



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE, TECNOLOGIA E SOCIEDADE  
MESTRADO EM AMBIENTE, TECNOLOGIA E SOCIEDADE

EDUARDO CHAVES DE SOUSA

**GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE *Mimosa caesalpinifolia* Benth. SOB  
ESTRESSE HÍDRICO E SALINO**

MOSSORÓ

2017

EDUARDO CHAVES DE SOUSA

**GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE *Mimosa caesalpinifolia* Benth. SOB  
ESTRESSE HÍDRICO E SALINO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ambiente, Tecnologia e Sociedade.

Linha de Pesquisa: Tecnologias sustentáveis e recursos naturais do semiárido.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Valadão Silva

Coorientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Danielle Marie Macedo Sousa

MOSSORÓ

2017

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)  
Setor de Informação e Referência (SIR)

S725g SOUSA, Eduardo Chaves de. Germinação e vigor de sementes de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. sob estresse hídrico e salino. / Eduardo Chaves de SOUSA. - 2017. 63 f. : il.

Orientador: Daniel Valadão Silva.  
Coorientador: Danielle Marie Macedo Sousa.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade, 2017.

1. Sabiá. 2. Fabaceae. 3. Manitol. 4. PEG. 5. NaCl. I. Valadão Silva, Daniel, orient.  
II. Macedo Sousa, Danielle Marie, co-orient.  
III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.


EDUARDO CHAVES DE SOUSA

**GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE *Mimosa caesalpinifolia* Benth. SOB  
ESTRESSE HÍDRICO E SALINO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ambiente, Tecnologia e Sociedade.

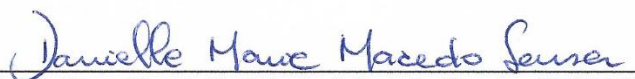
Linha de Pesquisa: Tecnologias sustentáveis e recursos naturais do semiárido.

Defendida em: 09 / 02 / 2017.



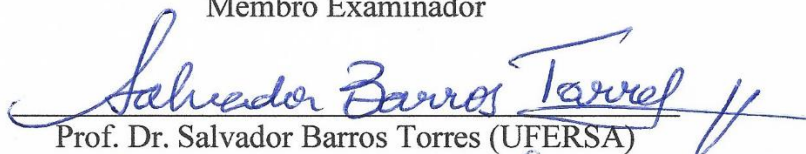
---

Prof. Dr. Daniel Valadão Silva (UFERSA)  
Presidente



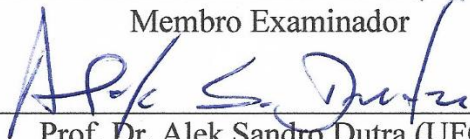
---

Prof.ª. Dra. Danielle Marie Macedo Sousa (UFERSA)  
Membro Examinador



---

Prof. Dr. Salvador Barros Torres (UFERSA)  
Membro Examinador



---

Prof. Dr. Alek Sandro Dutra (UFC)  
Membro Examinador

## **AGRADECIMENTOS**

Manifesto imensa gratidão ao professor Dr. Daniel Valadão Silva pela acolhida no momento em que me vi sem orientador no Programa e acima de tudo por sua maneira simples e objetiva de lidar com as coisas, oferecendo aquilo que eu realmente queria de um orientador: alguém para nortear, estimular, reconhecer em mim o que há de bom e auxiliar nas minhas limitações, me deixando à vontade para executar as coisas, errar, refazer, aprender, e permitir, ao final, que eu pudesse me enxergar neste trabalho.

Agradeço a minha coorientadora professora Dra. Danielle Marie Macedo Sousa por ter aceitado esta parceria e ter sido o meu pilar de sustentação nesta empreitada. Sou grato a ela por todos os ensinamentos, acompanhamento e execução dos experimentos, pela disponibilidade de sempre, pela compreensão e amizade e, de modo geral, pela pessoa maravilhosa que é.

Agradeço ao professor Dr. Salvador Barros Torres pela excelente receptividade, por toda a orientação, sugestões, intervenções e acompanhamento dos ensaios, que foram fundamentais para o sucesso deste trabalho.

Agradeço a professora Dra. Clarisse Pereira Benedito pelos conhecimentos gerais fornecidos na disciplina de Análise de Sementes que foram fundamentais para uma melhor compreensão e desenvolvimento deste projeto.

Agradeço a toda a equipe do Laboratório de Análise de Sementes e em especial a Renata, Jéssica e Caio que tanto contribuíram na montagem, acompanhamento e finalização dos experimentos.

Agradeço ainda ao meu companheiro Rafael Cavalcante pelo auxílio na realização dos ensaios, por todo o incentivo e apoio para que eu pudesse ingressar e concluir o Mestrado, e por todos esses anos ao meu lado, sempre me mostrando o lado bom das coisas, fazendo-me uma pessoa mais paciente e otimista.

## RESUMO

SOUSA, Eduardo Chaves de. **Germinação e vigor de sementes de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. sob estresse hídrico e salino.** 2017. 63f. Dissertação (Mestrado em Ambiente, Tecnologia e Sociedade) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2017.

*Mimosa caesalpinifolia* Benth., conhecida por sabiá no Nordeste brasileiro, é uma espécie florestal nativa da Caatinga e pertencente à família Fabaceae. Recentemente foi incluída na lista de espécies vulneráveis em função de sua utilização como madeira, lenha e carvão vegetal. Sementes de espécies que se desenvolvem em solos de regiões áridas e semiáridas, a exemplo de *M. caesalpinifolia*, comumente encontram condições inadequadas para a germinação, como solos afetados pela deficiência hídrica e abundância de solos salinos. Assim, objetivou-se avaliar o efeito dos estresses hídrico e salino na germinação e vigor de sementes de três lotes de *M. caesalpinifolia* provenientes de matrizes localizadas nos municípios de Luziania – GO (Lote 1), Vazante – MG (Lote 2) e Montanhas – RN (Lote 3). Na simulação da restrição hídrica foram utilizados dois agentes osmóticos, manitol e polietilenoglicol 6000 (PEG 6000), ajustados para os potenciais osmóticos de 0; -0,2; -0,4; -0,6 e -0,8 MPa. Para simular o estresse salino, foram utilizadas soluções de NaCl, nas condutividades elétricas de 0,0; 5,0; 10,0; 15,0; 20,0; 25,0; 30,0 dS m<sup>-1</sup>. Foram avaliados: germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento da parte aérea e da raiz e massa seca da parte aérea e da raiz das plântulas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento. Os resultados demonstraram que o estresse hídrico induzido por manitol não influenciou a germinação e o comprimento da raiz das plântulas de sabiá, reduziu o IVG e o comprimento e massa seca da parte aérea das plântulas, e aumentou a massa seca da raiz das plântulas. A restrição hídrica simulada com PEG, por sua vez, se mostrou mais crítica, reduzindo a porcentagem e a velocidade de germinação, o comprimento da parte aérea e da raiz, além da massa seca da parte aérea e da raiz das plântulas. Os três lotes responderam de maneira semelhante ao estresse hídrico, porém o Lote 3, com sementes provenientes de Montanhas – RN, foi menos vigoroso que os demais. A salinidade reduziu a germinação e o vigor das sementes de *M. caesalpinifolia*, diminuindo os parâmetros avaliados nas condutividades elétricas mais elevadas (25,0 e 30,0 dS m<sup>-1</sup>), e afetando de maneira mais expressiva, o IVG e o comprimento da parte aérea das plântulas. O Lote 2 se mostrou mais tolerante ao estresse salino.

**Palavras-chave:** Sabiá, fabaceae, manitol, PEG, NaCl.

## ABSTRACT

SOUSA, Eduardo Chaves de. **Germination and vigor of seeds of *Mimosa caesalpinifolia* Benth. under water and saline stress.** 2017. 63f. Dissertation (Master in Environment, Technology and Society) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2017.

*Mimosa caesalpinifolia* Benth., known by sabiá in the Brazilian Northeast, is a forest species native to the Caatinga and belonging to the Fabaceae family. It has recently been included in the list of vulnerable species due to their use as wood, firewood and charcoal. Seeds of species that develop in soils of arid and semi-arid regions, such as sabiá, commonly find unsuitable conditions for germination, such as soils affected by water deficiency and abundance of saline soils. The objective of this study was to evaluate the effect of water and saline stress on the germination and seed vigor of three lots of *M. caesalpinifolia* from matrices located in the municipalities of Luziania - GO (Lot 1), Vazante - MG (Lot 2) and Mountains - RN (Lot 3). In the simulation of the water restriction, two osmotic agents, mannitol and polyethylene glycol 6000 (PEG 6000), adjusted for the osmotic potentials of 0; -0.2; -0.4; -0.6 and -0.8 MPa. To simulate salt stress, NaCl solutions were used in the electrical conductivities of 0,0; 5,0; 10,0; 15,0; 20,0; 25,0; 30,0 dS m<sup>-1</sup>. Were analyzed: germination, germination velocity index, shoot and root length and dry mass of shoot and root of seedlings. The experimental design was completely randomized, with four replicates of 25 seeds for each treatment. The results demonstrated that mannitol-induced water stress did not influence seed germination and root length of sage seedlings, reduced IVG and seedlings dry length and dry mass, and increased dry mass of seedlings. The water restriction simulated with PEG, in turn, was more critical, reducing percentage and speed of germination, aerial and root length, as well as dry mass of shoot and root of seedlings. The three batches responded similarly to water stress, but Lot 3, with seeds from Montanhas – RN, was less vigorous than the others. The salinity reduced the germination and vigor of *M. caesalpinifolia* seeds, reducing the parameters evaluated in the higher electrical conductivities (25.0 and 30.0 dS m<sup>-1</sup>), and affecting in a more expressive way, IVG and length of seedlings. Lot 2 was more tolerant of salt stress.

**Key words:** Sabiá, fabaceae, mannitol, PEG, NaCl.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

- Figura 1** – Plantas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. no período chuvoso (esquerda) e seco (direita)..... 19
- Figura 2** – Folhas (A), inflorescências (B), frutos (C) e sementes (D) de *Mimosa caesalpinifolia* Benth..... 21

### CAPÍTULO 2

- Figura 1** – Germinação de sementes de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. em função de níveis de estresse hídrico induzidos por manitol (A) e polietilenoglicol (B)..... 41
- Figura 2** – Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de diferentes lotes de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. em função de níveis de estresse hídrico induzidos por manitol (A) e polietilenoglicol (B)..... 43
- Figura 3** – Comprimento da parte aérea de plântulas de diferentes lotes de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. em função de níveis de estresse hídrico induzidos por manitol (A) e polietilenoglicol (B)..... 44
- Figura 4** – Comprimento da raiz de plântulas de diferentes lotes de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. em função de níveis de estresse hídrico induzidos por manitol (A) e polietilenoglicol (B)..... 45
- Figura 5** – Massa seca da parte aérea de plântulas de diferentes lotes de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. em função de níveis de estresse hídrico induzidos por manitol (A) e polietilenoglicol (B)..... 46
- Figura 6** – Massa seca da raiz de plântulas de diferentes lotes de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. em função de níveis de estresse hídrico induzidos por manitol (A) e polietilenoglicol (B)..... 47

### CAPÍTULO 3

- Figura 1** – Germinação (A) e índice de velocidade de germinação (B) de sementes de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. em função de níveis de estresse salino induzidos por NaCl..... 58



<b>Figura 2</b>	– Comprimento da parte aérea (A) e da raiz (B) de plântulas de <i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth. em função de níveis de estresse salino induzidos por NaCl.....	59
<b>Figura 3</b>	– Massa seca da parte aérea (A) e da raiz (B) de plântulas de <i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth. em função de níveis de estresse salino induzidos por NaCl.....	60

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

- Tabela 1** – Classificação das águas quanto ao teor de sais..... 25

### CAPÍTULO 2

- Tabela 1** – Resumo da análise de variância da germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da parte aérea de plântulas (CPA), comprimento da raiz de plântulas (CR), massa seca da parte aérea de plântulas (MSPA) e massa seca da raiz de plântulas (MSR) provenientes de três lotes de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) submetidas a níveis de estresse hídrico induzidos com manitol e polietilenoglicol (PEG)..... 40
- Tabela 2** – Valores médios referentes ao índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da parte aérea e da raiz de plântulas (cm) e massa seca da parte aérea e da raiz de plântulas (mg) provenientes de três lotes de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) submetidas a níveis de estresse hídrico induzidos com manitol e polietilenoglicol (PEG)..... 42

### CAPÍTULO 3

- Tabela 1** – Resumo da análise de variância da germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da parte aérea de plântulas (CPA), comprimento da raiz de plântulas (CR), massa seca da parte aérea de plântulas (MSPA) e massa seca da raiz de plântulas (MSR) provenientes de três lotes de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.), submetidas a níveis de estresse salino induzidos com NaCl..... 56
- Tabela 2** – Valores médios referentes a germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento da parte aérea e da raiz de plântulas e massa seca da parte aérea e da raiz de plântulas provenientes de três lotes de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.), submetidas a níveis de estresse salino induzidos com NaCl ( $\text{dS m}^{-1}$ )..... 57

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	11
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	11
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	14
2.1 O BIOMA CAATINGA .....	14
2.2 SEMENTES DA CAATINGA .....	16
2.3 <i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth. (SABIÁ) .....	18
2.4 ESTRESSE HÍDRICO.....	23
2.5 ESTRESSE SALINO.....	24
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	27
<b>CAPÍTULO 2: GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE <i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth. SOB ESTRESSE HÍDRICO</b> .....	35
<b>RESUMO</b> .....	35
<b>ABSTRACT</b> .....	36
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	37
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	38
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	40
<b>CONCLUSÃO</b> .....	48
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	48
<b>CAPÍTULO 3: GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE <i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth. SOB ESTRESSE SALINO</b> .....	51
<b>RESUMO</b> .....	51
<b>ABSTRACT</b> .....	52
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	53
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	54
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	56
<b>CONCLUSÃO</b> .....	61
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	61

## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO

#### 1 INTRODUÇÃO GERAL

Situada no semiárido brasileiro, a Caatinga é o bioma predominante da região Nordeste com abrangência restrita ao território nacional. Ocupando uma área aproximada de 844.453 km<sup>2</sup>, esse bioma estende-se pela quase totalidade da área pertencente aos estados nordestinos, além de uma parcela do norte do estado de Minas Gerais (MMA, 2010). Apesar da baixa disponibilidade hídrica, caracteriza-se por apresentar grande variedade de paisagens, considerável diversidade florística e elevados índices de endemismo (GIULIETTI et al., 2006; ALVES et al., 2009; FORZZA et al., 2010).

A despeito de sua importância, a Caatinga está entre os tipos de vegetação decíduais mais ameaçados da região Neotropical, sendo alvo de destruição de grandes áreas naturais, o que tem resultado em um crescente processo de fragmentação (SILVA, 2006; SANTOS et al., 2011; ALBUQUERQUE et al., 2012). Além disso, à dificuldade de propagação que algumas espécies enfrentam tem levado diversas espécies nativas desse bioma ao risco de extinção (IUCN, 2011).

*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth., conhecida por sabiá no Nordeste brasileiro e por sansão-do-campo nas regiões Sul e Sudeste, é uma espécie florestal nativa do bioma Caatinga apesar de ser cultivada em outras regiões do país. Caracteriza-se como planta pioneira, decídua, heliófita, bastante resistente à seca e bem adaptada a regiões úmidas, solos pobres e salinos (RIBASKI et al., 2003; BARBOSA et al., 2008; LORENZI, 2008).

A *M. caesalpiniiifolia* apresenta elevado valor econômico para o Nordeste Brasileiro em razão de suas inúmeras potencialidades. Devido ao seu crescimento rápido, possui potencial para uso em atividades agroecológicas, como recuperação de áreas degradadas, forragicultura e controle de plantas daninhas. Apresenta ainda potencial apícola e é bastante utilizada como cerca viva em diversas regiões do país (LORENZI, 2008; FREITAS, 2012; SILVA et al., 2015). O extrativismo da *M. caesalpiniiifolia* na região Nordeste visando à utilização de sua madeira para produção de cercas e carvão, colocou a espécie em situação de vulnerabilidade (IUCN, 2011).

Consistindo em uma das etapas primordiais do desenvolvimento vegetal, a germinação da semente é dependente de fatores intrínsecos à planta (maturação fisiológica e dormência) e de fatores externos (temperatura, substrato e quantidades de água e luz). O grau de exigência desses fatores é variável entre as espécies e é determinado pelo genótipo e pelas condições ambientais prevalentes durante a formação das sementes (MAYER e POLJAKOFFMAYBER, 1982; SILVA et al., 2015).

Sementes de espécies que se desenvolvem em solos de regiões áridas e semiáridas, a exemplo de *M. caesalpiniiifolia*, comumente encontram condições inadequadas para a germinação, como é o caso dos solos salinos, sódicos ou com déficit hídrico, abundantes nessas regiões (GUEDES et al., 2013).

A restrição hídrica é um dos fatores mais limitantes à propagação de espécies via sementes, uma vez que a água ativa diferentes processos metabólicos que culminam com a germinação e está envolvida, direta ou indiretamente, em todas as outras etapas subsequentes do metabolismo vegetal. Substratos salinos, por sua vez, afetam as plantas mediante retenção osmótica de água e efeito iônico específico sobre o protoplasma (STEFANELLO et al., 2006; NASR et al., 2012; GUEDES et al., 2013).

As sementes de *M. caesalpiniiifolia*, como a maioria das espécies florestais, apresentam dormência tegumentar. Sob condições naturais, a dormência apresenta grande valor como mecanismo de sobrevivência da espécie. Entretanto, a dormência passa a ser um empecilho quando as sementes são utilizadas para produção de mudas, em razão do longo tempo necessário para que ocorra a germinação, dificultando ainda mais a propagação de espécies ameaçadas (BORGES et al., 1982).

Larcher (2000), ressaltou a importância de se conhecer como o estresse afeta a germinação de sementes para avaliação dos limites de tolerância e capacidade de adaptação das espécies em tais condições. Para tanto, alguns dos métodos difundidos consistem na avaliação da germinação e do crescimento inicial de plântulas a partir de sementes mantidas em substratos embebidos em soluções com diferentes potenciais osmóticos ou concentrações salinas (TAYLOR e HARMAN, 1990).

Na condução desses procedimentos, soluções aquosas de manitol e polietilenoglicol (PEG), por serem compostos quimicamente inertes e atóxicos para as sementes, e soluções de cloreto de sódio (NaCl) tem sido utilizadas em trabalhos de germinação com objetivo de simular o efeito dos estresses hídrico e salino, respectivamente, em condições de laboratório (LIMA e TORRES, 2009; MOURA et al., 2011; PEREIRA et al., 2012; PELEGRINI et al., 2013; ALMEIDA et al., 2014; CHRISTOVAM et al., 2015; MACIEL et al., 2015).

