



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA - DBI**



**KAROLYNE WANESSA DE JESUS**

Ocorrência de plasticidade fenotípica em plantas jovens  
de *Erythrina velutina* Willd. submetidas a estresse hídrico

**São Cristóvão**

**2017**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA - DBI**



**KAROLYNE WANESSA DE JESUS**

**Ocorrência de plasticidade fenotípica em plantas jovens  
de *Erythrina velutina* Willd. submetidas a estresse hídrico**

**Orientador(a): Elizamar Ciríaco da Silva**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao Departamento de  
Biologia da Universidade Federal de  
Sergipe como parte dos requisitos  
para obtenção do título de Bacharel  
em Biologia.

**São Cristóvão**

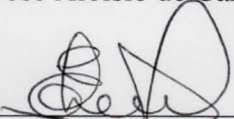
**2017**

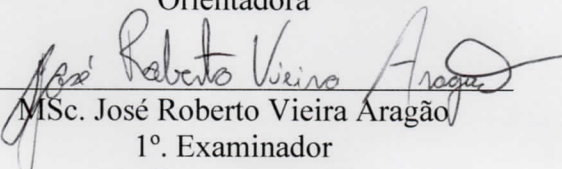
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA**

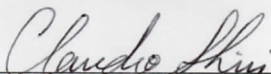
**MINUTA  
RESOLUÇÃO No. 001/2005/CCCBIO  
ANEXO IV  
ATA DA SESSÃO DE APRESENTAÇÃO DA MONOGRAFIA**

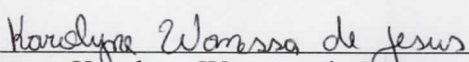
A Banca Examinadora, composta pela Professora Dra. Elizamar Ciriaco da Silva, o MSc. José Roberto Vieira Aragão e o Professor Dr. Claudio Sergio Lisi, sob a presidência do primeiro, reuniu-se às 14 horas do dia vinte e cinco de setembro de 2017, na sala de seminários do Laboratório de Botânica: Anatomia Vegetal e Dendroecologia, do Departamento de Biologia do CCBS, da Universidade Federal de Sergipe, para avaliar a monografia, sob o título: **Avaliação da ocorrência de plasticidade fenotípica em plantas jovens de *Erythrina velutina* Willd. submetidas a estresse hídrico**, apresentada pela discente do Curso de Ciências Biológicas - Bacharelado, **Karolyne Wanessa de Jesus**, matriculada na UFS sob o no. 200310051756. Dando início às atividades, a Presidente da Sessão passou a palavra a discente para proceder à apresentação da monografia. A seguir, o primeiro examinador, MSc. José Roberto Vieira Aragão fez comentários e arguiu a discente, que dispôs de igual período para responder aos questionamentos. O mesmo procedimento foi seguido com o segundo examinador, Dr. Claudio Sérgio Lisi. Dando continuidade aos trabalhos, a Presidente da Banca Examinadora, Profa. Dra. Elizamar Ciriaco da Silva agradeceu os comentários e sugestões dos membros da Banca. Encerrados os trabalhos, a Banca Examinadora retirou-se do recinto para atribuição da nota. Com base nos preceitos estabelecidos pela Resolução NO. 01/2005/CCCBIO, que normatiza a elaboração e avaliação das monografias do Curso de Ciências Biológicas - Bacharelado, a Banca Examinadora decidiu aprovar a discente com média 9,5 (nove e meio). Nada mais havendo a tratar, a Banca Examinadora elaborou essa Ata que será assinada pelos seus membros e em seguida, pela discente avaliada.

Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos, 25 de setembro de 2017.

  
\_\_\_\_\_  
Professora Dra. Elizamar Ciriaco da Silva  
Orientadora

  
\_\_\_\_\_  
MSc. José Roberto Vieira Aragão  
1º. Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Professor Dr. Claudio Sérgio Lisi  
2º. Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Karolyne Wanessa de Jesus  
Discente avaliada

## Sumário

1. Referencial bibliográfico-----	5
1.1 Aspectos gerais da Caatinga-----	5
1.2 <i>Erythrina velutina</i> Willd.-----	6
1.3 Estresse hídrico e o desenvolvimento das plantas-----	7
1.4 Solutos orgânicos-----	8
1.5 Plasticidade fenotípica-----	10
2. Referências-----	11
Artigo-----	15
Resumo-----	16
1. Introdução-----	17
2. Material e Métodos-----	19
2.1 Condições experimentais-----	19
2.2 Obtenção das mudas e preparo do experimento-----	19
2.3 Umidade do solo-----	20
2.4 Avaliação do crescimento-----	20
2.5 Índice de clorofila nas folhas-----	20
2.6 Teor relativo de água (TRA)-----	21
2.7 Resistencia membranar-----	21
2.8 Solutos orgânicos-----	21
2.9 Índice de plasticidade fenotípica-----	22
2.10 Análises estatísticas-----	22
3. Resultados-----	23
4. Discussão-----	31
5. Conclusão-----	35
6. Referências-----	35

## **1- Referencial Bibliográfico**

### **1.1. Aspectos gerais da Caatinga**

As florestas tropicais secas, são áreas fragmentadas (devido ao processo natural de formação deste ambiente e a ação antrópica), que ocorrem na região neotropical, onde é caracterizada por um clima quente e seco com uma precipitação anual de 500-1800 mm concentradas em poucos meses e solos férteis com pH variando de moderado a alto (PENNINGTON et al., 2009). A América do sul concentra grande parte destas florestas onde, processos antrópicos afetam cada vez mais o microclima local e tornam essas áreas mais expostas as mudanças climáticas (MILES et al., 2006). No Brasil, esse tipo de vegetação ocorre na região Nordeste sendo conhecida como Caatinga (PENNINGTON et al., 2009, MILES et al., 2006).

Segundo PENNINGTON et al. (2009) e APGAUA (2012), as florestas tropicais secas possuem uma grande diversidade beta, o que torna esses ambientes diversificados em indivíduos. Desta maneira, a conservação de cada fragmento de mata é de extrema importância para a conservação de espécies endêmicas. Porém, na prática, esta importância não é observada, pois apenas 3,2% da Caatinga brasileira permanece inalterada (PENNINGTON et al., 2009), sendo a área menos estudada, em relação aos demais ambientes, e com poucos esforços de criação de áreas voltadas a conservação. (PRADO, 2003; APGAUA (2012).

A Caatinga, cobre uma área de aproximadamente 970 mil Km<sup>2</sup> do nordeste brasileiro, que possui uma variedade de tipos e profundidades de solo, que implica na capacidade de retenção de água e alto índice de endemismo (cerca de 318 plantas endêmicas) (GARIGLIO et al., 2010). A baixa precipitação e elevada taxa de evapotranspiração, leva as plantas a sofrerem com o deficiência hídrica, e com isso, a maioria das espécies que vivem nesses ambientes possuam algum tipo de adaptação para crescer e se desenvolver nestas condições (GARIGLIO et al., 2010, PIMENTEL, 2004, GAUR; SHARMA, 2014). Nestes ambientes, é comum a presença de caducifólia, suculência, presença de acúleos, espinhos, vegetação de pequeno porte e folhas coriáceas como estratégia para sobreviver a ambientes secos (DRUMOND et al., 2000; GARIGLIO et al., 2010; PENNINGTON et al., 2009). Além disso, é um ambiente quase ausente de gramíneas em períodos secos e com maior abundância de espécies arbóreas da família Leguminosae (DRUMOND et al., 2000; GARIGLIO et al., 2010; PENNINGTON et al., 2009).

A vegetação de Caatinga é caracterizada por ser xerófila, com elevada riqueza e diversidade, que normalmente é utilizada para alimentação humana, de animais, na medicina e no suprimento de lenha (DRUMOND et al., 2000). Devido a rápida e desorganizada ocupação humana nessa região, houve uma derrubada da vegetação nativa para criação de agricultura e pecuária, que acarretou na contaminação e no uso de água inapropriada para irrigar as plantações, que acaba por salinizar os solos, além disso, as condições naturais dessa região acaba agravando a situação levando a uma acelerado desequilíbrio ambiental que reduz a biodiversidade, degrada os solo e as água e acelera o processo de desertificação (DRUMOND et al., 2000). Com isso, esses ambientes vem, cada vez mais, reduzindo os serviços ecossistêmicos prestados (ANDRADE; ROMEIRO, 2009).

### **1.2. *Erythrina velutina* Willd.**

A *Erythrina velutina* Willd., conhecida popularmente, como bucaré, mulungu, mulungá e muchôco (CARVALHO, 2008) pertence à família Fabaceae Lindl. e ocorre no Brasil em vegetações de Caatinga e Cerrado nos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Minas Gerais (ZAPPI et al., 2015). O gênero *Erythrina* sp. compreende 115 espécies (spp.), distribuídas em todas as regiões tropicais do mundo, onde 70 spp. são encontradas nas Américas, 12 spp. estão no Brasil e 8 spp. ocorrem na região Nordeste.

O Mulungu, é uma planta de porte arbóreo que pode chegar a medir 15 m de altura e 80 cm de DAP (diâmetro na altura do peito), com uma casca externa lisa a levemente áspera (CARVALHO, 2008). Suas flores possuem pigmentação vermelho-coral dando origem a frutos leguminosos com grandes quantidades de sementes viáveis durante o ano (LORENZI, 2008). Suas flores são visitadas por várias espécies de abelhas que usam seu néctar para produção de mel, seus frutos e sementes são dispersados pelo vento (anemocoria) e animais, sendo em sua maioria aves (zoocoria) (CARVALHO, 2008). Esta espécie também possui importância na medicina, onde é usada para tratamentos de insônia, ansiedade e tensão (OLIVEIRA et al., 2012, VASCONCELOS et al., 2003).

Fatores físicos, abióticos e bióticos, como profundidade que a semente é enterrada, escassez de água e predação de sementes e plântulas, são prejudiciais para a germinação e estabelecimento da espécie em campo (CARDOSO et al., 2008). Outro

fator que afeta a germinação é a presença de dormência em sementes, que no caso do mulungu, possui uma maior eficiência de superação pelo método físico (escarificação do tegumento) (SILVA et al., 2007). Sua germinação ocorre, em média, entre 7-16 dias após a semeadura possuindo uma íntima associação entre microorganismos e suas raízes (simbiose) que facilita o processo de obtenção de nutrientes (CARVALHO, 2008). Devido a esse fator, as Leguminosas, de maneira geral, tem sido muito utilizadas no processo de recuperação de áreas degradadas, pois são pouco exigentes em nutrição no solo e contribui para deposição de matéria orgânica no ambiente, facilitando o processo de sucessão ecológica (FRANCO et al., 1992).

