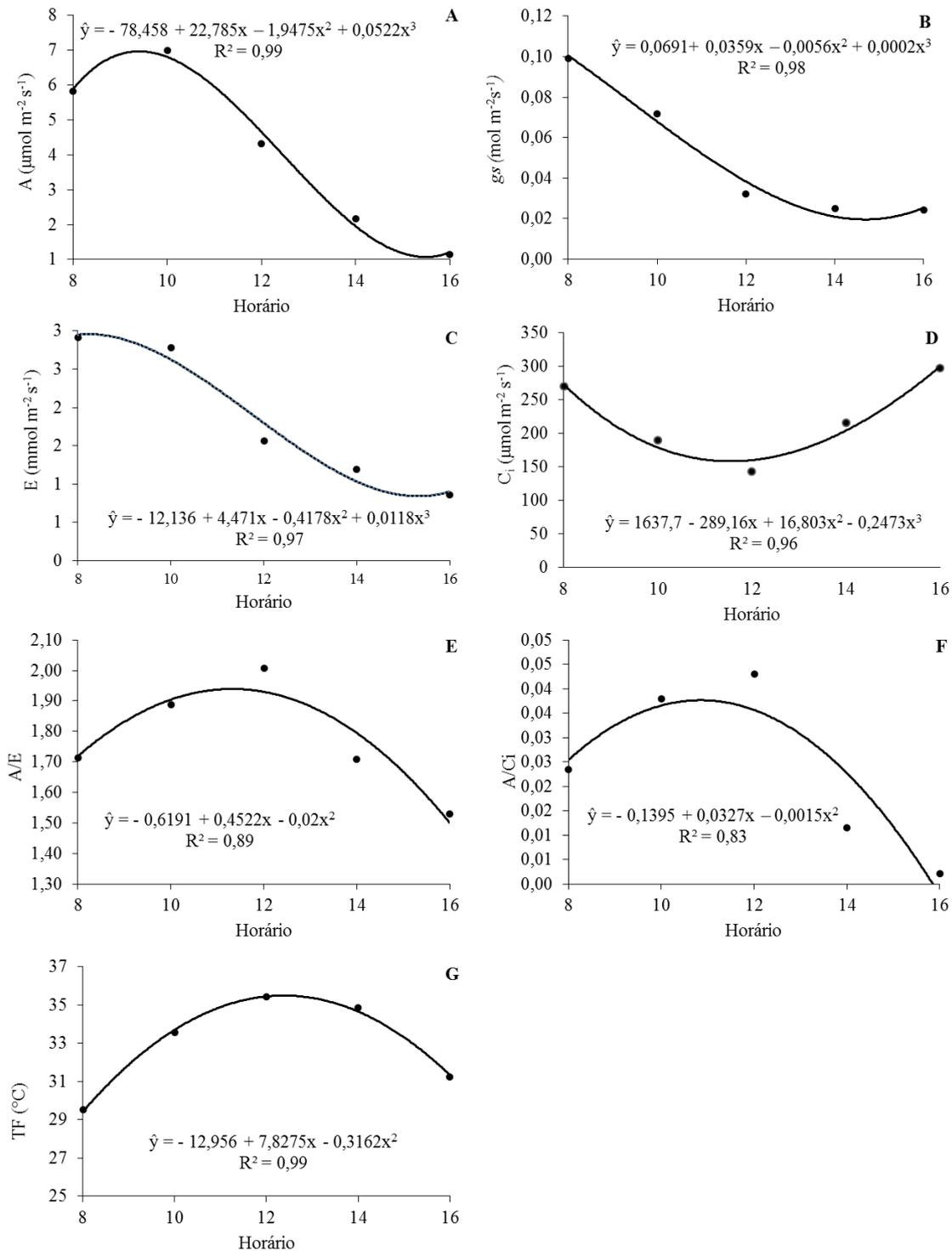
De forma similar ao que foi observado na presente pesquisa, Costa e Marengo (2007), trabalhando com *Carapa guianensis*, registraram valor máximo de 2,5  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  às 10:00 horas e redução até 1,5  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  por volta das 14:45 horas, alcançando valores mínimos em virtude da baixa radiação solar. Além da baixa radiação solar, esse decréscimo nos valores de fotossíntese pode ser atribuído a redução da condutância estomática (COSTA e MARENCO, 2007). Apesar da semelhante resposta entre as espécies, o pico na taxa fotossintética em *L. auriculata* foi expressivamente maior em comparação a *C. guianensis*, (Costa e Marengo, 2007) o que pode estar associada a características do ambiente, idade da planta ou a fatores genéticos. Contudo, sob as mesmas condições é provável que a taxa de crescimento e adaptação a elevadas temperaturas seja mais eficiente em *L. auriculata*.