Em face das condições edafoclimáticas do bioma Caatinga, como déficit hídrico e abundância de solos salinos, o estudo da resposta germinativa de sementes submetidas à condição de estresses artificiais para um melhor entendimento da capacidade de sobrevivência e adaptação das espécies em condições de estresses naturais adquiri extrema relevância. Desta forma, este trabalho pretende contribuir com informações sobre a germinação e o vigor das sementes de *M. caesalpinifolia* submetidas à estresse hídrico e salino, trazendo dados que podem auxiliar no manejo e no estabelecimento de ações voltadas para a proteção desta espécie.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 O BIOMA CAATINGA

O domínio eco geográfico da Caatinga é o ecossistema predominante do Nordeste brasileiro e sua abrangência é restrita ao território nacional, ocupando uma área de cerca de 844.453 km<sup>2</sup> sob as latitudes subequatorial compreendidas entre 2° 45' e 17° 21' Latitude Sul e englobando partes dos territórios pertencentes aos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Paraíba, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais (PRADO, 2003).

A área ocupada pela Caatinga coincide com a região denominada semiárido brasileiro, definida com base em três critérios: precipitação média anual inferior a 800 mm; índice de aridez de até 0,5, no período compreendido entre 1961 e 1990; e risco de seca maior que 60%, tomando por base o período entre 1970 e 1990. Atualmente a área classificada como semiárido brasileiro corresponde a 969.589 km<sup>2</sup>, abrangendo 1.133 municípios (BRASIL, 2005).

Localizada entre o Equador e o Trópico de Capricórnio, a Caatinga dispõe de abundante intensidade luminosa durante todo o ano. As altitudes são relativamente baixas; exceto uns poucos pontos que ultrapassam os 2000 m, na Bahia, os outros pontos extremos ficam pouco acima dos 1000m. Dessa forma, as temperaturas são altas e pouco variáveis, espacial e temporalmente, com médias anuais entre 25°C e 30°C e pouca diferença entre as médias dos meses mais frios e mais quentes. Assim, luz e temperatura não são limitantes ao crescimento vegetal e não são causa de maior variabilidade ambiental na área de Caatinga (SAMPAIO, 2010).

A disponibilidade hídrica, por outro lado, não só é limitante quanto extremamente variável no tempo e no espaço. Essa variabilidade tem origem em quatro causas principais: sistema complexo da formação das chuvas, com frentes que vêm de vários quadrantes e que vão perdendo sua força à medida que penetram no núcleo do semiárido, resultando em chuvas erráticas e concentradas em poucos meses do ano e em anos chuvosos alternados irregularmente com anos de secas; disposição orográfica, com serras e chapadas mais altas interceptando as frentes mais úmidas, recebendo mais chuvas que o entorno e criando zonas pouco chuvosas a sota-vento; escoamento das águas, deixando as encostas mais secas e concentrando-se nos vales, formando lagoas e rios; e variabilidade dos solos, com maior ou

menor capacidade de reter as águas das chuvas, por conta de diferentes profundidades e texturas (SAMPAIO, 2010).

As médias de precipitação anual oscilam de pouco menos de 300 mm, na região dos Cariris Velhos na Paraíba, até pouco mais de 1000 mm, nas zonas limítrofes da Caatinga, com um padrão geral de diminuição deste entorno até o núcleo mais seco. Essas médias contrastam com as evapotranspirações potenciais, bem menos variáveis que as chuvas, situando-se, em geral, entre 1500 mm e 2000 mm anuais. O regime de chuvas caracteriza-se pela distinção de duas estações do ano: a estação chuvosa, que abrange de 3 a 5 meses, com chuvas irregulares podendo iniciar-se em meses distintos, prolongar-se por períodos incertos e encerrar-se, também, em meses diferentes de um ano para outro; e a estação seca, período que dura de 7 a 9 meses, quase sem chuvas (MAIA, 2004; BRASIL, 2005; MMA, 2010).

Os solos são pedregosos e rasos com a rocha-mãe escassamente decomposta a profundidades pequenas e muitos afloramentos de rochas maciças. As diferentes disponibilidades de nutrientes formam, junto com a disponibilidade hídrica, a outra fonte de diferenciação das condições ambientais. Em grande parte, as características que influenciam a capacidade de retenção de água são as mesmas que influenciam a disponibilidade de nutrientes. De maneira geral, os solos são pouco férteis, deficientes em fósforo e cálcio (SAMPAIO, 2010; SILVA et al., 2015).

A origem do termo Caatinga deriva do tupi-guarani que significa “mata branca”, o que caracteriza a paisagem no período de estiagem quando a vegetação perde as folhas e fica com um aspecto seco e sem vida (PRADO, 2003). Até certo tempo acreditou-se que a Caatinga seria resultante da degradação de formações vegetais mais exuberantes, como a Mata Atlântica ou a Floresta Amazônica. Esse pensamento resultou na ideia equivocada de que o bioma seria homogêneo, com biota pobre em espécies e em endemismos, estando pouco alterada ou ameaçada. Hoje sabe-se, no entanto, que apesar das particularidades edafoclimáticas dessa região, o bioma Caatinga apresenta grande variedade de paisagens, considerável diversidade florística e elevados índices de endemismo (ALVES et al., 2009; MMA, 2010).

Áreas de Caatinga típica, em geral, tem menos de 50 espécies de arbustivas e arbóreas e igual número de herbáceas por hectare. Por outro lado, considerada como um bioma, na sua enorme extensão e pluralidade de ambientes, o número de espécies de fanerógamas encontradas na Caatinga é de pelo menos 5344. Apenas as Caatingas no seu sentido mais restrito teriam 1512 espécies com, no mínimo, 318 endêmicas, sendo as famílias caesalpinaceae, mimosaceae, euphorbiaceae, fabaceae e cactaceae as mais frequentes, com os gêneros *Senna*, *Mimosa* e



*Pithecellobium* aqueles com maiores números de espécies (GIULIETTI et al., 2006; FORZZA et al., 2010; SAMPAIO, 2010).

A vegetação da Caatinga é composta por grande diversidade de plantas arbustivas e arbóreas baixas com adaptações ao clima de semiáridade, ou seja, com características xerofíticas. Entre as principais adaptações observam-se as folhas pequenas que reduzem a área de transpiração, caules suculentos para armazenar água e sistema radicular bem desenvolvido para capturar o máximo de água durante o período chuvoso. As espécies do bioma Caatinga são capazes ainda de se desenvolver em diferentes tipos de solos (MAIA, 2004; SILVA, 2006).

Apesar de sua importância florística e biogeográfica, a Caatinga está entre os tipos de vegetação decíduais mais ameaçados da região Neotropical, sendo alvo de destruição de grandes áreas naturais, o que tem resultado em um crescente processo de fragmentação (SANTOS et al., 2011; ALBUQUERQUE et al., 2012). Segundo dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2010) aproximadamente 80% da Caatinga já sofreu alguma influência antrópica e somente entre os anos de 2002 e 2008 foram perdidos mais de 16 mil km<sup>2</sup> de áreas nativas, o equivalente a 2% da superfície total do bioma. As áreas em processo de degradação da Caatinga, em níveis de intensidades que variam de baixa a severa, já somam mais de 20 milhões de hectares, que correspondem a cerca de 20% da região semiárida. Essa elevada pressão sobre os recursos florestais da Caatinga está relacionada principalmente à diversidade de potenciais que lhes são atribuídos, uma vez que várias espécies nativas desse bioma se destacam por sua aptidão forrageira, apícola, medicinal, madeireira e faunística (MACIEL, 2004; ARAÚJO FILHO et al., 2006).

A utilização exaustiva de recursos florestais da Caatinga aliada à dificuldade de propagação que algumas espécies enfrentam tem colocado diversas espécies nativas desse bioma em situação de vulnerabilidade à extinção, conforme indica a lista da flora ameaçada de extinção no Brasil (IUCN, 2011).

## 2.2 SEMENTES DA CAATINGA

De um modo geral, as espécies da Caatinga produzem sementes ao longo de todo o ano com espécies concentrando a produção na estação seca (com dispersão anemocórica) e outras na estação chuvosa (com dispersão zoocórica). No entanto, a maioria das espécies produz frutos e dispersa sementes no início da estação chuvosa, favorecendo a germinação das sementes e o

estabelecimento de plântulas, garantindo, dessa forma, o sucesso reprodutivo das mesmas (MEIADO et al., 2012).

As sementes de várias leguminosas, como *M. caesalpinifolia* Benth. tornam-se dormentes à medida que diminuem seu teor de água e amadurecem fisiologicamente (NOGUEIRA et al., 2013). A dormência é um processo característico das sementes da Caatinga, consistindo em uma adaptação ambiental que garante não apenas que a germinação ocorra quando as condições ambientais se tornam favoráveis à mesma, mas de modo a garantir também o crescimento da planta resultante (KIILL, 2012).

Apesar da importância em termos evolutivos, já que se trata de um mecanismo de sobrevivência da espécie, a dormência da semente passa a ser um empecilho quando as sementes são utilizadas para produção de mudas, em razão do longo tempo necessário para que ocorra a germinação, fazendo com que as sementes fiquem sujeitas a condições adversas, com grandes possibilidades de ataques de fungos, podendo acarretar grandes perdas (BORGES et al., 1982). Estima-se que 2/3 das espécies florestais apresentem sementes com dormência (LEDO, 1979). Entretanto, existem vários tratamentos que podem superá-la, tais como imersão em ácidos, bases fortes, água quente ou fria, álcool, água oxigenada ou o desponte e impactos sobre superfície sólida, entre outros. A aplicabilidade e eficiência desses tratamentos depende do tipo e da intensidade da dormência, que varia entre as espécies (BRUNO et al., 2001). A impermeabilidade do tegumento à água é um tipo de dormência bastante comum, que tem sido constatada com frequência em sementes de leguminosas, a exemplo de *M. caesalpinifolia*, sendo necessária escarificação ou imersão em água morna para superação da dormência (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). A dormência fisiológica, entretanto, raramente é encontrada nas sementes da Caatinga (MATIAS et al., 2010).

Muitas espécies da Caatinga, incluindo vários representantes da família fabaceae, germinam mesmo em condições de baixa disponibilidade de água (BARBOSA, 2003), exibindo alta tolerância ao estresse hídrico ou osmótico durante as fases iniciais de desenvolvimento. Possuem temperatura ótima de germinação entre 30 e 35° C, indicando que essas espécies germinam em temperaturas pouco toleradas por espécies de florestas úmidas, sendo que muitas espécies estudadas ainda demonstram alta tolerância ao estresse salino (SILVA et al., 2008; MATIAS et al., 2011; MEIADO et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2014).

Para que a germinação ocorra satisfatoriamente, a semente, viva e não dormente, deve dispor de condições ambientais favoráveis. A germinação da semente é dependente de fatores intrínsecos à planta (maturação fisiológica e dormência) e de fatores externos (temperatura, substrato e quantidades de água e luz). O grau de exigência desses fatores é variável entre as

espécies e é determinado pelo genótipo e pelas condições ambientais prevaletentes durante a formação das sementes (MAYER e POLJAKOFFMAYBER, 1982; SILVA et al., 2015). Entretanto, Oliveira et al. (2014) ressaltam que embora as condições edafoclimáticas da região em que as sementes se desenvolvem sejam um fator essencial para a aquisição de tolerância a essas condições locais, isto não garante a germinação ideal para todas as espécies daquele meio.

Neste sentido, especificamente em relação à influência dos fatores ambientais sobre o desenvolvimento dos vegetais, a tolerância aos estresses hídrico e salino tem sido bastante estudada, visando encontrar espécies mais resistentes à essas condições. Entretanto, para o manejo e análise de sementes da maioria das espécies florestais nativas do Nordeste do Brasil, esse conhecimento ainda é bastante incipiente, de modo a fornecerem dados que possam caracterizar seus atributos físicos e fisiológicos (LIMA et al., 2006). Nesse contexto, Larcher (2000), ressaltou a importância de se conhecer como o estresse afeta a germinação de sementes para avaliação dos limites de tolerância e capacidade de adaptação das espécies em tais condições.

### 2.3 *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. (SABIÁ)

*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth., pertencente à família Fabaceae, é conhecida por sabiá ou sabiazeiro no Nordeste brasileiro, e por sansão-do-campo, argiquinho-sabiá e unha-de-gato nas regiões Sul e Sudeste do país, onde foi introduzida com êxito. O nome sabiá para a espécie *M. caesalpiniiifolia* teria sido atribuído devido a cor do súber da espécie se assemelhar à plumagem do pássaro sabiá, do gênero *Turdus*, comum na Região Nordeste do Brasil (CARVALHO, 2007). Trata-se de uma espécie florestal nativa do bioma Caatinga, caracterizando-se como planta pioneira, decídua, heliófita, com ocorrência preferencial em solos profundos, tanto em formações primárias como secundárias, bastante resistente à seca e bem adaptada à regiões úmidas, solos pobres e salinos (BARBOSA et al., 2008; LORENZI, 2008).

*M. caesalpiniiifolia* é uma espécie que ocorre espontaneamente em áreas mais úmidas da Caatinga nos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco onde os índices pluviométricos anuais variam de 600 a 1.000 mm, aparecendo em menor frequência em áreas mais secas. O maior índice de ocorrência de *M. caesalpiniiifolia* é a Caatinga do Ceará (MAIA, 2004). Também foi introduzida com sucesso em vários estados das Regiões Sudeste, Sul, Centro-oeste e Norte do país (MENDES, 2001; RIBASKI, et al., 2003).

Podendo alcançar uma altura de até 10 metros e diâmetro do caule à altura do peito na idade adulta de 30 centímetros, *M. caesalpinifolia* varia de arbusto à árvore perenifólia, sendo considerada uma espécie de rápido crescimento em face das condições do semiárido brasileiro com incremento médio de 1 m de altura por ano (MAIA, 2004; CARVALHO, 2007).

O sistema radicular de *M. caesalpinifolia* é do tipo axial, com raízes secundárias longas, finas, bem ramificadas, de coloração castanho clara, com muitos nódulos bacterianos (SILVA et al., 2015). A planta tem o tronco com aspecto entouceirado e boa capacidade de rebrotar, sendo bastante esgalhada (Figura 1), com ramos contendo acúleos de pontas agudas e recurvadas os quais desaparecem nos troncos de idade avançada. A casca de *M. caesalpinifolia* é marrom-avermelhada com látex nas plantas jovens e cinza acastanhada (pardacenta) sem látex ou goma, sem odor e sabor distintos nas plantas adultas, fendida longitudinalmente, podendo desprender tiras (MAIA, 2004; CARVALHO, 2007).

**Figura 1.** Plantas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. no período chuvoso (esquerda) e seco (direita).



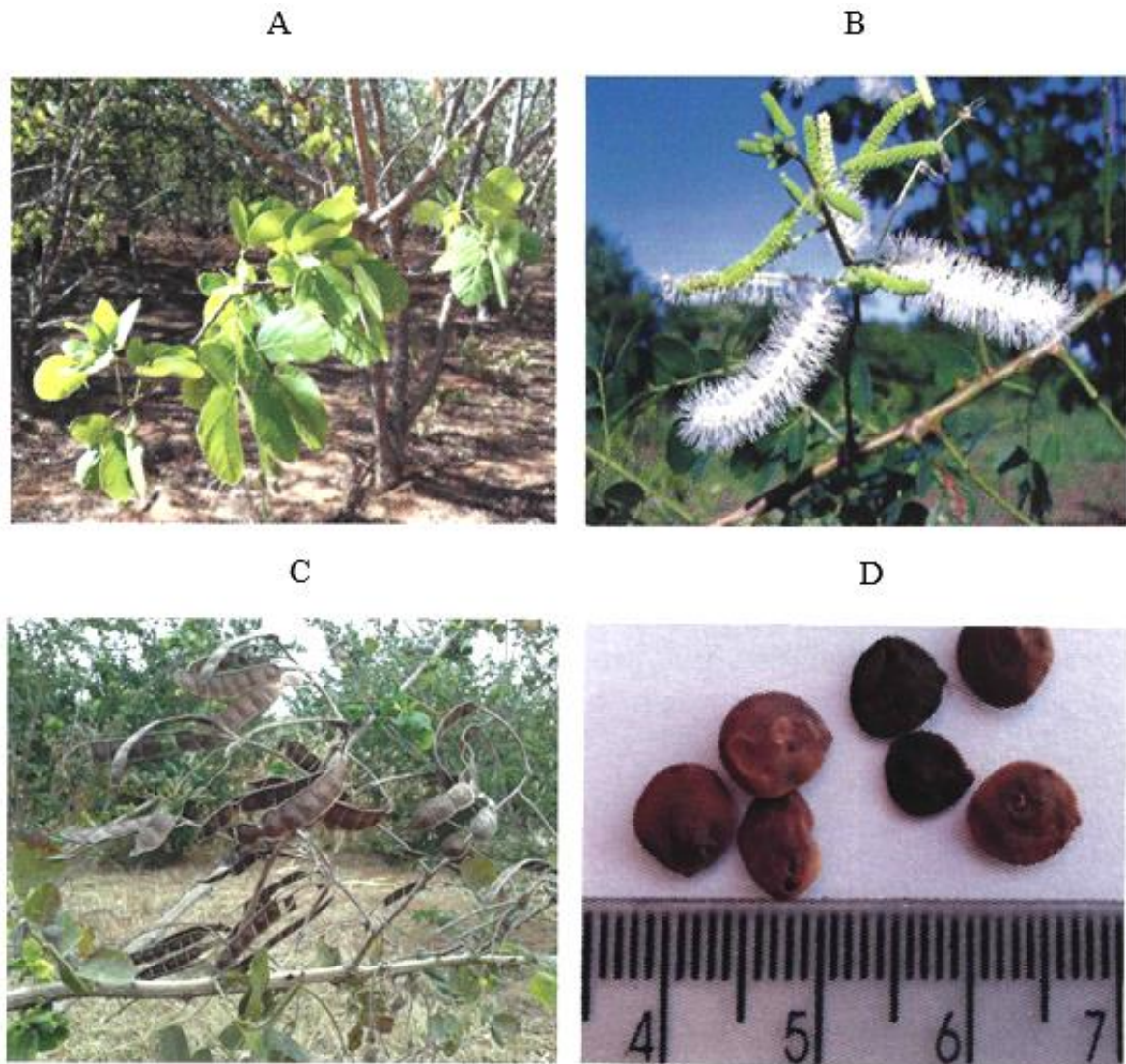
**Fonte:** Silva et al. (2015).

