



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS**  
**GENÉTICOS VEGETAIS**



**ELIZA MAIARA NOGUEIRA DE SENA**

**VULNERABILIDADE DE ACESSOS DE SEMENTES DE**  
***Erythrina velutina* WILLD. (Fabaceae) A ESTRESSES**  
**ABIÓTICOS**

Feira de Santana - BA

2017

**ELIZA MAIARA NOGUEIRA DE SENA**

**VULNERABILIDADE DE ACESSOS DE SEMENTES DE  
*Erythrina velutina* WILLD. (Fabaceae) A ESTRESSES  
ABIÓTICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, da Universidade Estadual de Feira de Santana como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Recursos Genéticos Vegetais.

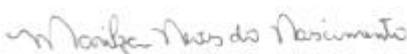
Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Claudinéia R. Pelacani Cruz  
Coorientadora: Dr<sup>ª</sup>. Bárbara França Dantas

Feira de Santana – BA

2017

## **BANCA EXAMINADORA**

  
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado  
(Universidade Federal de Sergipe - UFS)

  
Profa. Dra. Marilza Neves Nascimento  
(Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS)

  
Profa. Dra. Claudinéia Regina Pelacani Cruz  
(Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS)  
Orientadora e Presidente da Banca

Feira de Santana-BA

2017

Dedico aos meus pais José e Maria, minhas irmãs Maiane e Roberta, e a minha sobrinha Luna.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por dar-me força e proteção a cada amanhecer.

Aos meus pais José Elias e Maria Angélica por acreditar e confiar em mim, na educação que me deram, tudo era tão simples, mas os ensinamentos foram grandiosos. Aquela menina tímida que não podia sair de perto dos pais que chorava, conseguiu ir longe, hoje mais um sonho esta se concretizando. Amo vocês.

Agradeço as minhas irmãs Maiane e Roberta pelo apoio nas minhas decisões, por sempre estarem comigo quando, por me dar abrigo em Juazeiro (sede), por ficarem horas no telefone ouvindo as minhas suplicas, fazendo com que as viagens ao horto florestal encurtassem, pelos momentos que tive ausente e vocês sempre compreendendo, pela ajuda financeira em etapas anteriores ao mestrado, pois sem ela hoje eu não estaria aqui.

Agradeço a minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Claudinéia pela atenção desde o nosso primeiro encontro, obrigada pela orientação, incentivo, confiança, pela calma na hora das explicações, pela disponibilidade em me ajudar sempre, principalmente na parte escrita, a senhora contribuiu muito para o meu aprendizado.

A minha coorientador Dr<sup>a</sup> Bárbara Dantas pela orientação, ensinamentos, e disponibilidade em me ajudar principalmente nas análises estatísticas, muito obrigada!!!

A minha amiga irmã Bárbara Laís, minha confidente, companheira de uma longa estrada, essa vem lá da graduação para ser mais precisa vem desde o primeiro dia de aula da faculdade, e com fé em Deus para uma vida toda. Obrigada pelas explicações, conselhos, ensinamentos, ombro amigo, por me acompanhar e apresentar cada canto da UEFS e boa parte de Feira(risos). Obrigada pela convivência diária durante esses dois anos. Amo você!!

Meu obrigada vai para todos do laboratório LAGER, pelo carinho receptividade que fui recebida neste laboratório. Nanah, a primeira que conheci, obrigada pelas ajudas nas avaliações dos experimentos, pela companhia nas idas e vindas ao horto, obrigada pela companhia na minha primeira ida ao Feira VI, por ensinar os ônibus que passavam no horto, pelos debates dos artigos, as tardes que você disponibilizou para me ajudar, muito obrigada por tudo. Natalia meu muito obrigada pela força nos experimentos, pela disponibilidade, carinho e atenção em me ajudar nos experimentos e para interpretar os meus primeiros

resultados, tornando uma grande amiga. Verônica, obrigada por ajudar nas horas das avaliações, pela companhia nas idas e vindas ao horto, tornando uma grande amiga.

Mileide, parceira de turma e de orientadora, sempre presente durante os meus experimentos, sempre estava à disposição, obrigada pelas caronas, mais uma amiga que o mestrado me presenteou.

Aos estagiários do LAGER: Neto, Josandra, Laura e Warley muito obrigada pela companhia e ajuda durante a realização dos experimentos.

Aos funcionários, colegas e amigos do laboratório de sementes da Embrapa semiárido, muito obrigada pela boa acolhida e receptividade, pela amizade que construí com cada um de vocês. Não tenho do que reclamar, pois quando cheguei no laboratório e tinha dúvidas todos me tratavam com muita atenção e carinho, o qual foi recíproco. Obrigada Zizinho, Beto, Gilmara, Samara, Daniele, Jaciara, Janete, Renata, Fabricio e Marcelo.

Agradecer também a minha amiga Gilmara por todos os conselhos, dicas, ajuda nos experimentos, como ela já era da área de sementes, suas palavras sempre confortava a minha insegurança (logo no início do mestrado). Pelas conversas na escada do prédio, por escutar as minhas histórias, você se tornou uma grande amiga.

Fabricio e Marcelo obrigada por tudo! Pela ajuda nas análises estatísticas, pelos conselhos por ouvir minhas suplicas e vocês se tornaram grandes amigos!

Agradecer a três amigas (Barbara, Clisneide e Patrícia) que me deram força e coragem para passar as noites no laboratório durante os primeiros dias de experimento, jamais vou esquecer esse gesto de amor, por que só quem gosta muito sai de suas casas para ir passar a noite em um colchonete dentro de um laboratório! Vocês são especiais!

Agradecer a minha amiga Clisneide essa também vem lá da graduação, do primeiro dia de aula. Amiga, obrigada pelas sábias palavras quando fui tentar a seleção de mestrado e sempre que necessitava de uma palavra amiga, obrigada.

Agradecer a todos os meus colegas de Curso (mestrado e doutorado) pelos estudos compartilhados, pelas conversas nos corredores, na Van ou ônibus vindo das aulas no Horto Florestal, pelos conselhos que vão além da sala de aula, pela amizade construída no decorrer desses dois anos obrigada! Aline, Luma, Flavia, Mileide, João, Iasmin, Daiane Rodrigues, Cristina, Sammia, Fabiana, Fabricio e Gilmara.

Obrigada de forma especial as amigas que fiz no Feira VI, obrigada Luma e Flávia pela companhia. Cristina muito obrigada por me acolher. Foi um momento muito difícil, aquele que nós não temos controle. Obrigada por abrir a porta de sua casa e me dar abrigo sempre que foi necessário. Aline você é muito especial e tornou a minha conselheira, saiba que as suas palavras chegaram no momento certo.

Agradecer a Daiane Rodrigues (Day) e Patrícia, amigas que o mestrado me presenteou. Podia sempre contar com elas nos momentos de solidão longe de casa.

Pacheco, Lucas e Robson por tornar meu semestre 2016.1 mais alegre, muito obrigada.

Agradecer os Funcionários e vigilantes do Horto Florestal pela atenção e socorro nas horas de apuros.

Agradecer a Danilo pelo ombro amigo na hora dos apertos, você estava longe, mas sempre que precisei de uma palavra de conforto você estava do outro lado do celular.

Agradecer a minha primeira orientadora Dr<sup>a</sup> Maria Aldete, por todos os ensinamentos e orientações na minha iniciação científica, onde seus incentivos despertou em mim a vontade de fazer mestrado.

A Embrapa Semiárido pela estrutura física e acesso a toda infraestrutura.

A CAPES/Embrapa pelo apoio financeiro (bolsa auxílio).

A todos os meus familiares e amigos que me apoiaram durante a minha trajetória estudantil.

A todos que direta e indiretamente contribuíram para eu chegar aqui, não foi fácil, mas graças ao meu bom Deus eu venci.

## RESUMO

A situação de estresse na caatinga tende a se agravar pelas mudanças no clima onde se prevê maiores temperaturas, escassez de água e maior salinização do solo. Estudos que avaliem as diferenças de tolerância de sementes aos estresses abióticos entre acessos ou genótipos da mesma espécie podem constituir ferramentas fisiológicas importantes e complementares para a seleção de grupos de plantas mais adaptadas às pressões ambientais. Esse trabalho teve como objetivos comparar a vulnerabilidade de sementes de diferentes acessos de *Erythrina velutina* (Fabaceae) à estresses abióticos; avaliar a qualidade fisiológica das sementes; e determinar os limites de tolerância aos estresses salino, hídrico e térmico. Os ensaios foram conduzidos nos laboratórios de sementes da Embrapa Semiárido (Petrolina-PE) e no de Germinação da UEFS (Feira de Santana –BA). Os ensaios foram montados em delineamento inteiramente casualizado, quatro repetições de 10 sementes para o teste de vigor e de 50 sementes para os estresses. Em relação ao vigor inicial as sementes de todos os acessos apresentaram 100% de emissão de radícula na primeira contagem. As sementes dos acessos foram afetadas pela adição de cloreto de sódio na solução apresentando limite crítico de germinação aos 36 dS.m<sup>-1</sup> para alguns. A protrusão radicular foi afetada também com a diminuição do potencial osmótico da solução causada pelo PEG 6000 tendo limite de germinação em -0,9 MPa. A germinação de sementes de *E. velutina* ocorreu sob amplo limites de temperatura, 5 a 40 °C. De modo geral os estresses impostos pelo cloreto de sódio e PEG não comprometeram a viabilidade do poder germinativo, visto que as sementes dos acessos apresentaram alta porcentagem de germinação quando as condições ideais foram reestabelecidas, exceto as de Caiçara 2011. A temperatura ótima de germinação de *E. velutina* ocorreu na faixa de 25 a 30 °C.

**Palavras-Chave:** Germinação. Salinidade. PEG. Tolerância térmica. Mulungu.

## ABSTRACT

The stress situation in Caatinga is aggravated by climate changes, from which are predicted higher temperatures; water scarcity and higher soil salinization. Studies evaluating differences in seeds tolerance to abiotic stress among samples or genotypes of the same species can constitute physiologic tools and significant and complementary information for the selection of the most adapted group to environmental pressures. This work aimed to compare the seed vulnerability of different samples of *Erythrina velutina* (Fabaceae) to abiotic stress; evaluate the physiologic quality of seeds and determine the tolerance limits to saline, hydric and thermic stress. The assays were conducted at EMBRAPA semiarido Seeds laboratory and at the Germination laboratory of State University of Feira de Santana. In addition, the assays were entirely randomly mounted, four repetitions of 10 seeds for the vigor test and 50 seeds for the stress test. In the initial vigor, the seeds of all samples showed 100% of radicle emission at the first count. The seeds samples were affected by the addition of sodium chloride in the solution, exhibiting critical limit at  $36\text{dSm}^{-1}$  for some samples. The radicular protrusion was affected with the decrease of the osmotic potential of the solution, which was caused by PEG 6000, limiting the germination in  $-0,9\text{ MPa}$ . The seed germination of *E. velutina* occurs at broad limits of temperature, from 5 to  $40^{\circ}\text{C}$ . Generally, the stress imposed by sodium chloride and PEG did not compromise the viability of the seed germinal power as the seeds of the samples showed high rate of germination when the ideal conditions were reestablished, excepting Caiçara 2011. The great temperature of *E. velutina* germination occurs between 25 to  $30^{\circ}\text{C}$ .

**Key-words:** Germination. Salinity. PEG. Thermic tolerance. Mulungu.

## SUMÁRIO

<b>1.INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 Caatinga .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 Caracterização botânica da espécie estudada.....</b>	<b>15</b>
<b>2.3 Pressões ambientais e mudanças climáticas.....</b>	<b>17</b>
<b>2.4 Dormência, germinação e vigor de sementes.....</b>	<b>20</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>22</b>
<b>3.1 Obtenção e caracterização de sementes.....</b>	<b>22</b>
<b>3.2 Escarificação mecânica e assepsia das sementes .....</b>	<b>23</b>
<b>3.3 Teste de vigor.....</b>	<b>23</b>
<b>3.4 Limites de tolerância de sementes a estresses abióticos .....</b>	<b>24</b>
3.4.1 Estresse salino.....	24
3.4.2 Estresse hídrico .....	24
3.4.3 Estresse térmico.....	25
3.4.4 Variáveis analisadas.....	25
<b>3.5 Delineamento e análise estatística.....</b>	<b>25</b>
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>27</b>
<b>4.1 Caracterização inicial e avaliação da qualidade fisiológica de diferentes acessos de sementes de <i>E. velutina</i> .....</b>	<b>27</b>
<b>4.2 Tolerância de acessos de sementes de <i>E. velutina</i> a estresses abióticos.....</b>	<b>29</b>
4.2.1 Efeito do estresse salino na germinação de acessos de sementes de <i>E. velutina</i> .....	29
4.2.1.1 Efeito do estresse salino no crescimento de plântulas de <i>E. velutina</i> .....	35
4.2.2 Efeito do estresse hídrico na germinação de acessos de sementes de <i>E.</i>	

<i>velutina</i> .....	38
4.2.2.1 Efeito do estresse hídrico no crescimento de plântulas de <i>E. velutina</i> .....	44
4.2.3 Efeito do estresse térmico na germinação de acessos de sementes de <i>E. velutina</i> .....	47
4.2.3.1 Efeito do estresse térmico crescimento de plântulas de <i>E. velutina</i> .....	52
<b>5. DISCUSSÃO</b> .....	55
<b>5.1 Caracterização inicial e avaliação da qualidade fisiológica de diferentes acessos sementes de <i>E. velutina</i></b> .....	55
<b>5.2 Efeito do estresse salino na germinação de acessos de sementes de <i>E. velutina</i></b> .....	57
<b>5.3 Efeito do estresse hídrico na germinação de acessos de sementes de <i>E. velutina</i></b> .....	59
<b>5.4 Efeito do estresse térmico na germinação de acessos de sementes de <i>E. velutina</i></b> .....	61
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	64
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	65

## 1. INTRODUÇÃO

A família Fabaceae se destaca entre as plantas mais conhecidas do mundo, sendo encontradas em todos os ambientes terrestres e muitas espécies podem ser utilizadas na alimentação humana, pastagens para animais, fornecimento de lenha e materiais de construção civil e como medicinal (QUEIROZ, 2009). *Erythrina velutina* Willd. conhecida vulgarmente como mulungu, faz parte dessa família cosmopolita e, caracteriza-se como árvore de porte médio, podendo ser encontrada na beira de rios, riachos, córregos e locais inundáveis em época chuvosa na Caatinga. Segundo Queiroz (2009), essa espécie pode ser utilizada como medicinal, na ornamentação de ruas e praças pela beleza das suas flores.

A propagação ocorre principalmente por meio de sementes as quais possuem características que conferem a esta a capacidade de tolerar o período de estiagem se mantendo viável até o período chuvoso, constituindo importante mecanismo de escape à seca (SILVA et al., 2011; CARVALHO, 2008; ZAIDAN; BARBEDO, 2004).

No caso particular de *E. velutina*, as sementes apresentam dormência tegumentar (CARVALHO, 2008). Essa característica permite que as sementes dessa espécie, dispersas na natureza, não germinem todas de uma só vez e permaneçam viáveis no solo emergindo em outra época que a situação climática seja favorável (MARCOS FILHO, 2015). Essa sementes são do tipo ortodoxas, sendo dispersas com teor médio de água em torno de 7% (SILVA et al., 2011), conferindo assim baixas taxas metabólicas que permitem as sementes se manterem em latência por longos períodos, podendo ser caracterizado como mecanismo importante de tolerância às condições ambientais (CASTRO; HILHORST, 2004; MARCOS FILHOS, 2015).

Diante da importância das sementes como segmento de propagação da maioria das espécies arbóreas ocorrentes na Caatinga, alguns questionamentos podem ser levantados no que diz respeito, principalmente, a variabilidade entre genótipos. E devido às pressões ambientais da própria Caatinga e das que estão previstas em função das alterações climáticas, as sementes dos diferentes genótipos e acessos, mesmo apresentando semelhante estratégia de manutenção da viabilidade, podem responder diferentemente quando submetidas às condições de estresses abióticos durante o processo de germinação (LACHER, 2000).

Considerando que a situação de estresse na Caatinga tende a se agravar pelas mudanças no clima, onde se prevê maiores temperaturas; escassez de água e maior aridez; alta taxa de evaporação e maior salinização do solo (IPCC, 2007; GONDIM et al., 2010; IPCC, 2014), ainda não se conhece os limites de tolerância de muitas espécies nativas, e nem quando

a germinação é completamente inibida pelos estresses e se existe diferença de desempenho entre acessos e populações. As diferenças de tolerância de sementes aos estresses abióticos entre acessos ou genótipos da mesma espécie podem constituir ferramentas fisiológicas e informações importantes e complementares para a seleção de grupos mais adaptados às pressões ambientais.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivos comparar a vulnerabilidade de sementes de diferentes acessos de *E. velutina* à estresses abióticos; avaliar a qualidade fisiológica das sementes; e determinar os limites de tolerância aos estresses salino, hídrico e térmico.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Caatinga

A Caatinga ocupa uma área de 935 mil km<sup>2</sup>, compreendendo partes dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Bahia, Sergipe, Maranhão e Minas Gerais (MAIA, 2012), correspondendo a 54% da Região Nordeste e a 11% do território brasileiro (ALVES et al., 2009).

Os vegetais que predominam a Caatinga experimentam adaptações ao longo do tempo como, por exemplo, as espécies, catingueira (*Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz.), juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.), mulungu (*E. velutina*), caraibeira (*Tabebuia caraíba* (Mart.) Bur.), umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.), umburana de cheiro (*Amburana cearensis* (Allem.) A. C. Smith.), apresentam a casca clara ou reluzente, diminuindo, assim, o aquecimento dos tecidos vivos, folhas pequenas, abscisão das folhas na época da estação seca, caules verdes e o armazenamento de água no caule, como nas cactáceas, ou nas raízes, como no umbuzeiro (*S. tuberosa*) (MAIA, 2012).

Os solos, com algumas exceções, são pouco desenvolvidos, mineralmente ricos, pedregosos e pouco espessos e com fraca capacidade de retenção da água. O relevo é representado pelo Escudo Nordestino aplainado e seu núcleo arqueado e falhado – o planalto do Borborema - com restos de cobertura sedimentar (ALVES, 2009). A vegetação rala e espinhosa é caracterizada pela caducifolia da maioria das espécies que são submetidas a déficit hídrico devido às baixas e irregulares precipitações pluviométricas (LIMA, 2012).

Existem duas estações distintas: a chuvosa, com poucas e irregulares chuvas de três a cinco meses no ano; e a seca (verão) onde se projeta de sete a nove meses, mostrando-se bastante severa nos últimos anos como, por exemplo, o quadriênio da seca de 2012 a 2015 (MARTINS; MAGALHÃES, 2015). O início das chuvas varia entre as diferentes regiões do Nordeste, e em anos chuvosos pode chegar a 1.000 mm/ano e em anos de secas a média anual de chuvas podem ser apenas de 200 mm/ano em algumas regiões (MAIA, 2012).

Além das condições edafoclimáticas, a exploração extrativista dos recursos naturais é um dos fatores que contribui para a devastação da Caatinga. Nos últimos anos tem alcançado índices preocupantes, pois a caça desordenada de animais silvestres, a extração de mel de abelha, coleta de frutos nativos e de plantas consideradas medicinais, a criação de animais e prática de agricultura vêm sendo apontadas como os principais fatores de degradação dos ecossistemas (PEREIRA FILHO et al., 2013).