Na condutância estomática (gs), constata-se maior atividade nas primeiras horas do dia, com valores máximos (0,10  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) às 8:00 horas reduzindo

progressivamente ao longo do dia, com valores mínimos de  $0,02 \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  às 15:00 horas. Observa-se uma redução de 80% na abertura dos estômatos em relação às 8:00 horas (Figura 10B), a qual ocorreu possivelmente pela redução da condutância hidráulica pelo decréscimo da permeabilidade do protoplasma (MACHADO et al., 2011). Vale ressaltar que a  $g_s$  é responsável pelo fluxo de entrada e saída de água,  $\text{O}_2$  e  $\text{CO}_2$  pelos estômatos (MACHADO et al., 2010)

A transpiração máxima foi observada às 8:00 horas, com  $2,93 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  diminuindo gradativamente ao longo do dia, registrando-se a mínima ( $0,77 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) às 16:00 horas; isso em virtude do decréscimo nas taxas de condutância estomática no fim da tarde (Figura 10C). Resultado semelhante foi observado por Santos et al. (2013), no qual registraram em mudas de *Anadenanthera colubrina* decréscimo com valor de  $0,89 \text{ mmol m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  às 16:00 horas. A reduzida transpiração está correlacionada com a condutância estomática ( $r= 0,94$ ), onde o fechamento dos estômatos pode ser interpretado como estratégia utilizada para manter a turgescência no período em que ocorre maior demanda de vapor de água pela atmosfera (CARON et al., 2014).

A concentração interna de  $\text{CO}_2$  apresentou ajuste ao modelo quadrático de regressão, ao longo dos períodos do dia avaliados, com valor máximo de  $299,77 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  ao final da tarde (16:00 horas.), e mínimo de  $160,07 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , por volta de meio dia. A reduzida concentração interna de  $\text{CO}_2$  ao meio dia pode estar associada a redução na condutância estomática nesse mesmo período e a intermediária taxa fotossintética que incorporou o carbono interno ao ciclo de Calvin em taxas maiores do que a entrada do gás pelos estômatos (KLEIN et al., 2016). Quando a taxa fotossintética foi reduzida expressivamente a partir das 14 horas ocorreu aumento na concentração interna de  $\text{CO}_2$  (Tabela 9).



**Figura 10.** Variáveis fisiológicas ao longo do dia em mudas de *Luetzelburgia auriculata* provenientes de sementes leves (< 0,35 g) e pesadas (≥ 0,35 g). A: Taxa de fotossíntese líquida (A), gs: Condutância estomática (B), E: Transpiração (C), C<sub>i</sub>: Concentração interna de CO<sub>2</sub> (D), A/E: Eficiência do uso da água (E), A/C<sub>i</sub>: Eficiência de carboxilação (F) e TF: temperatura da folha (G).

A eficiência do uso da água ( $A/E$ ) e a eficiência de carboxilação ( $A/C_i$ ) apresentaram desempenho similar durante os horários de leitura, com ajuste ao modelo quadrático com picos em horário próximo ao meio dia e  $r^2$  acima de 0,80. Na  $A/E$ , observou-se valores máximos 1,94 por volta das 11:31 horas, havendo queda em função do horário, chegando a valores mínimos as 16:00 horas. Esse parâmetro fisiológico é a quantidade de água evapotranspirada responsável pela produção de matéria seca (MACHADO et al., 2011); ou seja, é a relação de unidade de água que a planta perde por cada carbono que a planta fixa (JAIMEZ et al. 2005); produzida em quantidade variável entre as espécies vegetais (LARCHER 2004). Foram observadas correlações moderadas correspondente ao  $A/E$  x  $A/C_i$  (0,55) (Tabela 9).