As suas folhas são compostas, do tipo bipinadas (2-4-jugadas), onde cada pina é comumente provida de 3 a 4 pares de folíolos acrescentes para o ápice (Figura 2A). Os distais são obliquamente obovais a largamente elípticos. Possui ápice e base arredondados. A margem é discretamente crenada, 3-nervados. A face abaxial é destituída de pontuações glanulares (LIMA, 2012).

As flores são brancas, pequenas, perfumadas, melíferas, dispostas em inflorescências do tipo espigas cilíndricas de 5 a 10 cm de comprimento, axilares ou em panículas terminais (Figura 2B). Caracterizam-se ainda como flores trímeras, de cálice curto e campanulado, subtruncado; a corola é campanulada; os lacínios eretos; seis estames, com anteras globosas; ovário glabro; pubérulo nas margens e subséssil (CARVALHO, 2007; LIMA, 2012).

O fruto é um craspédio (Figura 2C), pequenos segmentos unisseminados que formam uma vagem, com 5 a 10 cm x 10 a 13 mm x 1,0 a 1,2 mm (comprimento x largura x espessura) dividido em 5 a 9 artículos quadrangulares ou retangulares, presos por dois filamentos fibrosos laterais (MAIA, 2004; LORENZI, 2008). As sementes, por sua vez, são pequenas, lisas, lustrosas, duras, leves, de cor castanho claro, medindo de 5 a 8 mm de diâmetro, com forma ovoide tendendo a orbicular (Figura 2D) (CARVALHO, 2007).

**Figura 2.** Folhas (A), inflorescências (B), frutos (C) e sementes (D) de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.



**Fonte:** Silva et al. (2015).

Em relação a sua fenologia, *M. caesalpiniiifolia* está entre as espécies da Caatinga que entra em dormência mais cedo, na estação seca, com perda total de suas folhas. Seus ciclos de crescimento e reprodução ocorrem durante a estação chuvosa. A vegetação plena é alcançada em, aproximadamente, 60 dias após o início das chuvas, seguindo-se a floração que pode durar até dois meses. É a primeira espécie arbórea estudada a iniciar a perda das folhas e entrar em dormência, o que pode acontecer de agosto a setembro, dependendo da data do período chuvoso (PEREIRA et al., 1989). A polinização é essencialmente entomófila, sendo considerada uma espécie apícola (RIBASKI et al., 2003). A forma de propagação desta espécie é totalmente via

sementes, no entanto, as mesmas apresentam dormência e, por ocasião da dispersão natural há grandes perdas devido a disseminação dos craspédios (ALVES, 2003).

*M. caesalpinifolia* apresenta elevado valor econômico para o Nordeste brasileiro em razão de suas inúmeras potencialidades. É uma espécie de crescimento rápido, que pode ser cortada aos três anos de idade e aceita cortes subsequentes, produzindo madeira densa e com alto teor de lignina, o que torna ideal seu uso como estacas e moirões e na confecção de portas, dormentes, lenha e carvão (CARVALHO, 2007; SILVA et al., 2015).

As suas folhas possuem valor forrageiro e sua forragem, nas formas de “mulch” e feno, é indicada para compor a dieta de ruminantes, servindo de alimento aos mesmos durante a época de estiagem do semiárido nordestino. Além disso, *M. caesalpinifolia* tem sido avaliada quanto a produção de forragem, em termos de consorciação com pastagens, melhorando a produção, a qualidade e a sustentabilidade das pastagens, via acúmulo de carbono, aumento da biodiversidade e fixação de nitrogênio (CARVALHO, 2007; DIAS e SOUTO, 2008; SILVA et al., 2015).

Como planta tolerante à luz direta e ao sombreamento e de rápido crescimento, é ideal para reflorestamentos destinados à recomposição de áreas degradadas, sendo por isso considerada uma das espécies mais promissoras para implantação de florestas e enriquecimento de capoeiras no Nordeste Brasileiro, tendo sido utilizada na recuperação de áreas degradadas pela compactação do solo, pela erosão e pela extração de argila. Além disso, *M. caesalpinifolia* tem sido usada na fitorremediação de solos contaminados por petróleo ou por metais pesados (SOUCHIE et al., 2005; BENTO et al., 2007; SILVA et al., 2015).

Apícola por excelência, *M. caesalpinifolia* é apontada como uma das responsáveis por aumentar consideravelmente a produção de mel em algumas regiões do Nordeste Brasileiro (CARVALHO, 2007; LORENZI, 2008). É também bastante utilizada como cerca viva na proteção e delimitação de pomares na citricultura, em função da sua grande quantidade de acúleos (CARVALHO, 2007; AVELINO, 2014). Ademais, extratos de suas folhas, inflorescências e tronco apresentam efeito antimicrobiano (CALLOU et al., 2012), inseticida (CAVALCANTE et al., 2006), antioxidante (OLIVEIRA et al., 2011), anticancerígeno (SILVA et al., 2014) e vasorrelaxante (MOURA et al., 2013).

Recentemente *M. caesalpinifolia* foi incluída na lista de espécies vulneráveis (*red list threatened species*) da *World Conservation Monitoring Centre* (IUCN, 2011), com elevado risco de extinção à médio prazo em função de sua utilização como madeira, lenha e carvão vegetal e através da perda e degradação de habitat.

## 2.4 ESTRESSE HÍDRICO

As condições em que as sementes se encontram no solo para a germinação nem sempre são ótimas, como é o caso dos solos salinos, sódicos ou com déficit hídrico, que ocorrem naturalmente nas regiões áridas e semiáridas. Os estudos investigativos da resposta germinativa de sementes à diferentes condições de estresses artificiais têm grande relevância para a ecofisiologia e constituem-se em ferramentas úteis que possibilitam a avaliação dos limites de tolerância, de sobrevivência e adaptação destas espécies às condições de estresses naturais (GUEDES et al., 2013).

Dentre os muitos fatores ambientais que interferem no processo germinativo das sementes, a água é um dos mais fundamentais, uma vez que ativa diferentes processos metabólicos que culminam com a germinação e está envolvida, direta ou indiretamente, em todas as outras etapas subsequentes do metabolismo vegetal, atuando como um agente estimulador e controlador, pois, além de promover o amolecimento do tegumento, favorece a penetração do oxigênio, proporciona aumento no volume do embrião e dos tecidos de reserva, estimula as atividades metabólicas básicas, favorecendo o crescimento do eixo embrionário (MARCOS FILHO, 2005; STEFANELLO et al., 2006).

O estresse hídrico em condições naturais atua como um mecanismo positivo no estabelecimento das espécies, uma vez que ocasiona um atraso no tempo de germinação das sementes. Dessa forma, a germinação é distribuída no tempo e no espaço, aumentando a chance das plântulas encontrarem condições ambientais adequadas ao estabelecimento e desenvolvimento, o que é fundamental para a sobrevivência de espécies florestais (BEWLEY e BLACK, 1994).

Cada espécie possui seu teor crítico de água para que ocorra a germinação, e que demora mais para ser atingido quando o potencial hídrico do substrato é mais baixo, além da capacidade específica de retirá-la do ambiente, determinando, assim, o estabelecimento das sementes em determinado local. O grau mínimo de umidade que a semente deve atingir para que a germinação ocorra depende de sua composição química e da permeabilidade do tegumento (POPINIGIS, 1985; CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

Todas as sementes, exceto as com impedimentos físicos, se hidratam na presença de água, fenômeno chamado de embebição, que ocorre independentemente do estado fisiológico da semente (dormente, quiescente ou morta) e é um pré-requisito para a germinação (CARNEIRO e BRACCINI, 1996). A embebição é influenciada por características do complexo coloidal do solo, como potencial mátrico e osmótico e textura do solo, pela forma e



tamanho da semente que se relaciona diretamente com a área de contato solo-semente, bem como pelo gradiente de potencial hídrico existente entre a semente e o meio externo. Uma vez que a semente seca apresenta potencial hídrico muito baixo, a limitação da embebição está frequentemente relacionada com a baixa disponibilidade de água no meio (BEWLEY e BLACK, 1994).

Potenciais hídricos negativos, especialmente no início da embebição, influenciam a absorção de água pelas sementes, inviabilizando a sequência de eventos do processo germinativo, o que contribui para retardar e diminuir tanto a porcentagem quanto a velocidade de germinação (MIKUSINSK, 1987). Cada espécie possui um valor ótimo de potencial hídrico no solo, abaixo do qual a germinação não ocorre. Por outro lado, o excesso de umidade pode também ocasionar um decréscimo na germinação, visto que impede a penetração do oxigênio reduzindo todo o processo metabólico resultante (BORGES e RENA, 1993).

Uma das técnicas mais utilizadas para simular condições de baixa umidade no substrato tem sido o uso de soluções com diferentes potenciais osmóticos (TAYLOR e HARMAN, 1990). Na condução desses procedimentos, diversos compostos químicos têm sido utilizados na simulação de estresse hídrico, dentre eles o manitol e o polietilenoglicol (PEG). Soluções aquosas de manitol e polietilenoglicol vêm sendo utilizadas com sucesso em trabalhos de germinação com objetivo de simular os efeitos do déficit hídrico em condições de laboratório (GUEDES et al., 2013; PELEGRINI et al., 2013; SILVA JR et al., 2014), inclusive para espécies da Caatinga (TEIXEIRA et al., 2007; LIMA e TORRES, 2009; MOURA et al., 2011; ALMEIDA et al., 2014), uma vez que são compostos quimicamente inertes e atóxicos para as sementes, além de não penetrar no tegumento devido ao elevado tamanho de suas moléculas, proporcionando a embebição lenta e controlada das sementes (VILLELA et al., 1991).

## 2.5 ESTRESSE SALINO

A salinidade pode ser definida como a concentração dos principais íons orgânicos (Na, Ca, Mg, K,  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{SO}_4$  e Cl) dissolvidos nas águas de irrigação, de drenagem e do lençol freático. Comumente os valores de salinidade são expressos utilizando como índice a condutividade elétrica (CE), medida em unidades de decisiemen por metro ( $\text{dS m}^{-1}$ ). A condutividade elétrica corresponde a capacidade de uma água conduzir eletricidade e cresce proporcionalmente à medida que a concentração de sais aumenta. Uma relação métrica entre CE e concentração de sais bastante utilizada é  $1 \text{ dS m}^{-1}$  correspondendo a  $700 \text{ mg L}^{-1}$ . Os valores

da CE são expressos referentes sempre a temperatura padrão de 25 °C, a fim de se permitir comparações de leituras feitas em condições climáticas diversas (RHOADES et al., 1992). A Tabela 1 traz uma classificação da qualidade de águas com base em diferentes níveis de salinidade.

**Tabela 1.** Classificação das águas quanto ao teor de sais.

Classe da água	Condutividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> )	Tipo de água
Não salina	< 0,7	Água de beber ou para irrigação
Ligeiramente salina	0,7 - 2	Água para irrigação
Moderadamente salina	2 - 10	Água primária de drenagem e água do subsolo
Altamente salina	10 - 25	Água secundária de drenagem e água do subsolo
Muito salina	25 - 45	Água do subsolo muito salina
Salmoura	> 45	Água do mar

**Fonte:** Rhoades et al. (1992).

O acúmulo de sais no solo tanto pode ter origem primária (intemperismo químico da rocha básica e condições climáticas) como secundária (resultante das atividades humanas). Práticas culturais inadequadas, como a irrigação e a poluição, são as principais atividades humanas responsáveis pela salinização do solo, que vem se destacando como um sério problema mundial, pois tem limitado substancialmente a produção agrícola (SILVA et al., 2015). Estima-se que 20% das terras cultivadas no mundo e aproximadamente metade das terras irrigadas estejam afetadas por sais (SAIRAM e TYAGI, 2004). O problema é mais agudo nas regiões semiáridas onde a baixa pluviosidade e a elevada temperatura fazem com que a água evaporada deixe os sais nela contidos na superfície do solo ou próximo a ela, contribuindo decisivamente para o agravamento do processo (VIÉGAS et al., 2001).

Em solos salinos, os sais afetam as plantas mediante a retenção osmótica de água e o efeito iônico específico sobre o protoplasma. As soluções salinas retêm água e, deste modo, reduzem o potencial hídrico, tornando-a cada vez menos acessível às plantas, consistindo em um efeito similar a um déficit hídrico do solo (NASR et al., 2012). Além disso, o excesso de sal no solo, especialmente o cloreto de sódio (NaCl) também pode causar efeitos tóxicos, devido

ao acúmulo em excesso dos íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ . Concentrações altas de sais totais podem inativar enzimas, inibir a síntese proteica, comprometer a expansão e a divisão celular, os crescimentos vegetativo e reprodutivo e acelerar a senescência das folhas (PRISCO e GOMES FILHO, 2010; TAIZ e ZEIGER, 2013). A toxicidade iônica pode ainda ocasionar atraso na emergência das plântulas e na mobilização de reservas ou até diminuir a viabilidade das sementes, por afetar processos fisiológicos e metabólicos dos tecidos embrionários (ESTEVES e SUZUKI, 2008).

Esses efeitos dependem de diversos fatores, incluindo espécies, cultivar, estágio fenológico, duração do estresse salino, etc., sendo que algumas espécies podem até serem favorecidas quando submetidas a determinados níveis de salinidade. A maioria das espécies cultivadas é sensível ao estresse salino, sendo algumas menos e outras mais tolerantes, denominadas, respectivamente, glicófitas e halófitas. Entretanto, tais espécies respondem de forma similar ao aumento de intensidade do estresse, variando, apenas, os limites de tolerância (MOURA et al., 2011).

Para se verificar a tolerância de espécies ao excesso de sais, um dos métodos mais utilizados é a observação da germinação e do crescimento inicial de plântulas em substratos salinos, através do uso de soluções osmóticas em laboratório (REHMAN et al., 1996). Conforme Góis et al. (2008) a redução do poder germinativo, da velocidade de germinação ou da altura das plântulas, em comparação com o controle, serve como um indicador do índice de tolerância da espécie à salinidade. Nesse método, a habilidade para germinar e se estabelecer como plântula normal indica, também, a tolerância das plantas aos sais em estádios subsequentes do desenvolvimento (TAIZ e ZEIGER, 2013). Essas avaliações são importantes para estimar o potencial das sementes no campo, em ambientes salinos (FARIAS et al., 2009).

Tais métodos têm sido empregados nos últimos anos para se verificar como a salinidade afeta a germinação em plantas da Caatinga (BAKKE et al., 2006; RIBEIRO et al., 2008; SILVA e AMORIM, 2009; LIMA e TORRES, 2009; ANDRÉO-SOUZA et al., 2010; GUEDES et al., 2011; SILVA et al., 2014).

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, U. P.; ARAÚJO, E. L.; EL-DEIR, A. C. A.; LIMA, A. L. A.; SOUTO, A.; BEZERRA, B. M.; FERRAZ, E. M. N.; FREIRE, E. M. X.; SAMPAIO, E. V. S. B.; LASCASAS, F. M. G.; MOURA, G. J. B.; PEREIRA, G. A.; MELO, J. G.; RAMOS, M. A.; RODAL, M. J. N.; SCHIEL, N.; LYRA-NEVES, R. M.; ALVES, R. R. N.; AZEVEDO-JÚNIOR, S. M.; TELINO-JÚNIOR, W. R.; SEVERI, W. Caatinga revisited: Ecology and conservation of an importante seasonal dry forest. **The Scientific World Journal**, v. 2012, n. 2012, p. 1-18, 2012.
- ALMEIDA, J. P. N.; PINHEIRO, C. L.; DA TRINDADE LESSA, B. F.; GOMES, F. M.; MEDEIROS FILHO, S. Estresse hídrico e massa de sementes na germinação e crescimento de plântulas de *Amburana cearensis* (Allemão) AC Smith. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 4, p. 777-787, 2014.
- ALVES, E. U. **Maturação de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.)**. 2003. 74 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.
- ALVES, J. J. A.; DE ARAÚJO, M. A.; DO NASCIMENTO, S. S. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 117-124, 2009.
- ANDRÉO-SOUZA, Y. A. R. A.; PEREIRA, A. L.; SILVA, F. D.; RIEBEIRO-REIS, R. C.; EVANGELISTA, M. R. V.; CASTRO, R. D.; DANTAS, B. F. Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2, p. 83-92, 2010.
- ARAÚJO FILHO, J. D.; HOLANDA JÚNIOR, E. V.; SILVA, N. D.; SOUSA, F. D.; FRANCA, F. M.; LIMA, G. D. C.; CONFESSOR JÚNIOR, A. A. Sistema agrossilvipastoril: embraça caprinos. In: LIMA, G. F. C.; HOLANDA JÚNIOR, E. V.; MACIEL, F. C.; BARROS, N. N.; AMORIM, M. V.; CONFESSOR JÚNIOR, A. A. (Org.). Criação familiar de caprinos e ovinos no Rio Grande do Norte: orientações para viabilidade do negócio rural. Natal: EMATER-RN, 2006. cap. 8, p. 193-210.
- AVELINO, M. C. S. **Testes bioquímicos para avaliação do vigor em sementes de *Mimosa caesalpinifolia* Benth.** 2014. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais; Manejo e Utilização dos Recursos Florestais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.
- BAKKE, I. A.; DE OLIVEIRA FREIRE, A. L.; BAKKE, O. A.; DE ANDRADE, A. P.; BRUNO, R. D. L. A. Water and sodium chloride effects on *Mimosa tenuiflora* (Willd.) poiret seed germination. **Revista Caatinga**, v. 19, n. 3, p. 261-267, 2006.

- BARBOSA, D. C. A. Estratégias de germinação e crescimento de espécies lenhosas da caatinga com germinação rápida. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Ed.). **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2003. p. 625-656.
- BARBOSA, T. R. L.; SOARES, M. P.; BARROSO, D. G. **Plantio do sabiazeiro (*Mimosa caesalpiniiifolia*) em pequenas e médias propriedades**. Niterói: Programa Rio Rural, 2008. 12 p.
- BENTO, R. A.; FERREIRA, T. C.; SIMOES, M. A.; MIRANDA, R. A. Desenvolvimento de mudas de sabiá e acácia micorrizadas e noduladas em solo contaminado por petróleo e consicionado por dois hidrorretentores. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31, 2007, Porto Alegre, **Anais...** Porto Alegre: UFRDS, 2007.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2 ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.
- BORGES, E. E. L.; BORGES, R. C. G.; CANDIDO, J. F.; GOMES, J. M. Comparação de métodos de quebra de dormência em sementes de copaíba. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 4, n. 1, p. 9-12, 1982.
- BORGES, E. E. L.; RENA, A. B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Cord.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p. 83-136.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Nova delimitação do semi-árido brasileiro**. Brasília, 2005. 35p.
- BRUNO, R. L.; ALVES, E. U.; OLIVEIRA, A. P.; PAULA, R. C. Tratamentos pré-germinativos para superar a dormência de sementes de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 2, p. 136-143, 2001.
- CALLOU, M. J.A.; MIRANDA, R. C. M.; FEITOSA, T. R.; ARRUDA, F. V. F.; NASCIMENTO, M. S. Avaliação da atividade antimicrobiana da casca de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. (sabiá). **Scientia Plena**, v.8, n.1, p. 1-7, 2012.
- CARNEIRO, J. W. P.; BRACCINI, A. L. Relações hídricas durante a germinação de sementes. **Informativo Abrates**, v. 6, n. 2/3, p. 68-76, 1996.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590p.