## 2.2 Caracterização botânica de *Erythrina velutina*

As leguminosas estão entre as plantas mais conhecidas podendo ser utilizadas como fonte de alimento, a exemplo de *Phaseolus vulgaris* Wall.; e *Glycine max* L. Merrill e outras utilizadas para arborização de praças e avenidas por apresentarem exuberantes flores como o exemplo do mulungu (*Erythrina velutina*) (QUEIROZ, 2009). O gênero *Erythrina* L. compreende cerca de 115 espécies distribuídas em todas as regiões tropicais sendo que 11 espécies são encontradas no Brasil e oito dessas na região nordeste (CARVALHO, 2008; REFLORA, 2017). Essa espécie é conhecida popularmente como suinã, mulungu, canivete, corticeira, e a origem do nome *Erythrina velutina* vem do grego *erythros*, que significa “vermelho”, em alusão à cor de suas belas flores, e o epíteto específico *velutina* vem do latim, devido ao fato da folha apresentar idumento delicados e macios (CARVALHO, 2008).

*Erythrina velutina* foi descrita por Willd. no ano de 1801 (TRÓPICOS, 2016), como leguminosa arbórea. Na Caatinga ocorre preferencialmente nas áreas alagáveis em época chuvosa como beira de rios e riachos (LORENZI, 1992). Pode ocorrer também em florestas secas no oeste da América do sul, no Peru, Equador e Caribe (QUEIROZ, 2009). No Brasil ocorre nos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe e Minas Gerais (REFLORA, 2016), São Paulo, Espírito Santo (LORENZI, 1992), Maranhão e Rio de Janeiro (CARVALHO, 2008).

As plantas apresentam porte médio de 5 a 10 m de altura, seu tronco é espinhoso e com ramificações (MATOS; QUEIROZ, 2009). As folhas são trifolioladas, estípidas espessadas; apresentam botões florais lanceolados, encurvados e flores espatáceo, externamente tomentoso, lobos glandulares e espessados, pétalas vermelhas a vermelho alaranjadas e sementes vermelhas, reniformes (QUEIROZ, 2009).



**Figura 1.** *Erythrina velutina* Willd. (Fabaceae) (A e C), (B) sementes.

A floração de plantas de mulungu varia de acordo com a sua distribuição geográfica: em Minas Gerais ocorre no período de Julho a Agosto, na Bahia entre os meses de Julho a Dezembro, em São Paulo nos meses de Agosto a Setembro, no Rio de Janeiro de Setembro a Novembro, de Outubro a Dezembro no estado de Pernambuco, em Sergipe de Novembro a Dezembro, e por último no estado do Ceará de Janeiro a Fevereiro. Seus frutos e sementes são dispersos pela ação do vento e pelos pássaros (CARVALHO, 2008).

*Erythrina velutina* apresenta madeira leve, pouco resistente, sendo utilizada para fazer caixotes, tamancos, jangadas e vários tipos de brinquedo, cocho para colocar alimento para animais, faca de cortar papel, forma de modelação, molduras. As sementes vermelhas são usadas artesanalmente na confecção de colar, pulseira e brinco (LORENZI, 1992; QUEIROZ 2009; MATOS; QUEIROZ, 2009; CARVALHO, 2008).

A casca e as sementes são utilizadas na medicina popular, por apresentar propriedades sudoríficas, sedativa, calmante, emoliente e peitoral (CARVALHO, 2008). Trabalhos fitoquímicos com *E. velutina*, indicam que o extrato de folhas dessa espécie possui ação bioprodutora de diferentes metabólitos, alcaloides, flavonoides e taninos, e o seu extrato metanólico bruto promove alterações comportamentais no sistema nervoso central (LOPES 2010).

### 2.3 Pressões ambientais e mudanças climáticas

Segundo Marengo (2007), o derretimento das geleiras e aumento no nível do mar são algumas das consequências notáveis das mudanças climáticas observadas. Os modelos globais de clima projetam eventos extremos como enchentes, cheias, secas severas mais intensas e frequentes, furacões e ciclones tropicais. As secas dos últimos anos, registradas no semiárido nordestino levou a morte de muitas árvores e animais, agravando a biodiversidade do bioma Caatinga (EMBRAPA, 2016).

Os resultados dos estudos de Lacerda (2015) demonstraram que os cenários futuros de mudanças climáticas no semiárido, como a elevação da temperatura, diminuição pluviométrica anual geral e a perda da capacidade de armazenamento de água no solo ao longo dos anos, são fatores que indicam a aridificação no semiárido Pernambucano. Este estudo prevê ainda aumento da temperatura máxima anual de até 1,6 °C/década e diminuição da temperatura mínima.

O quinto relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) prevê que as alterações climáticas referem-se a uma mudança no estado do clima seguindo um extenso intervalo de tempo, e a causa dessas mudanças climáticas podem ser antrópica ou causas naturais. De acordo com o cenário de aquecimento global projetado pelo IPCC, a biodiversidade de algumas regiões corre riscos, pois eventos de secas e inundações estão previsto neste século, e ressaltam que lugares que ocorrem secas estarão mais vulneráveis a secas severas, como o semiárido do Nordeste do Brasil (IPCC, 2014).

Nas condições ambientais naturais, as plantas estão expostas periodicamente às variações climáticas cujas situações podem levar a estresses (TAIZ; ZAIGER, 2017). Da mesma forma que as plantas, as sementes também estão sujeitas a essas variações e, segundo Meiado et al. (2012), nos ambientes áridos e semiáridos do Nordeste brasileiro as sementes necessitarão de respostas positivas de vários fatores ambientais para ocorrer à germinação e o estabelecimento de plântulas.

A germinação e estabelecimento de plântulas de espécies arbóreas é uma fase importante para a perpetuação dessas espécies, sobretudo naquele ambiente onde é restrita a disponibilidade de água durante um período do ano. Contudo, a capacidade que algumas espécies tem de germinar sob condições estressantes soma a estas vantagens ecológicas em relação a outras que são sensíveis à seca (BRAGA et al., 2009).

A água é o veículo mais importante para as sementes germinarem, apresentando funções no amolecimento do tegumento, na respiração e nas trocas gasosas, na síntese e

atividades de enzimas e hormônios, translocação e assimilação das reservas. A falta de água no meio pode retardar ou mesmo inibir totalmente a germinação (KERBAUY, 2004) e, no período de florescimento das plantas, pode provocar redução do peso e tamanho das sementes e afetar o desempenho fisiológico (MARCOS FILHO, 2015; DIAS; NASCIMENTO, 2009).

Em alguns trabalhos com restrição hídrica foi possível observar que sementes de Cumaru (*A. cearensis*) apresentaram maiores porcentagem de germinação em água pura e em potencial osmótico de -0,2 MPa, e a partir desse potencial a germinação diminuiu chegando a zero nos potenciais -0,8 e -1,0 MPa (ALMEIDA et al., 2014). Antunes et al. (2011), trabalhando com sementes de catingueira (*P. pyramidalis*), observaram que a redução da velocidade média de germinação, diante da diminuição do potencial osmótico poderia ser explicada devido o PEG 6000 apresentar alta viscosidade e peso molecular, dificultando a embebição e, conseqüentemente, as sementes necessitariam de um maior tempo para a reorganização das membranas e desenvolvimento dos processos metabólicos. Nogueira et al. (2017), observaram que o estresse hídrico comprometeu de forma negativa a germinação e o vigor das plântulas de jurema-de-embira (*Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth.) a partir do potencial osmótico de -0,2 MPa. Em sementes de *Erythrina falcata* Benth., espécie arbórea nativa, os resultados da germinação mostraram ser afetados osmoticamente e que potenciais maiores de -0,4 MPa inibem de maneira drástica a protrusão radicular, o tempo médio e o índice de velocidade de germinação (PELEGRINI et al., 2013).

Sabe-se, ainda, que a temperatura é um fator primordial para acelerar o metabolismo da germinação e que quando sementes são expostas a ambientes de temperatura mais elevada isso poderá refletir no aumento da velocidade de germinação. Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), a germinação das sementes ocorre dentro de determinada faixa de temperatura e que, acima ou abaixo desses limites a germinação não ocorre.

Espera-se que sementes de espécies nativas da caatinga, local onde a temperatura é elevada na maior parte do ano, segundo Santos et al. (2016) apresentando valores superiores a 34°C; as sementes consigam germinar satisfatoriamente em uma ampla faixa de temperatura. Nas sementes de aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.), a faixa favorável de germinação ocorre nas temperaturas de 20 a 35°C (OLIVEIRA, 2015). Bispo (2016), trabalhando com lotes de diferentes safras de angico (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) BRENAN) em condições controladas, encontrou que a temperatura mínima de germinação foi 10 °C, e o limite de temperatura máxima para alguns lotes foi 40 °C e em outros foi de 47 °C. Ribeiro-Reis (2012), trabalhando com sementes de mulungu (*E. velutina*), observou que na temperatura de 40°C, temperatura máxima testada pela autora, a degradação das

macromoléculas não foi utilizada para o crescimento do eixo embrionário, refletindo numa menor porcentagem das sementes. Nessa espécie, a temperatura de 25 °C foi considerada ótima. Sementes de catingueira (*P. pyramidalis*) germinam entre 15 e 35 °C e tem seus limites mínimo e máximo na faixa de 5 a 10°C e 40 a 45°C, respectivamente (GOMES et al., 2015).

Segundo Pereira et al. (2013), sementes coletadas em diferentes locais podem apresentar diferentes comportamentos em relação à temperatura ideal para a germinação de sementes. Trabalhos que visam caracterizar a superioridade de acessos e genótipos devem introduzir avaliações dessa natureza, ampliando as informações sobre o potencial de sobrevivência e regeneração das espécies.

Outra condição encontrada nas regiões áridas e semiáridas e que pode interferir na germinação de sementes é a alta concentração de íons no solo, provocada pela baixa precipitação na maior parte do ano e a alta taxa de evaporação, fazendo com que os sais, não lixiviados, acumulem-se no solo (SANTOS et al., 2010; FAGERIA et al., 2010). O excesso de sal no solo é considerado um tipo de estresse e é agravado nas sementes como uma deficiência hídrica. A salinidade prejudica tanto a germinação como o crescimento de plântulas e, em geral, ambas as fases são sensíveis ao estresse salino (FERNANDES, et al., 2010).

A restrição hídrica em sementes, causada pela salinidade no solo, pode prejudicar a absorção de água, assim como alterar a atividade enzimática e a síntese de proteínas, podendo também afetar a cinética do processo germinativo (ANDRÉO-SOUZA, 2010; PINHEIRO, 2015). No caso de espécies que toleram alta salinidade, como exemplo sementes de mulungu, os teores de prolinas, contribuíram para o ajustamento osmótico, conferindo a esta espécie tolerância a estresse salino (RIBEIRO et al., 2014).

Segundo Secco et al. (2010), a porcentagem de germinação de sementes em meios salinos é um dos métodos bastante utilizado para determinar tolerância de plantas ao excesso de sais e a diminuição da germinação quando comparada ao controle, podendo indicar o índice de tolerância de uma dada espécie à salinidade. *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth., conhecida popularmente como sábia, pode ser considerada uma espécie glicófito, uma vez que as sementes não apresentaram tolerância ao cloreto de sódio, mostrando 12% de germinação no potencial osmótico de -1,0 MPa (MOURA et al., 2011). Sementes de *Z. joazeiro*, uma árvore típica do semiárido do Nordeste brasileiro, quando submetidas à restrição hídrica com NaCl, a partir do potencial - 0,3 MPa houve um decréscimo na germinação (13% ), e no potencial -0,9 MPa não houve germinação (LIMA; TORRES, 2009). Segundo Mistura et al.

(2011), o desenvolvimento das plântulas de cunhã (*Clitorea ternatea* L.), espécie forrageira com potencial para a região semiárida, foi comprometido com o aumento da concentração de cloreto de sódio na solução e, a partir de 2 dS.m<sup>-1</sup>, os efeitos foram acentuados.

#### 2.4 Dormência, germinação e vigor de sementes

Dormência é a incapacidade de uma semente viável germinar mesmo estando em ambiente com condições adequadas de água, luz, temperatura e oxigênio (STOEHR; EL-KASSABY, 2011). Portanto, a dormência pode ser conceituada como ausência de germinação em condições favoráveis à germinação de uma semente viável. Esse retardo da germinação ecologicamente pode ser explicado como a semente, evitando a germinação e, posteriormente seu crescimento em condições climáticas desfavoráveis (BEWLEY, 2013).

Aparentemente a dormência é um mecanismo de perpetuação para as espécies em algumas situações climáticas desvantajosas. A dormência retarda a germinação, distribuindo no tempo a sobrevivência de muitas espécies (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). As sementes de algumas espécies da Caatinga apresentam dormência tegumentar e, mesmo em condições favoráveis, não germinam, como é o caso de algumas leguminosas. Na natureza essa dormência pode ser superada pela ação de fungos, bactérias presentes no solo (FOWLER; BIANCHETTI, 2000) ou pelo pisoteio dos animais (BEZERRA, 2009).

Na Caatinga, as espécies com dormência tegumentar como o mulungu (*E. velutina*) (RIBEIRO- REIS, 2012), jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir) (SILVA, et al, 2011), jurema de imbira (*M. ophthalmocentra*) (FREITAS, 2016), sabiá (*M. caesalpiniiifolia*) (CARVALHO, 2007), mostraram germinação de sementes com índices altos de desuniformidade, podendo ser interpretado como uma estratégia importante para a sobrevivência das plantas. Outras espécies da Caatinga como de *Anadenanthera colubrina*, *Myracroduon urudeuva* não apresentam restrição tegumentar, as sementes germinam rapidamente quando as condições de umidade são restabelecidas no período chuvoso, tendo mecanismo diverso de adaptação como, por exemplo, rápido crescimento da raiz principal e axial, favorecendo o rápido estabelecimento das plântulas. (MELO et al., 2004; BARBOSA et al., 2003).

O processo de desenvolvimento e maturação das sementes envolve uma série de eventos geneticamente controlados e, a partir do momento em que a semente atinge o máximo de matéria seca, a planta mãe não fornece mais nutriente e, conseqüentemente, a maturidade

fisiológica é alcançada. Nesse ponto, as sementes apresentam a máxima qualidade fisiológica (germinação e vigor) e mínima degradação (DIAS; NASCIMENTO, 2009).

A ativação dos processos metabólitos inicia através da embebição de água, e sementes com tegumento impermeável à absorção de água permanece intacta até passarem por algum processo de escarificação que permita a passagem da água para o interior dos tecidos embrionários. A absorção inicial de água é um processo puramente físico, portanto, tanto sementes viáveis ou mortas embebem (NONOGAKI et al., 2007).

A germinação começa com processo de embebição de água pela semente e termina com o surgimento do eixo embrionário, geralmente a radícula. Durante a fase de embebição, o metabolismo celular precisa ser iniciado para permitir a recuperação dos danos estruturais como os de membrana, causado durante o armazenamento das sementes. Assim, atividades celulares devem ser restabelecidas e o embrião deve preparar-se para a emergência e o crescimento subsequente das plântulas (BEWLEY et al., 2013).

O estabelecimento de plântulas, rápido e uniforme, é caracterizado por sementes com alto potencial vigoroso. Diferenciar lotes de baixo e alto vigor é uma importante prática de manejo quando se pretende armazenar e conservar espécies de interesse. Os testes fisiológicos visam detectar lotes de sementes vigorosas através de avaliações de comprimento e massa da matéria seca de plântulas, primeira contagem, velocidade de germinação entre outros (MARCOS FILHO; NOVEMBRE, 2009; BRASIL, 2009). A velocidade de emergência de plântulas demonstra a qualidade fisiológica das sementes ou lotes e quando a emergência é retardada e desuniforme indica baixa qualidade fisiológica. Parece existir uma relação positiva de quanto maior a qualidade fisiológica das sementes maior o vigor e a massa de plântulas (HÖFS et al., 2004).

Segundo Pereira (2011), sementes de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* var. *stigonocarpa* Mart. ex Hayne) maiores mostram que a protrusão da radícula ocorre mais rapidamente quando comparada com sementes pequenas; e as de tamanho médio ocupam posição intermediária. O tamanho da semente também influenciou de forma positiva sobre o índice de velocidade de germinação em sementes de jambo vermelho (*Syzygium malaccense* (L.) Merryl et Perry) (COSTA et al., 2006).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Obtenção e caracterização de sementes

As sementes dos cinco acessos de *E. velutina* utilizadas neste trabalho foram coletadas em três cidades do estado de Pernambuco (Tabela 1). As sementes foram obtidas de frutos maduros e, após a coleta, foram beneficiadas manualmente e, em seguida, armazenadas em sacos plásticos em temperatura ambiente, no laboratório de sementes da Embrapa Semiárido em Petrolina- PE, até início dos experimentos.

**Tabela 1.** Coordenadas geográficas dos locais de coleta das sementes de *Erythrina velutina*. Willd. (Fabaceae).

Acessos	Ano de coleta	Coordenadas geográficas		Cidade de coleta
		Latitude;	Longitude e Altitude	
Caboclo 2008	2008	08° 28' 36,39;	040°56'36,12" e 549 m	Afrânio-PE
Caiçara 2011	2011	09° 07' 46,93;	040°23'33,93" e 379 m	Petrolina-PE
Jutaí 2012	2012	08° 33' 54,00;	040°09'47,10" e 396 m	Lagoa Grande-PE
Jutaí 2013	2013	08° 33' 54,00;	040°09'47,10" e 396 m	Lagoa Grande-PE
Jutaí 2015	2015	08° 33' 54,00;	040°09'47,10" e 396 m	Lagoa Grande-PE

Os ensaios foram conduzidos nos Laboratórios de Análise de Sementes da Embrapa Semiárido - Lasesa em Petrolina-Pernambuco e de Germinação - Lager na Unidade Experimental do Horto Florestal da Universidade Estadual de Feira de Santana, no período de julho de 2015 a outubro de 2016.

Para determinar o teor de água das sementes foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes de cada acesso, que eram acondicionadas em placas de alumínio e pesadas em balança digital (0,0001 g) para obtenção do peso da massa fresca. Em seguida levadas para secar em estufa com circulação de ar por 24 horas, a temperatura de 105°C e, novamente pesadas para obtenção do peso da massa seca. A partir dos valores dos pesos foi obtido o teor de água das sementes, expresso em porcentagem, conforme Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Para as avaliações biométricas foi retirada aleatoriamente uma amostra de 100 sementes de cada acesso e obtidos o comprimento (medida do ápice à base), largura e espessura (região mediana) de cada uma com o auxílio de paquímetro digital.

### **3.2 Escarificação mecânica e assepsia das sementes**

Previamente aos ensaios procedeu-se a escarificação mecânica do tegumento externo das sementes com o auxílio de uma mini retífica (Western R-50) (RIBEIRO-REIS et al., 2012). Para a assepsia, as sementes escarificadas eram imersas em solução de fungicida Captan (1ml/L), durante 2 minutos. O procedimento descrito foi adotado para reduzir o índice de incidência de contaminação durante a condução dos experimentos devido a grande infestação de fungos em trabalhos preliminares.

### **3.3 Teste de vigor**

Sementes de cada acesso foram distribuídas sobre uma linha traçada, no sentido longitudinal de três folhas de papel germitest, previamente semi-esterelizado, e umedecidos com água destilada na proporção 2,5 vezes o peso do substrato (BRASIL, 2009).

As sementes eram posicionadas com a região da micrópila para a parte inferior do papel. Quatro rolos de papel de cada acesso foram agrupados em sacos plásticos e, posteriormente, vedados e colocados verticalmente, de maneira que o geotropismo se manifestasse naturalmente e facilitasse as avaliações das plântulas (RIBEIRO- REIS, 2012). Os sacos de plásticos com os rolos foram colocados em germinador do tipo B.O.D. ajustado à temperatura constante de 25°C, fotoperíodo de 12h luz durante 14 dias após a semeadura (DAS).