### **1.3. Estresse hídrico e o desenvolvimento das plantas**

Em ambientes naturais e agricultáveis, as plantas estão sujeitas a múltiplos fatores de estresse que podem ser desde fatores abióticos, como água, temperatura, salinidade e fertilidade, até fatores bióticos como herbívora, patógenos e parasitismo. (TAIZ; ZEIGER, 2009). O estresse é definido como qualquer condição ou substância desfavorável que afeta o metabolismo e fisiologia das plantas e atrapalhe seu crescimento e desenvolvimento (LICHTENTHALER, 1996).

As condições ambientais como o clima e o solo, limitam a distribuição das espécies, determinando a riqueza e diversidade em determinado ambiente (IVANAUSKAS; RODRIGUES, 2000). Os estágios iniciais da vida de uma planta são cruciais, onde o estresse pode afetar sua morfologia, fisiologia e comprometer seu estabelecimento em campo (GONÇALVES et al., 2005; SANTOS; CARVALHO GONÇALVES; FELDPAUSCH, 2006). Desta forma, o estresse pode atuar como um agente que impulsiona as plantas a melhorarem sua resistência e agir como força seletiva para favorecer a evolução adaptativa (LICHTENTHALER, 1996).

As repostas das plantas às condições de estresse geralmente seguem um padrão muito semelhante (MUNNS, 2002), onde, a princípio elas reduzem sua vitalidade e alteram sua fisiologia (afetando a fotossíntese, acúmulo de íons, transporte ou acumulação de metabólitos e translocação), em seguida, elas enfrentam o estresse, aclimatando, reparando seu metabolismo e tornando-se mais rústica devido ao estabelecimento de um novo sistema fisiológico.

Tal passo, define a tolerância da planta ao estresse, no entanto, se o mesmo persistir ou se intensificar, até mesmo plantas tolerantes podem não resistir e definharem (LICHTENTHALER, 1996).

Dentre os estresses ambientais mais comumente estudados, a escassez de água é um dos principais fatores que podem limitar o crescimento e estabelecimento das plantas no ambiente natural em todo o mundo (PIMENTEL, 2004).

As estratégias utilizadas pelas plantas para enfrentar a escassez de água são complexas e podem envolver mudanças prejudiciais ou adaptativas, sendo que em campo, tais estratégias são difíceis de serem analisadas devido as interações de vários fatores de estresse, que variam de acordo com o genótipo de cada indivíduo (CHAVES et al., 2002). Estudos em casa de vegetação (condição controlada) tem mostrado que em situação de estresse características estruturais, morfológicas e fisiológicas são afetadas (NASCIMENTO et al., 2011; SILVA et al., 2010, LECHINOSKI et al., 2007). A redução do potencial hídrico, resistência hidráulica e desidratação celular são efeitos primários em situação de déficit hídrico. Tais efeitos são normalmente seguidos pela redução da expansão celular (afetando o crescimento), redução das atividades celulares e metabólicas, abscisão foliar, fechamento estomático que inibe a atividade fotossintética, a fixação e partição de carbono e produção de espécies reativas de oxigênio que desestabilizam as membranas e proteínas (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A medida que o estresse se prolonga, o fechamento estomático se estende por períodos mais longos do dia, reduzindo a perda de água por excesso de transpiração, e afetando a absorção de carbono (CHAVES et al., 2002). Isso significa uma menor taxa de crescimento e menor probabilidade de morte diante da falta de água (FARQUHAR; SHARKEY, 1982).

#### **1.4 Solutos Orgânicos**

Os estresses ambientais podem trazer consequências fisiológicas e bioquímicas na geração de espécies reativas de oxigênio, redução da estabilidade das membranas, alteração do balanço iônico, desnaturação de proteínas, distúrbio metabólico e danos físicos nas plantas (TAIZ; ZEIGER, 2013). As membranas celulares são alvo de diversos estresses abióticos, na qual a sua estabilidade é um importante indicador da tolerância da espécie (GAUR; SHARMA, 2014) sendo analisado de acordo com o vazamento de íons (quanto menor o valor, mais íntegra está a membrana e maior a



tolerância ao estresse ambiental) (LIU et al., 2011). Desta forma, estudos que visem elucidar os mecanismos fisiológicos e moleculares utilizados pelas plantas para tolerar condições ambientais são importantes para compreensão da sua distribuição geográfica (LISAR et al., 2012).

Em situações onde a água se torna indisponível para as plantas (estresse hídrico e salino), quando o potencial hídrico do solo fica baixo, as plantas acumulam solutos para reduzir ainda mais o seu potencial hídrico e permitir a absorção de água (TAIZ; ZEIGER, 2013). Este fato é conhecido como ajustamento osmótico, onde as plantas absorvem íons do solo ou os transporta de outros órgãos para a raiz, a fim de reduzir seu potencial de solutos e potencial hídrico, tais íons ficam concentrados no vacúolo e solutos compatíveis são acumulados na célula para manter o equilíbrio de solutos no interior celular (TAIZ; ZEIGER, 2013). Solutos compatíveis, são substâncias de baixo peso molecular, que não são tóxicas para as plantas em altas concentrações e ajudam a manter a pressão de turgor e o gradiente de absorção de água na células sob condições de falta de água (CHAVES, 1991, LISAR et al., 2012).

O ajustamento osmótico geralmente não é permanente, e as plantas respondem rapidamente de acordo com a disponibilidade hídrica (GAUR; SHARMA, 2014). E acúmulo de solutos compatíveis como carboidrato solúveis (sacarose, frutose e galactose) e prolina são observados em plantas tolerantes a seca, protegem e estabilizam as moléculas de danos causados pela seca (LIU et al., 2011, PIMENTEL, 2004, MARAGHNI; GORAI; NEFFATI, 2011, LISAR et al., 2012). A prolina, (que é um aminoácido), é considerada um dos principais solutos compatíveis acumulados durante o estresse hídrico, podendo atingir até 80% do grupo de aminoácidos totais em algumas plantas (LISAR et al., 2012).

O estresse hídrico, em geral, reduz as concentrações de proteínas, que em casos graves, ocorre uma degradação de proteínas e aumento de aminoácidos porém, algumas proteínas que atuam na estabilização da membrana, do citoplasma e recuperação de danos causados pelo estresse são sintetizadas, como é o caso das proteínas LEAs e HSP (PIMENTEL, 2004; LISAR et al., 2012).

## 1.5 Plasticidade fenotípica

Pressões ambientais, causam diferentes respostas nos indivíduos que, por meio de seleção natural, atuam nas populações selecionando genes e fixando características que permitem a adaptação das espécies no seu ambiente (LARCHER, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2013). Os indivíduos possuem a capacidade, dentro de sua limitação genética, de modificar seu fenótipo por meio de ajustes na morfologia ou fisiologia, que podem ser reversíveis, em resposta as variações ambientais, caso as condições do ambiente mudem, sendo conhecido como plasticidade fenotípica (CHAMBEL et al., 2005; TAIZ; ZEIGER, 2013).

A plasticidade fenotípica ocorre em diferentes níveis fisiológicos e morfológicos, que implica em diferentes custos, mecanismos e interações ecológicas (GRIME; MACKEY, 2002). Tais ajustes variam de acordo com as condições do ambiente, e a maneira na qual os indivíduos respondem, pode implicar num maior ou menor prejuízo diante das condições ambientais, o que se reflete no padrão de distribuição das espécies (BARUCH; MÉRIDA, 1995; VASELLATI, 2001). Espécies com maior plasticidade fenotípica apresentam uma alta capacidade de se aclimatar e responder a diferentes variações ambientais, o que é vantajoso para aquelas que vivem em ambientes dinâmicos e perturbados, conferindo uma maior capacidade de sobrevivência (VALLADARES et al., 2005; LIMA et al., 2010; FALCÃO et al., 2015).

Os indivíduos respondem de maneira diferente as mudanças ambientais alterando seu fenótipo. Tal alteração pode estar sujeita a seleção natural que, por sua vez, leva a evolução das espécies. Porém, a plasticidade fenotípica não é o alvo da seleção e sim um produto dela, pois os genes que respondem melhor a uma determinada condição acabam sendo selecionados e imprimem na genética do organismo a informação de resposta para tal situação, que é acessada quando o evento de pressão volta a atuar (VIA, 1993).

Estudos vem tentando mostrar a plasticidade das espécies através de um índice de plasticidade que é calculado usando a relação entre valores (máximos e mínimos) das variáveis avaliadas. Tais resultados irão variar de 0 à 1 indicando menor e maior plasticidade, respectivamente (VALLADARES et al., 2005). O índice de plasticidade fenotípica vem sendo usado para mostrar as resistências das espécies a determinadas condições ambientais e inferir o estágio de sucessão das espécies (PARADIZO et al., 2015).

## 2. Referências

- ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. Capital natural, serviços ecossistêmicos e sistema econômico: rumo a uma “Economia dos Ecossistemas”. XXXVII Encontro Nacional de Economia. Foz do Iguaçu: ANPEC, 2009.
- APGAUA, D. M. . Diversidade  $\beta$  (Beta) em Florestas Tropicais Sazonalmente Secas: relações florísticas entre gradientes fisionômicos e entre microambientes. Dissertação de Mestrado—Lavras, MG: Universidade Federal de Lavras, 2012.
- BARUCH, Z.; MÉRIDA, T. Effects of Drought and Flooding on Root Anatomy in Four Tropical Forage Grasses. **International Journal of Plant Sciences**, v. 156, n. 4<sup>a</sup>, p. 514–521, 1995.
- CARDOSO, E. DE A. et al. Emergência de plântulas de *Erythrina velutina* em diferentes posições e profundidades de semeadura. **Ciência Rural**, p. 2618–2621, 2008.
- CARVALHO, P. E. R. Mulungu (*Erythrina velutina*). **Embrapa Florestas-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2008.
- CHAVES, M. M. Effects of Water Deficits on Carbon Assimilation. **Journal of Experimental Botany**, v. 42, n. 234, p. 1–16, jan. 1991.
- CHAVES, M. M. et al. How Plants Cope with Water Stress in the Field? Photosynthesis and Growth. **Annals of Botany**, v. 89, n. 7, p. 907–916, 2002.
- CHAMBEL, M. R. et al. Phenotypic plasticity: a useful framework for understanding adaptation in forest species. **Forest Systems**, v. 14, n. 3, p. 334–344, 2005.
- DRUMOND, M. A. et al. Estratégias para o uso sustentável da biodiversidade da caatinga. **Embrapa Semiárido-Folderes/Folhetos/Cartilhas (INFOTECA-E)**, 2000.
- FALCÃO, H. M. et al. Phenotypic plasticity and ecophysiological strategies in a tropical dry forest chronosequence: A study case with *Poincianella pyramidalis*. **Forest Ecology and Management**, v. 340, p. 62–69, mar. 2015.
- FARQUHAR, G. D.; SHARKEY, T. D. Stomatal conductance and photosynthesis. **Annual review of plant physiology**, v. 33, n. 1, p. 317–345, 1982.
- FRANCO, A. A. et al. **Revegetação de solos degradados**. [s.l.] EMBRAPA, 1992.
- IVANAUSKAS, N. M.; RODRIGUES, R. R. Florística e fitossociologia de remanescentes de floresta estacional decidual em Piracicaba, São Paulo, Brasil. **Revista brasileira de Botânica**, v. 23, n. 3, p. 291–304, 2000.