A eficiência de carboxilação ( $A/C_i$ ) é a relação da assimilação de  $CO_2$  em função da variação de sua concentração interna na folha, a qual apresentou valores máximos de 0,04 as 11:30, decrescendo ao longo do dia chegando a valores nulos no fim da tarde. Observa-se que o fator limitante para a eficiência de carboxilação é a taxa fotossintética, tendo em vista que a concentração interna de carbono é elevada ao final do dia, estando associada pelo influxo de carbono ou pela liberação de  $CO_2$  da respiração. Nesse mesmo sentido, Ferraz et al. (2012) encontraram resultados mais altos de  $A/E$  também em horários próximos ao meio dia em ecótipos de feijoeiros cultivados no semiárido (0,079; 0,070; 0,068  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). Essa eficiência de carboxilação da enzima rubisco é influenciada por fatores do ambiente ou da planta, que afetam o processo fotossintético (CAMILLI et al., 2007).

O estudo da correlação entre as variáveis demonstrou que 78% das variáveis se correlacionaram, sendo 53,58% das correlações positivas. Coeficientes de correlação de elevada magnitude foram observados entre  $TA$  x  $UR$  ( $r = -0,90$ ),  $A$  x  $E$  ( $r = 0,87$ ),  $g_s$  x  $E$  ( $r = 0,94$ ),  $A$  x  $g_s$  ( $r = 0,77$ ) e  $C_i$  x  $A/E$  ( $r = -0,84$ ), houve correlações moderadas entre  $g_s$  x  $TF$  ( $r = -0,56$ ),  $A/C_i$  x  $C_i$  ( $r = -0,62$ ) e entre  $A/E$  x  $A/C_i$  ( $r = 0,55$ ). Os coeficientes de correlação observados neste estudo apontam forte interação entre as variáveis fisiológicas, indicando que os fatores ambientais são determinantes na taxa fotossintética desta espécie e devem ser levados em consideração para a introdução desta espécie em novas áreas que não sejam de ocorrência natural (Tabela 9).

As correlações de alta magnitude mostram que a temperatura do ambiente influencia na umidade relativa do ar e na condutância estomática, ou seja, a medida que a temperatura aumenta a umidade relativa do ar diminui e os estômatos se fecham evitando a perda de água limitando a entrada de gás carbônico e saída de oxigênio,

regulando também a transpiração da planta, e conseqüentemente, se os estômatos reduzem a atividade a temperatura da folha aumenta. Por outro lado, se os estômatos estão abertos ocorre a atividade fotossintética de forma efetiva havendo transpiração e com a concentração interna de CO<sub>2</sub> mais baixa nos horários mais quentes a eficiência do uso da água é elevada.

**Tabela 9.** Coeficientes de correlação de Pearson existentes entre os elementos meteorológicos e as variáveis fisiológicas em mudas de *Luetzelburgia auriculata*.

	TA	UR	A	gs	Ci	E	TF	A/E	A/C <sub>i</sub>
TA	1,00								
UR	-0,90**	1,00							
A	-0,23*	0,46**	1,00						
gs	-0,50**	0,71**	0,77**	1,00					
Ci	-0,51**	0,37**	-0,29**	0,24*	1,00				
E	-0,36**	0,60**	0,87**	0,94**	0,09	1,00			
TF	0,78**	-0,74**	-0,13	-0,56**	-0,66**	-0,32**	1,00		
A/E	0,29**	-0,14	0,42**	-0,05	-0,84**	0,02	0,36**	1,00	
A/C <sub>i</sub>	0,10	0,03	0,54**	0,20	-0,62**	0,31**	0,25*	0,55**	1,00

\*\*significância a 1%, \*significância a 5%. Temperatura do ambiente (TA), Umidade relativa do ar (UR), Taxa de fotossíntese líquida (A), Condutância estomática (gs), Concentração interna de CO<sub>2</sub> (CI), Transpiração (E), Temperatura da folha (TF), Eficiência do uso da água (A/E), Eficiência de carboxilação (A/C<sub>i</sub>).