Aos sete e quatorze dias após a semeadura, correspondido à 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> contagem, respectivamente, foram avaliados o número de sementes germinadas (presença de rachadura e emissão da radícula 1-2 mm) e de plântulas normais (aparecimento das estruturas da parte aérea como cotilédone expandido, hipocótilo, epicótilo ou aparecimento das primeiras folhas e raiz intacta). Após a segunda contagem e, considerando apenas as plântulas normais, houve a remoção dos cotilédones e com auxílio de uma régua mediu-se o comprimento da parte aérea e da raiz principal. Com o auxílio de um bisturi, foram separadas a parte aérea e raiz e obtidos o peso da massa fresca. Em seguida foram acondicionadas em sacos de papel (Kraft) e colocadas para secar em estufa com circulação de ar a 70°C até peso constante. As amostras foram retiradas, colocadas em dessecador e, em seguida, pesadas para determinação da massa seca. A partir dessas avaliações obteve-se porcentagem de sementes germinadas, de plântulas normais e índice de vigor.

### 3.4 Limites de tolerância de sementes a estresses abióticos

Previamente aos ensaios de estresse, as sementes foram submetidas ao processo de escarificação mecânica e assepsia conforme descrito no item 3.2. Devido ao número limitado de sementes, houve uma redistribuição dos acessos para cada estresse avaliado, conforme descrito abaixo:

**3.4.1 Estresse salino**- os acessos utilizados foram: Caboclo 2008, Caiçara 2011 e de Jutuí 2012, 2013 e 2015. As sementes foram colocadas para germinar sob três folhas de papel germitest embebido com diferentes concentrações de soluções de Cloreto de Sódio (0, 6, 12, 18, 24, 36 e 48 dSm<sup>-1</sup>, apresentando os respectivos potenciais osmóticos (-0,21; -0,43; -0,65; -0,86, -1,29; -1,73 MPa) e incubadas em B.O.D a 25 °C, 12 horas luz, por um período de 14 dias. Para obtenção das soluções de cloreto de sódio, seguiu-se a tabela proposta por Richards (1980), onde quantidades de sal foram diluídas em água purificada e, posteriormente, tiveram sua condutividade elétrica medida em condutivímetro “Tec – 4 MP”. Após o período de 14 dias, avaliou-se o número de sementes germinadas e plântulas normais conforme descrito no item 3.3. Sementes não germinadas (duras, embebidas e ausência da protrusão radicular) foram contadas e realocadas em outro recipiente contendo papel germitest embebido em água destilada objetivando avaliar o potencial de recuperação. As sementes permaneceram nessas condições por um período adicional de quatorze dias.

**3.4.2 Estresse hídrico** – os acessos avaliados foram: Caboclo 2008, Caiçara 2011, Jutuí 2012 e Jutuí 2015. As sementes foram colocadas para germinar em substrato de papel germitest embebido com soluções osmóticas preparadas a partir de PEG 6000 nos potenciais osmóticos de: 0, -0,3, -0,6, -0,7, -0,8 e -0,9 MPa, segundo Vilela et al. (1991) e incubadas em B.O.D a 25 °C, com fotoperíodo de 12 horas luz. As avaliações de germinação e plântulas normais, bem como o potencial de recuperação das sementes não germinadas foram realizadas conforme descrito no item anterior (3.4.1).

Considerando a especificidade dos estresses salino e osmótico, houve troca de solução (osmótica e salina) a cada intervalo de 2-3 dias do início dos ensaios bem como a troca de papel semi-esterilizado para fim de manter os potenciais osmóticos e evitar danos de toxicidade nas sementes.

**3.4.3 Estresse térmico-** foram utilizados apenas dois acessos: Caboclo 2008 e Jutai 2015. As sementes foram colocadas para germinar em substrato de três folhas de papel germitest embebido em água destilada na proporção 2,5 vezes o peso do substrato e foram incubadas em câmaras de germinação ajustados nas seguintes temperaturas: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 e 45 °C. O fotoperíodo estabelecido foi de 12 horas de luz. As avaliações de germinação e plântulas normais foram realizadas conforme descrito anteriormente (3.3). As sementes não germinadas foram transferidas para B.O.D com temperatura de 25 °C, onde foi avaliado a recuperação das sementes. As sementes mantidas nas temperaturas de 40 e 45 °C permaneceram somente 7 dias nessas condições. Para os demais tratamentos a permanência foi de 14 dias.

**3.4.4 Variáveis analisadas:** o número de sementes germinadas foi avaliado a cada duas horas até completar 48 horas de embebição e, após esse período, foi contada diariamente durante 14 dias do experimento. A partir da contagem diária obteve os resultados de germinação, tempo médio de germinação (TMG) (LABOURIAU, 1983) e Índice de velocidade de germinação (IVG) (SANTANA; RANAL, 2004).

Sementes não germinadas e submetidas ao procedimento de recuperação foram avaliadas quanto a porcentagem de germinação e de sementes mortas (método de pressão da semente contra o fundo do recipiente usando pinça metálica).

### **3.5 Delineamento e análise estatística**

Para o teste de vigor, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado, sendo a unidade experimental composta de quatro repetições de 10 sementes.

Para os experimentos de limites de estresse, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições. Cada repetição foi constituída de 25 sementes.

Os dados avaliados foram inicialmente testados quanto às pressuposições de normalidade dos resíduos (teste de Shapiro-Wilk) e homogeneidade (teste de Bartlett).

Para os ensaios de caracterização inicial foi realizada análise de variância dos dados e as diferenças das médias comparadas pelo teste Tukey em nível de probabilidade de 5% utilizando o programa Assistat.

Para os ensaios de estresse salino foi utilizado um arranjo fatorial de 7 x 5 com sete condutividades elétricas (0, 6, 12, 18, 24, 36 e 48 dS.m<sup>-1</sup>) e 5 acessos de sementes. Para o estresse hídrico foi utilizado um arranjo fatorial de 6 x 4 (6 potenciais osmóticos (0; -0,3; -0,6;

-0,7; -0,8; -0,9 MPa) e 4 acessos de sementes). E para o efeito do estresse térmico foi utilizado o esquema fatorial 9 x 2, com 9 temperaturas constantes (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 e 45°C) e dois acessos de sementes.

As diferenças das médias foram comparadas pelo teste Tukey em nível de probabilidade de 5% utilizando o programa Assistat.

Foi realizada análise de regressão através do programa estatístico Sisvar, para porcentagem de germinação, tempo médio de germinação, velocidade média de germinação, comprimento e massa seca de plântulas.

A partir dos resultados obtidos foram construídas curvas de germinação (%). Dados de tempo médio de germinação, índice de velocidade de germinação, massa seca e comprimento de plântula foram plotados em figuras e tabelas e comparados entre os diferentes acessos e tratamentos.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Caracterização inicial e avaliação da qualidade fisiológica de diferentes acessos de sementes de *E. velutina*

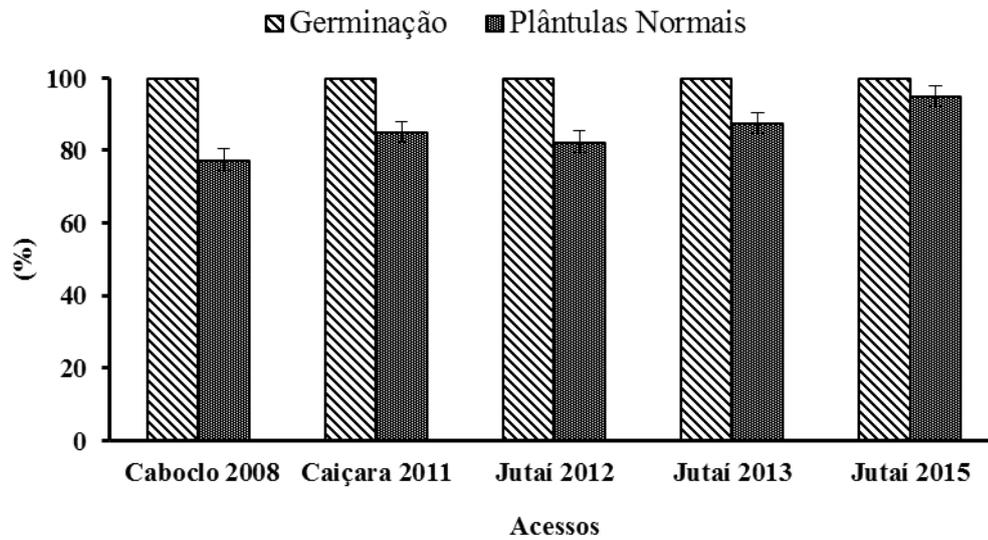
O teor de água das sementes dos acessos de mulungu (*E. velutina*) variou entre 6,4 a 5,5%. As sementes do acesso Jutaí 2015 apresentaram o menor teor de água e foram significativamente diferentes dos demais (Tabela 2). De acordo com os resultados das avaliações biométricas, sementes dos acessos Caboclo 2008, Jutaí, 2012, 2013 e 2015 não apresentaram diferenças em relação ao comprimento, largura e espessura. Sementes do acesso Caiçara 2011 apresentaram as menores médias para o comprimento, largura e espessura sendo estatisticamente diferente de Caboclo 2008. Entre os acessos de Jutaí, não houve diferença entre eles para as variáveis analisadas (Tabela 2).

**Tabela 2.** Medidas biométricas de sementes de cinco acessos de *Erythrina velutina* Willd. (Fabaceae).

<b>Acessos</b>	<b>Teor de água (%)</b>	<b>Comprimento (mm)</b>	<b>Largura (mm)</b>	<b>Espessura (mm)</b>
<b>Caboclo 2008</b>	6,1 ab	14,7 a	9,0 a	8,6 a
<b>Caiçara 2011</b>	6,4 a	13,8 b	8,0 b	8,0 b
<b>Jutaí 2012</b>	6,2 ab	14,1 ab	8,3 ab	8,2 ab
<b>Jutaí 2013</b>	5,9 b	14,2 ab	8,4 ab	8,4 ab
<b>Jutaí 2015</b>	5,5 c	14,7 a	8,3 ab	8,1 ab
<b>CV %</b>	2,2	2,2	4,6	2,0

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

As sementes de todos os acessos apresentaram-se vigorosas e com alta qualidade fisiológica (Figura 2). Na primeira contagem (7 DAS) todos os acessos apresentaram 100% de emissão de radícula. Em relação às plântulas normais avaliadas, somente na 2ª contagem (14 DAS), não houve diferença significativa entre os acessos avaliados (Figura 2).



**Figura 2.** Porcentagem de emissão de radícula (primeira contagem) e de plântulas normais (segunda contagem) de cinco acessos de *Erythrina velutina* Willd. (Fabaceae).

A parte aérea das plântulas dos cinco acessos avaliados não diferiu estatisticamente entre si (Tabela 3). Em relação ao crescimento da raiz, o acesso Caboclo 2008 apresentou a menor média e foi diferente dos acessos Jutai 2013 e 2015 as maiores médias.

**Tabela 3.** Crescimento de plântulas de cinco acessos de *Erythrina velutina* Willd. (Fabaceae).

Acessos	Parte aérea (cm)	Raiz (cm)
<b>Caboclo 2008</b>	11,56 a	11,51 b
<b>Caiçara 2011</b>	12,35 a	13,73 ab
<b>Jutai 2012</b>	13,03 a	12,46 ab
<b>Jutai 2013</b>	15,36 a	14,38 a
<b>Jutai 2015</b>	15,74 a	14,21 a
<b>CV%</b>	20,0	8,2

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Em relação à massa seca de plântulas, as sementes do acesso Jutai 2015 se destacou quando comparadas aos outros acessos avaliados (Tabela 4), apresentando massa seca do sistema radicular (g) quase duas vezes superior aos demais acessos. Desempenho semelhante foi observado na massa seca da parte aérea. Comparando os acessos de Jutai (2012, 2013 e 2015), as sementes coletadas nos primeiros anos mostraram reduções de massa seca, tanto da parte aérea como do sistema radicular, indicando alguma perda de vigor (Tabela 4) ao longo do período de armazenamento. Essa provável redução no vigor não influenciou a porcentagem de germinação e o desenvolvimento de plântulas normais (Figura 2).

**Tabela 4.** Massa seca de plântulas de cinco acessos de *Erythrina velutina* Willd. (Fabaceae).

<b>Acessos</b>	<b>Parte aérea (g)</b>	<b>Raiz (g)</b>
<b>Caboclo 2008</b>	0,51 c	0,25 b
<b>Caiçara 2011</b>	0,67 bc	0,20 b
<b>Jutaí 2012</b>	0,72 bc	0,24 b
<b>Jutaí 2013</b>	0,82 b	0,30 b
<b>Jutaí 2015</b>	1,08 a	0,46 a
<b>CV (%)</b>	15,7	16,6

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

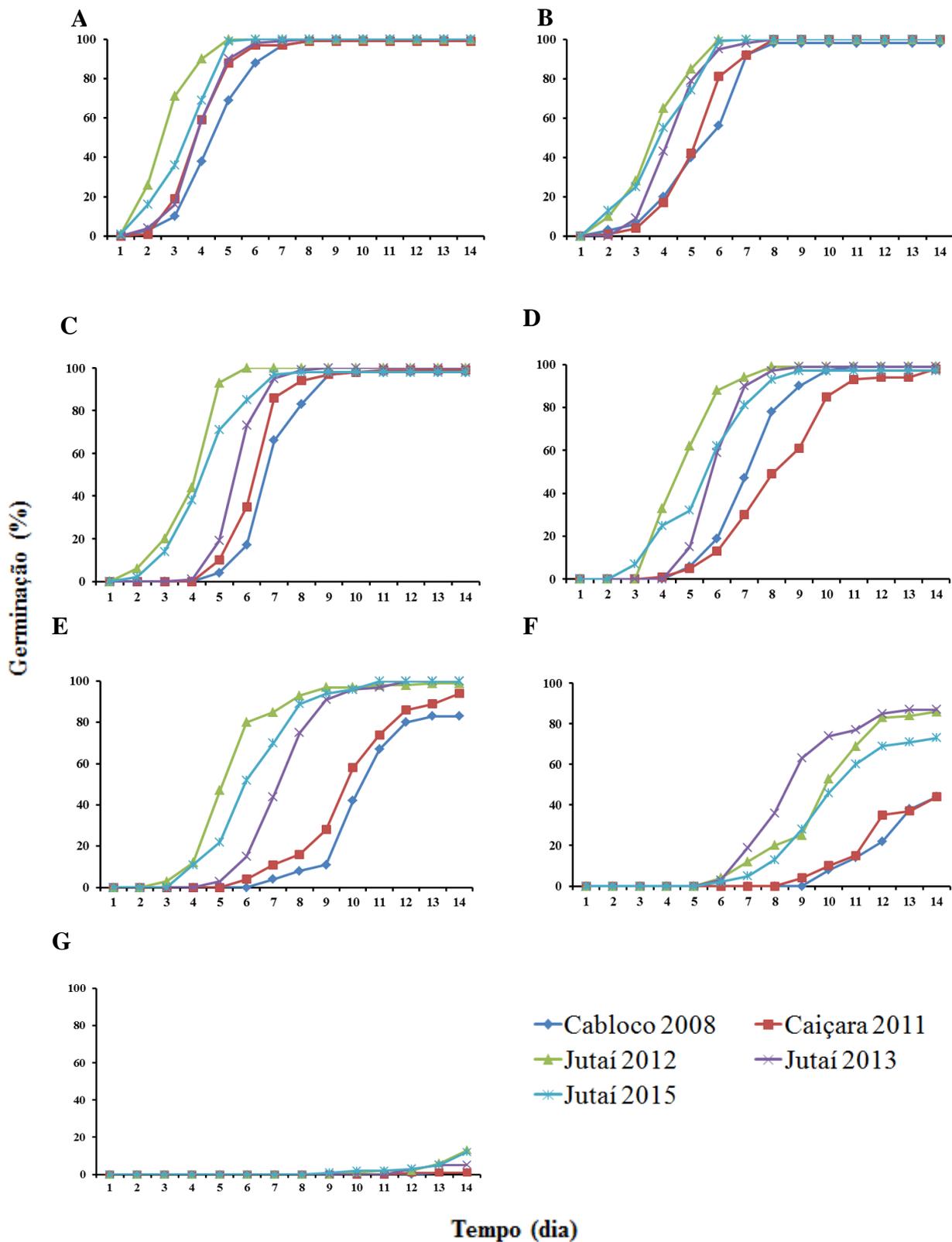
## 4.2 Tolerância dos acessos de sementes de *E. velutina* a estresses abióticos

### 4.2.1 Efeito do estresse salino na germinação de acessos de sementes de *E. velutina*

Todos os acessos avaliados atingiram 100% de sementes germinadas no período de até 168 horas de embebição, sob condições em que a água não era limitante (tratamento controle, Figura 3A). A partir de 24 dS.m<sup>-1</sup> foi possível observar a formação de dois grupos de respostas das sementes: o primeiro grupo de sementes que alcançaram 100% de germinação a partir de 264 horas (Jutaí 2012, 2013 e 2015) e o segundo grupo, formado por Caboclo 2008 e Caiçara 2011, que atingiram 83 e 94 % de germinação, respectivamente, somente após 336 horas de embebição (Figura 3E). Esses dois grupos de respostas foram mantidos na concentração salina de 36 d.Sm<sup>-1</sup> (Figura 3F), sendo que sementes de Jutaí 2012 e 2013 apresentaram germinação de 86 e 87%, respectivamente, enquanto as de Jutaí 2015 apenas 73% ao final do experimento. Nessa mesma concentração salina, sementes do segundo grupo apresentaram germinação de apenas 44%. A máxima restrição de germinação de sementes de *E. velutina* foi de 99% quando a solução do meio era 48 dS.m<sup>-1</sup> (Figura 3G) para os acessos Caboclo 2008 e Caiçara 2011; 95% para o acesso Jutaí 2013; 88% para Jutaí 2015, e a menor restrição foi para o acesso Jutaí 2012, chegando a 87%.

Para a emissão de radícula, observou-se que sementes expostas à água destilada e em baixa concentrações de cloreto de sódio (6 dS.m<sup>-1</sup>) (Figuras 3A e B) necessitaram de 36 e 34 horas de embebição, respectivamente, para que ocorresse a protrusão radicular no acesso Caboclo 2008; 36 e 48 horas para sementes do acesso Caiçara 2011; 18 e 34 horas no acesso Jutaí 2012; 34 e 72 horas no acesso Jutaí 2013; e 18 e 34 horas no acesso Jutaí 2015. A partir daí, observou-se que o aumento da salinidade do meio provocava um atraso na emissão da

radícula e que, em solução salina com  $48 \text{ dS.m}^{-1}$ , as sementes necessitaram de 316, 288, 240, 288 e 216 horas de embebição para iniciar a germinação das sementes dos acessos Caboclo 2008, Caiçara 2011, Jutai 2012, 2013 e 2015, respectivamente. Esse atraso foi ocasionado devido à diferença entre o potencial osmótico da semente e do meio em que elas se encontravam.



**Figura 3.** Curva de acúmulo da germinação (porcentagem de protrusão de radícula) de sementes de *E. velutina* Willd. (Fabaceae) submetidas a estresse salino: 0 (A); 6 dS.m<sup>-1</sup> (B); 12 dS.m<sup>-1</sup> (C); 18 dS.m<sup>-1</sup> (D); 24 dS.m<sup>-1</sup> (E); 36 dS.m<sup>-1</sup> (F) e 48 dS.m<sup>-1</sup> (G).