- GARIGLIO, M. A. et al. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. Brasília, DF: Serviço Florestal Brasileiro, 2010.
- GAUR, R. K.; SHARMA, P. (EDS.). **Approaches to Plant Stress and their Management**. New Delhi: Springer India, 2014.
- GONÇALVES, J. F. C. et al. Growth, photosynthesis and stress in young rosewood plants (*Anniba rosaeodora* Ducke) under light intensities. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 17, n. 3, p. 325–334, 2005.
- GRIME, J. P.; MACKEY, J. M. L. The role of plasticity in resource capture by plants. **Evolutionary Ecology**, v. 16, n. 3, p. 299–307, 2002.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Ed. Rima, 2006.
- LECHINOSKI, A. et al. Influência do estresse hídrico nos teores de proteínas e aminoácidos solúveis totais em folhas de Teca (*Tectona grandis* L. f.). **Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre**, v. 5, n. supl 2, p. 927–929, 2007.
- LICHTENTHALER, H. K. Vegetation stress: an introduction to the stress concept in plants. **Journal of plant physiology**, v. 148, n. 1–2, p. 4–14, 1996.
- LIMA, M. A. O. et al. Crescimento e plasticidade fenotípica de três espécies arbóreas com uso potencial em sistemas agroflorestais. 2010.
- LISAR, S. Y. et al. Water Stress in Plants: Causes, Effects and Responses. In: RAHMAN, I. M. M. (Ed.). . **Water Stress**. [s.l.] InTech, 2012.
- LIU, C. et al. Effect of drought on pigments, osmotic adjustment and antioxidant enzymes in six woody plant species in karst habitats of southwestern China. **Environmental and Experimental Botany**, v. 71, n. 2, p. 174–183, jun. 2011.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5<sup>a</sup> ed. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2008.
- MILES, L. et al. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. **Journal of Biogeography**, v. 33, n. 3, p. 491–505, mar. 2006.
- MARAGHNI, M.; GORAI, M.; NEFFATI, M. The Influence of water-deficit Stress on growth, water relations and solute accumulation in wild jujube (*Ziziphus lotus*). **Journal of Ornamental and Horticultural Plants**, v. 1, n. 2, p. 63–72, 2011.
- MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, n. 2, p. 239–250, fev. 2002.
- NASCIMENTO, H. H. C. DO et al. Análise do crescimento de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes níveis de água no solo. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 617–626, 2011.

- OLIVEIRA, M. S. et al. Antinociceptive and anti-inflammatory activity of hydroalcoholic extracts and fractions from *Erythrina mulungu*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 22, n. 1, p. 157–161, 2012.
- PARADIZO, I. C. et al. A plasticidade fenotípica como indicador de arbóreas não pioneiras mais tolerantes à elevada irradiância. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 84, p. 359, 31 dez. 2015.
- PENNINGTON, R. T.; LAVIN, M.; OLIVEIRA-FILHO, A. Woody Plant Diversity, Evolution, and Ecology in the Tropics: Perspectives from Seasonally Dry Tropical Forests. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 40, n. 1, p. 437–457, dez. 2009.
- PIMENTEL, C. A relação da planta com a água. **Seropédica: Edur**, 2004.
- PRADO, D. E. As caatingas da América do Sul. **Ecologia e conservação da Caatinga**, v. 2, p. 3–74, 2003.
- SANTOS, U. M.; CARVALHO GONÇALVES, J. F.; FELDPAUSCH, T. R. Growth, leaf nutrient concentration and photosynthetic nutrient use efficiency in tropical tree species planted in degraded areas in central Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 226, n. 1–3, p. 299–309, maio 2006.
- SILVA, E. C. DA et al. Growth evaluation and water relations of *Erythrina velutina* seedlings in response to drought stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 22, n. 4, p. 225–233, 2010.
- SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; LEAL, I. R. **Ecologia e conservação da caatinga**. [s.l.: s.n.]. v. 2
- SILVA, K. B. et al. Quebra de dormência em sementes de *Erythrina velutina* Willd. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. supl 2, p. 180–182, 2007.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4ª ed. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ª ed. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.
- VALLADARES, F. et al. Shade tolerance, photoinhibition sensitivity and phenotypic plasticity of *Ilex aquifolium* in continental Mediterranean sites. **Tree Physiology**, v. 25, n. 8, p. 1041–1052, 1 ago. 2005.
- VASCONCELOS, S. M. M. et al. Antinociceptive activities of the hydroalcoholic extracts from *Erythrina velutina* and *Erythrina mulungu* in mice. **Biological and Pharmaceutical Bulletin**, v. 26, n. 7, p. 946–949, 2003.
- VASELLATI, V. Effects of Flooding and Drought on the Anatomy of *Paspalum dilatatum*. **Annals of Botany**, v. 88, n. 3, p. 355–360, set. 2001.

VIA, S. Adaptive phenotypic plasticity: target or by-product of selection in a variable environment. **The American Naturalist**, v. 142, p. 352–365, 1993.

ZAPPI, D. C. et al. Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. **Rodriguésia**, v. 66, n. 4, p. 1085–1113, 2015.

# Artigo

A ser submetido a revista Floresta e ambiente

**Avaliação da ocorrência de plasticidade fenotípica em plantas jovens de *Erythrina velutina* Willd. submetidas a estresse hídrico\***

Karolyne Wanessa de Jesus<sup>1,4</sup>, José Roberto Vieira Aragão<sup>2,5</sup>, Elizamar Ciriaco da Silva<sup>3,4</sup>

Departamento de Ciências biológicas e Saúde<sup>4</sup>; Departamento de Ecologia<sup>5</sup>.

## Resumo

As florestas tropicais secas são áreas fragmentadas, que ocorrem na região neotropical, caracterizada por um clima quente e seco. Na América do sul há uma concentração de grande parte destas florestas, que no Brasil se encontra, em partes, na região Nordeste, conhecida como Caatinga, onde processos antrópicos afetam cada vez mais o microclima local e torna essas áreas mais expostas as mudanças climáticas. Uma vez que as informações sobre o comportamento fisiológico da *Erythrina velutina* Willd. ainda são escassos, a tentativa de compreender se as mudanças morfológicas e fisiológicas da espécie em resposta ao déficit hídrico são de caráter plástico, se esta plasticidade teria mais um caráter morfológico ou fisiológico, e na tentativa de adquirir uma melhor compreensão sobre as características que permitem com que o mulungu consiga habitar ambientes heterogêneos, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a plasticidade fenotípica da *Erythrina velutina* Willd. na fase inicial do desenvolvimento ao ser submetida a períodos de estresse hídrico, com base na avaliação do crescimento, da biomassa, da resistência membrana e no acúmulo de solutos orgânicos nas folhas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três tratamentos hídricos com 15 repetições para as análises não destrutivas e cinco repetições para as variáveis destrutivas, totalizando 60 plantas. As plantas com suspensão total (ST) foram reirrigadas três vezes durante o período experimental, aos 14, 42 e 70 dias após diferenciação dos tratamentos hídricos. Foi possível observar que a *Erythrina velutina* Willd. apresenta plasticidade morfológica, alterando sua produção de matéria seca e número de folhas para melhor responder a limitação do recurso hídrico. Além disso, sob condições de estresse severo a espécie conseguiu manter seus tecidos hidratados e o padrão de crescimento normal sem acumular solutos orgânicos compatíveis, indicando sua tolerância a ambientes xéricos. Porém, são necessários desenvolver mais estudos para uma melhor compreensão de outras estratégias adotadas pela planta para habitar esses ambientes, sendo o forte controle estomático como um possível mecanismo adotado.

**Palavra-chave:** Mulungu, déficit hídrico, variação morfológica e fisiológica.



## **1- Introdução**

A América do Sul possui mais da metade das florestas tropicais secas do mundo (FTS), sendo um dos continentes que mais sofrem com o efeito do desmatamento e, consequentemente, com os riscos das mudanças climáticas que provocam uma grande diminuição da precipitação (MILES et al., 2006). No Brasil, a maior área de FTS está localizada no Nordeste, conhecida como Caatinga (MILES et al., 2006). Essa vegetação se caracteriza por ser um ambiente quente e semi-árido, com chuvas irregulares durante o ano, com solos distintos e baixa disponibilidade hídrica, que apesar dessas características, é uma região rica em diversidade, sendo estimada uma flora de 318 espécies endêmicas, com adaptações a ambientes xéricos, onde a maioria apresenta algum grau de caducifolia (GARIGLIO et al., 2010; OLMOS, 2011).

As espécies florestais ocorrentes na Caatinga passam por períodos secos que podem se estender por vários meses. A falta de água no solo e a baixa pressão de vapor na atmosfera são fatores que provocam o déficit hídrico no tecido foliar, de modo que, atuam como estresse para as plantas (TAIZ; ZEIGER, 2013). As respostas das plantas a eventos de seca, dependem da intensidade, duração e do avanço de tal fenômeno, que podem afetar a taxa de crescimento, levar a perda prematura de folhas e estimular o acúmulo de solutos orgânicos compatíveis com a finalidade de se aclimatar a tal evento (CHAVES; FLEXAS; PINHEIRO, 2009, GAUR; SHARMA, 2014). Plantas que são aptas a sobreviverem e se desenvolverem em ambientes xéricos, são ditas tolerantes a tal condição (LARCHER, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2013).

Ambientes semiáridos, como a Caatinga, devido às mudanças climáticas globais, tendem a ficar mais áridos com o passar do tempo. Com isso, as espécies florestais oriundas destes ecossistemas irão sofrer cada vez mais com os efeitos da seca, e possivelmente ajustarão seus mecanismos de sobrevivência às condições mais severas. Indivíduos que conseguirem modificar sua fisiologia e/ou morfologia para se ajustar a essas mudanças se tornarão mais capazes de sobreviver e continuar seu desenvolvimento (SILVA et al., 2013). Sendo assim, as plantas possuem, dentro de suas limitações genéticas, a capacidade de alterar sua morfologia, fisiologia ou comportamento em resposta a variações das condições ambientais, e tal fenômeno são considerados plásticos ou dotados de plasticidade fenotípica (SCHLICHTING, 1986; RICKLEFS, 2010). Segundo VALLADARES; SANCHEZ-GOMEZ; ZAVALA, (2006), as variáveis plásticas podem variar de zero (0) à um (1) significando maior

plasticidade a medida que se aproxima do limite. E estudos que contemplem a compreensão da plasticidade fenotípica em características fisiológicas e bioquímicas são de grande importância para tentar entender o custo de tal resposta (AULD; AGRAWAL; RELYEA, 2010).