CAVALCANTE, G. M.; MOREIRA, A. F. C.; VASCONCELOS, S. D. Potencialidade inseticida de extratos aquosos de essências florestais sobre mosca-branca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.1, p. 9-14, 2006.

CHRISTOVAM, M. C.; SILVA, T. L.; YAMAMOTO, C. J. T.; MOREIRA, A. L. L.; CUSTÓDIO, C. C.; PACHECO, A. C.; ABRANTES, F. L. Germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de cultivares de *Urochloa brizantha* em condições de estresse hídrico. **Informativo Abrates**, v. 25, n. 1, p. 43-49, 2015.

DIAS, P. F.; SOUTO, S. M. Avaliação da introdução de mudas de leguminosas arbóreas em pastagem por meio de análise de variância multidimensional. **Revista Ciência Agronômica**, v.39, n.4, p. 609-616, 2008.

ESTEVES, B. S.; SUZUKI, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecologia Australis**, v. 12, n. 4, p. 662-679, 2008.

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

FORZZA, R. C.; BAUMGRATZ, J. F. A.; BICUDO, C. E. M.; CARVALHO-JR., A. A.; COSTA, A.; COSTA, D. P.; HOPKINS, M.; LEITMAN, P. M.; LOHMANN, L. G.; MAIA, L. C.; MARTINELLI, G.; MENEZES, M.; MORIM, M. P.; COELHO, M. A. N.; PEIXOTO, A. L.; PIRANI, J. R.; PRADO, J.; QUEIROZ, L. P.; SOUZA, V. C.; STEHMANN, J. R.; SYLVESTRE, L. S.; WALTER, B. M. T.; ZAPPI, D. (Eds.). **Catálogo de plantas e fungos do Brasil**. Vol. 2. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio/Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. 831p.

FREITAS, N. W. N. **Maturação, germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.)**. 2012. 93 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossóro-RN, 2012.

GIULLIETI, A. M.; CONCEIÇÃO, A.; QUEIROZ, L. P. **Diversidade e caracterização das fanerógamas do semi-árido brasileiro**. Recife: Associação Plantas do Nordeste, 2006. 488 p.

GÓIS, V. A.; TORRES, S. B.; PEREIRA, R. A. Germinação de sementes de maxixe submetidas a estresse salino. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 4, p. 64-67, 2008.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; GALINDO, E. A.; BARROZO, L. M. Estresse salino e temperaturas na germinação e vigor de sementes de *Chorisia glaziovii* O. Kuntze. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 2, p. 279-288, 2011.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; VIANA, J. S.; GONÇALVES, E. P.; LIMA, C. R.; SANTOS, S. R. N. Germinação e vigor de sementes de *Apeiba tibourbou* submetidas ao estresse hídrico e diferentes temperaturas. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 1, p. 45-53, 2013.

IUCN 2011 - INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE. World conservation monitoring centre. **IUCN Red List of Threatened Species**. Versão 2011.2, IUCN. Disponível em: <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Acesso em: 18 Jan. 2016.

KILL, L. H. P. Fenologia reprodutiva e dispersão de sementes de quatro espécies da Caatinga consideradas como ameaça de extinção. **Informativo Abrates**, v. 22, n. 3, p. 12-15, dez. 2012.

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

LEDO, A. A. **Produção de sementes, mudas e tratos culturais em essências florestais para reflorestamento e arborização**. Recife: UFRPE, 1979. 113p.

LIMA, J. D.; ALMEIDA, C. C.; DANTAS, V. A. V.; SILVA, B. M. S.; MORAES, W. S. Efeito da temperatura e do substrato na germinação de sementes de *Caesalpiniaferrea* Mart. exTul. (Leguminosae, Caesalpinoideae). **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 513-518, 2006.

LIMA, B. G.; TORRES, S. B. Estresses hídrico e salino na germinação de sementes de *Zizyphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae). **Revista Caatinga**, v. 22, n. 4, p. 93-99, 2009.

LIMA, B. G. **Caatinga: espécies lenhosas e herbáceas**. Mossoró: Editora Universitária da UFERSA, 2012. 316p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5 ed. São Paulo: Instituto Plantarum, 2008. 201p.

MACIEL, B. A. Unidades de Conservação no bioma Caatinga. In: GARIGLIO, M. A.; MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. 1 ed. São Paulo: D & Z Computação Gráfica e Ed., 2004. 413p.

MACIEL, K. S.; LOPES, J. C.; MORAES, C. E.; FARIAS, C. C. M.; DE LIMA, P. A. M. Germinação de sementes de beterraba em condições de estresse hídrico e salino. **Nucleus**, v. 12, n. 2, p. 189-199, 2015.

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo: D&Z Computação Gráfica e Editora, 2004. 413p.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 1 ed. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MATIAS, J. R.; VILAR, F. C. R.; DANTAS, B. F.; SOUZA, W. C. O.; ALMEIDA, M. B. Caracterização do fruto e curva de embebição de *Annona cf. montana* Macfad (Araticum do mato). In: V CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, Maceió-AL, 2010.

MATIAS, J. R.; PEREIRA, A. L.; SILVA, R. de C.B. da; NASCIMENTO, M. A.; REIS, R. C. R.; DANTAS, B. F. 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.

MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds:** pergamon International Library of Science, Technology, Engineering and Social Studies. 3 ed. New York: Pergamon Press, 1982.

MEIADO, M. V.; SILVA, F. F. S.; BARBOSA, D. C. A.; SIQUEIRA FILHO, J. A. Diásporos da Caatinga: uma revisão. In: SIQUEIRA FILHO, J.A. (Org.). **Flora das Caatingas do Rio São Francisco:** História Natural e Conservação. Rio do Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio Editorial, 2012, p. 306-365.

MENDES, B. V. **Plantas das Caatingas:** umbuzeiro, juazeiro e sabiá. Mossoró: Fundação Vingt-Unt Rosado, 2001. 110p.

MIKUSINSK, O. M. Testes de embebição e germinação em sementes de *Ipomoea aristolochiaefolia*. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 9, n. 3, p. 103-108. 1987.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Monitoramento do Desmatamento nos Biomas Brasileiros por Satélite. Acordo de Cooperação Técnica MMA/IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). **Monitoramento do Bioma Caatinga 2002 a 2008.** Relatório Técnico: Brasília, 2010.

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

MOURA, L. H. P.; CAMPELO, R. T.; SANTOS, M. E. P.; ARCANJO, D. D. R.; CITÓ, A. M. G. L.; OLIVEIRA, A. P. Caracterização do efeito vasorrelaxante de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. Abordagem in vitro. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 65, 2013, Recife. **Anais...** Sao Paulo: SBPC, 2013.

NASR, S. M. H.; PARSAKHOO, A.; NAGHAVI, H.; KOOHI, S. K. S. Effect of salt stress on germination and seedling growth of *Prosopis juliflora* (Sw.). **New Forests**, v. 43, n. 1, p. 45-55, 2012.



NOGUEIRA, N. W.; RIBEIRO, M. C. C.; FREITAS, R. M. O.; MARTINS, E. V. G.; LEAL, C. C. P. Maturação fisiológica e dormência em sementes de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.). **Bioscience Journal**, v. 29, n. 4, p. 876-883, 2013.

OLIVEIRA JÚNIOR, E. A.; MONÇÃO, N. B. N.; ARAÚJO, B. Q.; LOPES JÚNIOR, C. A. Fenóis totais e atividade antioxidante das folhas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 51, 2011, São Luís. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Química, 2011.

OLIVEIRA, G. M.; MATIAS, J. R.; RIBEIRO, R. C.; BARBOSA, L. G.; SILVA, J. E. S. B.; DANTAS, B. F. Germinação de sementes de espécies arbóreas nativas da Caatinga em diferentes temperaturas. **Scientia Plena**, v. 10, n. 4, p. 1-14, 2014.

PELEGRINI, L. L.; BORCIONI, E.; NOGUEIRA, A. C.; KOEHLER, H. S.; QUOIRIN, M. G. G. Efeito do estresse hídrico simulado com NaCl, manitol e PEG (6000) na germinação de sementes de *Erythrina falcata* Benth. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 2, p. 511-519, 2013.

PEREIRA, R. M. A.; ARAUJO FILHO, J. A.; LIMA, R. V.; PAULINO, F. D. G.; LIMA, A. O. N.; ARAUJO, Z. B. Estudos fenológicos de algumas espécies lenhosas e herbáceas da Caatinga. **Ciência Agronômica**, v. 20, n. 1/2, p. 11-20, 1989.

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

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.

PRADO, D. E. As caatingas da América do Sul. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Eds.). **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003. 822 p. Cap. 1, p. 3-74.

PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: GHEY, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo de salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCSal, 2010. 472p.

REHMAN, S.; HARRIS, P. J. C.; BOURNE, W. F.; WILKIN, J. The effect of sodium chloride on germination and the potassium and calcium contents of Acacia seeds. **Seed Science and Technology**, v.25, n.1, p.45-57, 1996.

RIBASKI, J.; LIMA, P. C. F.; OLIVEIRA, V. R.; DRUMOND, M. A. Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) árvore de múltiplo uso no Brasil. **Comunicado Técnico 104**, ISSN 1517-5030, Colombo-PR, dez. 2003. Disponível em: [http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2009\\_09/35565/1/com\\_tec104.pdf](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2009_09/35565/1/com_tec104.pdf). Acesso em: 15 jan. 2016.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **The use of saline waters for crop production**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1992. 133p.

RIBEIRO, M. C. C.; BARROS, N. M. S.; BARROS JUNIOR, A. P.; SILVEIRA, L. M. Tolerância do sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) à salinidade durante a germinação e o desenvolvimento de plântulas. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 5, p. 123-126, 2008.

SAIRAM, R. K.; TYAGI, A. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. **Current Science**, v. 86, n. 3, p. 407-421, 2004.

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

SANTOS, J. C.; LEAL, I. R.; ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; FERNANDES, G. W.; TABARELLI, M. Caatinga: the scientific negligence experienced by a dry tropical forest. **Tropical Conservation Science**, v. 4, n. 3, p. 276-286, 2011.

SILVA, R. M. A. **Entre o combate à seca e a convivência com o Semiárido: transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento**. 2006. 298 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2006.

SILVA, P. P.; LOPES, A. P.; ARAÚJO, M. N.; SOUZA, Y. A.; DANTAS, B. F. Germinação de sementes de *Myracrodruon urundeuva* M. Allem. (Anacardiaceae) e *Bauhinia cheilantha* (Bong) Stend. (Caesalpinaceae) em condições de estresse salino. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 210., 2008, Petrolina. **Anais...**, Embrapa docs, 2008. p. 43-47.

SILVA, M. G.; AMORIM, S. M. Estresse salino em plantas de *Spondias tuberosa* Arruda (Câmara) colonizadas com fungos micorrízicos arbusculares. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 2, p. 91-96, 2009.

SILVA, M. J. D.; CARVALHO, A. J. S.; ROCHA, C. Q.; VILEGAS, W.; SILVA, M. A. Ethanol extract of *Mimosa caesalpiniiifolia* leaves: chemical characterization and cytotoxic effect on human breast cancer MCF-7 cell line. **South African Journal of Botany**, v.93, n.1, p. 64-69, 2014.

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

SILVA JR, J. F.; KLAR, A. E.; TANAKA, A. A.; SILVA, I. F. E.; CARDOSO, A. E. I.; PUTTI, F. F. Vigor de sementes de tomate submetidos a estresse hídrico ou salino. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 8, n. 1, p. 65-72, 2014.

SILVA, P. S. L.; DIAS, P. C.; OLIVEIRA, V. R. **Potencial da sabiá como cultura do semiárido**. Mossoró: Edufersa, 2015. 264p.

SOUCHIE, E. L.; MIRANDA, C. C.; CAMPELLO, E. F. C.; SILVA, E. M. R. Enriquecimento de capoeira com espécies arbóreas na região da Mata Atlântica. **Floresta e Ambiente**, v.12, n.1, p. 1-6, 2005.

STEFANELLO, R.; GARCIA, D. C.; MENEZES, N. L.; WRASSE, C. F. Influência da luz, temperatura e estresse hídrico na germinação e no vigor de sementes de anis. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 1, p. 45-50, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013, 954 p.

TAYLOR, A. G.; HARMAN, G. E. Concepts and technologies of selected seed treatments. **Annual Review Phytopathology**, v. 28, n. 1, p. 321-339, 1990.

TEIXEIRA, N. C.; VIRGENS, I. O.; CARVALHO, D. M.; CASTRO, R. I.; FERNANDES, L. G.; LOURENÇO, M. B. Efeito do estresse hídrico sobre a viabilidade e o vigor de sementes de *Caesalpinia pyramidalis* tul.(Leguminosae-caesalpinoideae). In: VII CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL. **Anais...** Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu–MG, p. 1-4. 2007.

VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. da; LIMA J.; ADEILDO R. de; QUEIROZ, J. E.; FAUSTO, M. J. M. Effects of NaCl-salinity on growth and inorganic solute accumulation in young cashew plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 216-222, 2001.

VILLELA, F. A.; DONI FILHO, L.; SIQUEIRA, E. L. Tabela do potencial osmótico em função da concentração de polietilenoglicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 11/12, p. 1957-1968, 1991.

## CAPÍTULO 2

### **GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE *Mimosa caesalpinifolia* Benth. SOB ESTRESSE HÍDRICO**

**RESUMO.** *Mimosa caesalpinifolia* Benth., conhecida por sabiá no Nordeste brasileiro, é uma espécie florestal nativa da Caatinga e pertencente à família Fabaceae. Recentemente foi incluída na lista de espécies vulneráveis em função de sua utilização como madeira, lenha e carvão vegetal. Sementes de espécies que se desenvolvem em solos de regiões áridas e semiáridas, a exemplo de *M. caesalpinifolia*, comumente encontram condições inadequadas para a germinação, como solos afetados pela deficiência hídrica. Assim, objetivou-se avaliar o efeito do estresse hídrico na germinação e vigor de sementes de três lotes de *M. caesalpinifolia*, utilizando dois agentes osmóticos, manitol e polietilenoglicol 6000 (PEG 6000), ajustados para os potenciais osmóticos de 0; -0,2; -0,4; -0,6 e -0,8 MPa. Para isso, avaliou-se as variáveis: germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento da parte aérea e da raiz e massa seca da parte aérea e da raiz das plântulas. O manitol não influenciou a germinação e o comprimento da raiz das plântulas de sabiá, reduziu o IVG e o comprimento e massa seca da parte aérea das plântulas, e aumentou a massa seca da raiz das plântulas. A restrição hídrica induzida por PEG, por sua vez, se mostrou mais crítica, reduzindo todos os parâmetros analisados. Os três lotes responderam de maneira semelhante ao estresse hídrico, porém o Lote 3 foi menos vigoroso que os Lotes 1 e 2.

**Palavras-chave:** Fabaceae, sabiá, manitol, PEG, potencial osmótico.

## **GERMINATION AND VIGOR OF SEEDS OF *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. UNDER WATER STRESS**

**ABSTRACT.** *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth., known by sabiá in the Brazilian Northeast, is a forest species native to the Caatinga and belonging to the Fabaceae family. It has recently been included in the list of vulnerable species due to their use as wood, firewood and charcoal. Seeds of species that develop in soils of arid and semi-arid regions, such as sabiá, commonly find unsuitable conditions for germination, such as soils affected by water deficiency. The objective of this study was to evaluate the effect of water stress on seed germination and vigor of three lots of *M. caesalpiniiifolia* using two osmotic agents, mannitol and polyethylene glycol (PEG), adjusted for the osmotic potentials of 0; -0.2; -0.4; -0.6 and -0.8 MPa. For this, the following variables were evaluated: germination, germination velocity index, shoot length and dry mass of shoot and root of seedlings. Mannitol did not influence seed germination and root length of sage seedlings, reduced IVG and seedlings dry length and dry mass, and increased dry seed mass of seedlings. The PEG-induced water restriction, in turn, was more critical, reducing all parameters analyzed. The three batches responded similarly to water stress, but Lot 3 was less vigorous than Lots 1 and 2.

**Key words:** Fabaceae, sabiá, mannitol, PEG, osmotic potential.

## INTRODUÇÃO

*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth, conhecida popularmente por sabiá, no Nordeste brasileiro, e por sansão-do-campo, nas regiões Sul e Sudeste, é uma espécie florestal nativa do bioma Caatinga, pertencente à família Fabaceae, que ocorre espontaneamente nos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, além de ser cultivada em outras regiões do país (RIBASKI et al., 2003; LORENZI, 2008). Devido ao rápido crescimento, possui potencial para uso em atividades agroecológicas, como recuperação de áreas degradadas, forragicultura e controle de plantas daninhas. Apresenta ainda potencial apícola e é bastante utilizada como cerca viva em diversas regiões do país (LORENZI, 2008; SILVA et al., 2015).

Incluída na lista de espécies vulneráveis (*red list threatened species*) da *World Conservation Monitoring Centre*, *M. caesalpiniiifolia* apresenta elevado risco de extinção à médio prazo em função de sua utilização como madeira, lenha e carvão vegetal e através da perda e degradação de habitat (IUCN, 2011).

A germinação da semente é uma das etapas primordiais do desenvolvimento vegetal, sendo dependente de fatores intrínsecos à planta, como maturação fisiológica e dormência, e de fatores externos (temperatura, substrato e quantidades de água e luz), sendo o grau de exigência desses fatores variável entre as espécies. Dentre os fatores ambientais extrínsecos do processo germinativo, a água é um dos mais fundamentais, uma vez que ativa diferentes processos metabólicos que culminam com a germinação e está envolvida, direta ou indiretamente, em todas as outras etapas subsequentes do metabolismo vegetal (GUEDES et al., 2013; SILVA et al., 2015).