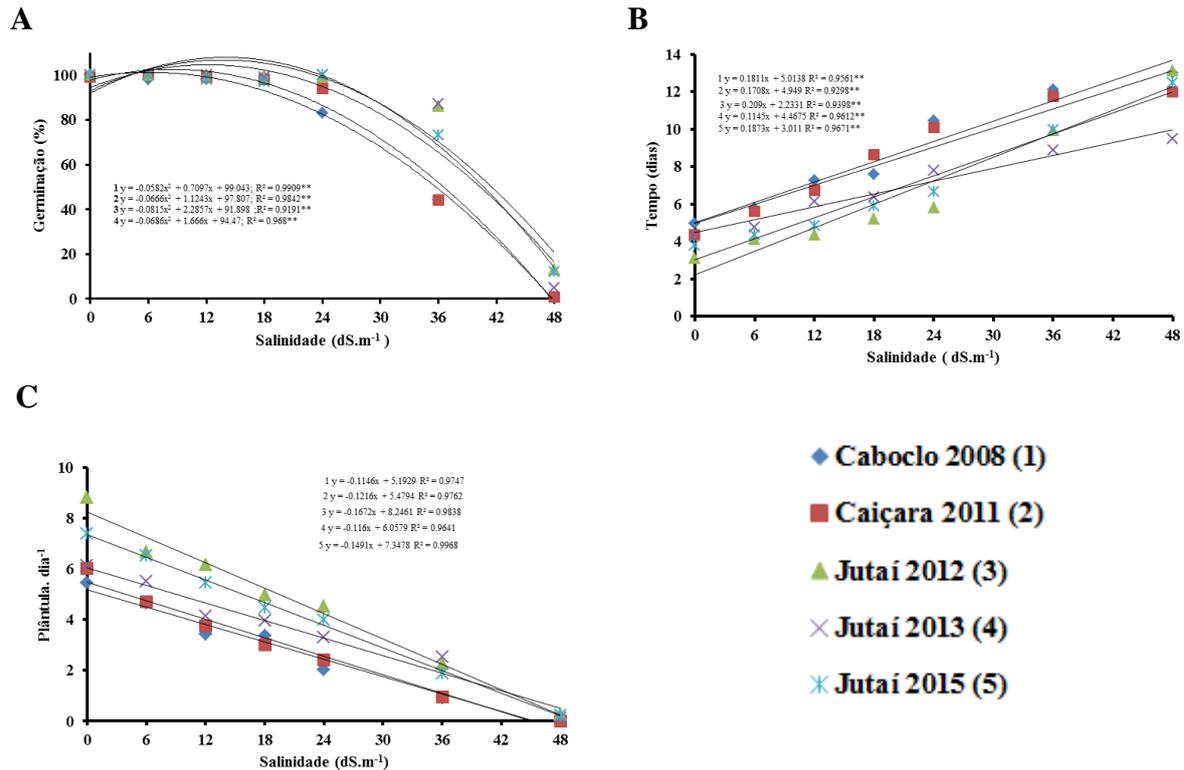
Baseado nos resultados da análise de variância verificou-se que houve efeito significativo entre os acessos utilizados e tratamentos quando avaliados isoladamente e na interação, para todas as variáveis analisadas, indicando que a germinação das sementes respondeu de forma diferente ao aumento da concentração salina no meio (Tabela 5). As curvas de regressão demonstraram que o aumento na concentração influenciou de forma negativa na porcentagem de germinação das sementes e que, à medida que a solução apresentava uma maior quantidade de cloreto de sódio as sementes requereram maior tempo para emitir a radícula (Figuras 4A e 4B). Observou-se também comportamento linear para a variável IVG (Figura 4C).

As sementes do acesso Caboclo 2008 apresentaram as menores taxas de germinação. Em  $36 \text{ dS.m}^{-1}$ , os acessos Jutaí 2012, 2013 e 2015 foram estatisticamente diferente de Caboclo 2008 e Caiçara 2011. Já em  $48 \text{ dS.m}^{-1}$  não houve diferenças entre Jutaí 2012, 2013 e 2015. Observou-se ainda que sementes de Jutaí 2013 não diferiu de Caboclo 2008 e Caiçara 2011. O efeito da salinidade do meio através do aumento da concentração de cloreto de sódio foi observado também no TMG, pois, com o aumento na solução, as sementes levaram mais tempo para germinar quando comparadas com as sementes embebidas em água. A variável IVG do acesso Jutaí 2012 foi maior no tratamento controle em relação aos outros acessos (Figura 4).

**Tabela 5.** Análise de variância da germinação, tempo médio de germinação, índice de velocidade de germinação de acessos de sementes de *Erythrina. Velutina* Willd. (Fabaceae) sob restrição hídrica com cloreto de sódio.

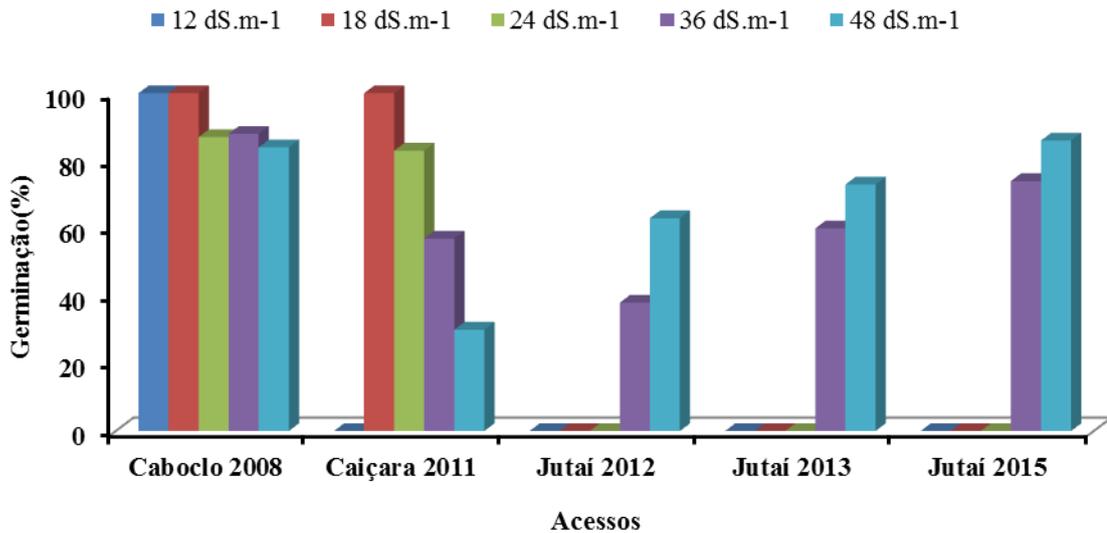
Fator	Germinação			Tempo Médio			Índice de velocidade Média		
	QM	Fc	Pr>Fc	QM	Fc	Pr>Fc	QM	Fc	Pr>Fc
Acesso	671,1535	35,781	0,0000**	0,8264	0,576	0,6805	19,8175	211,203	0,0000**
Tratamento	24462,733	1304,182	0,0000**	92,3602	64,398	0,0000	102,9723	1097,417	0,0000**
Acesso x Tratamento	259,6202	13,841	0,0000**	32,0456	22,344	0,0000	0,9668	10,305	0,0000**
<b>CV (%)</b>	5,37			17,57			8,25		

ns= não significativo; \*= significativo a 5% de probabilidade e \*\*=1% de probabilidade.



**Figura 4.** Porcentagem de germinação (A); Tempo Médio de Germinação (TMG, B); e Índice de Velocidade de Germinação (IVG, C) de sementes de *Erythrina velutina* Willd. (Fabaceae), em diferentes soluções de cloreto de sódio.

Em relação à recuperação das sementes do acesso Caboclo 2008, provenientes dos tratamentos 12 e 18 dS.m<sup>-1</sup>, e que quando transferidas para o meio contendo somente água mostraram-se viáveis e todas germinaram. Aquelas provenientes de solução de 24, 36 e 48 dS.m<sup>-1</sup>, mostraram uma germinação relativa de 87, 88 e 84 % após serem transferidas para meio não salino (Figura 5). As sementes do acesso Caiçara 2011 apresentaram 100, 83, 57 e 30% de germinação relativa em água após sua exposição às soluções salinas de 18, 24, 36 e 48 dS.m<sup>-1</sup>, respectivamente. As sementes provenientes dos tratamentos 36 e 48 dS.m<sup>-1</sup>, dos acessos Jutai 2012, 2013 e 2105, apresentaram em média 50, 66 e 80% de germinação. Embora tenha sido verificado que soluções salinas mais elevadas limitassem a protrusão radicular, a maioria dos acessos mostraram boa recuperação da germinação após a transferência das sementes para água destilada. Naquelas condições o sal foi como um agente bloqueador do processo de germinação e não como um fator de deterioração, exceto, no acesso Caiçara 2011, cujas sementes manifestaram sintomas de deterioração na maior concentração testada (48 dS.m<sup>-1</sup>) obtendo apenas 30% de germinação em sementes recuperadas.



**Figura 5.** Porcentagem final de germinação das sementes de *Erythrina velutina* Willd. (Fabaceae) transferidas para água após estresse salino (Número de sementes transferidas para a água: Acesso **Caboclo 2008**: 2 (12 dS.m<sup>-1</sup>), 1 (18 dS.m<sup>-1</sup>), 15 (24 dS.m<sup>-1</sup>), 56 (36 dS.m<sup>-1</sup>) e 98 sementes (48 dS.m<sup>-1</sup>). Acesso **Caiçara 2011**: 2 (18 dS.m<sup>-1</sup>), 6 (24 dS.m<sup>-1</sup>), 54 (36 dS.m<sup>-1</sup>) e 80 sementes (48 dS.m<sup>-1</sup>). Acesso **Jutai 2012**: 13 (36 dS.m<sup>-1</sup>) e 79 (48 dS.m<sup>-1</sup>). Acesso **Jutai 2013**: 10 (36 dS.m<sup>-1</sup>) e 90 sementes (48 dS.m<sup>-1</sup>). Acesso **Jutai 2015**: 27 (36 dS.m<sup>-1</sup>) e 72 sementes (48 dS.m<sup>-1</sup>)).

#### 4.2.1.1 Efeito do estresse salino no crescimento de plântulas de *E. velutina*

O desenvolvimento das plântulas de todos os acessos foi afetado nos tratamentos em que foi adicionado o cloreto de sódio, mostrando-se mais sensível quando comparado com a germinação de sementes nas mesmas condições (Figuras 6A, B, C e D). A partir do tratamento controle, as plântulas levaram mais dias para se estabelecer e, aos 14 DAS muitas das sementes germinadas não haviam formado a parte aérea.

Os resultados da análise de variância apresentados na Tabela 6 mostram que houve significância para os fatores acesso e tratamento quando avaliados isoladamente, e interação de ambos para o crescimento e massa seca da parte aérea e raiz das plântulas de *E. velutina* submetidos a diferentes restrições hídricas impostas pelo cloreto de sódio.

O aumento da concentração de cloreto de sódio na solução proporcionou uma redução no desempenho das plântulas no que se diz respeito ao comprimento e massa seca da parte aérea e raiz principal (Figura 6A, B, C e D). Dentre os acessos, Caboclo 2008, Caiçara

2011 e Jutáí 2013 mostraram uma acentuada queda em relação a Jutáí 2012 e 2015 que, assim como na germinação, mostraram suportar melhor a salinidade.

A partir da condutividade elétrica de  $18 \text{ d.Sm}^{-1}$  na solução, o desenvolvimento de plântulas foi comprometido mais severamente. Consequentemente, foi comprometido o comprimento e alocação de massa seca de plântulas para todos os acessos estudados (Figura 6B e D). A produção de plântulas normais foi nula quando as sementes de *E. velutina* foram embebidas em solução de  $24 \text{ d.Sm}^{-1}$  para os acessos Caboclo 2008 e Jutáí 2013.

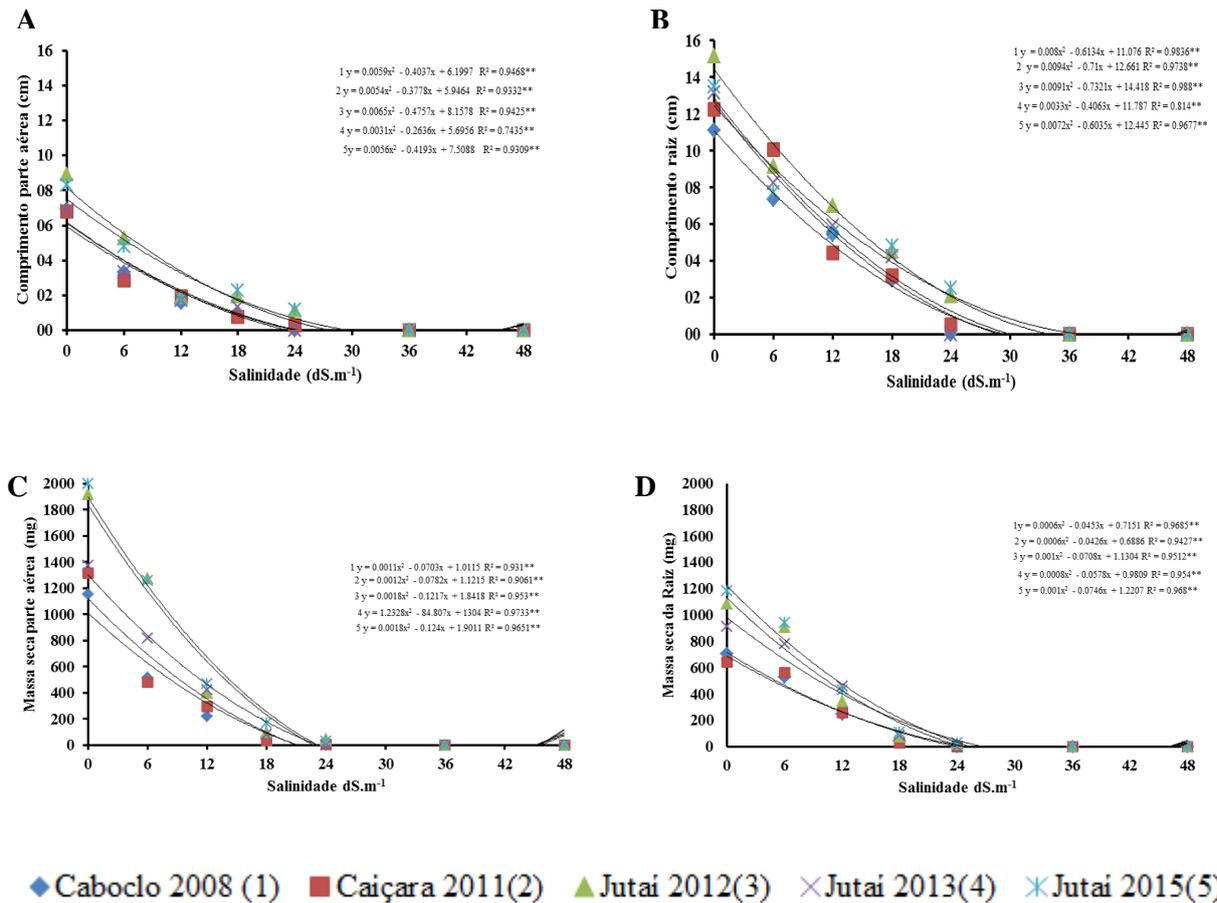
Considerando essas mesmas variáveis, os acessos de Jutáí 2012 e 2015 apresentaram níveis mais elevados de desenvolvimento de plântulas. O limite de produção de plântulas foi observado quando as sementes foram embebidas em solução com  $24 \text{ d.Sm}^{-1}$  e, a partir desse nível, observou-se que não houve produção de plântulas para todos os acessos estudados (Figura 6).

**Tabela 6.** Análise de variância de crescimento (1) e massa seca (2) da parte aérea e raiz de plântulas de *E. velutina* Willd. (Fabaceae) sob restrição hídrica com cloreto de sódio.

Fator	(1) Parte Aérea			Raiz			(2) Parte Aérea			Raiz		
	QM	Fc	Pr>Fc	QM	Fc	Pr>Fc	QM	Fc	Pr>Fc	QM	Fc	Pr>Fc
Acesso	6,0029	31,11	0,0000	7,2390	7,40	0,0088**	0,4719	69,720	0,0000	0,1695	33,801	0,0000**
Tratamento	149,2208	773,42	0,0000	101,1913	103,45	0,0000**	7,0372	1039,699	0,0000	2,9446	586,884	0,0000**
Acesso x Tratamento	0,9099	4,71	0,0000	2,0642	2,11	0,0505*	0,1263	18,665	0,0000	0,0398	7,950	0,0000**
<b>CV (%)</b>		<b>20,1</b>			<b>28,0</b>			<b>20,03</b>			<b>23,95</b>	

ns= não significativo; \*= significativo a 5% de probabilidade e \*\*=1% de probabilidade.

Plântulas de todos os acessos apresentaram os maiores valores de comprimento quando embebidas em água destilada e os menores valores em 24 d.Sm<sup>-1</sup>, exceto os acessos Caboclo 2008 e Jutai 2013 que a partir do tratamento 18d.Sm<sup>-1</sup> não originaram plântulas ao final do ensaio. Observou-se um maior desenvolvimento do sistema radicular em relação a parte aérea, inclusive no tratamento em que a água não foi restrita (Figuras 6 A e B).



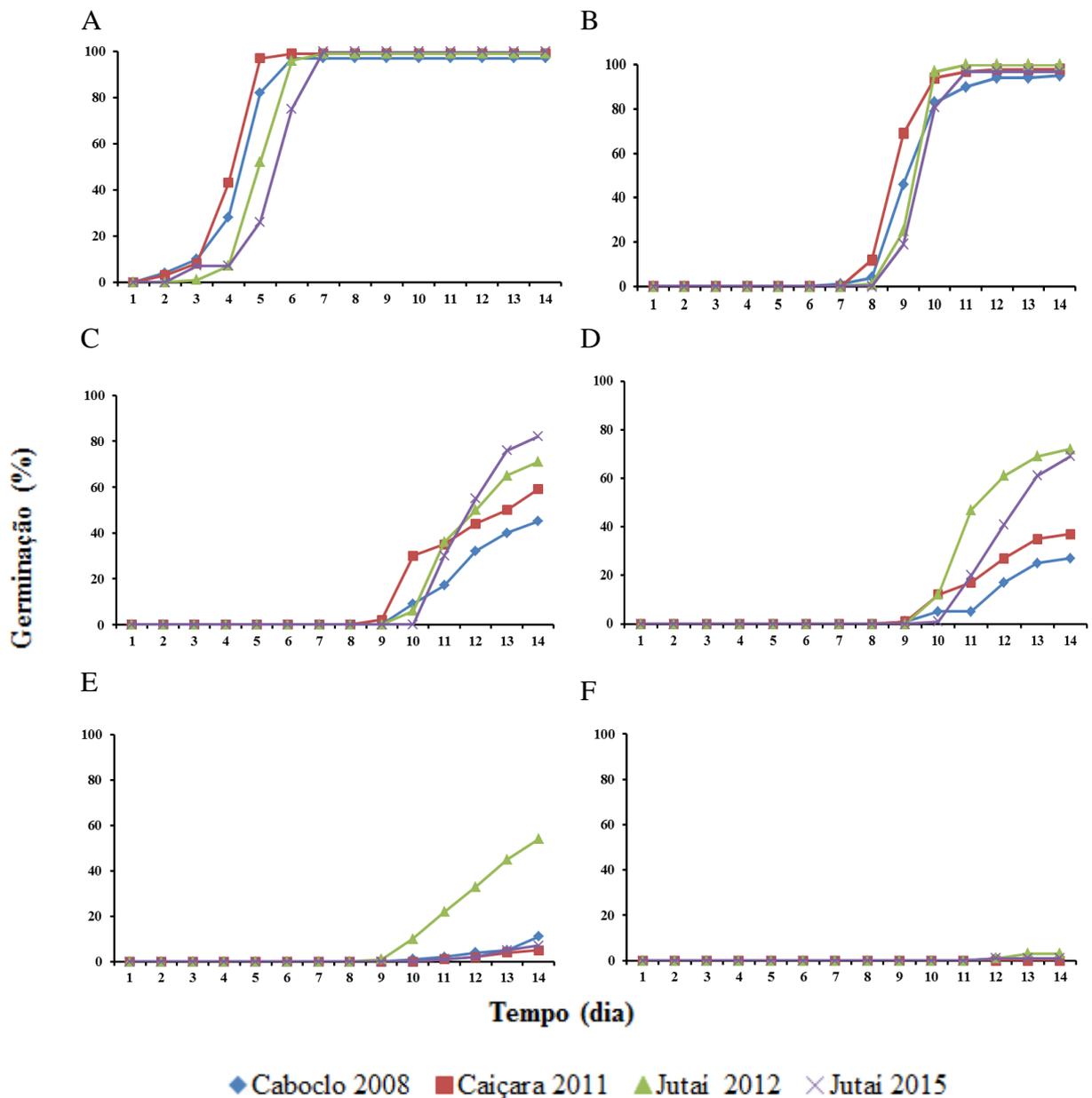
**Figura 6.** Crescimento da parte aérea (A) e raiz principal (B), massa seca da parte aérea (C), e massa seca da raiz (D) dos cinco acessos de *Erythrina velutina* Willd. (Fabaceae) submetidos a estresse salino.