Estudos revelam que a maioria das espécies vegetais tendem a reduzir os ritmos de crescimento quando submetidas a déficit hídrico, tornando-se menores, com menor número de folhas e caules mais delgados (NASCIMENTO et al., 2011; SCALON et al., 2011), e em consequência com uma menor quantidade de matéria seca (SANTIAGO et al., 2001; CABRAL; BARBOSA; SIMABUKURO, 2004; DANTAS, 2014). Este padrão é observado em plantas jovens de *Erythrina velutina* Willd., quando exposta a condições desfavoráveis, reduzem seu crescimento, área foliar e matéria seca (SILVA et al., 2010a).

*Erythrina velutina* Willd. é uma espécie arbórea, caducifólia, heliófita pertencente à família Fabaceae Lindl, encontrada predominantemente em formações secundárias, de ocorrência brasileira em vegetações de Caatinga e Cerrado, podendo ser encontrada nos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Minas Gerais (ZAPPI et al., 2015). Suas flores possuem pigmentação vermelho-coral dando origem a frutos leguminosos com grandes quantidades de sementes viáveis durante o ano (LORENZI, 2008). Poucos trabalhos reportam as respostas da espécie à seca intermitente, onde é possível destacar o trabalho desenvolvido por SILVA et al., (2010a), que revela reduções nos padrões de crescimento, e manutenção de valores adequados de hidratação nos tecidos em situação de seca na fase inicial do desenvolvimento. Dessa forma, os autores afirmam que a redução nos parâmetros de crescimento parece contribuir para a manutenção do status hídrico da espécie, o que aumenta a rusticidade quando enfrenta períodos secos.

Uma vez que as informações sobre o comportamento fisiológico da espécie ainda são escassas, e a fim de compreender algumas questões como (i) se as mudanças morfológicas e fisiológicas da espécie em resposta ao déficit hídrico são de caráter plástico, (ii) dentre as mudanças observadas, se esta plasticidade teria mais um caráter morfológico ou fisiológico, e (iii) na tentativa de adquirir uma melhor compreensão sobre as características que permitem com que *E. velutina* consiga habitar ambientes heterogêneos, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a plasticidade fenotípica da *E. velutina* Willd. na fase inicial do desenvolvimento ao ser submetida a períodos de estresse hídrico, com base na avaliação de parâmetros de crescimento, produção e

partição de matéria seca, resistência membranas à seca e alterações no acúmulo de solutos orgânicos nas folhas.

## **2. Material e Métodos**

### **2.1 Condições experimentais**

O presente projeto foi desenvolvido no Laboratório de Fisiologia e Ecofisiologia Vegetal (LAFEV) em estufa agrícola do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Sergipe (UFS), Cidade Universitária Professor José Aloísio de Campos, São Cristóvão, Sergipe, Brasil, no período de outubro de 2016 à junho de 2017.

### **2.2 Obtenção das mudas e preparo do experimento**

As sementes de *Erythrina velutina* Willd. (Fabaceae Lindl -Faboideae), conhecida popularmente como Mulungu, foram coletadas no povoado Papel de Santa Luzia- Aquidabã- SE, localizada em uma latitude (10° 15' 43.5'' S e longitude 36° 57' 14.7'' W), em seguida tiveram a quebra da dormência pelo método físico (escarificação), e posteriormente foram colocadas para germinar em recipientes plásticos contendo areia lavada.

Após a emergência foram selecionadas 60 plântulas de acordo com a uniformidade de tamanho as quais foram transferidas para sacos contendo 3 kg de terra vegetal como substrato. Posteriormente as plantas foram regadas próximas à capacidade de campo (20% de umidade) durante aproximadamente 20 dias (aclimação). Em seguida foram submetidas aos diferentes tratamentos hídricos.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três tratamentos hídricos (rega diária como controle, intervalos entre as regas de sete dias, e suspensão total da rega até que as mudas apresentassem início da queda de folhas, sendo então reirrigadas), com 15 repetições para as análises de crescimento e cinco repetições para as variáveis destrutivas (TRA, danos membranares e análise de solutos orgânicos), num total de 60 plantas. As plantas com suspensão total (ST) foram reirrigadas três vezes durante o período experimental, aos 14, 42 e 70 dias após diferenciação dos tratamentos hídricos.

### **2.3 Umidade do solo**

A umidade do solo foi aferida semanalmente para todas as plantas do tratamento Controle, E7 e ST, utilizando-se um medidor de umidade do solo portátil HidroFarm HFM 2010/ HFM 2030, Falker Automação Agrícola Ltda.

A umidade do solo foi aferida antes da reirrigação e 1 hora após a reirrigação para garantir que as plantas ficassem com a umidade do solo em torno dos 20%, valor mantido nas plantas controle.

### **2.4 Avaliação do crescimento**

O crescimento foi avaliado semanalmente através de medidas da altura das plantas, contagem do número de folhas e diâmetro basal do caule, utilizando um paquímetro digital (COSA), onde foi feita uma marcação 2 cm acima do solo para manter um padrão na posição de avaliação.

Ao final do período experimental (aproximadamente três meses), foi determinada a produção de matéria seca. As plantas foram coletadas e acondicionadas em sacos de papel, colocadas em estufa para secagem a 70°C até atingirem o peso constante. Foram então pesadas e com os dados do peso da matéria seca da raiz (MSR), caule (MSC) e folhas (MSF), foram calculados a partição de biomassa para raiz (PBR), caule (PBC) e folhas (PBF) (BENINCASA, 2003). A matéria seca total (MST) constituiu o somatório das matérias secas de cada órgão e a relação parte aérea/ raiz (Pa/R) pela divisão da matéria seca da parte aérea (folhas e caule) por raiz.

### **2.5 Índice de clorofila nas folhas**

O índice de clorofilas *a*, *b* e total, foi mensurado semanalmente utilizado um medidor portátil de clorofila (ClorofiLOG Modelo CFL 1030). Foram realizadas dez medidas por planta, e o valor de cada planta representado pela média das medições.

## **2.6 Teor relativo de água (TRA)**

O teor relativo de água foi determinado quinzenalmente em folhas maduras e expandidas coletadas no horário de maior demanda evaporativa (12h). Os discos foliares, extraídos do limbo sem a nervura central, foram pesados para a obtenção do peso da matéria fresca (PMF) os quais foram colocados em seguida em Placas de Petri contendo água destilada. As placas foram deixadas no escuro em temperatura ambiente ( $\cong 25^{\circ}\text{C}$ ) e após 24h os discos foram pesados novamente para determinação do peso da matéria túrgida (PMT). Após a pesagem, os mesmos foram acondicionados em sacos de papel e levados à estufa de circulação forçada de ar a  $70^{\circ}\text{C}$  por 48 horas, até atingir peso constante, sendo então determinado o peso da matéria seca (PMS). O TRA foi calculado utilizando-se a equação descrita em WEATHERLEY (1950), como segue, e expresso em percentagem (%):  $\text{TRA} = (\text{PMF} - \text{PMS}) / (\text{PMT} - \text{PMS}) \times 100$ .

## **2.7 Resistência Membranar**

A resistência membranar à seca foi avaliada aos 56, 70 e 84 dias, através da liberação de eletrólitos de discos de folhas (LEOPOLD; MURGRAVE; WILLIAMS, 1981). Foram retirados 10 discos de 1 cm de diâmetro do limbo foliar de cinco plantas de cada tratamento, os quais foram imersos em 10 ml de água destilada e deixados em temperatura ambiente por 24 h. Após este período foi medida a condutividade livre (CL) com um condutivímetro de bancada mCA-150 MS (Tecnopon Equipamentos especiais LTDA. Em seguida, os mesmo tubos de ensaio, com os discos foliares foram colocados em banho-maria a  $100^{\circ}\text{C}$  por 1 hora, e, após esfriar, foi aferido novamente a condutividade elétrica, chamada de condutividade total (CT). A partir desses dados foi calculada a porcentagem de integridade absoluta ( $\text{PIA} = 1 - \text{CL}/\text{CT}$ ) (VASQUEZ-TELLO et al., 1990).

## **2.8 Solutos Orgânicos**

Para as análises bioquímicas, cerca de 1g de limbo foliar sem a nervura central foi pesado, acondicionado em papel alumínio e congelado até o preparo dos extratos. Posteriormente, o material foi macerado em almofariz com 5 mL de solução tampão fosfato monobásico 0,1M, pH 7, contendo EDTA a 0,01M, filtrado em malha de nylon e

centrifugado a 34.000 rpm por 10 minutos. O sobrenadante foi transferido para tubos de eppendorff de 2 mL e congelados em freezer até o momento das análises.

A determinação de carboidratos solúveis totais foi realizada colorimetricamente (490 nm) em uma alíquota de 0,5 mL do extrato, pelo método do fenol-ácido sulfúrico, utilizando-se a D-(+)-glucose como padrão (DUBOIS et al., 1956). A prolina livre foi determinada colorimetricamente a 520 nm, em uma alíquota de 1 mL do extrato, utilizando-se a ninhidrina como reagente específico e a prolina pura como padrão (BATES, 1973). Já as proteínas solúveis foram determinadas colorimetricamente (595 nm) pelo método de ligação ao corante, em uma alíquota de 0,1 mL do extrato, utilizando-se a albumina de soro bovino pura como padrão (BRADFORD, 1976).

## **2.9 Índice de plasticidade fenotípica**

O índice de plasticidade fenotípica (0 a 1) de cada variável foi calculada como sendo a diferença entre o maior e o menor valor médio entre os tratamentos, dividido pelo maior valor médio. Quanto maior o valor do IP maior a plasticidade da variável analisada (VALLADARES et al., 2005; PARADIZO et al., 2015).

## **2.10 Análises estatísticas**

Os dados fisiológicos foram tabulados e submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk. A posteriori, dada à normalidade dos dados, foram executadas análises de variância (ANOVA) seguida de teste Tukey a um nível de significância de 5%, para comparação das médias dos tratamentos (dados normais pontuais). Para as médias normais dos tratamentos repetidas ao longo do tempo foram executadas ANOVA's com repetições, seguida do teste de Tukey a um nível de significância de 5%. Já para dados não normais foram executados os testes de Kruskal-Wallis e Friedman, em relação aos dados pontuais e repetidos ao longo do tempo, respectivamente. Por fim, foram construídos gráficos e tabelas com ilustrações das diferenças significativas intermediadas por distinções entre letras.