De forma geral, observa-se efeito direto das modificações ambientais ao longo do dia nas respostas fisiológicas de *L. auriculata*, as quais devem ser levadas em consideração no momento do plantio e para introdução desta espécie em novas áreas que não seja de ocorrência natural. Além disso, não foi observado efeito da massa da semente nos fatores fisiológicos avaliados, onde provavelmente a massa de sementes exerça efeito mais evidente nas fases iniciais de estabelecimento de plântulas.

## CONCLUSÕES

Trocas gasosas de mudas de *Luetzelburgia auriculata* sofrem interferência ao longo do dia com pico de atividade metabólica entre 10 e 12 horas, sendo dependentes de fatores meteorológicos, que promovem a redução da condutância estomática e transpiração desde as primeiras horas do dia;

As relações fisiológicas de mudas de *Luetzelburgia auriculata* não são influenciadas pelas classes de sementes.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALVAREZ, R. C. F.; CRUSCIOL, C. A. C.; NASCENTE, A. S.; RODRIGUES, J. D.; HABERMANN, G.; PAIVA NETO, V. B. Etil-trinexapac afetando o crescimento e as trocas gasosas do arroz de terras altas. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 2, p. 320–326, 2016.

ARANTES, A.; DONATO, S. L. R.; SIQUEIRA, D. L.; COELHO, E. F. Trocas gasosas de bananeiras tipo prata cultivadas em diferentes sistemas de irrigação. **Revista Engenharia agrícola**, v. 38, n. 2, 2018.

CAETANO, R. F.; LOPES, F. B.; TEIXEIRA, A. S. Estimativa da aridez no Estado do Ceará usando Sistemas de Informação Geográfica. In: **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, p.8904 - 8911. 2011.

CAMILLI, L.; IKEJIRI, L.; JEFERSON KLEIN, J.; RODRIGUES, J. D.; BOARO, C. S. F. Produtividade e Estimativa da Eficiência de Carboxilação in vivo da Enzima Rubisco em Girassol Ornamental Cultivado em Lodo de Esgoto. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 2, p. 858-860, 2007.

CARDOSO, D. B. O. S.; QUEIROZ, L. P.; DE LIMA, H. C. A taxonomic revision of the South American papilionoid genus *Luetzelburgia* (Fabaceae). **Botanical journal of the Linnean Society**, v. 175, n. 3, p. 328-375, 2014.

CARON, B. O.; PERRANDO, E. R.; SCHMIDT, D.; MANFRON, P.A.; BEHLING, A.; ELLI, E.F.; ELOY, E. Relações fisiológicas em mudas de pata-de-vaca (*Bauhinia forficata* Link). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.16, n. 2, p. 196-201, 2014.

CLOSE, D. C.; BEDLE, C. L.; BROWN, P. H. The physiological basis of containerised tree seedling ‘transplant shock’: A review. **Australian Forestry**, v. 68, n. 2, p. 113-121, 2005.

CONCENÇO, G.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; GALON, L.; REIS, M. R.; D'ANTONINO, L.; VARGAS, L.; SILVA, L. V. B. D. Eficiência fotossintética de biótipos de azevém em condição de competição. **Planta Daninha**, v. 19, n. 2, p. 247-253, 2008.

COSTA, G. F.; MARENCO, R. A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazônica**, v. 37, n. 2, p. 229 – 234, 2007.

FERRAZ, R. L. S.; MELO, A. S.; SUASSUNA, J. F.; BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; NUNES JÚNIOR, E. D. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 2, p. 181-188, 2012.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FREIRE, J. L. O.; DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FERNANDES, P. D.; LIMA NETO, A. J. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p. 82-91, 2014.