#### 4.2.2 Efeito do estresse hídrico na germinação de acessos de sementes de *E. velutina*

As maiores porcentagens de germinação foram observadas no tratamento controle e em -0,3 MPa, para todos os acessos avaliados (Figura 7A e B). Sementes do acesso Caiçara 2011 não germinaram em -0,9 MPa e aquelas dos acessos Caboclo 2008, Jutai 2012 e 2015

mostraram baixas porcentagens de germinação (1, 3 e 1%) respectivamente (Figura 7F), apresentando uma tendência a nulidade neste tratamento.

Quando exposta em água destilada, as sementes do acesso Caboclo 2008 e Caiçara 2011 iniciaram a germinação com 48 horas de embebição, enquanto que sementes dos acessos Jutáí 2012 e 2015 necessitaram apenas de 38 horas de embebição (Figura 7A) na mesma condição. Os acessos Jutáí 2012 e 2015 sob potencial de  $-0,7$  MPa (Figura 7D) apresentaram, respectivamente, 72 e 69 % de germinação. Comparando os dois acessos de Jutáí, aquelas sementes coletadas no ano de 2012 apresentaram as maiores porcentagens de germinação e, em ambos os anos de coleta, a redução dos potenciais osmóticos diminui a germinação e o vigor das sementes (Figura 7A, B, C, D, E e F).



**Figura 7.** Curva de acúmulo da Germinação (porcentagem de protrusão de radícula) de sementes de *Erythrina velutina* Willd. (Fabaceae) submetidas a estresse hídrico, Controle (A), -0,3 MPa ( B), -0,6 MPa (C), -0,7MPa (D), -0,8MPa (E), -0,9MPa (F).

A tabela 7 mostra os resultados da análise de variância da germinação, tempo médio de germinação e índice de velocidade de germinação das sementes submetidas a restrição hídrica com PEG 6000. Todos os fatores isolados e a interação entre os fatores acessos e tratamentos foram significativos com exceção do fator acesso para o TMG.

A variável germinação (Figura 8A) não apresentou diferenças entre os acessos nos tratamentos controle (água), -0,3 e -0,9 MPa. Em relação aos tratamentos -0,6 e -0,7 MPa, os acessos Jutai 2012 e 2015 não obtiveram diferenças entre si, já Caboclo 2008 e Caiçara 2011 apresentaram os menores valores de germinação nos dois tratamentos. No tratamento -0,8

MPa, todos os acessos mostraram diferenças significativas. A partir do potencial -0,6 MPa, houve uma redução da germinação, chegando a menos de 50% para o acesso Caboclo 2008. Caiçara 2011 apresentou menos de 50% de sementes germinadas somente no tratamento -0,7 MPa e Jutai 2015, no tratamento - 0,8 MPa. O acesso Jutai 2012 apresentou-se mais tolerante, pois no tratamento -0,8 MPa, houve mais de 50% de germinação. No último potencial avaliado, o acesso Caiçara 2011 apresentou germinação nula e os demais acessos apresentaram uma drástica diminuição com tendência a nulidade.

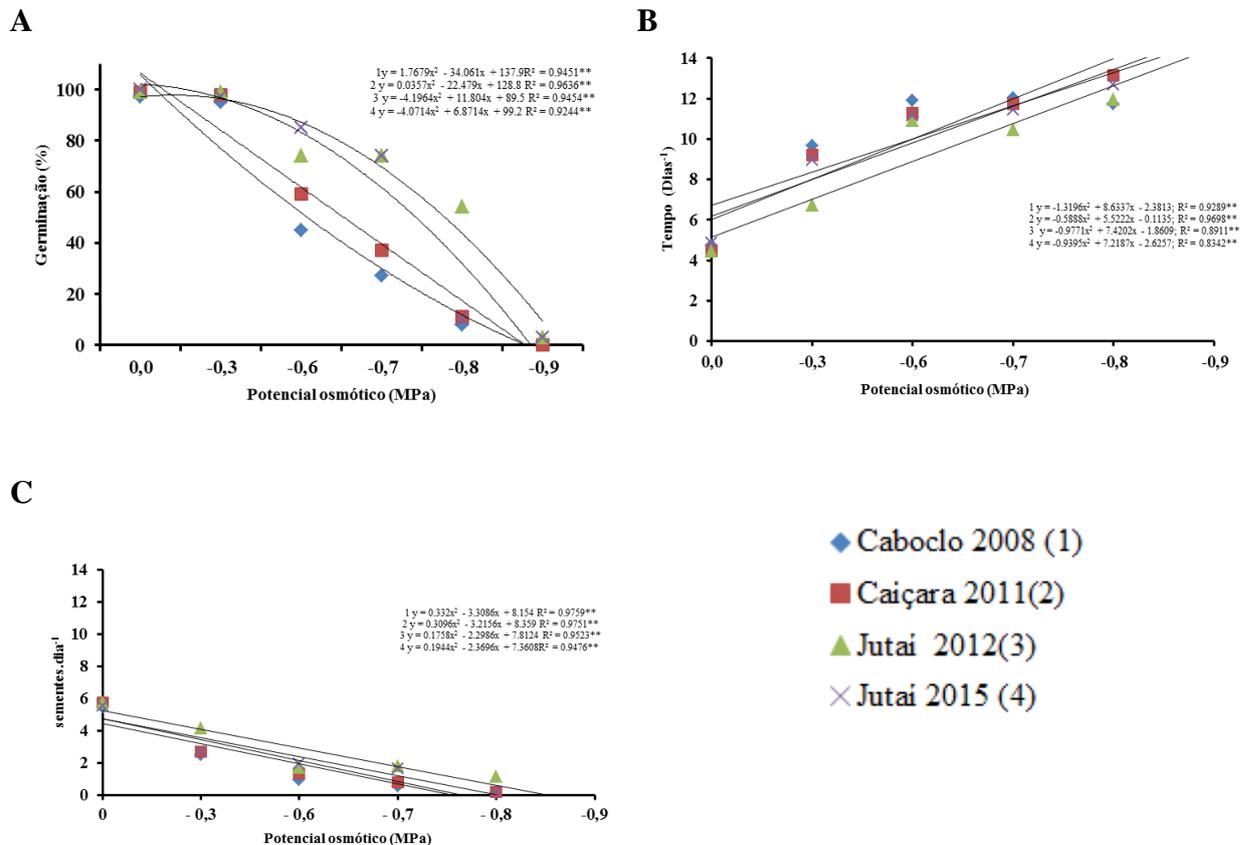
No TMG (Figura 8B), os acessos não apresentaram diferenças estatísticas até -0,8 MPa. Os acessos Jutai 2012 e 2015 não foram estatisticamente diferentes em nenhum tratamento. Caboclo 2008 foi diferente dos demais acessos no tratamento -0,8 MPa e Caiçara em -0,9 MPa. Sementes de todos os acessos necessitaram de um maior tempo para iniciar a germinação quando o potencial osmótico do meio era mais negativo.

Em relação ao IVG (Figura 8C), todos os acessos apresentaram maiores valores quando a sementes foram embebidas em água destilada, reduzindo os valores quando a restrição hídrica era maior. Através das curvas de regressão foi possível observar que, a partir do potencial -0,3MPa, foi os acessos Jutai 2012 seguido por Jutai 2015 que apresentou um maior desempenho germinativo em relação aos outros acessos.

**Tabela 7.** Análise de variância da germinação, tempo médio de germinação, índice de velocidade de sementes de acessos de *Erythrina velutina* Willd. (Fabaceae) sob restrição hídrica com PEG 6000.

Fator	Germinação			Tempo Médio			Índice de velocidade Média		
	QM	Fc	Pr>Fc	QM	Fc	Pr>Fc	QM	Fc	Pr>Fc
Acesso	2347,7222	23,004	0,0000**	8,9666	1,128	0,3436	3,0087	16,225	0,0000**
Tratamento	25019,3666	245,154	0,0000**	189,8616	23,879	0,0000	68,4886	369,337	0,0000**
Acesso x Tratamento	657,8555	6,446	0,0000**	16,8152	2,115	0,0184	0,4943	2,666	0,0029**
<b>CV (%)</b>		17,95			33,35			21,92	

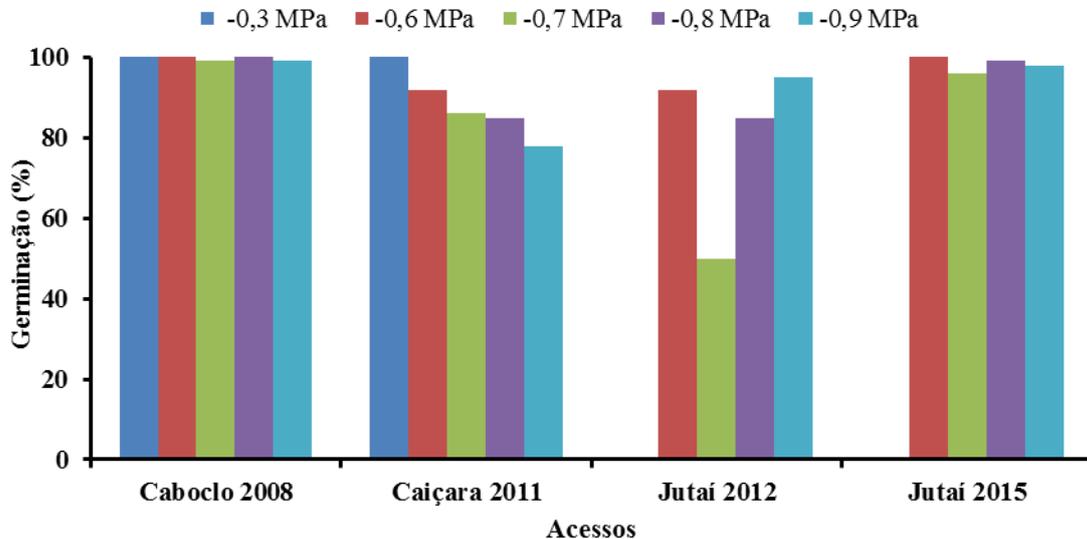
ns= não significativo; \*= significativo a 5% de probabilidade e \*\*=1% de probabilidade.



**Figura 8.** Porcentagem de germinação (A); Tempo Médio de Germinação (TMG, B) e Índice de Velocidade de Germinação (IVG, C) de sementes de *Erythrina velutina* Willd. (Fabaceae) submetidos a diferentes potenciais osmóticos.

A figura 9 mostra os resultados de germinação de sementes não germinadas durante o estresse hídrico e transferidas para água. Sementes dos acessos Caboclo 2008 (5%) e Caiçara 2011 (2%) provenientes do tratamento -0,3 MPa que não germinaram nessa condições mantiveram a viabilidade, pois, quando transferidas para água, germinaram 100%. As sementes dos quatro acessos provenientes do potencial osmótico -0,6 MPa germinaram em média mais de 95 % após transferência. Já no potencial osmótico -0,7 MPa, as sementes dos acessos Caboclo 2008 e Jutai 2015 germinaram 99 e 96% respectivamente Caiçara 2011 germinaram 86% e as sementes de Jutai 2012 germinaram apenas 50% devido a grande infestação de fungos nesse tratamento. As sementes de todos os acessos originadas do tratamento -0,8 MPa e a do maior potencial osmótico avaliado (-0,9 MPa) germinaram em média 92%. Observou-se que o estresse hídrico provocado pelo PEG não comprometeu a viabilidade das sementes de todos os acessos, notou-se ainda que a germinação das sementes

foi impedida, e que quando o meio tornou-se favorável, o processo de germinação foi retomado.



**Figura 9.** Porcentagem final de germinação de sementes de *Erythrina velutina* Willd. (Fabaceae) transferidas para água após estresse hídrico (Número de sementes transferidas para avaliar a recuperação: Acesso **Caboclo 2008**: 5 (-0,3 MPa), 55 (-0,6 MPa), 73 (-0,7 MPa), 90 (-0,8 MPa) e 98 sementes (-0,9 MPa). Acesso **Caiçara 2011**: 2 (-0,3MPa), 39 (-0,6 MPa), 57 (-0,7 MPa), 82 (-0,8 MPa) e 91 sementes (-0,9 MPa). **Jutai 2012**: 26 (-0,6 MPa), 16 (-0,7 MPa), 46 (-0,8 MPa) e 94 sementes (-0,9 MPa) e **Jutai 2015**: 14 (-0,6 MPa), 27 (-0,7 MPa), 88 (-0,8 MPa) e 94 sementes (-0,9 MPa)).

#### 4.2.2.1 Efeito do estresse hídrico no crescimento de plântulas de *E. velutina*

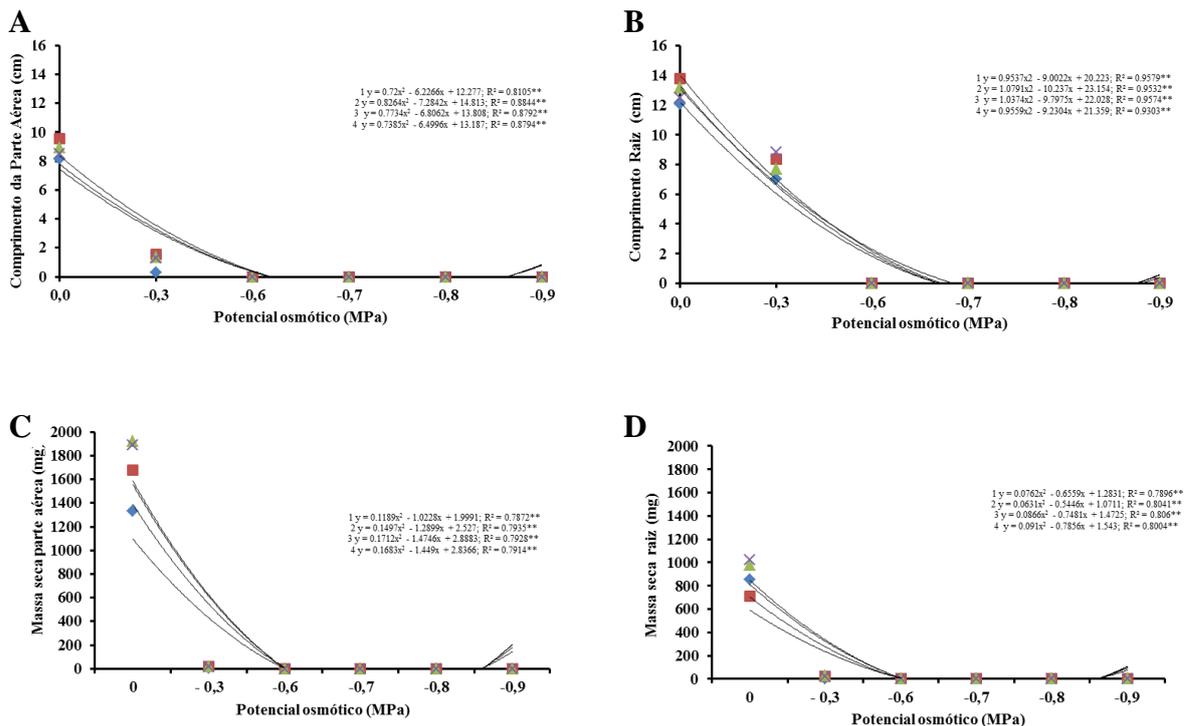
De acordo com a figura 10 (A, B, C e D) só houve formação de plântulas normais até o potencial osmótico de -0,3 MPa. A partir do potencial osmótico -0,3 MPa, o desenvolvimento das plântulas foi interrompido. Foi observada uma diminuição polinomial no crescimento e alocação de massa seca da parte aérea e da raiz principal de todos os acessos avaliados.

Todos os acessos apresentaram um maior crescimento da raiz principal quando comparado com o crescimento da parte aérea, alcançando entre 12 e 14 cm de comprimento. O comportamento dos acessos foi semelhante, sendo observadas pequenas diferenças de crescimento entre os acessos apenas na condição do controle.

Em relação á massa seca das plântulas de todos os acessos, de acordo com a figura 10 (C e D), verificou-se que, no tratamento controle , a alocação de massa seca na parte aérea foi maior quando comparada ao sistema radicular. No tratamento -0,3 MPa aconteceu o inverso do controle e o investimento em alocação de massa seca foi no sistema radicular. Esses resultados foram iguais para todos os acessos avaliados.

Jutai 2012 e 2015 apresentaram os maiores valores de massa de matéria seca, tanto na parte aérea (1921,5; 1887,9) e raiz (975,8;1024,2) do controle, e da raiz (29,3; 22,2) no potencial -0,3 MPa, respectivamente. O acesso Caboclo 2008 apresentou o menor valor de massa de matéria seca da parte aérea (2,8) e raiz (4,9) no potencial osmótico -0,3 MPa.

A restrição hídrica causada pelo PEG 6000 influenciou de forma negativa o crescimento e alocação de massa seca de todas as plântulas. Na análise de variância do comprimento e massa seca das plântulas, observou-se diferença significativa para a interação entre os fatores (acessos x potencial osmótico) e para os fatores quando avaliados isolados (Tabela 8).



◆ Caboclo 2008(1) ■ Caiçara 2011(2) ▲ Jutai 2012(3) ✕ Jutai 2015(4)

**Figura 10.** Crescimento da parte aérea (A) crescimento da raiz principal (B), massa seca parte aérea (C), massa seca da raiz (D) de acessos de *Erythrina velutina* Willd. (Fabaceae) submetidos a diferentes potenciais osmóticos.