Sementes de espécies que se desenvolvem em solos de regiões áridas e semiáridas, a exemplo de *M. caesalpiniiifolia*, comumente encontram condições inadequadas para a germinação, como solos afetados pela deficiência hídrica, com potencial mátrico negativo, o que dificulta a absorção de água pela semente (GUEDES et al., 2013). Além disso, as sementes de *M. caesalpiniiifolia*, a exemplo da maioria das espécies florestais, exibem dormência tegumentar, que passa a ser um empecilho, considerando a situação de vulnerabilidade da espécie, pois prolonga o tempo necessário à germinação, dificultando ainda mais a reprodução natural da espécie, bem como a produção de mudas (ALVES et al., 2004).

Neste contexto, estudos relacionados com a resposta germinativa de sementes submetidas à condição de estresses artificiais constituem ferramentas para um melhor entendimento da capacidade de sobrevivência e adaptação destas espécies em condições de estresses naturais (PEREIRA et al., 2012). Alguns métodos difundidos consistem na avaliação

da germinação e do crescimento inicial de plântulas a partir de sementes mantidas em substratos embebidos em soluções com diferentes potenciais osmóticos para se verificar a resposta ao estresse hídrico. Na condução desses procedimentos, soluções aquosas de manitol e polietilenoglicol (PEG) tem sido utilizadas em trabalhos de germinação com objetivo de simular o estresse hídrico em condições de laboratório (LIMA e TORRES, 2009; MOURA et al., 2011; PEREIRA et al., 2012; PELEGRINI et al., 2013; ALMEIDA et al., 2014; CHRISTOVAM et al., 2015), uma vez que são compostos quimicamente inertes e atóxicos para as sementes (TAYLOR e HARMAN, 1990).

Considerando a restrição hídrica, característica intrínseca do bioma Caatinga, e a importância de se conhecer como o estresse afeta a germinação de sementes, na avaliação dos limites de tolerância e capacidade de adaptação das espécies em tais condições, especialmente espécies em situação de vulnerabilidade, objetivou-se avaliar o efeito do estresse hídrico na germinação e vigor de sementes de *M. caesalpinifolia*.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Federal Rural do Semi-Árido/UFERSA, Mossoró - RN, no mês de julho de 2016. Para isso, utilizou-se três lotes de sementes de *M. caesalpinifolia* provenientes de matrizes localizadas nos municípios de Luziania – GO (16°15'09" S, 47°57'01" W e 930 m de altitude), coletadas em março de 2016 (Lote 1), de Vazante – MG (17°59'13" S, 46°54'28" W e 680 m de altitude), obtidas em abril de 2016 (Lote 2) e Montanhas – RN (06°29'09" S, 06°29'09" W e 87 m de altitude), colhidas em maio de 2016 (Lote 3).

Para superação da dormência tegumentar, as sementes foram despontadas na lateral do terço superior da semente, região oposta à micrópila, e armazenadas em ambiente controlado (18-20°C e 60% de umidade relativa do ar), permanecendo nessas condições até o início da fase experimental. Antes da instalação do experimento, as sementes passaram ainda por assepsia, através da imersão, por 10 minutos, em solução preparada utilizando-se 5 gotas de detergente em 100 ml de água, seguindo-se com enxágue em água corrente até a completa remoção do detergente (BRASIL, 2013).

Dois agentes osmóticos foram utilizados para simular o estresse hídrico, o manitol e o polietilenoglicol 6000 (PEG 6000), ajustados para os potenciais osmóticos de 0; -0,2; -0,4; -0,6 e -0,8 MPa. Para as soluções de manitol, os potenciais foram estabelecidos de acordo com a equação de Van't Hoff:  $\psi_{os} = -RTC$ , onde:  $\psi_{os}$  = potencial osmótico (atm); R = constante geral

dos gases perfeitos ( $8,32 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ );  $T$  = temperatura (K);  $C$  = concentração ( $\text{mol L}^{-1}$ ),  $T$  (K) =  $273+T(^{\circ}\text{C})$  e  $1\text{MPa} = 10 \text{ atm}$  (TAIZ e ZEIGER, 2013). As soluções de polietilenoglicol, por sua vez, foram preparadas de acordo com as recomendações de Villela et al. (1991).

A semeadura foi realizada em substrato rolo de papel, mantidos em germinador sob temperatura constante de  $25^{\circ}\text{C}$ . O papel foi embebido em água destilada e com as soluções correspondentes aos diferentes potenciais osmóticos, na quantidade de 2,5 vezes a sua massa seca. A avaliação final foi realizada ao décimo dia após a semeadura (BRASIL, 2013).

A fim de se verificar o efeito da restrição hídrica foram realizadas as seguintes avaliações:

**a) Teste de Germinação** - calculada de acordo com Brasil (2013), através da fórmula  $\%G = N/A*100$ , onde:  $N$  = número total de sementes germinadas;  $A$  = número total de sementes semeadas. Foram consideradas germinadas as sementes que apresentaram radícula igual ou superior a 5 mm de comprimento.

**b) Índice de velocidade de germinação** - determinado pelo registro diário do número de sementes germinadas até o décimo dia após semeadura, cujo o índice foi calculado pela equação proposta por Maguire (1962), em que  $IVG = G1/N1 + G2/N2 + \dots G_n/N_n$ , onde:  $G1, G2, \dots G_n$  = número de plântulas normais computadas no primeiro dia da germinação, no segundo dia de germinação e na última contagem;  $N1, N2, \dots N_n$  = número de dias da semeadura à primeira, segunda e última contagem.

**c) Comprimento da parte aérea e da raiz de plântulas** - realizados a partir das médias de aferição de todas as plântulas normais em cada tratamento. O comprimento da parte aérea foi medido da base do colo ao ápice do meristema apical da plântula e o comprimento da raiz da medição da base do colo à extremidade da raiz da plântula, realizadas com o auxílio de régua graduada em milímetros, sendo os resultados expressos em cm.

**d) Massa seca da parte aérea e da raiz de plântulas** – obtidos a partir das médias de aferição de todas as plântulas normais em cada tratamento. Para cálculo da massa seca, todas as plântulas normais de cada tratamento foram seccionadas em parte aérea e raiz e levadas à estufa, com circulação de ar forçada a  $70^{\circ}\text{C}$ , durante 48 horas quando atingiram massa constante, sendo os resultados expressos em mg.

Os tratamentos foram dispostos em delineamento experimental inteiramente casualizado, distribuídos em arranjo fatorial  $3 \times 5$  (três lotes  $\times$  cinco potenciais osmóticos), com quatro repetições de 25 sementes cada. Considerou-se cada agente osmótico, manitol e polietilenoglicol (PEG), como um experimento.



Para os resultados obtidos foi realizada a análise de variância, através do teste F e, quando este foi significativo, as comparações entre as médias dos tratamentos foram efetuadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade (variáveis qualitativas) e por regressão polinomial (variáveis quantitativas), utilizando-se o software estatístico Assistat versão 7.7 (SILVA e AZEVEDO, 2016).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

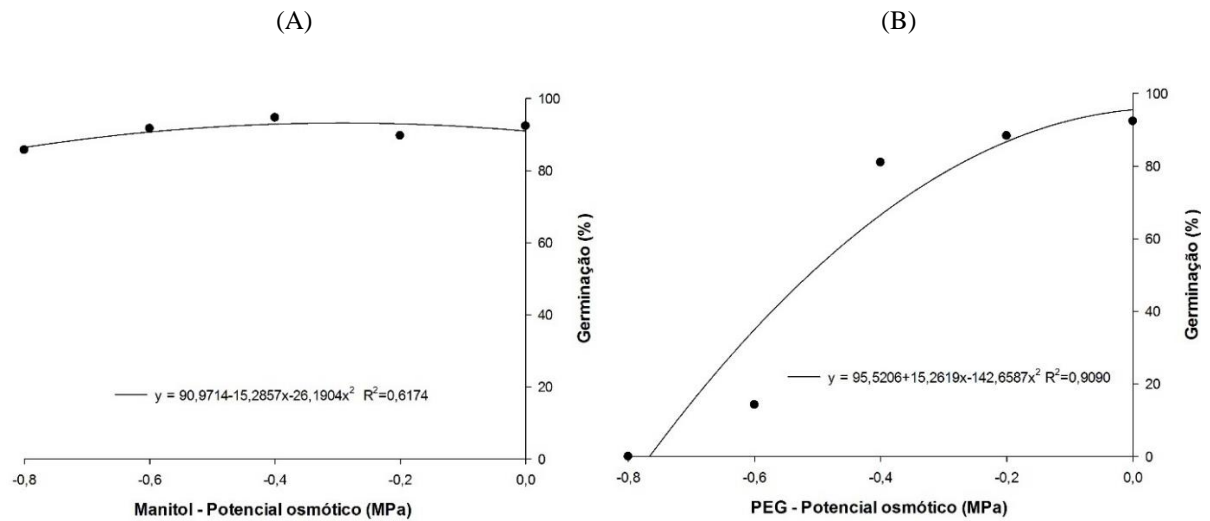
Foi observada interação significativa entre lotes e potenciais osmóticos para o IVG e o comprimento da parte aérea, quando utilizado o agente osmótico manitol. Na restrição hídrica simulada com PEG houve interação entre lotes e potenciais osmóticos para todas as variáveis analisadas, exceto para germinação (Tabela 1).

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância da germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da parte aérea de plântulas (CPA), comprimento da raiz de plântulas (CR), massa seca da parte aérea de plântulas (MSPA) e massa seca da raiz de plântulas (MSR) provenientes de três lotes de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) submetidas a níveis de estresse hídrico induzidos com manitol e polietilenoglicol (PEG).

Manitol							
FV	GL	G	IVG	CPA	CR	MSPA	MSR
Lotes (L)	2	1.4843 <sup>ns</sup>	45.6546 <sup>**</sup>	13.3738 <sup>**</sup>	11.2787 <sup>**</sup>	25.9448 <sup>**</sup>	17.0199 <sup>**</sup>
Níveis (N)	4	4.0366 <sup>**</sup>	382.0096 <sup>**</sup>	159.1285 <sup>**</sup>	3.1644 <sup>*</sup>	11.6549 <sup>**</sup>	9.5933 <sup>**</sup>
Int. L x N	8	1.6806 <sup>ns</sup>	7.6636 <sup>**</sup>	4.1501 <sup>**</sup>	1.1083 <sup>ns</sup>	1.7126 <sup>ns</sup>	0.8844 <sup>ns</sup>
CV (%)	-	6.42	6.03	9.84	25.25	13.95	18.62
Polietilenoglicol (PEG)							
FV	GL	G	IVG	CPA	CR	MSPA	MSR
Lotes (L)	2	1.2319 <sup>ns</sup>	6.9489 <sup>**</sup>	14.2775 <sup>**</sup>	6.4835 <sup>**</sup>	6.3324 <sup>**</sup>	29.6687 <sup>**</sup>
Níveis (N)	4	664.4633 <sup>**</sup>	1471.0745 <sup>**</sup>	969.1265 <sup>**</sup>	219.2284 <sup>**</sup>	209.4668 <sup>**</sup>	208.3801 <sup>**</sup>
Int. L x N	8	1.6947 <sup>ns</sup>	4.6433 <sup>**</sup>	6.3565 <sup>**</sup>	4.2037 <sup>**</sup>	2.1814 <sup>*</sup>	4.1365 <sup>**</sup>
CV (%)	-	10.80	9.04	11.97	17.95	17.96	16.39

<sup>ns</sup> = não significativo; <sup>\*\*</sup> = significativo ao nível de 1% de probabilidade; <sup>\*</sup> = significativo ao nível de 5% de probabilidade; FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; CV = coeficiente de variação experimental.

Tanto para o manitol, quanto para o PEG, a germinação não diferiu entre os lotes. As sementes de *M. caesalpinifolia* apresentaram tolerância ao estresse hídrico induzido com manitol, já que este manteve a germinação independente do potencial osmótico (Figura 1A), assim como observado por Pelegrini et al. (2013) para sementes de *Erythrina falcata* Bent. (Fabaceae). O PEG, no entanto, restringiu a germinação com a diminuição do potencial osmótico da solução, não havendo germinação próximo a -0,8 MPa (Figura 1B).



**Figura 1.** Germinação de sementes de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. em função de níveis de estresse hídrico induzidos por manitol (A) e polietilenoglicol (B).

O resultado obtido com o PEG se aproxima do obtido por Moura et al. (2011) que observaram redução significativa da germinação de sementes de *M. caesalpinifolia* no potencial osmótico de -0,5 MPa, também utilizando o polietilenoglicol como agente osmótico. A restrição hídrica simulada com PEG também reduziu a germinação em outras espécies nativas do bioma Caatinga: *Mimosa tenuiflora* (Willd) Poir. (jurema preta) (BAKKE et al., 2006); *Zizyphus joazeiro* Mart. (juazeiro) (LIMA e TORRES, 2009); *Amburana cearenses* (Allemão) A.C. Smith (cumarú) (ALMEIDA et al., 2014); *Poincianella pyramidalis* (Tul.) LP Queiroz (catingueira) e *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (angico) (SANTOS et al., 2016); *Piptadenia moniliformis* Benth. (angico-de-bezerro) (AZERÊDO et al., 2016); e *Chorisia glaziovii* O. Kuntze (barriguda) (SILVA et al., 2016).

A redução da germinação de sementes submetidas ao estresse hídrico está associada à diminuição da atividade enzimática, com consequente redução do desenvolvimento do eixo embrionário, sendo que, para cada espécie, existe um valor de potencial hídrico crítico, abaixo do qual a germinação não ocorre. Contudo, algumas espécies têm capacidade de germinar sob essas condições, o que representa uma vantagem ecológica em relação a outras espécies que são sensíveis a seca. Dessa forma, o estresse hídrico atua no estabelecimento das espécies e na distribuição da germinação ao longo do tempo (PELEGRINI et al., 2013).

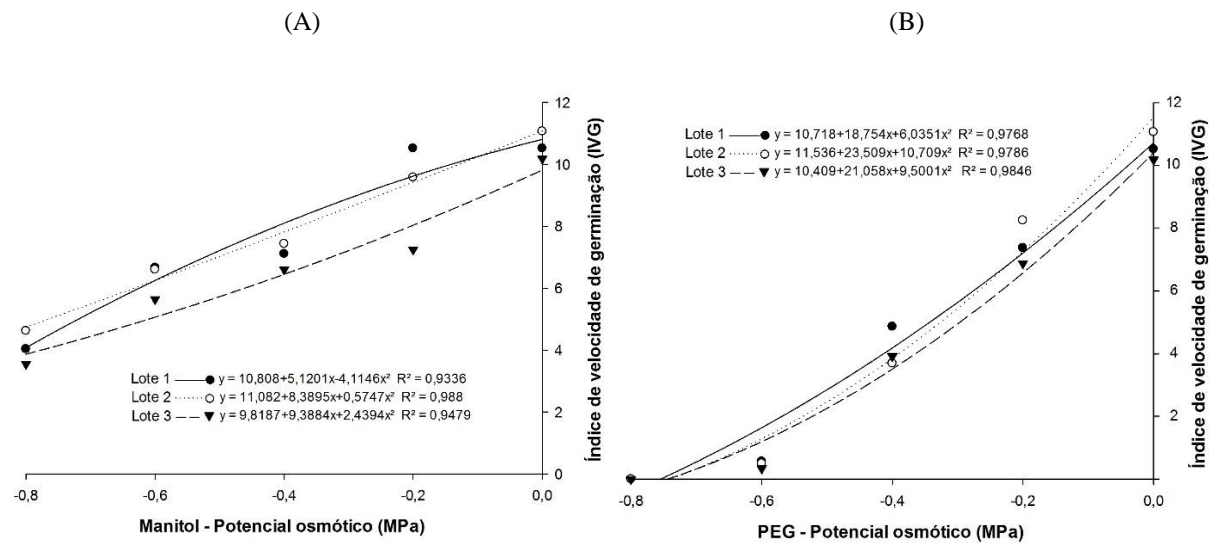
Na medida em que a restrição hídrica foi aumentada, o IVG foi reduzido devido a ação dos agentes osmóticos utilizados, principalmente na simulação com PEG, em que o IVG foi zero no potencial -0,8 MPa (Figura 2A e 2B). No que se refere aos lotes, o 2 teve maior IVG

no tratamento controle, seguido dos potenciais de -0,4 MPa (manitol) e -0,2 MPa (PEG). Para todos os tratamentos com manitol, o IVG sempre foi mais reduzido no Lote 3 (Tabela 2).

**Tabela 2.** Valores médios referentes ao índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da parte aérea e da raiz de plântulas (cm) e massa seca da parte aérea e da raiz de plântulas (mg) provenientes de três lotes de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) submetidas a níveis de estresse hídrico induzidos com manitol e polietilenoglicol (PEG).