FRITZSONS, E.; WREGE, M. S.; MANTOVANI, L. E. Climatic factors for limiting araucaria distribution in São Paulo state. **Scientia Forestalis**, v. 45, n. 116, 2017.

JAIMEZ, R. E.; RADA, F.; GARCÍA-NÚÑEZ, C.; A. AZÓCAR. Seasonal variations in leaf gas exchange of plantain cv. ‘Hartón’ (*Musa AAB*) under different soil water conditions in a humid tropical region. **Scientia Horticulturae**, v. 104, n. 1, p. 79-89, 2005.

JONES, J. W. Plant resistance to water flow in field soybeans: I. Non-limiting soil moisture. **Agronomy journal**, v. 74, p. 92-105, 1982.

KHAN, M. L. Effects of seed mass on seedling success in *Artocarpus heterophyllus* L., a tropical tree species of north-east India. **Acta Oecologica**, v.25, p.103–110, 2004.

KLAR, A.E. Evapotranspiração. In: **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. 2.ed. São Paulo: Nobel, 1984. 408 p.

KLEIN, J.; RAMPIM, L.; KESTRING, D.; GUIMARÃES, V. F.; RODRIGUES, J. D. Influência de protetores físicos coloridos nas trocas gasosas em mudas de Canafístula [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.], **Ciência Florestal**, v. 26, n. 3, p. 797-809, 2016.

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

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. São Paulo, Instituto Plantarum, 2008, 384p

PARDINI, E. A.; PATTEN, M. V.; KNIGHT, T. A. M. Effects of seed density and proximity to refuge habitat on seed predation rates for a rare and a common. *Lupinus species*. **American Journal of Botany**, v. 104, n. 3, p. 1–10, 2017.

SALOMÃO, R. P.; JÚNIOR, S. B.; ANTÔNIO CORDEIRO SANTANA, A. C. Análise da florística e estrutura de floresta primária visando a seleção de espécies-chave, através de análise multivariada, para a restauração de áreas mineradas em unidades de conservação. **Revista Árvore**, v. 36, n. 6, 2012.

SANCHES, R. F. E.; CATARINO, I. C. A.; BRAGA, M. R.; SILVA, E. A. Influência da alta concentração atmosférica de CO<sub>2</sub>(↑[CO<sub>2</sub>]atm) × disponibilidade hídrica nas relações hídricas, trocas gasosas e acúmulo de carboidratos em *Coffea arabica* L. **Hoehnea**, v. 44, n. 4, p. 635-643, 2017.

SANTOS, C. A.; WALTER, L. S.; LIMA, O. M. L. R.; SILVA, C. V. S.; BARRETO, T. H. L.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Curso diário das trocas gasosas em mudas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. **In: XIII Jornada de ensino, pesquisa e extensão – JEPEX**. UFRPE: Recife, 2013.

SILVA, A.; BRITO, M. E. B.; FRADE, L. J. G.; NOBRE, R. G.; COSTA, F. B. C.; MELO, A. S.; SILVA, L. A. Crescimento e trocas gasosas de genótipos de feijão-caupi sob estratégias de cultivo. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 3, p. 745-758, 2016.

SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, L. M. B.; MELO, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 19, n. 10, p. 946–952, 2015.

SOUZA, E. R.; AMARO, A. C. E.; SANTOS, L. S.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Fenologia e trocas gasosas da videira cv. Sweet Sunshine em clima semiárido. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 3, p. 319-333, 2016. TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TONELLO KC, TEIXEIRA FILHO J. Transpiração e condutância estomática de *Eucalyptus* sp em resposta à radiação global e diferentes condições hídricas. **Irriga**, v. 18, n. 4, p. 607-23, 2013

VASCONCELOS, A. L. **Perfil anatômico fitoquímico, antimicrobiano e citotóxico de *Luetzelburgia auriculata* (Allemão) Ducke.** 2012. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciências 538 Farmacêuticas. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE. 2012.