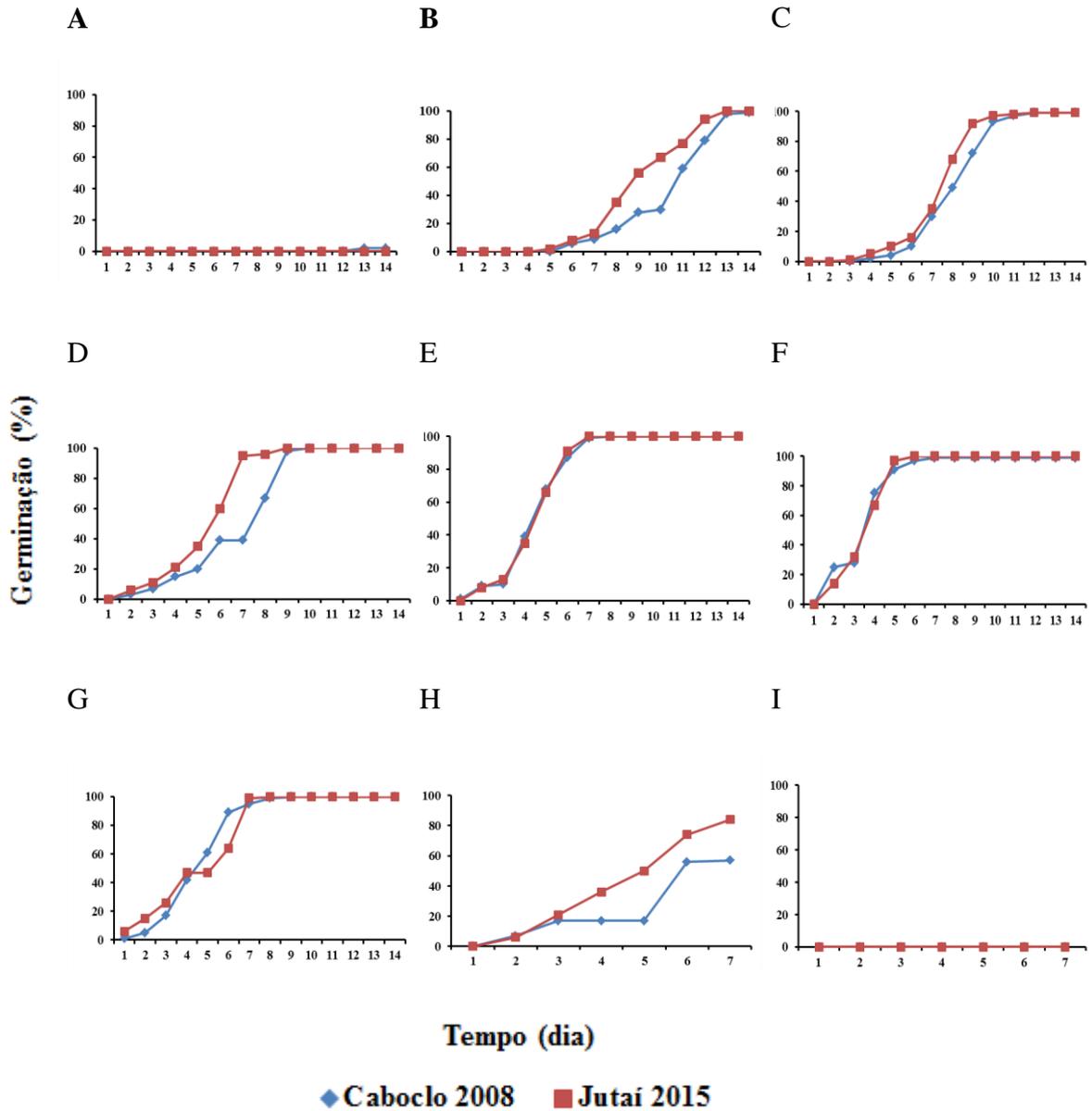
**Tabela 8.** Análise de variância do crescimento (1) e massa seca (2) da parte aérea e raiz de plântulas de acessos de *Erythrina velutina* Willd. (Fabaceae) sob restrição hídrica com PEG 6000.

Fator	(1) Parte Aérea			Raiz			(2) Parte Aérea			Raiz		
	QM	Fc	Pr>Fc	QM	Fc	Pr>Fc	QM	Fc	Pr>Fc	QM	Fc	Pr>Fc
Acesso	1,0579	6,977	0,0003**	9,2860	3,9970	0,0108**	0,0514	3,6080	0,0173**	0,0139	13,1470	0,0000**
Tratamento	200,9679	1338,015	0,0000**	429,5301	184,904	0,0000**	7,7316	542,4780	0,0000**	2,1006	1979,3170	0,0000**
Acesso x Tratamento	0,4246	2,8270	0,0017**	5,9007	2,540	0,0044**	0,0484	3,3980	0,0002**	0,0130	12,2630	0,0000**
<b>CV (%)</b>		<b>24,6</b>			<b>54,0</b>			<b>41,6</b>			<b>21,4</b>	

ns= não significativo; \*= significativo a 5% de probabilidade e \*\*=1% de probabilidade.

#### 4.2.3 Efeito do estresse térmico na germinação de acessos de sementes de *E. velutina*

Na figura 11, pode ser observado que sementes dos acessos de *E. velutina* germinaram em uma ampla faixa de temperatura. Ao final do período do experimento só haviam sementes não germinadas nas temperaturas de 5, 40 e 45°C. Curvas de germinação das sementes de *E. velutina* dos acessos Caboclo 2008 e Jutaí 2015 são mostradas na figura 11A. Observou-se, que na temperatura de 5°C, houve apenas 2% de sementes germinadas do acesso Caboclo 2008, requerendo 312 horas de embebição para iniciar o processo germinativo. Nas sementes do acesso Jutaí 2015 não houve germinação nessa mesma temperatura. Em 10°C (Figura 11B), os acessos Caboclo 2008 e Jutaí 2015 levaram 144 e 120 horas de embebição para dar início ao processo germinativo, respectivamente. Em 15°C (Figura 11C), os acessos requereram 96 e 72 horas de embebição, respectivamente, para culminar na protrusão da radícula das primeiras sementes. Na temperatura de 20°C até a de 40°C, as sementes de mulungu levaram menos tempo para dar início ao processo germinativo. Nesse intervalo observou-se variações na velocidade e na porcentagem de germinação (Figura 11D, E, F, G e H). Na temperatura de 45°C, todos os acessos apresentaram germinação nula, pois todas as sementes morreram durante os sete dias de exposição nessa temperatura (Figura 11I).



**Figura 11.** Curva de acúmulo da Germinação (porcentagem de protrusão de radícula) de sementes de *Erythrina velutina* Willd. (Fabaceae) submetidas a diferentes temperaturas, 5 (A), 10° (B), 15° (C), 20° (D), 25° (E), 30° (F) 35°(G) 40° (H) 45° (I).

A tabela 9 mostra interação significativa entre os fatores acesso e temperatura para todas as variáveis analisadas. Não houve diferenças estatísticas da germinação e TMG entre os acessos Caboclo 2008 e Jutai 2015 (Figura 12A e B). Na análise de regressão, foi possível observar que, entre as faixas de temperatura de 10°C a 35°C, os dois acessos avaliados não apresentaram diferenças na porcentagem de germinação (Figura 12A). Em relação a IVG, os acessos foram estatisticamente diferentes na temperatura de 20°C(Figura 12C). E, para os dois

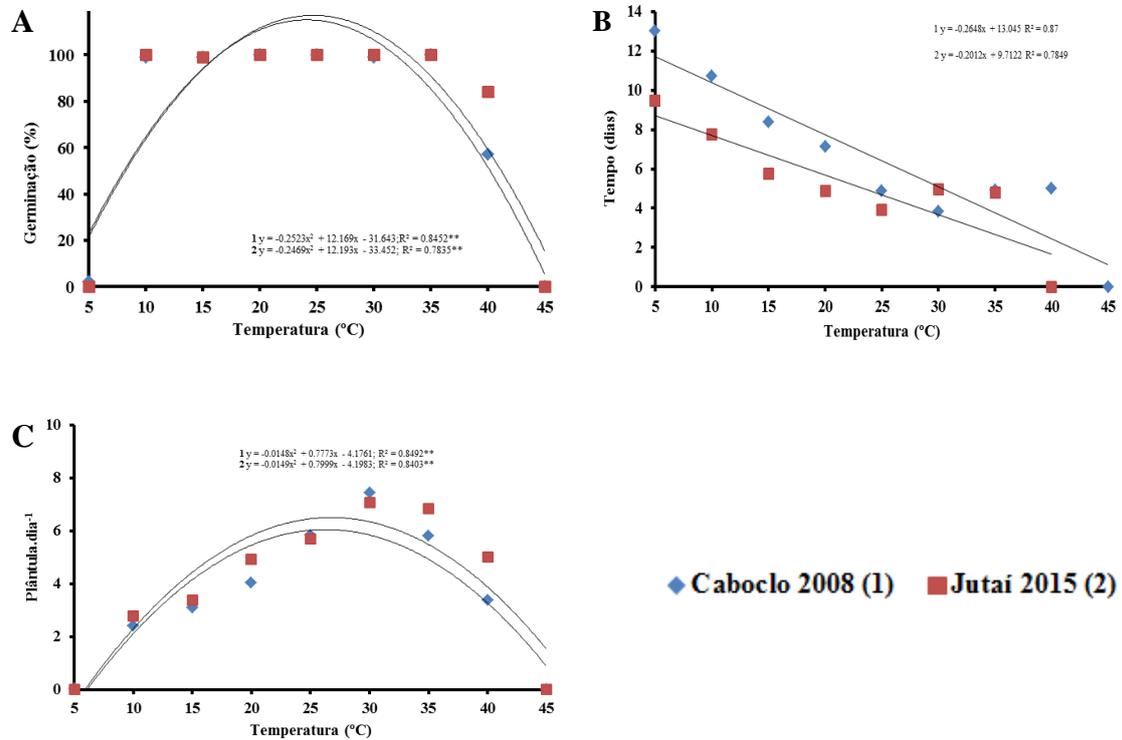
acessos, a temperatura considerada ótima foi na faixa de 25 a 30°C, baseado nos menores tempo médio de germinação e maior valor de índice de velocidade de germinação.

Em relação a recuperação da germinação das sementes dos acessos Caboclo 2008 e Jutáí 2015 (Figura 13) após transferidas para temperaturas medianas de 25°C, observou-se que as sementes procedentes da temperatura de 5°C permaneciam viáveis, germinando 82 e 96% para os respectivos acessos. Aquelas sementes não germinadas do acesso Caboclo 2008 mostraram-se sensíveis a alta temperatura de 40 °C, pois nenhuma semente germinou após transferidas para condições de 25°C. De modo contrario, sementes do acesso Jutáí ( Figura 11) apresentaram uma germinação de 89% em condições de 25°C, dando indícios de suportar uma variação térmica que poderá influenciar a sua estratégia de sobrevivência.

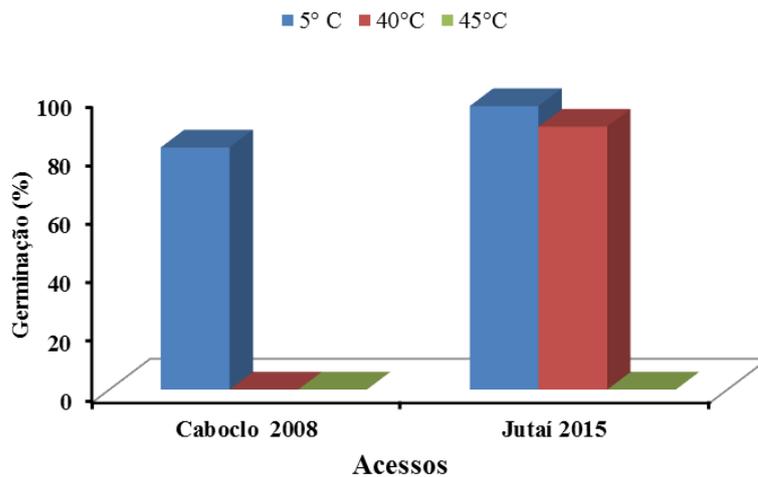
**Tabela 9.** Análise de variância da germinação, tempo médio de germinação, índice de velocidade de sementes de acessos de *Erythrina velutina* Willd. (Fabaceae) sob diferentes temperaturas.

Fator	Germinação			Tempo Médio			Índice de velocidade Média		
	QM	Fc	Pr>Fc	QM	Fc	Pr>Fc	QM	Fc	Pr>Fc
Acesso	162,0000	16,695	0,0001**	21,4949	6,450	0,0140**	2,9768	9,300	0,0035**
Tratamento	14769,3888	1522,036	0,0000**	66,6498	19,998	0,0000**	53,2538	166,365	0,0000**
Acesso x Tratamento	163,5000	16,849	0,0000**	8,8437	2,654	0,0156**	0,8538	2,667	0,0152**
<b>CV (%)</b>		4,19			35,40			15,04	

ns= não significativo; \*= significativo a 5% de probabilidade e \*\*=1% de probabilidade.



**Figura 12.** Porcentagem de germinação (A); Tempo Médio de Germinação (TMG, B) e Índice de Velocidade de Germinação (IVG, C) de sementes de *Erythrina velutina* Willd. (Fabaceae) em diferentes temperaturas.

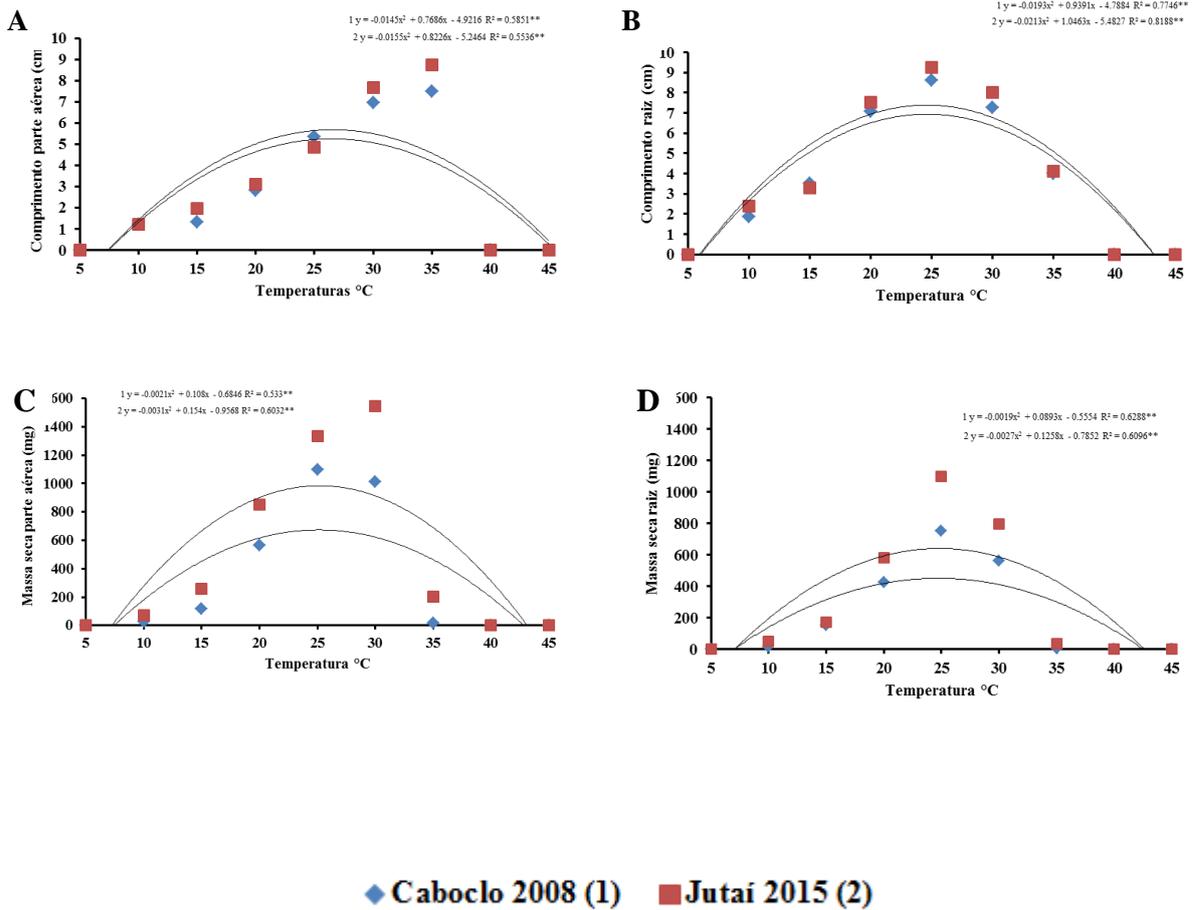


**Figura 13.** Porcentagem final de germinação de sementes *Erythrina velutina* Willd. (Fabaceae) transferidas para temperatura de 25°C após estresse térmico (Número de sementes transferidas para avaliar a recuperação. Acesso: **Caboclo 2008:** 98 (5°C), 22 (40°C) e 0 sementes (45°C). **Jutai 2015:** 100 (5°C), 9 (40°C) e 0 sementes (45°C))

#### 4.2.3.1 Efeito do estresse térmico no crescimento de plântulas de *E. velutina*

Houve formação de plântulas dos acessos Caboclo 2008 e Jutai 2015 entre as temperaturas de 10° e 35°C (Figura 14A, B, C e D). A tabela 10 mostra que houve significância entre acessos e temperaturas testada para as variáveis de crescimento e massa seca de plântulas de *E. velutina*.

Os resultados mostram que o desenvolvimento da parte aérea foi afetado na temperatura de 40°C para os dois acessos (Figura 14A) e, quando a temperatura foi de 5°C, somente para o acesso Caboclo 2008. Para o crescimento da parte aérea das plântulas houve diferenças entre os acessos de Caboclo 2008 e Jutai 2015 na temperatura de 35°C, onde o acesso Jutai 2015 se sobressaiu com um maior valor, mostrando melhor desempenho em temperaturas mais altas. O pico de maior crescimento da parte aérea de Jutai 2015 e Caboclo 2008 foi nessa mesma temperatura. A temperatura de 25°C foi a que permitiu o maior desenvolvimento do comprimento da raiz nos dois acessos (Figura 14 C). O modelo que melhor se ajustou tanto para o crescimento da parte aérea como da raiz principal para ambos os acessos, foi a regressão polinomial (Figura 14A e C).



**Figura 14.** Crescimento da parte aérea (A) crescimento da raiz principal (C), massa seca parte aérea (B), Massa seca da raiz (D) de dois acessos de *Erythrina velutina* Willd. (Fabaceae), submetidos a diferentes temperaturas.

O acesso Jutai 2015, quando comparado com Caboclo 2008, teve um maior acúmulo de massa seca da parte aérea e da raiz das plântulas nas temperaturas 10, 15, 20, 25, 30 e 35 °C, sendo estatisticamente diferente nas temperaturas 25, 30 e 35°C (Figura 14B e D). Para essa variável, o modelo que melhor se ajustou foi a regressão polinomial. A temperatura 30° C foi a que proporcionou o maior acúmulo de matéria seca da parte aérea das plântulas do acesso Jutai 2015 e a temperatura de 25°C permitiu o maior acúmulo de massa seca da raiz nas plântulas de Caboclo 2008 e Jutai 2015.

**Tabela 10.** Análise de variância do crescimento e massa seca da parte aérea e raiz de plântulas de acessos de *Erythrina velutina* Willd. (Fabaceae) sob diferentes temperaturas.

Fator	(1) Parte Aérea			Raiz			(2) Parte Aérea			Raiz		
	QM	Fc	Pr>Fc	QM	Fc	Pr>Fc	QM	Fc	Pr>Fc	QM	Fc	Pr>Fc
Acesso	15,3273	15,135	0,0003**	7,2390	7,401	0,0088**	0,4544	30,300	0,0003	0,1449	48,668	0,0088**
Tratamento	59,5613	58,813	0,0000**	101,1913	103,454	0,0000**	2,2650	151,034	0,0000	1,0023	336,656	0,0000**
Acesso x Tratamento	10,2559	10,127	0,0000**	2,0642	2,110	0,0505*	0,0625	4,169	0,0006	0,0315	10,586	0,0000**
<b>CV (%)</b>		<b>38,6</b>			<b>28,0</b>			<b>31,0</b>			<b>21,1</b>	

ns= não significativo; \*= significativo a 5% de probabilidade e \*\*=1% de probabilidade.