Lotes	Potencial osmótico (MPa)										
	0	-0,2		-0,4		-0,6		-0,8		Média	
<b>Índice de velocidade de germinação (IVG)</b>											
		<b>Manitol</b>	<b>PEG</b>	<b>Manitol</b>	<b>PEG</b>	<b>Manitol</b>	<b>PEG</b>	<b>Manitol</b>	<b>PEG</b>	<b>Manitol</b>	<b>PEG</b>
Lote 1	10,52 ab	10,52 a	7,37 b	7,11 ab	4,86 a	6,66 a	0,56 a	4,03 a	0 a	—	—
Lote 2	11,06 a	9,58 b	8,25 a	7,43 a	3,69 b	6,60 a	0,50 a	4,62 a	0 a	—	—
Lote 3	10,18 b	7,25 c	6,88 b	6,60 b	3,91 b	5,64 b	0,34 a	3,55 b	0 a	—	—
<b>Comprimento da parte aérea da plântula (cm)</b>											
		<b>Manitol</b>	<b>PEG</b>	<b>Manitol</b>	<b>PEG</b>	<b>Manitol</b>	<b>PEG</b>	<b>Manitol</b>	<b>PEG</b>	<b>Manitol</b>	<b>PEG</b>
Lote 1	5,10 a	3,80 b	3,68 a	3,54 a	1,15 a	3,08 a	0,52 a	1,72 a	0 a	—	—
Lote 2	4,96 a	4,88 a	3,32 ab	3,25 a	0,63 b	2,96 a	0,45 a	1,71 a	0 a	—	—
Lote 3	4,01 b	3,91 b	3,08 b	3,12 a	0,92 ab	2,82 a	0,51 a	1,35 a	0 a	—	—
<b>Comprimento da raiz da plântula (cm)</b>											
		<b>Manitol</b>	<b>PEG</b>	<b>Manitol</b>	<b>PEG</b>	<b>Manitol</b>	<b>PEG</b>	<b>Manitol</b>	<b>PEG</b>	<b>Manitol</b>	<b>PEG</b>
Lote 1	2,35 a	—	5,42 b	—	4,32 a	—	3,07 a	—	0 a	2,09 a	—
Lote 2	1,74 ab	—	6,55 a	—	3,30 b	—	2,37 ab	—	0 a	1,76 ab	—
Lote 3	1,39 b	—	4,95 b	—	3,93 ab	—	2,08 b	—	0 a	1,42 b	—
<b>Massa seca da parte aérea da plântula (mg/plântula)</b>											
		<b>Manitol</b>	<b>PEG</b>	<b>Manitol</b>	<b>PEG</b>	<b>Manitol</b>	<b>PEG</b>	<b>Manitol</b>	<b>PEG</b>	<b>Manitol</b>	<b>PEG</b>
Lote 1	3,80 ab	—	3,62 a	—	1,98 a	—	1,43 a	—	0 a	3,61 b	—
Lote 2	4,31 a	—	3,35 a	—	1,77 a	—	1,25 a	—	0 a	4,06 a	—
Lote 3	3,37 b	—	2,67 b	—	1,60 a	—	1,33 a	—	0 a	2,94 c	—
<b>Massa seca da raiz da plântula (mg/plântula)</b>											
		<b>Manitol</b>	<b>PEG</b>	<b>Manitol</b>	<b>PEG</b>	<b>Manitol</b>	<b>PEG</b>	<b>Manitol</b>	<b>PEG</b>	<b>Manitol</b>	<b>PEG</b>
Lote 1	1,09 ab	—	2,51 a	—	1,99 a	—	1,90 a	—	0 a	1,43 a	—
Lote 2	1,24 a	—	2,81 a	—	2,00 a	—	1,53 a	—	0 a	1,56 a	—
Lote 3	0,75 b	—	2,04 b	—	1,58 b	—	0,83 b	—	0 a	1,10 b	—

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



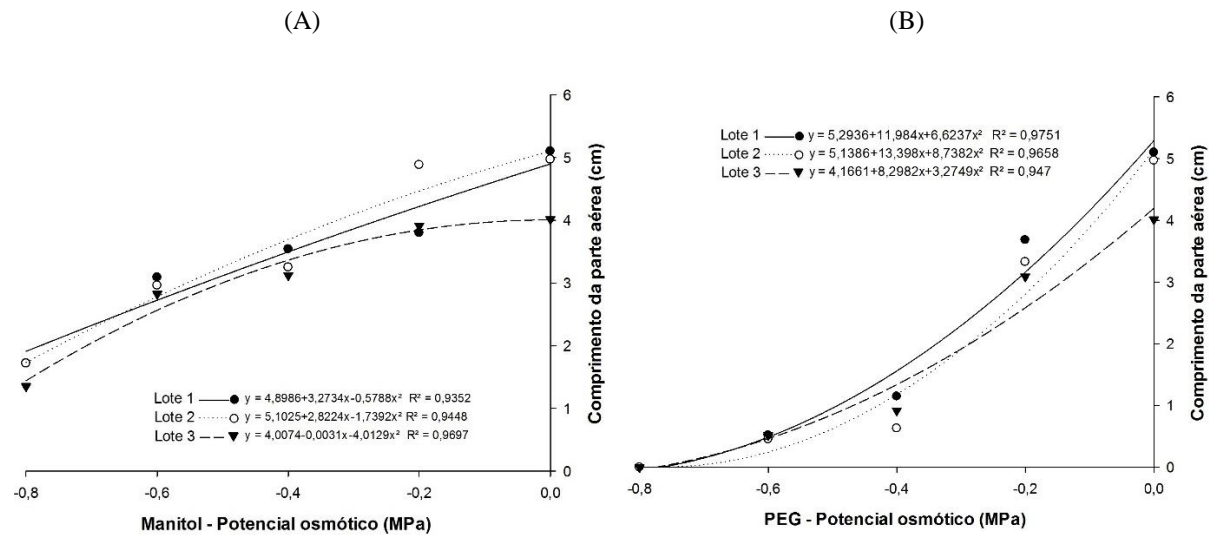
**Figura 2.** Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de diferentes lotes de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. em função de níveis de estresse hídrico induzidos por manitol (A) e polietilenoglicol (B).

A restrição hídrica reduz o IVG à medida que o potencial osmótico se torna menor, pois reduz a velocidade dos processos metabólicos e bioquímicos, o que atrasa ou inibe a germinação (PEREIRA et al., 2012). A velocidade de germinação é um fator preponderante para um rápido estabelecimento das plântulas em condições de campo, uma vez que sementes que demoram a germinar ficam mais suscetíveis à degradação e ataques de microrganismos. Plântulas com maior IVG possuem maior desempenho e, conseqüentemente, maior capacidade de resistir aos estresses que porventura possam interferir no crescimento e no desenvolvimento da planta (DAN et al., 2010).

Em seus estudos com estresse hídrico na germinação de *M. caesalpiniiifolia*, Moura et al. (2011), observaram inibição da germinação quando o potencial osmótico reduziu de 0 para -0,5 MPa utilizando soluções de PEG. Já Santos et al. (2016) verificaram inibição da germinação, com IVG zero, no potencial osmótico -1,2 MPa (PEG) em sementes de angico (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan) e catingueira (*Poincianella pyramidalis* (Tul.) LP Queiroz). Da mesma forma, Pelegrini et al. (2013) também observaram o que estresse hídrico em solução de PEG foi mais prejudicial ao IVG de sementes de *Erythrina falcata* Bent. (Fabaceae) do que o manitol.

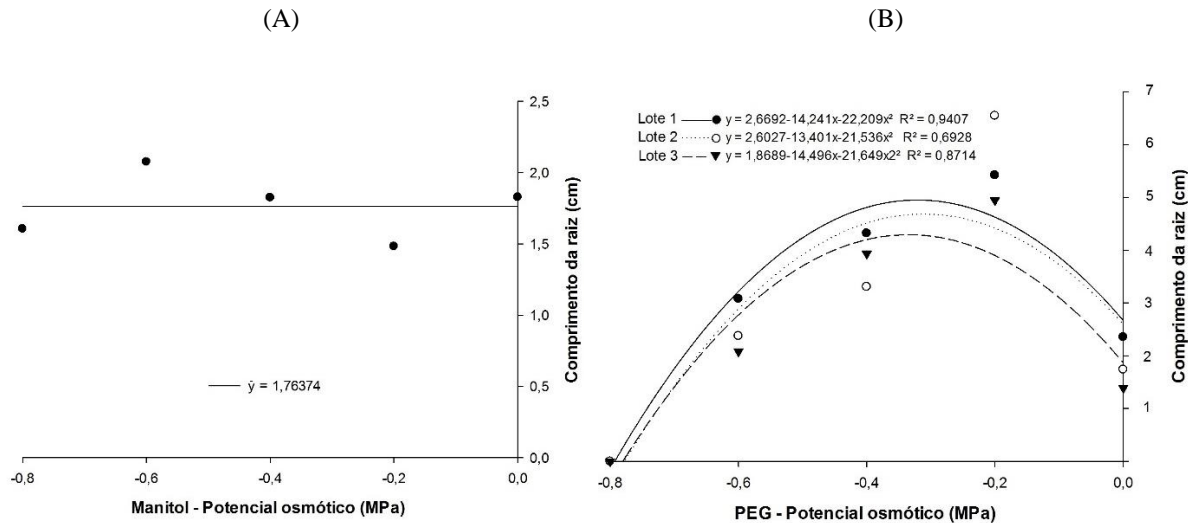
O comprimento da parte aérea de plântulas de *M. caesalpiniiifolia* reduziu com o aumento da restrição hídrica, independente do lote ou do simulador adotado (Figura 3A e 3B). Todavia, a redução foi maior quando se utilizou o PEG, em que a germinação foi impedida no potencial osmótico de -0,8 MPa. O Lote 3 teve o menor comprimento da parte aérea no

tratamento controle e no nível -0,2 MPa de PEG. Os lotes não diferiram nos níveis -0,6 e -0,8 MPa sob ambos agentes osmóticos (Tabela 2).



**Figura 3.** Comprimento da parte aérea de plântulas de diferentes lotes de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. em função de níveis de estresse hídrico induzidos por manitol (A) e polietilenoglicol (B).

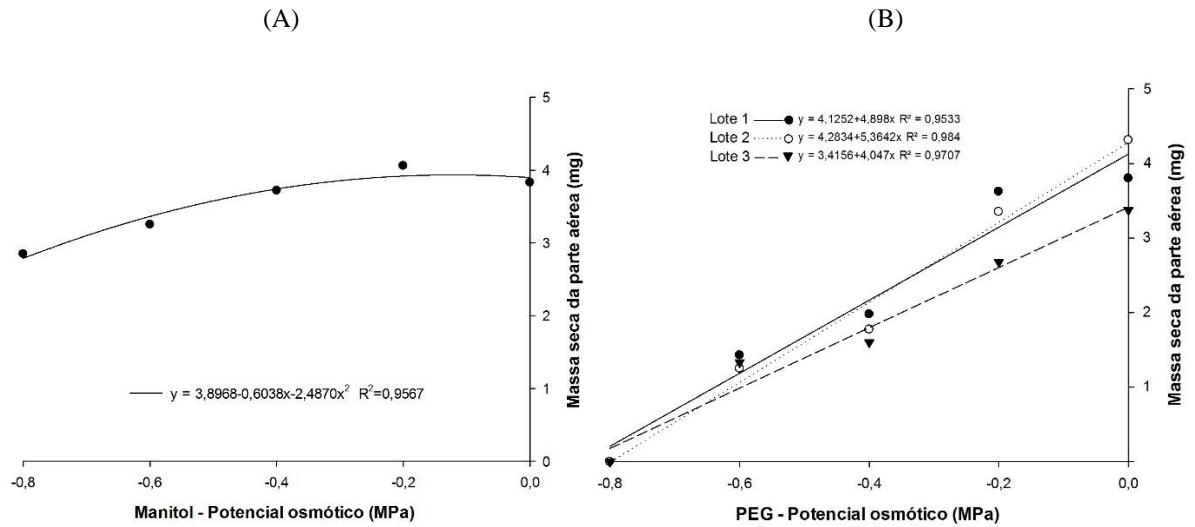
A restrição hídrica simulada com manitol não alterou o comprimento da raiz de plântulas de *M. caesalpinifolia* (Figura 4A). Os lotes, no entanto, diferiram, sendo que o Lote 1 apresentou os maiores comprimentos de raiz, enquanto os menores crescimentos foram observados no Lote 3 (Tabela 2). O agente osmótico PEG, por outro lado, atuou sobre o comprimento da raiz, com tamanhos máximos próximos a -0,3 MPa para os três lotes, e valores decrescentes em potenciais mais negativos (Figura 4B). O Lote 1 diferiu dos demais apresentando maiores raízes nos níveis -0,4 e -0,6 MPa (Tabela 2).



**Figura 4.** Comprimento da raiz de plântulas de diferentes lotes de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. em função de níveis de estresse hídrico induzidos por manitol (A) e polietilenoglicol (B).

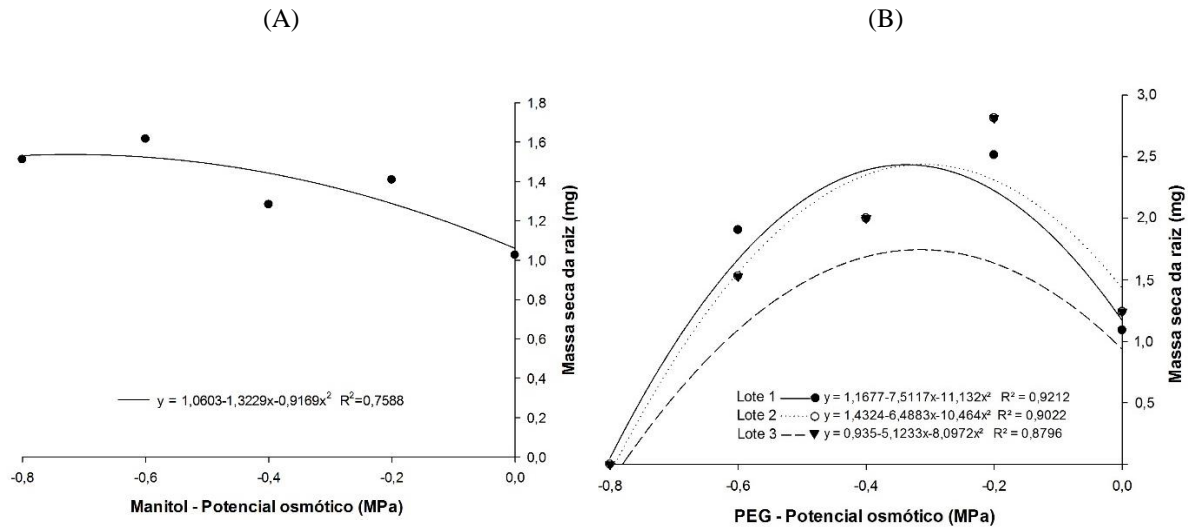
Sob condições de estresse hídrico, o primeiro efeito mensurável sobre as plântulas é justamente a diminuição do crescimento causada pela redução da expansão celular que necessita de turgor adequado (TAIZ; ZEIGER, 2013). A redução no crescimento das plântulas em função da restrição hídrica foi relatada em outros trabalhos com espécies nativas da Caatinga, como *Zizyphus joazeiro* Mart. (juazeiro) (LIMA e TORRES, 2009), *Amburana cearenses* (Allemão) A.C. Smith (cumaru) (ALMEIDA et al., 2014) e *Chorisia glaziovii* O. Kuntze (barriguda) (SILVA et al., 2016).

A massa seca da parte aérea de plântulas foi reduzida pelo déficit hídrico simulado com manitol sobretudo nos menores potenciais (-0,6 e -0,8 MPa) (Figura 5A), ao mesmo tempo em que os lotes diferiram, tendo o Lote 2 produzido uma maior quantidade de matéria seca, já o Lote 3 apresentou o menor valor para a matéria seca da parte aérea (Tabela 2). Por outro lado, o estresse hídrico induzido por manitol aumentou a massa seca da raiz das plântulas (Figura 6A), com os menores acúmulos de massa seca da raiz percebidos no controle (0 MPa) e os máximos estimados de produção de massa seca em torno do nível -0,7 MPa. O Lote 3 teve menor massa seca da raiz em relação aos demais (Tabela 2).



**Figura 5.** Massa seca da parte aérea de plântulas de diferentes lotes de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. em função de níveis de estresse hídrico induzidos por manitol (A) e polietilenoglicol (B).

O estresse hídrico induzido pelo PEG reduziu de forma linear a massa seca da parte aérea das plântulas (Figura 5B), com menor acúmulo de massa seca observada no Lote 3 para os potenciais 0 e -0,2 MPa em comparação aos demais lotes (Tabela 2). Houve incremento da massa seca da raiz de plântulas nos primeiros níveis simulados com PEG, sendo os máximos de produção de massa estimados em -0,3 MPa, para os três lotes, e valores decrescentes em potenciais mais negativos (Figura 6B). As plântulas oriundas do Lote 3 acumularam uma menor quantidade de massa seca da raiz, em comparação aos demais lotes, para todos os níveis analisados, exceto o potencial de -0,8 MPa que inibiu a germinação nos três lotes (Tabela 2).



**Figura 6.** Massa seca da raiz de plântulas de diferentes lotes de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. em função de níveis de estresse hídrico induzidos por manitol (A) e polietilenoglicol (B).

A redução da massa seca da parte aérea das plântulas em função da diminuição do potencial osmótico da solução está associada a redução de velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos e dificuldade de hidrólise e mobilização das reservas da semente em face do déficit hídrico. Um menor acúmulo de massa seca na parte aérea das plântulas com o aumento da restrição hídrica induzida por soluções de PEG também foi observado para *Zizyphus joazeiro* Mart. (LIMA e TORRES, 2009), *Amburana cearenses* (Allemão) A.C. Smith (ALMEIDA et al., 2014), *Piptadenia moniliformis* Benth. (AZERÊDO et al., 2016) e *Chorisia glaziovii* O. Kuntze (SILVA et al., 2016).

Por outro lado, a tendência de aumento da massa seca da raiz das plântulas com o incremento do estresse hídrico, observada na simulação com manitol e nos primeiros potenciais osmóticos de PEG, pode constituir uma resposta adaptativa que possibilita uma maior tolerância à retenção osmótica da solução, uma vez que maiores superfície e extensão radicular otimizam a absorção de água (CHRISTOVAM et al., 2015).

O efeito mais deletério do PEG sobre as variáveis analisadas, quando comparadas ao manitol, também foi relatado no trabalho de Pelegrini et al. (2013), ao verificar o efeito do estresse hídrico na germinação de sementes de *Erythrina falcata* Benth.

As diferentes respostas germinativas das sementes de *M. caesalpinifolia* frente ao estresse hídrico induzido por manitol e PEG podem ser atribuídas à permeabilidade diferencial do tegumento das sementes aos solutos de baixo peso molecular, o que teria favorecido a entrada de manitol nas sementes, reduzindo o efeito de restrição hídrica. Além disso, o PEG tem alto peso molecular que impede sua difusão pelo tegumento das sementes e alta viscosidade



que reduz a difusão de oxigênio. Dessa forma, quando submetidas a diferentes concentrações de manitol, as sementes de *M. caesalpinifolia* apresentaram maior tolerância ao estresse quando comparado ao PEG (PELEGRINI et al., 2013; ALMEIDA et al., 2014).

## CONCLUSÃO

O estresse hídrico reduz a germinação e o vigor das sementes de *M. caesalpinifolia*, sendo a restrição hídrica induzida por PEG mais danosa do que o déficit hídrico simulado com manitol.

Os três lotes de sementes utilizados respondem de maneira semelhante ao estresse hídrico, porém o Lote 3 se mostra menos vigoroso.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. P. N.; PINHEIRO, C. L.; TRINDADE LESSA, B. F.; GOMES, F. M.; MEDEIROS FILHO, S. Estresse hídrico e massa de sementes na germinação e crescimento de plântulas de *Amburana cearensis* (Allemão) AC Smith. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 4, p. 777-787, 2014.
- ALVES, E. U.; SADER, R.; BRUNO, R. de L. A.; ALVES, A. U. Dormência e desenvolvimento de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.). **Revista Árvore**, v. 28, n. 5, p. 655-662, 2004.
- AZERÊDO, G. A. de; PAULA, R. C. de; VALERI, S. V. Germination of *Piptadenia moniliformis* Benth. seeds under water stress. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 193-202, 2016.
- BAKKE, I. A.; DE OLIVGIRA FREIRE, A. L.; BAKKE, O. A.; DE ANDRADE, A. P.; BRUNO, R. D. L. A. Water and sodium chloride effects on *Mimosa tenuiflora* (Willd.) poiret seed germination. **Revista Caatinga**, v. 19, n. 3, p. 261-267, 2006.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções para análise de sementes de espécies florestais**. Brasília: Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, Brasília: MAPA/ACS, 2013. 98 p.
- CHRISTOVAM, M. C.; SILVA, T. L.; YAMAMOTO, C. J. T.; MOREIRA, A. L. L.; CUSTÓDIO, C. C.; PACHECO, A. C.; ABRANTES, F. L. Germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de cultivares de *Urochloa brizantha* em condições de estresse hídrico. **Informativo Abrates**, v. 25, n. 1, p. 43-49, 2015.