### 3. Resultados

A umidade do solo, durante o período experimental, variou entre 19,73% e 21,33% nas plantas controle, entre 7% e 14% nas plantas do tratamento E7 e entre 6,28% e 7,43% nas plantas do tratamento ST (Tab. 1), o que demonstra a redução do conteúdo de água disponível para as plantas ao longo dos ciclos de suspensão de rega.

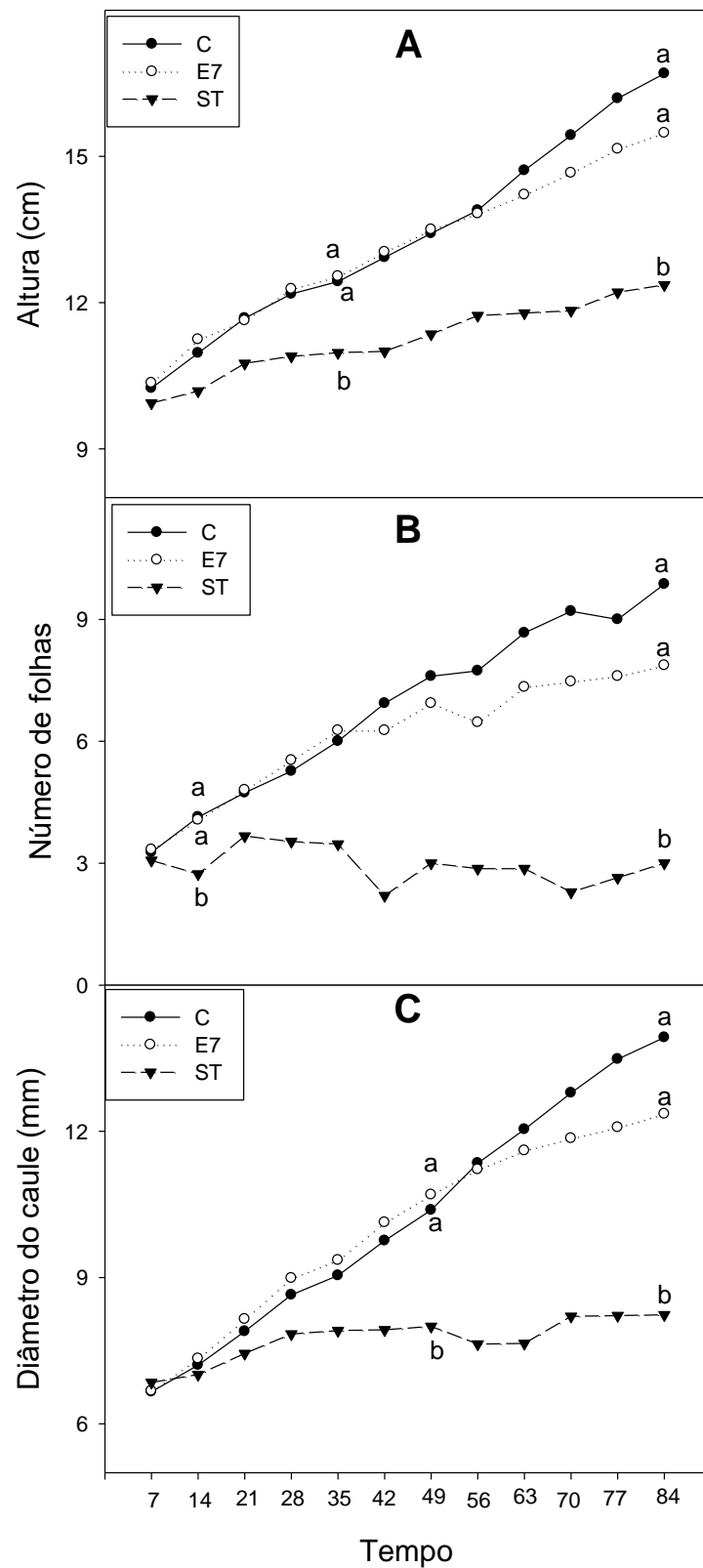
**Tabela 1:** Umidade do solo em plantas jovens de *Erythrina velutina* Willd. cultivadas em casa de vegetação sob déficit hídrico por diferentes ciclos de rega. Média e desvio-padrão de 13 repetições, sendo a primeira antes de começar o estresse. Os valores correspondem a umidade nos dias de coleta antes da reirrigação.

Dias de avaliação	Tratamentos hídricos		
	C	E7	ST
0	18.97 ± 0.83	19.69 ± 1.35	19.21 ± 1.31
7	20.21 ± 1.46	8.27 ± 1.85	-
14	20.01 ± 1.27	13.91 ± 1.77	7.43 ± 1.69
21	19.73 ± 1.17	7.67 ± 1.41	-
28	21.33 ± 1.12	12.06 ± 2.04	-
35	20.73 ± 1.28	12.63 ± 3.00	-
42	20.25 ± 1.20	7.97 ± 1.82	6.28 ± 0.47
49	20.13 ± 1.42	9.19 ± 1.97	-
56	20.03 ± 1.14	6.99 ± 1.48	-
63	20.65 ± 1.32	7.78 ± 1.51	-
70	19.77 ± 0.97	7.85 ± 1.48	6.44 ± 0.42
77	20.51 ± 1.25	8.12 ± 2.04	-

Com relação às medidas de crescimento, o *E. velutina* apresentou reduções significativas na altura (Fig. 1A), número de folhas (Fig. 1B) e diâmetro caulinar (Fig.1C) das plantas sob estresse mais severo (ST). No período de tempo avaliado, as diferenças encontradas entre o estresse moderado (E7) e o controle não foram significativas ( $P < 0.05$ ). Tais diferenças foram observadas a partir do 42º dia para a altura das plantas e à partir do 14º e 57º dias de avaliação para o número de folhas e diâmetro caulinar, respectivamente, se mantendo até o final do período experimental, onde as plantas sob ST foram as que apresentaram os menores valores (Fig.1). As quedas esporádicas de folhas foram observadas em todos os tratamentos, porém pode-se observar nitidamente a abscisão mais acentuada no tratamento sob estresse mais severo

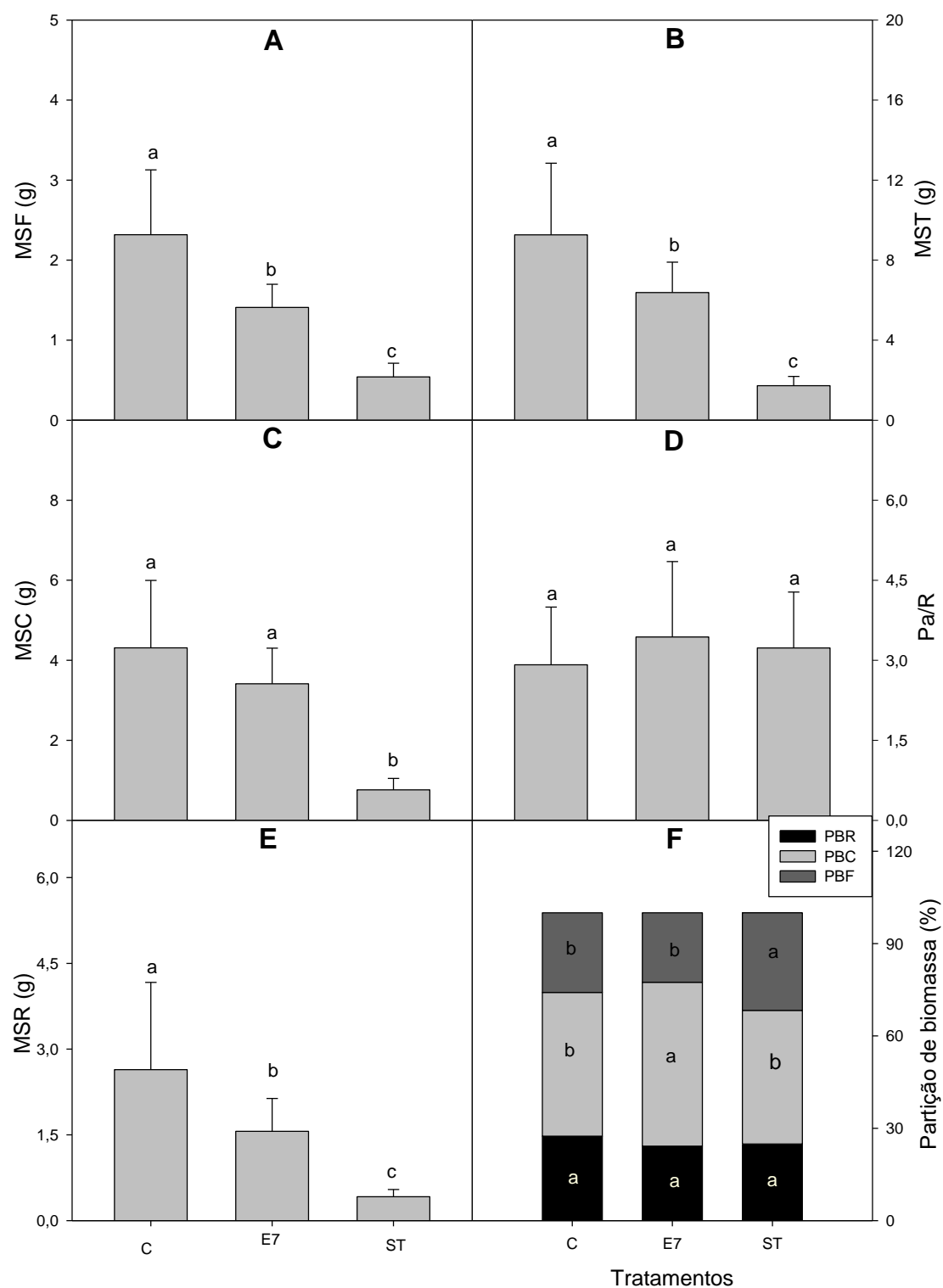
(ST) aos 14, 42 e 70 dias, ocasião onde as mudas foram reirrigadas. Também se observa uma menor emissão de novas folhas neste tratamento em relação aos demais.