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1 Caracterização inicial e avaliação da qualidade fisiológica de sementes de diferentes acessos de *E. velutina*

As sementes de *E. velutina* foram enquadradas como tolerantes à dessecação, pois, segundo Castro e Hilhorst (2004), as sementes ortodoxas quando dispersas apresentam teor de água de 5 a 10% dentre os acessos avaliados houve uma variação no teor de água entre 5,5 e 6,4%. Dados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2011) para a mesma espécie em estudo.

A importância de se conhecer as medidas biométricas das sementes é que, além de poder caracterizar o lote de sementes, pode dar indicativos do vigor. Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), sementes de maiores medidas originam plântulas mais vigorosas. Essa afirmação foi observada nas plântulas originadas dos acessos Jutai 2012, 2013 e 2015, e ainda pode-se justificar que a máxima germinação das sementes do acesso Caboclo 2008 deve -se, em parte, ao maior tamanho das sementes, mesmo sendo coletadas há oito anos. Além disso, quando comparadas com as sementes do acesso Caiçara 2011, essas sementes se sobressaem em relação ao tamanho e, segundo Marcos Filho (2015) plantas mais nutridas geralmente produzem sementes maiores e mais pesadas. Baseado nesses resultados, sementes de *E. velutina* armazenadas por pelos menos oito anos, podem sofrer redução no vigor em detrimento da capacidade de emitir plântulas normais.

A capacidade de originar plântulas normais e com estruturas morfológicas vigorosas podem sofrer redução em função da deterioração natural das sementes durante seu armazenamento (SILVA et al., 2014). Em espécies arbóreas, esse tipo de informação ainda é menor quando comparado com espécies cultivadas, o que pode auxiliar em pesquisas e atividades de produção de mudas, além da renovação de banco de sementes, visando a conservação de espécies com potenciais. De acordo com Guedes (2015), o tamanho da semente é uma importante característica que favorece a germinação, mas que não necessariamente é favorável ao estabelecimento das plântulas, pois as diferenças no comportamento fisiológico em lotes da mesma espécie nem sempre é detectável, talvez devido às diferenças de condições climáticas durante as fases de maturação das sementes, às condições de secagem, à genética das matrizes ou ao local em que foram coletadas.

As sementes dos cinco acessos utilizadas neste trabalho apresentaram 100% de viabilidade e alto vigor, sendo que as sementes dos acessos mais velhos apresentaram um menor valor de plântulas normais, comprimento e massa seca de plântulas. Guedes et al. (2009), trabalhando com lotes de mulungu coletados em diferentes locais, obtiveram elevadas porcentagens de germinação das sementes dos diferentes lotes. Afirmaram ainda que as variáveis testes de emergência e massa seca da parte aérea das plântulas em campo, podem ser utilizadas como indicativo de vigor entre lotes de sementes desta espécie, pois demonstram uma resposta condizente com a de germinação.

A avaliação das características físicas e fisiológicas das sementes de espécies florestais é muito importante para averiguar a qualidade de um lote de sementes, podendo influenciar no processo de sobrevivência e desenvolvimento das mudas em campo (SANTOS et al., 2012). O vigor e a deterioração das sementes estão fisiologicamente ligados, sendo que a máxima qualidade fisiológica se dá pela maturidade, e a partir desta, as sementes já estão sujeitas a uma série de eventos que as levarão à morte. A perda da capacidade germinativa é um indicativo importante da qualidade da semente, mas esse evento é um dos últimos a acontecer, antecedendo a ele a queda do vigor (FREITAS, 2009). Portanto, esses fatores podem justificar o motivo que as sementes do acesso de Jutai 2015 apresentaram-se mais vigorosas em relação às de Caboclo 2008. As sementes de todos os acessos coletadas em anos anteriores a 2015, utilizadas neste trabalho, foram armazenadas em ambiente de laboratório, dentro de sacos plásticos, o que proporcionou a manutenção da viabilidade das sementes.

Portanto, sementes de mulungu armazenadas durante oito anos em sacos plásticos, em ambiente de laboratório, permaneceram viáveis, obtendo 77,5% de plântulas normais. Em outros estudos com sementes de *E. velutina*, Santos (2011) observou que as mesmas podem ser armazenadas em câmaras frias ou ambientes de laboratório, sem que ocorram perdas significativas na emergência das plântulas.

Guedes et al. (2015), trabalhando com sementes de *A. cearenses* de diferentes procedências, verificaram que o vigor influenciou o comprimento das plântulas e que aquelas consideradas mais vigorosas produziram plântulas com maior comprimento. Lotes constituídos de sementes de baixo vigor produziram plântulas com menor comprimento. Esse desempenho foi semelhante ao encontrado para as sementes de *E. velutina* onde o acesso Jutai 2015 apresentou os maiores valores de porcentagem de plântulas normais, de comprimento da parte aérea e raiz e alocação de massa seca quando comparados aos demais acessos, sem influenciar na taxa de germinação.

É importante conhecer o vigor das sementes de acessos quando se pensa em produção de mudas, pois, quanto maior o vigor, mais rápido vai ser o estabelecimento das plântulas. Conforme os resultados encontrados, o crescimento da raiz e massa seca das plântulas foram os parâmetros que melhor distinguiram os acessos avaliados, confirmando que sementes de *E. velutina* colhidas mais recentemente apresentam-se com potencial vigoroso e de alta taxa de multiplicação e de desenvolvimento.

## **5.2 Efeito do estresse salino na germinação de acessos de sementes de *E. velutina***

As sementes de todos os acessos apresentaram alta porcentagem de germinação até 24 dS.m<sup>-1</sup>, embora a medida que aumentou-se a condutividade do meio germinativo as sementes necessitaram de mais tempo para germinarem. A depender da quantidade do sal, esse contribuiu para reduzir o processo de embebição requerendo mais horas para que a semente alcance a fase III da germinação que culmina com a emissão da radícula. A partir da condutividade elétrica (24 dS.m<sup>-1</sup>), houve uma redução na germinação, ocasionado pela elevada concentração de cloreto de sódio no meio germinativo.

A diminuição da porcentagem de germinação e o retardo no início do processo germinativo provocada pelo estresse salino ocorridos em sementes de *E. velutina* podem estar relacionados com a seca fisiológica produzida, pois, quando aumenta a concentração de sais no meio germinativo, ocorrerá a diminuição do potencial osmótico e, conseqüentemente, uma redução do potencial hídrico (RIBEIRO- REIS et al., 2012).

Em relação à porcentagem de germinação, as sementes dos acessos Caiçara 2011, Jutáí 2012, 2013 e 2015, até 24 dS.m<sup>-1</sup> não diferiram da testemunha e as porcentagens foram mantidas elevadas. Guedes et al., (2009), trabalhando com a mesma espécie, observaram que a alta porcentagem de germinação não significava, necessariamente, que os cinco lotes avaliados eram caracterizado como vigorosos, uma vez que o teste de germinação foi realizado em condições ideais, permitindo que as sementes expressassem seu potencial máximo para produzir plântulas normais.

O estresse salino pode ser utilizado como um teste complementar para avaliar o vigor entre lotes de sementes. Como observado na figura 4, a partir de 24 dS.m<sup>-1</sup>, sementes dos acessos Jutáí 2012, 2013 e 2015 apresentaram os melhores resultados em todas as variáveis avaliadas. As sementes dos acessos Caboclo 2008 e Caiçara 2011, em condutividades elétricas mais elevadas no meio germinativo, requerem mais horas para ocorrer o rompimento tegumentar. Essa tolerância apresentada pelo grupo Jutáí a ambientes salinos demonstrou ser

um material interessante e com potencial que pode ser utilizado para recuperar áreas que foram desmatadas para agricultura e, posteriormente, abandonadas. Com o aumento de áreas irrigadas, a salinidade do solo tornou um grande problema, principalmente em locais de alta evapotranspiração e temperaturas elevadas (SILVEIRA, et al., 2010). Segundo Lima Junior e Silva (2010), a salinização é um dos acontecimentos mais crescentes, principalmente em regiões áridas e semiáridas, decorrente de condições climáticas e também da agricultura irrigada. Um exemplo de grandes áreas utilizadas pela agricultura irrigada é a cidades de Petrolina-PE e Juazeiro-BA, situadas no sertão nordestino, são conhecidas em todo o país pelas grandes safras na fruticultura irrigada (VASCONCELOS, 2014).

Farias et al. (2009), trabalhando com plantas de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Steud) submetida a solução nutritiva com concentrações crescentes de NaCl, observaram que as plantas se desenvolveram melhor somente na ausência de NaCl. No nosso estudo verificou -se que o desenvolvimento das plântulas de todos os acessos de *E. velutina* foi influenciado pela solução salina, sendo que os acessos Jutaí 2012 e 2015, na condutividade elétrica de  $24 \text{ dS.m}^{-1}$ , mostraram um desenvolvimento de plântulas normais.

Provavelmente essa espécie faz ajustamento osmótico, aumentando a concentração de sais em seu interior, fazendo com que permaneça um gradiente favorável a absorção de água. Esse ajuste osmótico acontece da seguinte forma: os íons absorvidos são acumulados nos vacúolos foliares ficando baixas concentrações no citoplasma, esta divisão permite que as plantas sejam tolerantes e sobrevivam em solos salinos (DIAS; BLACO, 2010). Freitas (2016) e Galindo (2010) trabalhando com *Mimosa ophthalmocentra* e *Crataeva tapia* L., respectivamente, verificaram que o crescimento da parte aérea e raiz foram afetados com aumento da salinidade da solução.

A maior concentração de íons no substrato leva a uma diminuição do potencial osmótico do meio e, nesta condição, as sementes têm dificuldade para absorver água e, em concentração tóxica, os íons modificam todo o processo germinativo com efeito danosos nas membranas celulares (FANTI et al., 2004; DEUNER et al., 2011; RIBEIRO-REIS, 2012). De acordo com esses mesmo autores, os efeitos da salinidade sobre a germinação também podem ser observados na redução do crescimento das plântulas e na porcentagem de germinação, retardando o início do processo germinativo e diminuição no índice de velocidade.

O aumento de sais diminui a disponibilidade da água no solo, no entanto, nem todas as espécies são igualmente afetadas pelo mesmo nível de salinidade, pois algumas são mais tolerantes que outras e podem extrair água com mais facilidade (DIAS; BLANCO, 2010) e durante o processo germinativo foi possível observar que e os danos provocados pelo estresse

salino são diminuídos pela ação das enzimas antioxidantes (TEMIZGUL et al., 2016). Segundo Ribeiro-Reis (2012), a capacidade do protoplasma de suportar altas concentrações de sal depende da compartimentalização seletiva dos íons que entram na célula.

A formação de plântulas normais dos acessos de *E. velutina*, como observado na figura 5, demonstra-se mais sensível que a germinação das sementes. Resultados semelhantes foram encontrados por Ribeiro-Reis (2012) para a mesma espécie em estudo. Com base nos resultados das variáveis de germinação, formação de plântulas normais e alocação de massa seca dos acessos de *E. velutina*, essa espécie responde favoravelmente aos estresse salino, apresentando limite crítico aos 36d.Sm<sup>-1</sup> para alguns acessos (Caboclo 2008 e Caiçara 2011) e com limite de tolerância à germinação aos 48 d.Sm<sup>-1</sup> em todos os acessos estudados.

De modo geral, as altas concentrações de cloreto de sódio não foram tóxicas a ponto de comprometer a viabilidade do poder germinativo das sementes. Todos os acessos de *E. velutina* apresentaram alta taxa de germinação quando as condições ideais foram reestabelecidas, com exceção de Caiçara que teve uma baixa porcentagem de germinação (30%).

### **5.3 Efeito do estresse hídrico na germinação de acessos de sementes de *E. velutina***

As sementes de todos os acessos de *E. velutina* apresentaram alta germinação até -0,3 MPa e, a partir do potencial osmótico -0,6 MPa, apenas os acessos Jutaí 2012 e 2015 apresentaram sementes com a alta germinabilidade. A germinação de todos os acessos foi comprometida pelo aumento da solução de PEG (-0,9 MPa), e este potencial foi constatado como aquele que limita a germinação de semente. Pelegrini et al. (2013) observaram que sementes de *E. falcata* submetidas às concentrações de -0,4 a -1,0 MPa tiveram a germinação comprometida nos potenciais osmóticos mais negativos devido a indisponibilidade da água causada pelo agente osmótico PEG. O mesmo foi observado nas sementes dos acessos de *E. velutina* deste trabalho. Santos et al. (2016), trabalhando com *Poincianella pyramidalis* e *Anadenanthera colubrina*, duas espécies amplamente distribuídas na Caatinga coletadas no ano de 2012, observaram que a germinação foi afetada quando as sementes foram expostas aos tratamentos de potenciais osmóticos -0,8, -1,0 e -1,2 MPa, confirmando que essas concentrações de PEG 6000 restringiram a capacidade das sementes catingueira e angico emitirem radícula.

O resultado do TMG das sementes dos acessos de *E. velutina* sob estresse hídrico com PEG 6000 foi semelhante ao resultado obtido com o cloreto de sódio, onde verificou que as sementes dos diferentes acessos requereram um maior período de tempo para iniciar o processo germinativo. Ribeiro-Reis (2012), trabalhando com apenas um acesso de *E. velutina*, verificou que a velocidade de germinação foi maior em sementes embebidas em água e, quando o potencial osmótico da solução era reduzido, foi necessário um maior tempo (5,96 dias) para a semente intumescer e germinar, resultando em menor velocidade média de germinação. Paiva (2007), trabalhando com disponibilidade hídrica com três lotes de sementes de *Macrotyloma axillare* (E. Mey), uma leguminosa forrageira, verificou redução na porcentagem de germinação com o decréscimo do potencial osmótico da solução, levando a nulidade no potencial osmótico de -0,8 MPa. Silveira et al. (2010) observaram que em sementes de caroá (*Neoglasiovia variegata* (Arruda) Mez.), uma planta nativa da Caatinga, a germinação foi influenciada pela disponibilidade de água no meio, e que a taxa de germinação e o IVG atingiram os maiores valores quando as sementes eram mantidas no água.

Quanto ao IVG, todos os acessos de *E. velutina* apresentaram valores alto quando o PEG 6000 era ausente na solução, com exceção do acesso Jutaí 2012, cuja sementes apresentaram uma discreta diminuição do IVG no potencial de -0,3MPa. Antunes et al. (2011) diz que os menores índices de porcentagem de germinação de catingueira (*P. pyramidalis*) foram encontrados nos potenciais osmóticos mais inferiores, os quais propiciaram condições de estresse mais severas devido a maior redução da disponibilidade hídrica.

Segundo Borges et al. (2014), lotes de sementes quando expostas a estresses, respondem de acordo com o potencial fisiológico de cada semente. Essas respostas podem ser explicadas devido ao processo cinético de germinação e ao acúmulo de massa seca. Sementes dos acessos de Jutaí 2012 e 2015 apresentaram as melhores respostas quando comparadas com as de Caboclo 2008 e Caiçara 2011. Segundo Masetto et al. (2011) o teste de germinação sobre restrição hídrica com PEG 6000 foi uma boa opção para estimar a qualidade fisiológica das sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst. ex R.E. Fr.) uma espécie oleaginosa e com potencial para produção de biodiesel.

Qualquer impedimento do processo embebição parece afetar primordialmente o estado hídrico celular e conseqüentemente provoca atrasos nas reações metabólicas, assim estudos que envolvem estresses em sementes darão subsídios para indicação de espécies tolerantes as adversidades ambientais. Sabe se que a água é o fator primordial no processo germinativo. Com a absorção da água os tecidos das sementes vão sendo hidratados e conseqüentemente aumenta a respiração e todas as outras atividades metabólicas, fornecendo energia e nutrientes

para o crescimento embrionário (MARCOS FILHO, 2015). O estresse hídrico pode influenciar no estabelecimento das espécies, visto que este gera um atraso no tempo de germinação das sementes (FANTI; PEREZ, 2004), atuando como um fator importante para a sobrevivência da espécie.

Foi observado nas sementes dos acessos de *E. velutina* que a restrição hídrica causada pelo PEG 6000 não impossibilitou a germinação quando as condições tornaram-se ideais, retomando o processo germinativo. Como verificado na figura 9, sementes de mulungu do acesso Caboclo 2008 exposta em -0,9 MPa por 14 dias, conseguiram restabelecer o processo germinativo de forma bastante significativa.

Os acessos Jutai 2012 e 2015 apresentaram 95 e 98% de germinação respectivamente; após transferência para condições não estressantes; e o acesso Caiçara 2011 foi o que apresentou um menor índice de restabelecimento. Esse tipo de resposta mostra a variabilidade dentro da espécie. E *E. velutina* possui um limite de tolerância a seca, que é um ponto relevante encontrando neste trabalho.

Em situações adversas a germinação, as sementes utilizam mecanismo de escape ou tolerância, e os diferentes acessos avaliados responderam de acordo com a variabilidade genética de cada genótipo. As sementes dos acessos de *E. velutina* foram influenciadas pela restrição hídrica quando embebidas com soluções de PEG 6000. Sementes do acesso Caiçara 2011 foram mais sensíveis ao estresse hídrico e os acessos Jutai 2012 e 2015 apresentaram-se mais tolerantes.

#### **5.4 Efeito do estresse térmico na germinação de acessos de sementes de *E. velutina***

As sementes de *E. velutina* germinaram sobre ampla faixa de temperatura que variaram de 5 a 40°C, não houve formação de plântulas nas temperaturas testadas (mínima e máxima). Marcos Filho (2015) cita que na ausência de outros fatores limitantes a germinação ocorre em temperaturas relativamente amplas, e que os extremos dependem das características genéticas de cada espécie e das condições ambientais na época da produção de sementes. Em sementes de *A. cearensis* as maiores porcentagens de germinação foram observadas nas temperaturas constantes (20, 25 e 35°C), evidenciando a adaptação dessa espécie às flutuações térmicas naturais do ambiente, conferindo características importantes no

estabelecimento das plântulas e da capacidade de suportar adversidades do ambiente (GUEDES, 2010).

Pôde-se observar nesse experimento que sementes do acesso Caboclo 2008 tolera temperatura baixa, sendo observada germinação na temperatura a 5° C. De modo oposto sementes de Jutai 2015 apresentaram germinação de 84% na temperatura de 40°C. Constituindo uma resposta bastante interessante quando se pretende selecionar genótipos promissores e tolerantes a variações térmicas.

Os dois acessos utilizados mostraram melhores resultados TMG e IVG entre as temperaturas 25 a 30°C, podendo ser considerada a temperatura ótima para a espécie. Ribeiro-Reis (2012) trabalhando com a mesma espécie encontraram que a temperatura ótima para a germinação foi 25°C, coerente aos resultados encontrados neste trabalho. Sementes de ypê-branco (*Tabebuia roseo-alba* (Rdl.) Sand.) apresentaram as maiores porcentagens e velocidade de germinação nas temperaturas entre 29,5°C e 35°C, tendo a germinação comprometida nas temperaturas inferiores a 20°C (STOCKMAN et al., 2007).

Estudo realizado por Lima et al., (2006) com sementes de pau-ferro (*Caesalpinia ferrea* Mart ex Tul.) apresentaram alta porcentagem de germinação (98 e 98,8%) nas temperaturas 25 e 35°C, respectivamente. Segundo Oliveira (2015) a exposição de sementes de Aroeira do sertão (*M. urundeuva*) a elevadas temperaturas durante o período de germinação resultou em menores valores de TMG e maiores valores de VMG, devido, provavelmente rápida embebição, e conseqüentemente, a aceleração das reações metabólicas durante o processo germinativo em temperatura mais elevada.