DAN, L. G. M.; DAN, H. de A.; BARROSO, A. L. L.; BRACCINI, A. de L. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas sob efeito do armazenamento.

**Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2, p. 131-139, 2010.

FANTI, S. C.; PEREZ, S. C. J. G. A. Efeitos do estresse hídrico, salino e térmico no processo germinativo de sementes de *Adenantherapavonina*L. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 20, n. 1, p. 167-177, 1998.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; VIANA, J. S.; GONÇALVES, E. P.; LIMA, C. R.; SANTOS, S. R. N. Germinação e vigor de sementes de *Apeiba tibourbou* submetidas ao estresse hídrico e diferentes temperaturas. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 1, p. 45-53, 2013.

LIMA, B. G.; TORRES, S. B. Estresses hídrico e salino na germinação de sementes de *Zizyphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae). **Revista Caatinga**, v. 22, n. 4, p. 93-99, 2009.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 5 ed. São Paulo: Instituto Plantarum, 2008. 201p.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedlings emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

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

PELEGRINI, L. L.; BORCIONI, E.; NOGUEIRA, A. C.; KOEHLER, H. S.; QUOIRIN, M. G. G. Efeito do estresse hídrico simulado com NaCl, manitol e PEG (6000) na germinação de sementes de *Erythrina falcata* Benth. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 2, p. 511-519, 2013.

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

RIBASKI, J.; LIMA, P. C. F.; OLIVGIRA, V. R.; DRUMOND, M. A. Sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) árvore de múltiplo uso no Brasil. **Comunicado Técnico 104**, ISSN 1517-5030, Colombo-PR, dez. 2003. Disponível em:

[http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2009\\_09/35565/1/com\\_tec104.pdf](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2009_09/35565/1/com_tec104.pdf).

Acesso em: 15 jan. 2016.

SANTOS, C. A.; SILVA, N. V.; WALTER, L. S.; SILVA, E. C. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Germinação de duas espécies da caatinga sob déficit hídrico e salinidade. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 87, p. 219-224, 2016.

SILVA, P. S. L.; DIAS, P. C.; OLIVGIRA, V. R. **Potencial da sabiá como cultura do semiárido**. Mossoró: Edufersa, 2015. 264p.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. O Software Assistat Versão 7.7 e sua utilização na análise de dados experimentais. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.39, p. 3733-3740, 2016.

SILVA, M. L. M. da; ALVES, E. U.; BRUNO, R. de L. A.; SANTOS-MOURA, S. da S.; SANTOS NETO, A. P. dos. Germinação de sementes de *Chorisia glaziovii* O. Kuntze submetidas ao estresse hídrico em diferentes temperaturas. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 3, p. 999-1007, 2016.

TAYLOR, A. G.; HARMAN, G. E. Concepts and technologies of selected seed treatments. **Annual Review Phytopathology**, v. 28, n. 1, p. 321-339, 1990.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013, 954 p.

VILLELA, F. A.; DONI FILHO, L.; SIQUEIRA, E. L. Tabela do potencial osmótico em função da concentração de polietilenoglicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 11/12, p. 1957-1968, 1991.

WORLD CONSERVATION MONITORING CENTRE. *Mimosa caesalpiniaefolia* in IUCN **Red List of Threatened Species**. Version 2011.2, IUCN. Disponível em: <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Acesso em: 18 Jan. 2016.

### CAPÍTULO 3

#### GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. SOB ESTRESSE SALINO

**RESUMO.** *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth., conhecida por sabiá no Nordeste brasileiro, é uma espécie florestal nativa da Caatinga e pertencente à família Fabaceae. Recentemente foi incluída na lista de espécies vulneráveis em função de sua utilização como madeira, lenha e carvão vegetal. Sementes de espécies que se desenvolvem em solos de regiões áridas e semiáridas, a exemplo de *M. caesalpiniiifolia*, comumente encontram condições inadequadas para a germinação, como a abundância de solos salinos. Assim, objetivou-se avaliar o efeito do estresse salino na germinação e vigor de sementes de três lotes de *M. caesalpiniiifolia*. O experimento foi realizado no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 25 sementes por tratamento. Os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial 3x7, com o primeiro fator correspondente aos lotes de sementes utilizados, e o segundo às condutividades elétricas das soluções (0,0; 5,0; 10,0; 15,0; 20,0; 25,0; 30,0 dS m<sup>-1</sup>). Foram avaliadas a germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento da parte aérea e da raiz e massa seca da parte aérea e da raiz das plântulas. A salinidade reduz a germinação e o vigor das sementes de *M. caesalpiniiifolia*, diminuindo as variáveis avaliadas nas condutividades elétricas mais elevadas (25,0 e 30,0 dS m<sup>-1</sup>), sendo que o Lote 2 mostra-se mais tolerante ao estresse salino.

**Palavras-chave:** Fabaceae, sabiá, espécie florestal, salinidade, NaCl.

## GERMINATION AND VIGOR OF SEEDS OF *Mimosa caesalpinifolia* Benth. UNDER STRESS SALINO

**ABSTRACT.** *Mimosa caesalpinifolia* Benth., known by sabiá in the Brazilian Northeast, is a forest species native to the Caatinga and belonging to the Fabaceae family. It has recently been included in the list of vulnerable species due to their use as wood, firewood and charcoal. Seeds of species that develop in soils of arid and semi-arid regions, such as sabiá, commonly find unsuitable conditions for germination, such as abundance of saline soils. The objective of this study was to evaluate the effect of saline stress on seed germination and vigor of three lots of *M. caesalpinifolia*. The experiment was carried out in a completely randomized design, with four replicates of 25 seeds per treatment. The treatments were arranged in a 3x7 factorial scheme, with the first factor corresponding to the seed lots used, and the second to the electrical conductivities of the solutions (0.0, 5.0, 10.0, 15.0, 20.0, 25.0 e 30.0 dS m<sup>-1</sup>). Were analyzed germination, germination speed index, shoot and root length and dry mass of shoot and root of seedlings. Salinity reduces the germination and vigor of the seeds of *M. caesalpinifolia*, reducing the variables evaluated in the higher electrical conductivities (25.0 and 30.0 dS m<sup>-1</sup>), and Lot 2 is more tolerant to stress saline.

**Key words:** Fabaceae, sabiá, forest species, salinity, NaCl.

## INTRODUÇÃO

A salinidade, definida como a concentração dos principais íons orgânicos (Na, Ca, Mg, K, HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub> e Cl) dissolvidos nas águas de irrigação, de drenagem e do lençol freático, constitui-se em sério problema mundial, pois tem limitado substancialmente a produção agrícola (SAIRAM e TYAGI, 2004). O problema é mais agudo nas regiões semiáridas onde a baixa pluviosidade e a elevada demanda evaporativa contribuem decisivamente para o agravamento do processo (ANDRÉO-SOUZA et al., 2010).

O excesso de sais afeta as plantas mediante a retenção osmótica de água, tornando-a cada vez menos acessível às raízes, consistindo em efeito similar ao déficit hídrico do solo (NASR et al., 2012). Além disso, a concentração elevada de sais, especialmente a do cloreto de sódio (NaCl), também pode causar efeitos tóxicos, devido ao acúmulo dos íons Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>, inativando enzimas, inibindo a síntese proteica, comprometendo a expansão e a divisão celular, os crescimentos vegetativo e reprodutivo e acelerando a senescência das folhas (PEREIRA et al., 2012; TAIZ e ZEIGER, 2013). A toxicidade iônica pode ainda ocasionar o atraso da germinação das plântulas e da mobilização de reservas ou até diminuir a viabilidade das sementes, por afetar processos fisiológicos e metabólicos dos tecidos embrionários (ESTEVES e SUZUKI, 2008).

Conhecida por sabiá ou sabiazeiro no Nordeste brasileiro, e por sansão-do-campo, nas regiões Sul e Sudeste do país, a *Mimosa caesalpinifolia* Benth. é uma espécie florestal nativa do bioma Caatinga, pertencente à família Fabaceae, caracterizando-se como planta pioneira, decídua, heliófita, com ocorrência preferencial em solos profundos, tanto em formações primárias como secundárias, bastante resistente à seca e bem adaptada à regiões úmidas, solos pobres e salinos (LORENZI, 2008; SANTOS et al., 2010). Ocorre espontaneamente em áreas de Caatinga nos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco onde os índices pluviométricos anuais variam de 600 a 1.000 mm, aparecendo em menor frequência em áreas mais secas. Também foi introduzida com sucesso em vários estados das regiões Sudeste, Sul, Centro-Oeste e Norte do país (RIBASKI et al., 2003).

A *M. caesalpinifolia* apresenta elevado valor econômico para o Nordeste brasileiro em razão de suas inúmeras potencialidades. É utilizada em atividades agroecológicas, como recuperação de áreas degradadas, forragicultura e controle de plantas daninhas, além de

apresentar potencial apícola e ser bastante utilizada como cerca viva em diversas regiões do país (LORENZI, 2008; SILVA et al., 2012; NOGUEIRA et al., 2012; SILVA et al., 2015). O seu extrativismo na região Nordeste visando à utilização da madeira para produção de cercas e carvão, colocou a espécie em situação de vulnerabilidade (IUCN, 2011).

Uma vez que a forma de propagação da *M. caesalpinifolia* é via sementes, e que estas apresentam dormência por impermeabilidade tegumentar, havendo ainda por ocasião da dispersão natural grandes perdas devidas à disseminação dos craspédios (frutos), o déficit hídrico e a abundância de solos salinos característicos do semiárido brasileiro tornam-se importantes fatores limitantes para a propagação da espécie (ALVES et al., 2004).

Dessa forma, em função das condições edafoclimáticas do bioma Caatinga, objetivou-se avaliar o efeito do estresse salino na germinação e vigor de sementes de *M. caesalpinifolia*.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Federal Rural do Semi-Árido/UFERSA, Mossoró - RN, no mês de julho de 2016. Para isso, utilizou-se três lotes de sementes de *M. caesalpinifolia* provenientes de matrizes localizadas nos municípios de Luziania – GO (16°15'09" S, 47°57'01" W e 930 m de altitude), coletadas em março de 2016 (Lote 1), de Vazante – MG (17°59'13" S, 46°54'28" W e 680 m de altitude), obtidas em abril de 2016 (Lote 2) e Montanhas – RN (06°29'09" S, 06°29'09" W e 87 m de altitude), colhidas em maio de 2016 (Lote 3).

Para superação da dormência tegumentar as sementes foram despontadas com cortador “tipo unha” na lateral do terço superior da semente, região oposta à micrópila, e armazenadas em condições controladas (18-20°C e 60% de umidade relativa do ar), permanecendo nessas condições até o início da fase experimental. As sementes passaram ainda por assepsia através da imersão, por 10 minutos, em solução de detergente (cinco gotas de detergente em 100 mL de água), seguindo-se com enxágue em água corrente até a completa remoção do detergente (BRASIL, 2013).

Os tratamentos foram dispostos em delineamento experimental inteiramente casualizado, distribuídos em arranjo fatorial 3 x 7 (três lotes x sete níveis de condutividade elétrica), com quatro repetições de 25 sementes. O primeiro fator correspondeu aos lotes (Lotes 1, 2 e 3) e o segundo às soluções salinas, preparadas com água destilada e cloreto de sódio (NaCl), calibradas para as condutividades elétricas de 5,0; 10,0; 15,0; 20,0; 25,0; 30,0 dS m<sup>-1</sup> e

0,0 dS m<sup>-1</sup> (água destilada), como controle. A aferição das condutividades elétricas foi realizada por meio de um condutivímetro digital.

A semeadura foi realizada no substrato rolo de papel, mantidos em germinador sob a temperatura constante de 25 °C. O papel foi umedecido com água destilada e nas soluções correspondentes aos diferentes níveis de salinidade, na quantidade de 2,5 vezes a sua massa seca. A avaliação final foi realizada ao décimo dia após a semeadura (BRASIL, 2013).

A fim de se verificar o efeito da salinidade foram realizadas as seguintes avaliações:

**a) Teste de Germinação** - calculada de acordo com Brasil (2013), através da fórmula  $\%G = N/A \cdot 100$ , onde: N = número total de sementes germinadas; A = número total de sementes semeadas. Foram consideradas germinadas as sementes que apresentaram radícula igual ou superior a 5 mm de comprimento.

**b) Índice de velocidade de germinação** - determinado pelo registro diário do número de sementes germinadas até o décimo dia após semeadura, cujo o índice foi calculado pela equação proposta por Maguire (1962), em que  $IVG = G1/N1 + G2/N2 + \dots + Gn/Nn$ , onde: G1, G2,... Gn = número de plântulas normais computadas no primeiro dia da germinação, no segundo dia de germinação e na última contagem; N1, N2,... Nn = número de dias da semeadura à primeira, segunda e última contagem.

**c) Comprimento da parte aérea e da raiz de plântulas** - realizados a partir das médias de aferição de todas as plântulas normais em cada tratamento. O comprimento da parte aérea foi medido da base do colo ao ápice do meristema apical da plântula e o comprimento da raiz da medição da base do colo à extremidade da raiz da plântula, realizadas com o auxílio de régua graduada em milímetros, sendo os resultados expressos em cm.

**d) Massa seca da parte aérea e da raiz de plântulas** – obtidos a partir das médias de aferição de todas as plântulas normais em cada tratamento. Para cálculo da massa seca, todas as plântulas normais de cada tratamento foram seccionadas em parte aérea e raiz e levadas à estufa, com circulação de ar forçada a 70 °C, durante 48 horas quando atingiram massa constante, sendo os resultados expressos em mg.

Para os resultados obtidos foi realizada a análise de variância, através do teste F e, quando este foi significativo, as comparações entre as médias dos tratamentos foram efetuadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade (variáveis qualitativas) e por regressão polinomial (variáveis quantitativas), utilizando-se o software estatístico Assistat versão 7.7 (SILVA e AZEVEDO, 2016).



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da análise de variância foi possível observar interação significativa entre os fatores lotes e níveis de salinidade para todos os parâmetros avaliados (Tabela 1). A Tabela 2 traz as comparações entre as médias obtidas para os três lotes em todas as variáveis verificadas neste estudo. Já as Figuras de 1 a 3 apresentam as curvas das equações de regressão obtidas para se verificar a influência dos diferentes níveis de salinidade sob os parâmetros estudados.

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância da germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da parte aérea de plântulas (CPA), comprimento da raiz de plântulas (CR), massa seca da parte aérea de plântulas (MSPA) e massa seca da raiz de plântulas (MSR) provenientes de três lotes de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.), submetidas a níveis de estresse salino induzidos com NaCl.

FV	GL	G	IVG	CPA	CR	MSPA	MSR
Lotes (L)	2	7.982**	20.344**	40.216**	4.657*	59.900**	16.010**
Níveis (N)	6	88.883**	314.943**	306.274**	52.209**	55.045**	8.278**
L x N	12	2.163*	2.462 *	3.701 **	4.515**	3.322**	4.061**
Reg. Linear	1	360.231**	1777.675**	1785.113**	225.857**	226.868**	18.463**
Reg. Quadrática	1	147.808**	40.137**	47.582**	64.782**	91.446**	26.709**
CV (%)	-	11.20	10.24	11.53	24.59	16.34	30.82

\*\*= significativo ao nível de 1% de probabilidade; \*= significativo ao nível de 5% de probabilidade; FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; L x N = interação entre lotes e níveis de salinidade; CV = coeficiente de variação experimental.

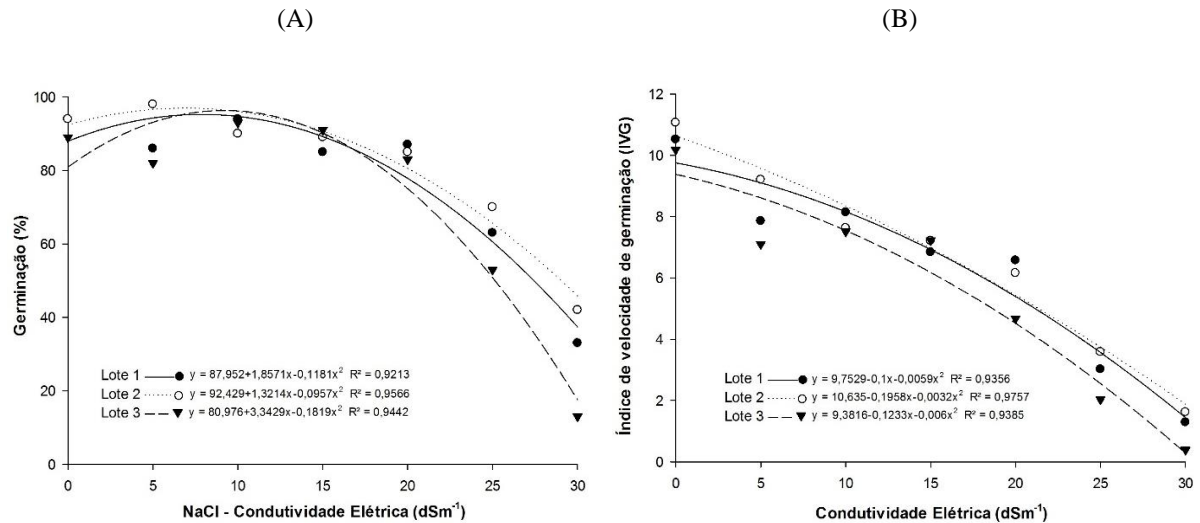
Os valores médios referentes a porcentagem de germinação (Tabela 2) e a curva de regressão (Figura 1A) revelam um padrão semelhante para os três lotes estudados. As sementes de sabiá apresentaram elevada germinação quando submetidas aos menores índices de salinidade, com germinação máxima, estimada pela equação, nas condutividades de 7,8 dS m<sup>-1</sup> para o Lote 1, 6,9 dS m<sup>-1</sup> para o Lote 2 e 9,2 dS m<sup>-1</sup> no Lote 3, apresentando taxas decrescentes a partir destes níveis. As menores porcentagens de germinação ocorreram no último nível testado (30,0 dS m<sup>-1</sup>) (Figura 1A).