**Figura 1:** Altura, número de folhas e diâmetro do caule em plantas jovens de *Erythrina velutina* Willd. cultivadas em casa de vegetação sob déficit hídrico por diferentes ciclos de rega . Letras diferentes indicam que houve diferença estatística no teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No que se refere à MSF, MSR e MST, o tratamento mais afetado pela seca foi o de suspensão total da irrigação (ST), embora as plantas do tratamento E7 também tenham reduzido esses parâmetros quando comparado ao tratamento controle (Fig. 2 A; B; E). Já na MSC a diferença observada foi somente entre o tratamento ST em relação a controle e E7 (FIG.2 C). Quanto à relação parte aérea/raiz (Pa/R), não houve diferença significativa entre os tratamentos (Fig. 2 D). O mesmo foi observado para partição de biomassa das raízes, onde o estresse não afetou negativamente este parâmetro. Já na partição de biomassa para as folhas (PBF) houve um aumento significativo nas plantas do tratamento ST em relação aos demais tratamentos, e na partição de biomassa para o caule (PBC), um aumento significativo foi observado nas plantas E7 (Fig.2 F).



**Figura 2:** Matéria seca das folhas (A), matéria seca total (B), matéria seca do caule (C), relação parte aérea raiz (D), matéria seca da raiz (E) e partição de biomassa da raiz, caule e folhas (F) de plantas jovens de *Erythrina velutina* Willd. cultivadas em casa de vegetação sob déficit hídrico por diferentes ciclos de rega. Letras diferentes indicam que houve diferença estatística no teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De forma geral, não houve degradação de clorofila *a* provocada pelo déficit hídrico durante o período experimental. Porém é possível observar uma redução no índice de clorofila *a* no tratamento sob ST aos 21 e 77 dias de tratamento, mas as diferenças significativas observadas no decorrer do experimento são pontuais (Tab. 2).

No que se refere à clorofila *b*, houve um aumento inicial no índice das plantas ST até o 28º dia (Tab.2), e posteriormente um aumento pontual no 49º dia, não havendo diferença significativa nos períodos posteriores, significando que essa variação pode ter sido um resposta mais em função da taxa de crescimento das plantas do que ao déficit hídrico. O mesmo foi observado no índice de clorofila total (Tab.2). Tais diferenças observadas no índice de clorofila *a*, *b* e total podem estar associadas a questões intrínsecas dos indivíduos, e não diretamente ligadas ao estresse hídrico empregado e consequentemente consideradas variações ao acaso.

**Tabela 2:** Índice de Clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total em folhas de plantas jovens de *Erythrina velutina* Willd. cultivadas em casa de vegetação sob déficit hídrico por diferentes ciclos de rega. Letras diferentes diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey ( $P<0,05$ ), para dados normais, e Kruskal-Wallis ( $P<0,05$ ) para dados não normais.

Dias de avaliação	Clorofila <i>a</i>			Clorofila <i>b</i>			Clorofila total		
	Tratamentos hídricos			Tratamentos hídricos			Tratamentos hídricos		
	C	E7	ST	C	E7	ST	C	E7	ST
7	26.16 a	27.21 a	27.19 a	4.88 a	5.25 a	5.38 a	31.04 a	32.45 a	32.58 a
14	27.41 a	28.29 a	27.95 a	4.71 b	5.27 ab	5.71 a	32.12 a	33.56 a	35.66 a
21	27.2 a	28.97 ab	27.76 b	4.86 b	5.46 ab	5.69 a	32.06 b	34.44 a	35.44 a
28	29.71b	32.63 a	28.77 ab	5.11 b	6.56 a	5.96 a	34.82 b	39.19 a	36.79 ab
35	28.14 b	30.62 a	25.87 b	5.44 b	6.55 a	5.66 b	33.58 b	37.17 a	33.38 b
42	27.13 ab	26.23 ac	26.13 bd	6.35 a	6.03 a	6.84 a	33.53 a	32.26 a	34.84 a
49	26.23 b	28.57 a	26.54 a	5.93 b	6.89 a	6.84 a	32.16 b	35.46 a	35.27 a
56	25.25 a	26.64 a	23.55 a	6.12 a	6.63 a	6.15 a	31.37 a	33.28 a	31.38 a
63	26.08 a	26.25 a	23.3 a	6.83 a	6.58 a	6.68 a	32.92 a	32.84 a	31.17 a
70	24.35 b	27.93 a	21.7 ab	5.75 a	6.83 a	6.45 a	30.10 a	34.77 a	31.22 a
77	25.49 a	26.45 ab	23.71 b	6.13 a	8.88 a	4.84 a	31.63 a	33.33 a	34.20 a

Com relação ao teor relativo de água (TRA), não houve diferença significativa entre os tratamentos durante o período avaliado. Esses resultados mostram que a espécie consegue manter seus tecidos hidratados durante o período de seca intermitente, o que garante o funcionamento de processos vitais (Tab. 3). O mesmo foi observado para o percentual de integridade absoluta das membranas (PIA) nas três últimas avaliações, onde a membrana se manteve íntegra independente dos tratamentos (Tab. 4).

**Tabela 3:** Teor relativo de água (TRA) em folhas de plantas jovens de *Erythrina velutina* Willd. cultivadas em casa de vegetação sob déficit hídrico por diferentes ciclos de rega. Letras iguais não diferem entre os tratamentos pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ), para dados normais, e Kruskal-Wallis ( $P < 0,05$ ) para dados não normais.

Dias de avaliação	Tratamentos hídricos		
	C	E7	ST
	TRA (%)		
7	91.12 a	89.27 a	92.49 a
14	77.14 a	78.65 a	87.26 a
28	84.01 a	85.90 a	87.31 a
42	82.61 a	86.94 a	82.94 a
56	85.31 a	89.47 a	85.22 a
70	81.93 a	87.87 a	85.60 a
84	82.85 a	88.06 a	79.56 a

**Tabela 4:** Percentagem de integridade absoluta (PIA) em folhas de plantas jovens de *Erythrina velutina* Willd. cultivadas em casa de vegetação sob déficit hídrico por diferentes ciclos de rega. Letras iguais não diferem entre os tratamentos pelo teste Tukey ( $p < 0.05$ ).

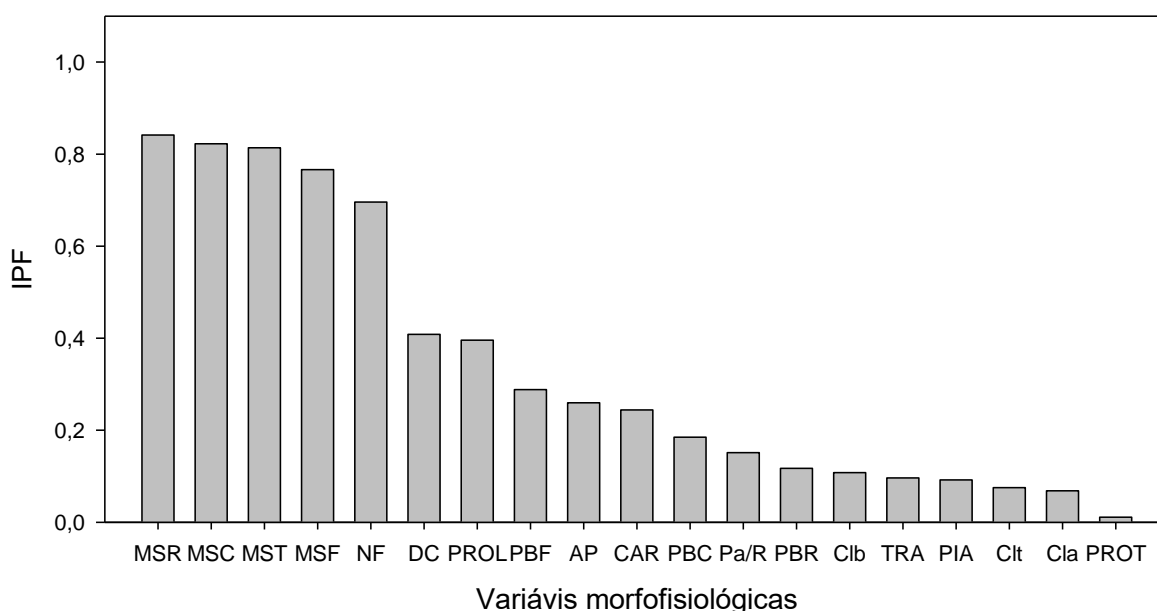
Dias de avaliação	Tratamentos hídricos		
	C	E7	ST
	PIA (%)		
56	63.08 a	69.70 a	68.36 a
70	66.28 a	73.44 a	65.20 a
84	50.99 a	65.33 a	61.08 a

No que se refere a concentração de carboidratos, proteínas e prolina (Tab.5), não houve diferença entre os tratamentos ao longo do tempo, demonstrando que o déficit hídrico não induziu acúmulo significativo de solutos nas folhas.

Quanto ao o índice de plasticidade fenotípica (IPF), os maiores valores foram observados para MSR, MSC, MST, MSF e número de folhas, indicando que as variáveis mais plásticas dizem respeito aos parâmetros de crescimento, principalmente relacionados a produção de matéria seca, do que aos parâmetros bioquímicos (Fig.3).

**Tabela 5:** Concentração de carboidratos solúveis ( $\mu\text{mol/gMF}$ ), concentração de proteínas solúveis ( $\text{mmol/gMF}$ ) e concentração de prolina ( $\mu\text{mol/gMF}$ ) em folhas de plantas jovens de *Erythrina velutina* Willd. cultivadas em casa de vegetação sob déficit hídrico por diferentes ciclos de rega. Letras iguais não diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Dias de estresse	Carboidrato			Proteína			Prolina		
	Tratamentos hídricos			Tratamentos hídricos			Tratamentos hídricos		
	C	E7	ST	C	E7	ST	C	E7	ST
7	67.34 a	59.57 a	69.64 a	3.05 a	3.22 a	3.23 a	0.46 a	0.60 a	0.49 a
14	79.59 a	78.20 a	62.62 a	4.35 a	4.90 a	3.99 a	0.39 a	0.43 a	0.33 a
28	62.51 a	62.53 a	53.31 a	2.70 a	4.59 a	3.16 a	0.74 a	0.70 a	0.73 a
42	110.89 a	69.10 a	72.63 a	0.74 a	0.81 a	0.89 a	0.73 a	0.73 a	0.80 a
56	79.69 a	61.58 a	73.13 a	0.99 a	3.69 a	2.11 a	0.61 a	0.73 a	0.63 a
70	76.82 a	85.60 a	66.23 a	3.15 a	3.21 a	2.58 a	0.69 a	0.85 a	0.90 a
84	66.47 a	80.02 a	87.95 a	0.02 a	0.02 a	0.02 a	0.76 a	0.94 a	0.57 a



**Figura 3:** Índice de plasticidade fenotípica em plantas jovens de *Erythrina velutina* Willd. cultivadas em casa de vegetação sob déficit hídrico por diferentes ciclos de rega. As variáveis foram relacionadas em ordem de importância da mais plástica para a menos plástica. MSR- matéria seca da raiz, MSC – matéria seca do caule, MST- matéria seca total, MSF- matéria seca de folha, NF- número de folhas, DC- diâmetro do caule, PROL- prolina, PBF- partição de biomassa para folhas, AP- altura das plantas, CAR- carboidrato, PBC- partição de biomassa do caule, Pa/R- relação parte aérea raiz, PBR- partição de biomassa para raiz, Clb- clorofila b, TRA- teor relativo de água, PIA- porcentagem de integridade absoluta, Clt- clorofila total, Cla- clorofila a, PROT- proteína.