As sementes das espécies da caatinga apresentam germinação que está condicionada às condições climáticas locais, assim muitas sementes requerem altas temperaturas para iniciar a germinação (SILVEIRA, 2011). Para *M. urundeuva* a faixa de temperatura entre 20 e 30°C foi considerada favorável à germinação das sementes (VIRGENS, 2012). Plântulas de angico (*A. colubrina*) apresentaram maior comprimento de parte aérea entre as faixas de 20 - 35 °C (BISPO, 2016), resultado semelhante foram observados nas plântulas obtidas dos acessos Caboclo 2008 e Jutai 2015 que além da parte aérea houve grande investimento no crescimento do sistema nesta mesma faixa de temperatura (Figura 14A e C).

Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), as sementes só germinam dentro de determinados limites de temperatura, sendo que acima ou abaixo desses limites não ocorrerá germinação, e dentro desses limites as sementes vão responder de acordo com o seu vigor e que quanto maior, melhor maior será o desempenho da semente. A temperatura mínima de determinadas espécies podem estar próximas ao ponto de congelamento e as máximas

próximas dos 50°C (PESKE, 2003). No presente estudo foi constatado que as sementes dos acessos de *E. velutina* em temperaturas inferiores a 10° influenciam significativamente na restrição da germinação e no desenvolvimento de plântulas. As maiores taxas de formação de plântulas normais foram dependentes da elevação de temperatura do ambiente. Neste trabalho verificou-se que o vigor das sementes do acesso Jutáí 2015 favoreceu a alocação de massa seca de plântulas originadas em todas as temperaturas (> 10 e <40 °C) quando comparadas as plântulas do acesso Caboclo 2008. Em trabalho com jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All) a temperatura de 25°C foi favorável a alocação de massa seca de plântulas (GUEDES et al., 2011). Em *A. cearenses* as plântulas apresentaram maior valor de massa seca das raízes nas temperaturas constantes de 30 e 35 °C (GUEDES et al., 2010).

## 6. CONCLUSÕES

- Em relação ao vigor sementes dos acessos Jutai 2012 e 2015 apresentaram-se mais vigorosas quando comparadas com os demais acessos.
- As variáveis: Tempo médio, índice de velocidade de germinação, formação e alocação de massa seca das plântulas, são fatores sensíveis ao estresse hídrico provocado pela restrição salina e osmótica.
- Apresentando limite crítico aos 36 dS.m<sup>-1</sup> para os acessos Caboclo 2008 e Caiçara 2011, e limite de tolerância à germinação aos 48 dS.m<sup>-1</sup> impondo uma tendência a nulidade para todos os acessos estudados.
- O limite de tolerância para germinação sem afetar a viabilidade das sementes de *E. velutina* sob estresse hídrico com PEG 6000, foi no potencial osmótico de -0,9 MPa.
- A germinação de sementes de *E. velutina* foram mais sensíveis à restrição hídrica com PEG 6000 quando comparado ao Cloreto de sódio.
- A temperatura ótima de germinação de *E. velutina* ocorre na faixa de 25 a 30°C e que o processo é interrompido a 45°C.
- De modo geral a viabilidade das sementes sob estresses foi mantida, restabelecendo a germinação em condições ideais constituindo uma resposta importante para a sobrevivência da espécie em situações adversas.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. P. N. et al. Estresse hídrico e massa de sementes na germinação e crescimento de plântulas de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 45, p. 777-787, 2014.
- ANDRÉO-SOUZA, Y. et al. Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão-manso. **Sementes**, vol. 32, p.083-092, 2010.
- ANTUNES, C. G. C. et al. Germinação de sementes de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (catingueira) submetidas a deficiência hídrica. **Árvore**, Viçosa-MG, v.35, p.1007-1015, 2011.
- ALVES, J. J. a. et al. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica, **Caatinga**. Mossoró, v.22, p 126-135, 2009.
- BRAGA, L.F. et al. Germinação de sementes de *Enterolobium schomburgkii* (Benth.) Benth. submetidas a estresse salino e aplicação de poliamina. **Plantas Medicinai**s, Botucatu, v.11, p.63-70, 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: 2009. 399p.
- BEWLEY, J. D. et al. Dormancy and the Control of Germination. In:\_\_\_\_\_. **Seeds Physiology of Development, Germination and Dormancy**. Springer, 2013. p. 247- 297.
- BISPO, J. S. Biometria, vigor e limites para a germinação de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. 2016. 11 f. **Dissertação** (Mestrado em Horticultura Irrigada) – Uneb, Juazeiro, 2016.
- BORGES, C. T. et al. O estresse salino afeta a qualidade fisiológica de sementes de rúcula ?. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, p.1049, 2014.
- CASTRO, R. D.; HILHORST, H. W. M. Embebição e reativação do metabolismo. IN: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Org). **Germinação do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- CARVALHO, P.E.R. Mulungu (*Erythrina velutina*). **Circular Técnica** 160, 1º Ed. Embrapa Florestas, Colombo, PR, Dez. 8p. 2008.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA J. **Sementes: Ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal-SP: UNESP, p.590, 2012.
- COSTA, R. S. et al. Aspectos morfológicos e influência do tamanho da semente na germinação do jambo-vermelho. **Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 28, p.117-120, 2006.
- DEUNER, C. et al. Viabilidade e atividade antioxidante de sementes de genótipos de feijão-miúdo submetidos ao estresse salino. **Sementes**, vol. 33, p. 711 - 720, 2011.

DIAS, N. S.; BLACO, F. F. Efeito do sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura**: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza, INCT, 2010.

DIAS, D. C. F. S.; NASCIMENTO, W. M. Desenvolvimento, maturação e colheita de sementes de hortaliças. IN: NASCIMENTO, W. M. (Org). Tecnologia de sementes de hortaliças. Brasília: **Embrapa hortaliças**, 2009.

EMBRAPA. **Convivência com a seca**. Disponível em < <https://www.embrapa.br/tema-convivencia-com-a-seca/perguntas-e-respostas> > Acesso em: 18 de abril 2016.

*Erythrina* in **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB22965>>. Acesso em: 19 Jun. 2017

FANGERIA, N. K. et al. Melhoramento genético vegetal e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura**: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza, INCT, 2010. P. 205- 218.

FANTI, S. C.; PEREZ, S. C. J. G. A. Processo germinativo de sementes de paineira sob estresses hídrico e salino. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.39, p.903-909, 2004.

FARIAS, S. G. G. et al. Estresse salino no crescimento inicial e nutrição mineral de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Steud) em solução nutritiva. **Ciências do Solo**, V.33, p.1499-1505, 2009.

FERNANDES, P. D. et al. Bioassalinidade e produção agrícola. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura**: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza, INCT, 2010. P. 181- 203.

FOWLER, J. A. P.; BIANCHETTI, A. Dormência em sementes florestais. Colombo: **Embrapa Florestas** (Embrapa Florestas. Documentos, 40), p. 27, 2000.

FREITAS, N. W. N. Tecnologias com jurema de imbirá. 2016; 101f. **Tese** (Doutorado em fitotecnia)- Universidade Federal Rural do Semiárido. Mossoró, 2016.

FREITAS, R. A. Deterioração e armazenamento de hortaliças. In: NASCIMENTO, W. M. (org.). **Tecnologias de sementes de hortaliças**. Brasília: Embrapa hortaliças, 2009. p. 155-182.

GALINDO, E. A. Tecnologia de sementes de *Crataeva tapia* L. 2010; 92f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.

GUEDES, R. S. et al. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Erythrina velutina* Willd. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, p. 793-802, 2009.

GUEDES, R. S. et al. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, p. 2373-2382, 2015.

GUEDES, R. S. et al. Testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes *Erythrina velutina* Willd. (fabaceae - papilionoideae). **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p. 1360-1365, 2009.

GUEDES, R. S. et al. Substratos e temperaturas para testes de germinação e vigor de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith. **Árvore**, Viçosa-MG, v.34, p.57-64, 2010.

GUEDES, R. S. et al. Germinação de sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 33, p. 445-450, 2011.

GONDIM, T. M. S. et al. Aquecimento global: salinidade e consequências no comportamento vegetal. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.14, p.37-54, 2010.

GOMES, S. E. V. et al. Limites de temperatura para germinação de sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, X.; 2015, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2015.

HÖFS, A. et al. Emergência e crescimento de plântulas de arroz em resposta à qualidade fisiológica de sementes. **Sementes**, vol. 26, p.92-97, 2004.

IPCC Climate Change: Summary for policymakers. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the **Intergovernmental Panel on Climate Change**, 2014.

IPCC. **Intergovernmental panel on climate change**. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental panel on climate change. M. L. Parry, o.f\_ Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (eds) Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2007.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 2. ed Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.452, 2004.

LABOURIAU, L.G. **A germinação das sementes**. Washington: Secretaria da OEA, p.173, 1983.

LACERDA, F. F. Tendências de temperatura e precipitação e cenários de mudanças climáticas de longo prazo no nordeste do Brasil e em ilhas oceânicas. 2015. 114 f. **Tese** (Doutorado Engenharia Civil na área de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2015.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000, p.531.

LIMA, B. G. **Caatinga: Espécies lenhosas e herbáceas**. Mossoró, RN: Ed. Ufersa, 2012. 316p.

LIMA JUNIOR, J. A.; SILVA, A. L. P. Estudo do processo de salinização para indicar medidas de prevenção de solos salinos. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, 2010.

LIMA, J. D. et al. Efeito da temperatura e do substrato na germinação de sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. (leguminosae, caesalpinoideae). **Árvore**, Viçosa-MG, v.30, p.513-518, 2006.

LIMA, B. G.; TORRE, S. B. Estresses hídrico e salino na germinação de sementes de *Zizyphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae). **Caatinga**, vol. 22, p. 93-99, 2009.

LOPES, C. R. F. R. *Erythrina velutina* Willd.: Avaliação fitoquímica, farmacológica e biológica. 2010. 104 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2010.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, SP: Plantarum, c1992. 352 p

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. 2.ed. Fortaleza- CE: Printcolor, p.413, 2012.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, p.495, 2015.

MARCOS FILHO, J.; NOVENBRE, A. D. L. C. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de hortaliças. IN: NASCIMENTO, W. M. (Org). **Tecnologia de sementes de hortaliças**. Brasília: Embrapa hortaliças, 2009.

MARENCO, Jose A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. 2 ed. Brasília: MMA - Ministério do Meio Ambiente, v.26, p.212, 2007.

MARTINS, E. S. P. R.; MAGALHÃES, A. R. **A seca de 2012-2015 no Nordeste e seus impactos**. Parc. Estrat. Ed. Esp. Brasília-DF v.20 n.41 p.107-128 2015.  
<[http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias\\_estrategicas/article/viewFile/801/733](http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/801/733)> acesso em 27 de abril 2017.

MASETTO, T. E. et al. Potencial hídrico do substrato e teor de água das sementes na germinação do crambe. **Sementes**, vol. 33, p. 511 - 519, 2011.

MATIAS, J. R. et al. Efeito de estresse salino no processo germinativo de sementes de angico (*Anadenanthera colubrina*). In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 6., 2011, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. p. 297-302, (Embrapa Semiárido. Documentos 238) .

MATOS, E; QUEIROZ, L. P. **Árvores para cidades**. Salvador- BA: Ministério Público da Bahia, Solisluna, p.340, 2009.

MEIADO, M. V. et al. Diásporos da caatinga: uma revisão. In: SIQUEIRA FILHO, J. A. (Org). **A flora das caatingas do Rio São Francisco: história natural e conservação**. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio. P 307- 365, 2012.

MELO, F. P. L. et al. Recrutamento e estabelecimento de plântulas. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Org). **Germinação do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

MISTURA, C. et al. Germinação e desenvolvimento de plântulas de cunhã em função da salinidade. **Saúde Produção Animal**, Salvador, v.12, p.306-317, 2011.

MOURA, M. R. et al. Efeito do estresse hídrico e do cloreto de sódio na germinação de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. **Verde**. Mossoró – RN, v.6, p.230 – 235, 2011.

NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G.; RODRIGUES, C. R. Crescimento e nutrição mineral de mudas de umbuzeiro (*spondias tuberosa* arr. cam.) submetidas a níveis de salinidade em solução nutritiva **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 28, p. 997-1006, 2004.

NOBRE, P. mudanças climáticas e desertificação: os desafios para o estado brasileiro In: **Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**. Campina Grande: INSA-PB, 2011. P. 25- 35.

NOGUEIRA, N. W. et al. ‘Jurema-de-embira’ seed germination under water stress and at different temperatures. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, p.244-248, 2017.

NONOGAKI, H. et al. Mechanisms and genes involved in germination sensu stricto. In: \_\_\_\_\_. **Seed Development, Dormancy and Germination.**: Blackwell Publishing, 2007. p. 264- 306

OLIVEIRA, G. M. **Tolerância de diferentes lotes de sementes de aroeira-do-sertão (Myracrodruon urundeuva Fr.All.) SOB ESTRESSSES ABIÓTICOS**. 2015. 53 f. Dissertação (Mestrado em Horticultura Irrigada) – Uneb, Juazeiro, 2015.

OLIVEIRA, D. G.; PRATA, A. P.; FERREIRA, R.; A. Herbáceas da Caatinga: composição florística, fitossociologia e estratégias de sobrevivência em uma comunidade vegetal. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.8, n.4, p.623-633, 2013.

PAIVA, A. S. disponibilidade hídrica na germinação de sementes e no crescimento de plântulas da leguminosa forrageira *Macrotyloma axillare* (E. Mey) Verdc. cv. Java. 2007. 99 f. **Tese** (Doutorado em Agronomia)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal, 2007.

PELEGRINI, L. L. et al. Efeito do estresse hídrico simulado com nacl, manitol e peg (6000) na germinação de sementes de *Erythrina falcata* Benth. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, p. 511-519, 2013.

- PEREIRA, S. R. et al. Tamanho de frutos e de sementes e sua influência na germinação de jatobá-do-cerrado (*hymenaea stigonocarpa* var. *stigonocarpa* Mart. ex Hayne, leguminosae–caesalpinoideae). **Sementes**, vol. 33p. 141 - 148, 2011.
- PEREIRA, S. R. et al. Influência da temperatura na germinação de sementes de *Peltophorum dubium* (Spreng.)Taub. **Abrates**, v.23. p. 2013.
- PESKE, S. T.; ROSENTHAL, M. D.; ROTA, G. R. M. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 1ª ed. Pelotas: editora, 2003.
- PINHEIRO, D. T. Estresse salino no potencial fisiológico de sementes e no desenvolvimento vegetativo de melão (*Cucumis melo* L.) 2015. 61 f. **Dissertação** (mestrado em Fitotecnia)- Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2015.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia de sementes**. 2.ed. Brasília: AGIPLAN, p.289, 1985.
- QUEIROZ, L. P. de. **Leguminosas da Caatinga**. Feira de Santana, Ba, p.467, 2009.
- Reflora. *Fabaceae* in **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB29679>>. Acesso em: 16 de fev. 2016.
- RIBEIRO, R. C. et al. Activity of antioxidant enzymes and proline accumulation in *Erythrina velutina* Willd. seeds subjected to abiotic stresses during germination. **Journal of Seed Science**, v.36, p.231-239, 2014.
- RIBEIRO- REIS, R. C. et al. Mobilization of reserves and germination of seeds of *Erythrina velutina* Willd. (Leguminosae - Papilionoideae) under different osmotic potentials. **Sementes**, vol. 34, p. 580 - 588, 2012.
- RIBEIRO-REIS, R. C. Tolerância a estresses abióticos em sementes de *Erythrina velutina* willd. (leguminosae - papilionoideae) nativa da Caatinga. 2012. 132 f. **Tese** (doutorado em Botânica)- UEFS, Feira de Santana, 2012.
- RICHARDS, L.A. **Suelos Salinos y Sodic**. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. México. p.171,1980.
- SANTANA, D.G.; RANAL, M.A. **Análise da Germinação: um enfoque estatístico**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, p. 248, 2004.
- SANTOS, R. V. et al. Interações salinidade- fertilidade do solo. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza, INCT, 2010. P. 221- 252.
- SANTOS, J. B et al. Avaliação microclimática no município de Petrolina, Pernambuco, Brasil usando técnicas de sensoriamento. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Revista Brasileira de Geografia Física v.09, n.05 p.1322-1334, 2016.

- SANTOS, C. A. et al. Germinação de sementes de duas espécies da caatinga sob déficit hídrico e salinidade. *Pesquisa florestal brasileira*, Colombo, v. 36, p. 219- 224, 2016.
- SANTOS, P. L. et al. Estabelecimento de espécies florestais nativas por meio de semeadura direta para recuperação de áreas degradadas. *Árvore*, Viçosa-MG, v.36, p.237-245, 2012.
- SANTOS, L. W. Propagação e produção de mudas de mulungu, *Erythrina velutina* Willd. (fabaceae) e jucá, *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. (caesalpinaceae) em Mossoró-RN. 2011; 133 f. **Tese** (Doutorado em fitotecnia. Área de Concentração em Plantas Medicinais)-Universidade Federal Rural do Semiárido. Mossoró, 2011.
- SANTOS, P. L. et al. Estabelecimento de espécies florestais nativas por meio de semeadura direta para recuperação de áreas degradadas. *Árvore* Viçosa-MG, v.36, p.237-245, 2012.
- SECCO, L. B. et al. Germinação de sementes de melão (*Cucumis melo* L.) em condições de estresse salino. *Verde*, Mossoró- RN. v. 4, p. 129. 2010.
- SILVA, L. B. et al. Estudo comparativo da madeira de *Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth e *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. (Fabaceae-Mimosoideae) na caatinga nordestina. *Acta botanica brasílica* 25(2): p.301-314, 2011.
- SILVA, K. B et al. Armazenamento de sementes de *Erythrina velutina* willd. **Revista Árvore** vol.35, Viçosa, 2011.
- SILVEIRA, D. G. et al. Resposta germinativa de sementes de caroá [*Neoglaziovia variegata* (ARRUDA) MEZ]. *Ciência e agrotecnologia*, Lavras, v. 35, p. 948 -955, 2011.
- SILVEIRA, J. A.G. et al. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao Estresse salino em plantas In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.(org) **Manejo da salinidade na agricultura**: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCT, 2010. p 162- 180.
- STOCKMAN, A. L. et al. Sementes de ipê-branco (*Tabebuia roseo-alba* (ridl.) sand. – bignoniaceae): temperatura e substrato para o teste de germinação. **Sementes**, vol. 29, p. 139-143, 2007.
- STOEHR, M. U.; EL-KASSABY, Y. A. Challenges Facing the Forest Industry in Relation to Seed Dormancy and Seed Quality. In: Allison R. Kermode. (Org). *Seed Dormancy Methods and Protocols*. Canada: Humana Press, 2011, p. 3-15.
- TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, p.719, 2017.
- TEMIZGUL, R. et al. Effects of salt concentrations on antioxidant enzyme activity of grain sorghum. *Current Trends in Natural Sciences*, Vol. 5, p. 171-178, 2016.
- TRÓPICOS**. Disponível em: < <http://www.tropicos.org/NameSearch.aspx> >. Acesso em: 16 de fev. 2016.
- VASCONCELOS, M. C. C. A. Salinização do solo em áreas irrigadas: Aspectos físicos e químicos ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido, v. 10, p. 20-25, 2014.

VILLELA et al., Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietilenoglicol 6000 e temperatura. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.26, p.1957-1968, 1991.

Virgens, I. O. et al. Comportamento fisiológico de sementes de *Myracrodruon urundeuva* fr. all. (anacardiaceae) submetidas a fatores abióticos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, p. 681-692. 2012.

ZAIDAN, L. B. P.; BARBEDO, C. J. Quebra de dormência em sementes. IN: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Org). **Germinação do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004.