#### 4. Discussão

No ambiente natural as espécies vegetais estão expostas a várias condições estressantes, provocadas pela falta ou excesso de água, temperaturas extremas, deficiência de nutrientes ou salinidade, que geram inúmeras consequências para as plantas (TAIZ; ZEIGER, 2013). O estresse hídrico gerado pela baixa disponibilidade de água no solo induz mudanças morfológicas e fisiológicas, muitas vezes como consequência da reduzida pressão de turgor no interior das células vegetais, que afetam seu crescimento e desenvolvimento (TAIZ; ZEIGER, 2013; GAUR; SHARMA, 2014).

O presente trabalho mostrou que a redução da umidade do solo afetou de maneira negativa o crescimento em extensão de *E. velutina*, sendo possível verificar redução na altura, diâmetro do caule e número de folhas submetidas a estresse severo. Resultados semelhantes foram observados por SILVA et al., (2010a) para *E. velutina*, e por outros autores para *Hymenaea courbaril* L. (NASCIMENTO et al., 2011), *Guazuma ulmifolia* Lam. (SCALON et al., 2011), *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz e *Poincianella bracteosa* (Tul.) L.P. Queiroz (FERREIRA et al., 2015) quando submetidas a déficit hídrico. Para estes autores o número de folhas foi o primeiro parâmetro afetado (Nascimento 2011; Ferreira et al. 2015 e SCALON et al., 2011). Entretanto, existem espécies como o *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke), que conseguem manter um ritmo adequado de crescimento, sem demonstrar alterações significativas a medida que são submetidas ao estresse hídrico (ROCHA; DE LIMA; RODRIGUES, 2016). A redução do número de folhas em plantas de ambientes xéricos geralmente é induzida pela síntese de etileno, cuja queda precoce das folhas torna-se estratégica para as plantas enfrentarem longos períodos de seca (TAIZ; ZEIGER, 2009), sendo uma provável estratégia utilizada na presente espécie.

O estresse prolongado afetou a produção de MSF, MSR, MST de todos os tratamentos estressados e a matéria seca do caule (MSC) só foi afetada no tratamento ST, demonstrando uma menor sensibilidade neste parâmetro à seca. Resultados semelhantes foram encontrados para *E. velutina* (SILVA et al., 2010a), *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth (SANTIAGO et al., 2001), *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore (CABRAL; BARBOSA; SIMABUKURO, 2004), *Azadirachta indica* A. Juss (MARTINS et al., 2010), *Enterolobium contortisiliquum*, *Prosopis juliflora* e *Mimosa caesalpiniiifolia* (SILVA; NOGUEIRA, 2003).

Algumas espécies, porém, não apresentam esta mesma sensibilidade, como é o caso da *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira-vermelha), e o estresse moderado (75% da CC) estimulou o aumento de biomassa seca (SILVA et al., 2008).

O fato da relação Pa/R e da PBR não terem sido afetadas significativamente pelo estresse demonstra que em situação de déficit hídrico intermitente, não altera a distribuição de assimilados entre a parte aérea e a raiz da espécie, o que é corroborado pelos resultados encontrados por SILVA et al., (2010a) para a mesma espécie. No entanto, na avaliação da parte aérea, percebe-se que houve um maior investimento na PBF sob déficit hídrico mais severo, em relação ao controle. Talvez esse comportamento esteja relacionado a necessidade de aumentar a área de captação de luz e CO<sub>2</sub> para conseguir manter a produção primária de assimilados. Em *S. terebinthifolius* Raddi as diferentes quantidades de água não afetam a relação raiz/parte aérea (R/Pa) e a alocação de biomassa para os diversos órgãos (SILVA et al., 2008). Da mesma forma estudos mostram que espécies como a *M. caesalpinifolia* (SANTIAGO et al., 2001), *L. ferrea* e *P. bracteosa* (Tul.)L.P. Queiroz (FERREIRA et al., 2015) quando submetidas a estresse hídrico por períodos prolongados, não apresentam diferença na relação Pa/R. Porém, existem espécies que investem mais em parte aérea, como a *M. caesalpinifolia*, *P. juliflora* DC e *T. aurea* enquanto outras espécies, como *E. contortisiliquum* (Vell.) Morong. investem mais em raiz (SILVA; NOGUEIRA, 2003).

A *E. velutina*, *T. aurea*, *P. juliflora*, *M. caesalpinifolia* e *E. contortisiliquum* são plantas na qual o estresse hídrico não afeta a distribuição de fotoassimilados (SILVA; NOGUEIRA, 2003; SILVA et al., 2010a). No entanto a *L. ferrea* e a *P. bracteosa* quando submetidas a seca alocam mais biomassa para as raízes e folhas em detrimento ao caule (FERREIRA et al., 2015). Esse fator pode representar uma estratégia no estabelecimento da *E. velutina* em campo, pois ela consegue manter o padrão de crescimento e o equilíbrio entre produção e consumo de fotoassimilados (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O TRA não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, o que mostra que a espécie consegue manter o tecido hidratado durante períodos de seca intermitente. Existem trabalhos que mostram que o estresse hídrico não afeta o TRA em algumas espécies de ambientes semiáridos como a *C. ferrea* (LENHARD; SCALON; NOVELINO, 2010), *Jatropha curcas* L. (MAES et al., 2009), *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) (DUARTE, 2014). No entanto, outros trabalhos como os feitos com *C. roseus* (AMIRJANI, 2013), e *Myracrodruon urundeuva* Fr. All



(MARIANO et al., 2009) mostram que algumas plantas estressadas conseguem manter altos valores de TRA. No entanto, estratégias como o acúmulo de solutos no interior celular podem evitar a perda de pressão de turgor, sendo possível manter o crescimento e a rigidez mecânica das células e tecidos (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A redução nos parâmetros de crescimento podem estar relacionadas a perda de turgor celular ou ao menor ganho de carbono devido ao fechamento estomático. Uma vez que não houve reduções significativas no TRA, os resultados sugerem que o espécie deva apresentar o fechamento estomático como resposta primária ao déficit hídrico, como sugerido por SILVA et al., (2010a) com *E. velutina*.

A manutenção de valores adequados de TRA favorecem a integridade das membranas. No presente trabalho foi observado que não houve alterações significativas na percentagem de integridade absoluta das membranas (PIA), o que demonstra que este resultado deve estar relacionado à capacidade de manter a hidratação dos tecidos durante períodos de déficit hídrico e anterior à queda de folhas. Esses resultados assemelham-se aos encontrados para *Jatropha curcas* sob estresse hídrico, (SILVA et al., 2010b).

Experimentos que mostram a integridade da membrana em situações de estresse indicam a tolerância da espécie a tal fenômeno, pois em situação de estresse hídrico são produzidas substâncias (espécies reativas de oxigênio) que causam danos nas membranas e degradam proteínas (GAUR; SHARMA, 2014). Para evitar tal situação, as plantas costumam produzir e acumular substâncias como prolina, aminoácidos, vitaminas e açúcares (TAIZ; ZEIGER, 2013). Tais substâncias são chamadas de solutos orgânicos compatíveis que não são tóxicos para as plantas em altas concentrações e contribuem para desintoxicação de espécies reativas de oxigênio, ajustamento osmótico e estabilização das membranas. (ASHRAF; FOOLAD, 2007; GAUR; SHARMA, 2014).

No presente trabalho, as plantas jovens de *E. velutina* não acumularam quantidades significativas de solutos orgânicos em resposta ao déficit hídrico. Sendo assim, a manutenção do TRA e do PIA não é uma consequência do aumento de solutos, mas de outro mecanismo que reduz a perda de água. Diante desta resposta, como os estômatos são responsáveis pela maior perda de água da planta, sugere-se que, nesta fase inicial do desenvolvimento, *E. Velutina* deve possuir um rígido controle estomático que evita a perda de água por excesso de transpiração (SILVA et al., 2010a), onde a planta evita a desidratação e mantém elevado seu conteúdo de água (TRA), embora as trocas gasosas não tenham sido avaliadas no presente trabalho.

Desta forma, o período em que os estômatos ficam fechados resultam numa menor absorção de CO<sub>2</sub> que trazem consequências para as plantas como redução do seu crescimento, o que afeta a expansão foliar e produção de biomassa nos diversos órgãos (TAIZ; ZEIGER, 2013). No trabalho realizado por SILVA et al., (2010a), os autores verificaram que após 64 dias cultivadas com 25% capacidade de campo (CC), as plantas apresentaram reduzidas taxas de transpiração (1 mmol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) enquanto as plantas controle cultivadas com 100%CC apresentaram taxas de 8 mmol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>. Esses resultados dão suporte a hipótese acima.

Uma vez que os índices de clorofila apresentaram pouca variação entre os tratamentos, com alterações pontuais, é possível que o aparato fotossintético seja preservado em períodos de seca intermitente, como ocorreu nas condições do presente trabalho. De uma forma geral, o déficit hídrico induz a degradação de clorofila nas folhas (TAIZ; ZEIGER, 2013; GAUR; SHARMA, 2014). Espécies como *S. amazonicum* (Huber ex Ducke) (ROCHA; DE LIMA; RODRIGUES, 2016) e *C. ferrea* (LENHARD; SCALON; NOVELINO, 2010), reduzem a concentração de clorofila a medida que são submetidas a diferentes regimes hídricos

Estudos que especificam o tipo de pigmento fotossintético, mostram que a oliveira (*Olea europaea* L.) degrada a clorofila *a* e *b*. Da mesma forma, quando possuem pouca disponibilidade hídrica a *Catharanthus roseus* (L.) reduz a clorofila *a* e total à medida que a planta é exposta ao estresse e a clorofila *b* não é tão sensível a curtos períodos de déficit hídrico (GUERFEL et al., 2009; AMIRJANI, 2013). O comportamento da *E. velutina* pode estar relacionado ao mecanismo de proteção do aparato fotossintético, visto que houve um aumento de clorofila *b* que faz parte do complexo antena que visa a proteção do centro de reação (formado pela clorofila *a*) (TAIZ; ZEIGER, 2013).

As variáveis mais plásticas neste trabalho foram observadas na MSR, MSC, MSF, MST e número de folhas. Tais características podem indicar uma maior plasticidade nas plantas jovens de *E. velutina*, cuja característica confere uma maior adaptação a ambientes secos (GAUR; SHARMA, 2014). Algumas espécies possuem plasticidade morfológica e/ou fisiológica que implicam em diferentes custos, mecanismos e implicações ecológicas (GRIME; MACKEY, 2002). Tal regulação confere uma aclimação ao ambiente (HAMBAL; KOGAMI; TERASHIMA, 2002) que pode implicar em maior ou menor prejuízo diante da variação no meio (BARUCH; MÉRIDA, 1995; VASELLATI, 2001) e determinar o padrão de distribuição das

espécies (BARUCH; MÉRIDA, 1995; (FALCÃO et al., 2015; TAIZ; ZEIGER, 2013), onde espécies mais plásticas conseguem habitar ambientes instáveis (VALLADARES et al., 2005; LIMA et al., 2010).

Diante da capacidade de manter o tecido hidratado sem que haja produção de solutos orgânicos compatíveis, apresentado pela *E. velutina*, sugere-se o desenvolvimento de outros estudos para uma melhor compreensão de outras estratégias utilizadas pela espécie para habitar esses ambientes, sendo o forte controle estomático um possível mecanismo adotado.

## 5. Conclusão

A *Erythrina velutina* Willd. apresenta plasticidade morfológica, alterando sua produção de matéria seca e o número de folhas para melhor responder a limitação do recurso hídrico. Sob condições de estresse severo a espécie mantém seus tecidos hidratados e a integridade protoplasmática, sem alterar o padrão de crescimento entre a parte aérea e a raiz. O acúmulo de solutos orgânicos compatíveis não é a estratégia utilizada para habitar em ambientes xéricos.

## 6. Referências

- AHMAD, M. A.; MURALI, P. V.; PANNEERSELVAM, R. Drought stress induced biochemical alterations in two varieties of *Paspalum scrobiculatum* L. **Int J Curr Sci**, v. 7, p. 80–96, 2013.
- AMIRJANI, M. R. Effects of drought stress on the alkaloid contents and growth parameters of *Catharanthus roseus*. **ARPN Jornal of Agricultural and Biological Science**, v. 8, n. 11, p. 745–750, 2013.
- ASHRAF, M.; FOOLAD, M. R. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. **Environmental and Experimental Botany**, v. 59, n. 2, p. 206–216, mar. 2007.
- AULD, J. R.; AGRAWAL, A. A.; RELYEA, R. A. Re-evaluating the costs and limits of adaptive phenotypic plasticity. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 277, n. 1681, p. 503–511, 22 fev. 2010.

- BARUCH, Z.; MÉRIDA, T. Effects of Drought and Flooding on Root Anatomy in Four Tropical Forage Grasses. **International Journal of Plant Sciences**, v. 156, n. 4<sup>a</sup>, p. 514–521, 1995.
- BATES, L. S. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, v. 39, p. 205–207, 1973.
- BENINCASA, M. M. . Análise de crescimento de plantas (noções básicas). p. 41, 2003.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical biochemistry**, v. 72, n. 1–2, p. 248–254, 1976.
- CABRAL, E. L.; BARBOSA, D. DE A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore submetidas a estresse hídrico. **Acta botanica brasílica**, v. 18, n. 2, p. 241–251, 2004.
- CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v. 103, n. 4, p. 551–560, fev. 2009.
- DANTAS, S. G. **Crescimento inicial e morfologia foliar em plantas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. E *Erythrina velutina* Mart. ex Benth, sob estresse hídrico.** [s.l.] Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2014.
- DUARTE, D. M. **Crescimento de mudas de paricá submetidas à desfolha e ao déficit hídrico.** [s.l.] Dissertação de Mestrado—Universidade Estadual de Goiás—Unidade Universitária de Ipameri, 2014.
- DUBOIS, M. et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical chemistry**, v. 28, n. 3, p. 350–356, 1956.
- FALCÃO, H. M. et al. Phenotypic plasticity and ecophysiological strategies in a tropical dry forest chronosequence: A study case with *Poincianella pyramidalis*. **Forest Ecology and Management**, v. 340, p. 62–69, mar. 2015.
- FERREIRA, W. N. et al. Effect of water stress on seedling growth in two species with different abundances: the importance of Stress Resistance Syndrome in seasonally dry tropical forest. **Acta Botanica Brasílica**, v. 29, n. 3, p. 375–382, set. 2015.
- GARIGLIO, M. A. et al. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga.** Brasília, DF: Serviço Florestal Brasileiro, 2010.
- GAUR, R. K.; SHARMA, P. (EDS.). **Approaches to Plant Stress and their Management.** New Delhi: Springer India, 2014.

- GRIME, J. P.; MACKEY, J. M. L. The role of plasticity in resource capture by plants. **Evolutionary Ecology**, v. 16, n. 3, p. 299–307, 2002.
- GUERFEL, M. et al. Impacts of water stress on gas exchange, water relations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (*Olea europaea* L.) cultivars. **Scientia Horticulturae**, v. 119, n. 3, p. 257–263, fev. 2009.
- HAMBA, Y. .; KOGAMI, H.; TERASHIMA, I. The effect of growth irradiance on leaf anatomy and photosynthesis in *Acer* species differing in light demand. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, p. 1021–1030, 2002.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Ed. Rima, 2006.
- LENHARD, N. R.; SCALON, S. DE P. Q.; NOVELINO, J. O. Initial growth of wood iron (*Caesalpinia ferrea* Mart. ex. Tul var. *leiostachya* Benth) under different hydric regimes. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 870–877, 2010.
- LEOPOLD, A. C.; MURGRAVE, M. E.; WILLIAMS, K. M. Solute Leakage Resulting from Leaf Desiccation. **Plant Physiology**, v. 68, n. 4, p. 1222–1225, 1981.
- LIMA, M. A. O. et al. Crescimento e plasticidade fenotípica de três espécies arbóreas com uso potencial em sistemas agroflorestais. 2010.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5<sup>a</sup> ed. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2008.
- MAES, W. H. et al. Plant–water relationships and growth strategies of *Jatropha curcas* L. seedlings under different levels of drought stress. **Journal of Arid Environments**, v. 73, n. 10, p. 877–884, out. 2009.
- MARIANO, K. R. et al. Fotossíntese e tolerância protoplasmática foliar em *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. submetida ao déficit hídrico. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, 2009.
- MARTINS, M. DE et al. Crescimento de plantas jovens de nim-indiano (*Azadirachta indica* A. Juss.-Meliaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Revista Árvore**, v. 34, n. 5, 2010.
- MILES, L. et al. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. **Journal of Biogeography**, v. 33, n. 3, p. 491–505, mar. 2006.
- NASCIMENTO, H. H. C. DO et al. Análise do crescimento de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes níveis de água no solo. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 617–626, 2011.
- NEVES, F. **Espécies e ecossistemas**. São Paulo: Blucher, 2011.
- OLMOS, F. **Espécies e ecossistemas**. São Paulo: Blucher, 2011.

PARADIZO, I. C. et al. A plasticidade fenotípica como indicador de arbóreas não pioneiras mais tolerantes à elevada irradiância. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 84, p. 359, 31 dez. 2015.

RICKLEFS, R. E. **A Economia da Natureza**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2010.

ROCHA, G. T.; DE LIMA, F. B.; RODRIGUES, F. **Estresse Hídrico no Desenvolvimento de Mudanças de Schizolobium amazonicum (Huber ex Ducke)**. Anais do Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG (CEPE)(ISSN 2447-8687). **Anais...2016** Disponível em: <<http://www.anais.ueg.br/index.php/cepe/article/view/6796>>. Acesso em: 17 ago. 2017

SANTIAGO, A. M. P. et al. Crescimento em plantas jovens de Mimosa caesalpinifolia Benth., cultivadas sob estresse hídrico. **Ecossistema**, v. 26, n. 1, 2001.

SCALON, S. DE P. et al. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (Guazuma ulmifolia Lam.). **Ciência Florestal**, v. 21, n. 4, 2011.

SCHLICHTING, C. D. The evolution of phenotypic plasticity in plants. **Annual review of ecology and systematics**, v. 17, n. 1, p. 667–693, 1986.

SILVA, E. C. DA et al. Growth evaluation and water relations of Erythrina velutina seedlings in response to drought stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 22, n. 4, p. 225–233, 2010a.

SILVA, E. .; NOGUEIRA, R. J. M. . Crescimento de quatro espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico em casa-de-vegetação. **Revista Ceres**, v. 50, n. 288, p. 2002–217, 2003.

SILVA, E. C. et al. Drought and Its Consequences to Plants – From Individual to Ecosystem. In: AKINCI, S. (Ed.). . **Responses of Organisms to Water Stress**. [s.l.] InTech, 2013.

SILVA, E. N. et al. Photosynthetic changes and protective mechanisms against oxidative damage subjected to isolated and combined drought and heat stresses in Jatropha curcas plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 167, n. 14, p. 1157–1164, set. 2010b.

SILVA, M. A. et al. Resposta estomática e produção de matéria seca em plantas jovens de aroeira submetidas a diferentes regimes hídricos. **Revista Árvore**, v. 32, n. 2, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4ª ed. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ª ed. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

- VALLADARES, F. et al. Shade tolerance, photoinhibition sensitivity and phenotypic plasticity of *Ilex aquifolium* in continental Mediterranean sites. **Tree Physiology**, v. 25, n. 8, p. 1041–1052, 1 ago. 2005.
- VALLADARES, F.; SANCHEZ-GOMEZ, D.; ZAVALA, M. A. Quantitative estimation of phenotypic plasticity: bridging the gap between the evolutionary concept and its ecological applications. **Journal of Ecology**, v. 94, n. 6, p. 1103–1116, nov. 2006.
- VASELLATI, V. Effects of Flooding and Drought on the Anatomy of *Paspalum dilatatum*. **Annals of Botany**, v. 88, n. 3, p. 355–360, set. 2001.
- VASQUEZ-TELLO, A. et al. Electrolyte and Pi Leakages and Soluble Sugar Content as Physiological Tests for Screening Resistance to Water Stress in *Phaseolus* and *Vigna* Species. **Journal of Experimental Botany**, v. 41, n. 7, p. 827–832, 1990.
- WEATHERLEY, P. E. Studies in the water relations of the cotton plant. **New Phytologist**, v. 49, n. 1, p. 81–97, 1950.
- ZAPPI, D. C. et al. Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. **Rodriguésia**, v. 66, n. 4, p. 1085–1113, 2015.