**Tabela 2.** Valores médios referentes a germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento da parte aérea e da raiz de plântulas e massa seca da parte aérea e da raiz de plântulas provenientes de três lotes de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.), submetidas a níveis de estresse salino induzidos com NaCl ( $\text{dS m}^{-1}$ ).

Lotes	Níveis de salinidade ( $\text{dS m}^{-1}$ )						
	0	5	10	15	20	25	30
<b>Germinação (%)</b>							
1	94,0 a	86,0 ab	94,0 a	85,0 a	87,0 a	63,0 ab	33,0 a
2	94,0 a	98,0 a	90,0 a	89,0 a	85,0 a	70,0 a	42,0 a
3	89,0 a	82,0 b	93,0 a	91,0 a	83,0 a	53,0 b	13,0 b
<b>Índice de velocidade de germinação</b>							
1	10,52 a	7,86 b	8,14 a	6,84 a	6,57 a	3,02 ab	1,29 ab
2	11,06 a	9,20 a	7,63 a	7,21 a	6,16 a	3,58 a	1,62 a
3	10,18 a	7,10 b	7,51 a	7,22 a	4,67 b	2,03 b	0,39 b
<b>Comprimento da parte aérea da plântula (cm)</b>							
1	5,10 a	4,52 a	4,04 a	2,75 b	2,53 a	1,45 a	0,00 b
2	4,96 a	4,95 a	4,30 a	3,68 a	2,25 ab	1,28 ab	0,96 a
3	4,01 b	3,73 b	3,35 b	3,02 b	1,97 b	0,86 b	0,00 b
<b>Comprimento da raiz da plântula (cm)</b>							
1	2,35 a	2,45 a	1,75 b	1,34 b	1,36 a	0,90 a	0,00 b
2	1,74 ab	2,37 a	2,67 a	2,42 a	1,45 a	0,85 a	0,90 a
3	1,39 b	2,89 a	2,84 a	2,02 a	1,26 a	0,79 a	0,00 b
<b>Massa seca da parte aérea da plântula (mg/plântula)</b>							
1	3,80 ab	3,49 b	4,22 a	3,83 ab	3,43 ab	2,87 a	0,00 b
2	4,31 a	4,59 a	4,46 a	4,27 a	3,92 a	3,04a	2,64 a
3	3,37 b	3,15 b	2,82 b	3,09 b	2,68 b	1,66 b	0,00 b
<b>Massa seca da raiz da plântula (mg/plântula)</b>							
1	1,08 a	1,31 a	1,10 b	1,02 a	1,04 a	1,19 a	0,00 b
2	1,24 a	1,25 a	1,69 a	1,41 a	1,35 a	1,11 a	1,60 a
3	0,75 a	1,27 a	1,39 ab	1,29 a	0,82 a	0,91 a	0,00 b

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

Para o índice de velocidade de germinação foi mais evidente os efeitos deletérios da salinidade (Figura 1B) nos três lotes utilizados, com os maiores valores obtidos no controle ( $0 \text{ dS m}^{-1}$ ), havendo redução do IVG a partir do primeiro nível de salinidade testado ( $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ ) e com os menores índices na condutividade de  $30,0 \text{ dS m}^{-1}$ . Na condutividade de  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$  o Lote 2 teve maior IVG, enquanto nos níveis de  $20,0$ ;  $25,0$  e  $30,0 \text{ dS m}^{-1}$  foram observados os menores valores de IVG no Lote 3 (Tabela 2).



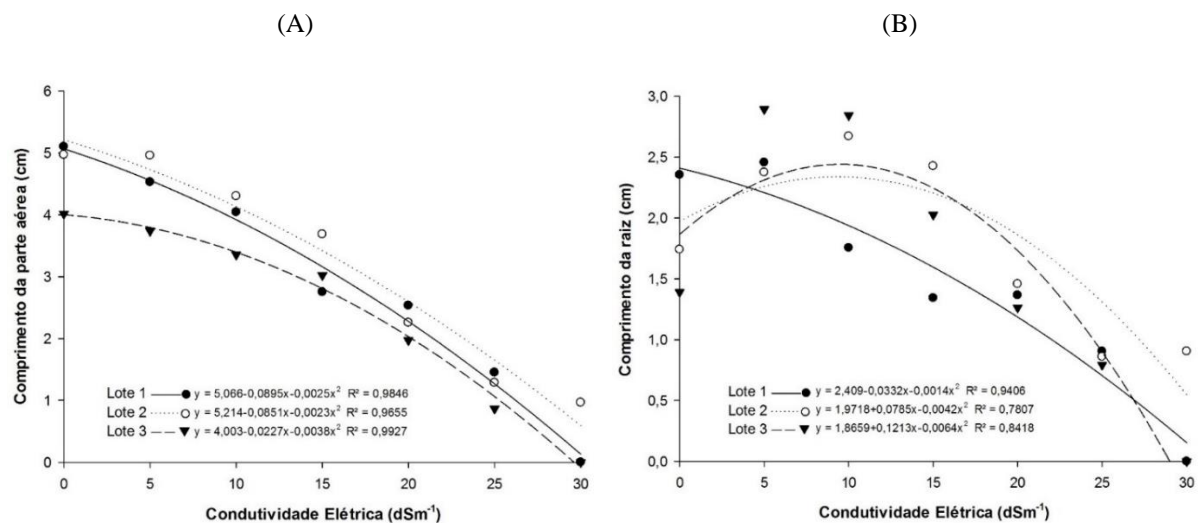
**Figura 1.** Germinação (A) e índice de velocidade de germinação (B) de sementes de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. em função de níveis de estresse salino induzidos por NaCl.

O efeito da salinidade sobre a germinação e o índice de velocidade de germinação de sementes ocorre devido ao incremento da retenção osmótica do substrato dificultando a absorção de água pelas sementes, e, conseqüentemente, comprometendo os processos de divisão e alongamento celular, além da mobilização das reservas indispensáveis para o processo germinativo, reduzindo assim tanto a germinação final como a velocidade do processo (NASR et al., 2012). Tal efeito deletério da salinidade sobre o IVG chama atenção uma vez que, a velocidade de germinação é um fator preponderante para um rápido estabelecimento das plântulas em condições de campo. Plântulas com maior IVG possuem maior desempenho e, conseqüentemente, maior capacidade de resistir aos estresses que porventura possam interferir no crescimento e no desenvolvimento da planta (DAN et al., 2010).

Em trabalhos realizados com sementes de *M. caesalpinifolia* em substrato areia lavada, Ribeiro et al. (2008) e Barreto et al. (2010) utilizaram água salina (condutividade variando de 0,61 a 30,0 dS m<sup>-1</sup> e 0,5 a 4,5 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente) na irrigação, e verificaram que o aumento da salinidade reduz a germinação e a velocidade de germinação das sementes dessa espécie. Resultados semelhantes foram obtidos em outros estudos com plantas nativas da Caatinga, como jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* Willd.) (BAKKE et al., 2006), juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart.) (LIMA e TORRES, 2009) e craibeira (*Tabebuia caraiba* Mart.) (SILVA et al., 2014).

Verificou-se efeito negativo da salinidade sobre as variáveis comprimento da parte aérea (Figura 2A) e da raiz (Figura 2B) de plântulas para os três lotes pesquisados. Semelhante ao IVG, os maiores comprimentos da parte aérea das plântulas foram observados no controle (0

dS m<sup>-1</sup>), com diminuição dos valores logo no primeiro nível de salinidade estudado (5,0 dS m<sup>-1</sup>) e decrescendo até a maior condutividade testada (30,0 dS m<sup>-1</sup>). Já os maiores valores estimados para comprimento de raiz foram de 0 dS m<sup>-1</sup> (Lote 1), 9,3 dS m<sup>-1</sup> (Lote 2) e 9,5 dS m<sup>-1</sup> (Lote 3), com valores decrescentes até a condutividade 30,0 dS m<sup>-1</sup>. Tanto no controle como nas condutividades de 5,0 e 10,0 dS m<sup>-1</sup> foram observados menores comprimentos da parte aérea do Lote 3, em comparação aos demais lotes, enquanto o Lote 2 teve os maiores comprimentos da parte aérea na condutividade de 15,0 dS m<sup>-1</sup> (Tabela 2).

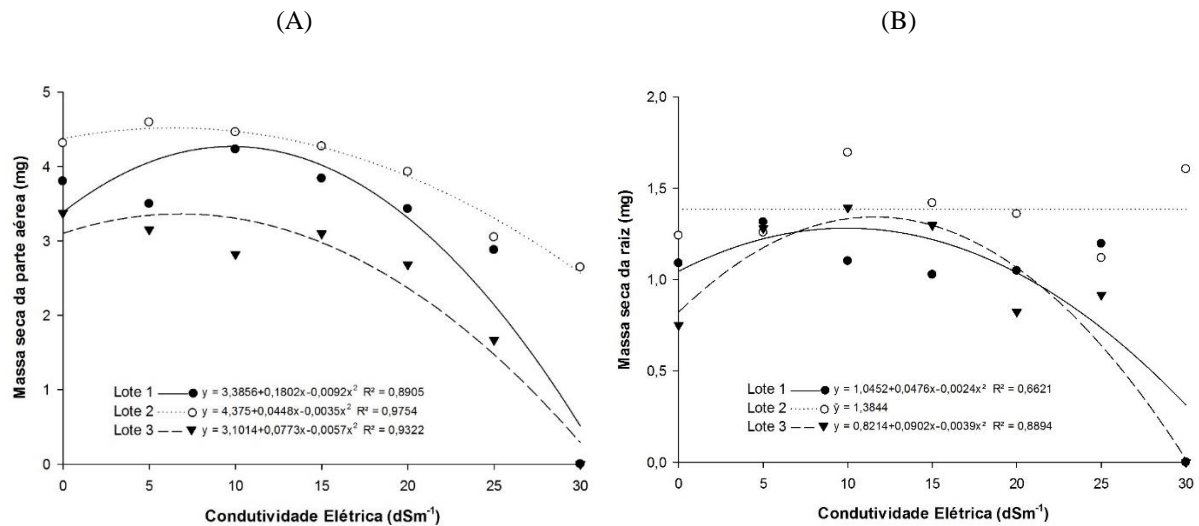


**Figura 2.** Comprimento da parte aérea (A) e da raiz (B) de plântulas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. em função de níveis de estresse salino induzidos por NaCl.

Estudando a tolerância da *M. caesalpinifolia* à salinidade, Ribeiro et al. (2008) observaram redução significativa da altura das plântulas em função do aumento da condutividade elétrica. Em condições de estresse hídrico, neste caso decorrente do excesso de sais no substrato, o primeiro efeito mensurável sobre as plântulas é justamente a diminuição do crescimento causada pela redução da expansão celular que necessita de turgor adequado (TAIZ; ZEIGER, 2013).

No que concerne a massa seca da parte aérea de plântulas (Figura 3A), foi novamente verificado tendência de decréscimo dos valores, nos três lotes estudados, em função do aumento da salinidade, com redução dos valores estimados a partir de 9,8 dS m<sup>-1</sup> (Lote 1), 6,4 dS m<sup>-1</sup> (Lote 2) e 6,8 dS m<sup>-1</sup> (Lote 3) e os menores valores encontrados na maior condutividade (30,0 dS m<sup>-1</sup>). Com relação à massa seca da raiz (Figura 3B), no entanto, a salinidade atuou de forma restritiva nos Lotes 1 e 3 apenas na condutividade de 30,0 dS m<sup>-1</sup>, não influenciando os valores obtidos para o Lote 2. No Lote 3 foram observados os menores valores para a massa seca da

parte aérea, em comparação aos demais lotes, para quase todos os níveis de estresse simulados, exceto na condutividade de 5,0 dS m<sup>-1</sup> (Tabela 2).



**Figura 3.** Massa seca da parte aérea (A) e da raiz (B) de plântulas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. em função de níveis de estresse salino induzidos por NaCl.

Da mesma forma, Silva et al. (2009), que verificaram redução da massa seca da parte aérea e do sistema radicular de *M. caesalpinifolia*, quando utilizada água salina (1,0 a 6,0 dS m<sup>-1</sup>) na irrigação. Em outro estudo com a mesma espécie, Sousa Neto et al. (2011) constataram que a salinidade da água de irrigação (0,46 a 5,96 dS m<sup>-1</sup>) reduziu a altura da planta e a massa seca do caule e da raiz das plantas.

A redução da massa seca da parte aérea das plântulas de *M. caesalpinifolia* em função do aumento na salinidade pode ser justificada pelo fato das reservas da semente, que poderiam ser destinadas ao crescimento do eixo embrionário, ser utilizadas para o reparo das células afetadas pelo excesso de sais, além da redução de velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos e dificuldade de hidrólise e mobilização das reservas da semente em face do déficit hídrico. Já o aumento, observado nos primeiros níveis de salinidade (Figura 3B), ou a manutenção da massa seca da raiz nas plântulas com o aumento nas condutividades elétricas pode ser citado como um mecanismo que possibilita uma maior tolerância à retenção osmótica do solo, uma vez que maiores superfície e extensão radicular otimizam a absorção de água (CHRISTOVAM et al., 2015).

Na condutividade elétrica de 30,0 dS m<sup>-1</sup> foi observado germinação com formação de plântulas normais apenas no Lote 2, o que justifica os maiores comprimento da parte aérea e da raiz, e massa seca da parte aérea e da raiz de plântulas deste lote em comparação aos demais.

No que diz respeito à influência dos níveis de salinidade, de modo geral, a germinação e a massa seca da parte aérea de plântulas foram reduzidos apenas nos dois maiores níveis de estresse salino (25,0 e 30,0 dS m<sup>-1</sup>), enquanto a massa seca da raiz de plântulas foi menor somente na última condutividade avaliada. Por outro lado, o IVG e o comprimento da parte aérea de plântulas mostraram-se sensíveis mesmo nos mais baixos níveis salinos, 5,0 e 10,0 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente. Tais resultados sugerem que a abundância de solos salinos característica do bioma Caatinga pode atuar como um fator limitante para a propagação da espécie.

## CONCLUSÃO

A salinidade reduz a germinação e o vigor das sementes de *M. caesalpinifolia* com tendência de diminuição das variáveis avaliadas nas condutividades elétricas mais elevadas (25,0 e 30,0 dS m<sup>-1</sup>).

O Lote 2 mostra-se mais tolerante ao estresse salino durante a germinação e o crescimento inicial das plântulas.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, E. U.; SADER, R.; BRUNO, R. de L. A.; ALVES, A. U. Dormência e desenvolvimento de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.). **Revista Árvore**, v. 28, n. 5, p. 655-662, 2004.
- ANDRÉO-SOUZA, Y.; PEREIRA, A. L.; SILVA, F. D.; RIEBEIRO-REIS, R. C.; EVANGELISTA, M. R. V.; CASTRO, R. D.; DANTAS, B. F. Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2, p. 83-92, 2010.
- BAKKE, I. A.; DE OLIVGIRA FREIRE, A. L.; BAKKE, O. A.; DE ANDRADE, A. P.; BRUNO, R. D. L. A. Water and sodium chloride effects on *Mimosa tenuiflora* (Willd.) poiret seed germination. **Revista Caatinga**, v. 19, n. 3, p. 261-267, 2006.
- BARRETO, H. B. F.; FREITAS, R. M. O.; ARAÚJO O. L. A.; MEDEIROS AR. J. A.; COSTA, E. M. Efeito da irrigação com água salina na germinação de sementes de sábia (*Mimosa caesalpinifolia* Benth). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 3, p. 125-130, 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções para análise de sementes de espécies florestais**. Brasília: Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, Brasília: MAPA/ACS, 2013. 98 p.

- CHRISTOVAM, M. C.; SILVA, T. L.; YAMAMOTO, C. J. T.; MOREIRA, A. L. L.; CUSTÓDIO, C. C.; PACHECO, A. C.; ABRANTES, F. L. Germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de cultivares de *Urochloa brizantha* em condições de estresse hídrico. **Informativo Abrates**, v. 25, n. 1, p. 43-49, 2015.
- DAN, L. G. M.; DAN, H. de A.; BARROSO, A. L. L.; BRACCINI, A. de L. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas sob efeito do armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2, p. 131-139, 2010.
- ESTEVES, B. S.; SUZUKI, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecologia Australis**, v. 12, n. 4, p. 662-679, dez. 2008.
- FANTI, S. C.; PEREZ, S. C. J. G. A. Efeitos do estresse hídrico, salino e térmico no processo germinativo de sementes de *Adenantherapavonina*L. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 20, n. 1, p. 167-177, 1998.
- IUCN 2011 - INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE. World conservation monitoring centre. *Mimosa caesalpiniaefolia* in IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2, IUCN. Disponível em: <www.iucnredlist.org>. Acesso em: 18 Jan. 2016.
- LIMA, B. G.; TORRES, S. B. Estresses hídrico e salino na germinação de sementes de *Zizyphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae). **Revista Caatinga**, v. 22, n. 4, p. 93-99, 2009.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 5. ed. São Paulo: Instituto Plantarum, 2008. 201p.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedlings emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.
- NASR, S. M. H.; PARSAKHOO, A.; NAGHAVI, H.; KOOHI, S. K. S. Effect of salt stress on germination and seedling growth of *Prosopis juliflora* (Sw.). **New Forests**, v. 43, n. 1, p. 45-55, jan. 2012.
- NOGUEIRA, N. W.; RIBEIRO, M. C. C.; FREITAS, R. M. O.; MATUOKA, M. Y.; SOUSA, V. F. L. Emergência e desenvolvimento inicial de plântulas de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. em função de diferentes substratos. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 6, n. 1, p. 17-24, 2012.
- PEREIRA, M. R. R.; MARTINS, C. C.; SOUZA, G. S. F.; MARTINS, D. Influência do estresse hídrico e salino na germinação de *Urochloa decumbens* e *Urochloa ruziziensis*. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 4, p. 537-545, 2012.

RIBASKI, J.; LIMA, P. C. F.; OLIVGIRA, V. R.; DRUMOND, M. A. Sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) árvore de múltiplo uso no Brasil. **Comunicado Técnico 104**, ISSN 1517-5030, Colombo-PR, dez. 2003. Disponível em:

[http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2009\\_09/35565/1/com\\_tec104.pdf](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2009_09/35565/1/com_tec104.pdf).

Acesso em: 15 jan. 2016.

RIBEIRO, M. C. C.; BARROS, N. M. S.; BARROS JÚNIOR, A. P.; SILVEIRA, L. M. da. Tolerância do sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) à salinidade durante a germinação e o desenvolvimento de plântulas. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 5, p. 123-126, 2008.

SAIRAM, R. K.; TYAGI, A. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. **Current Science**, v. 86, n. 3, p. 407-421, 2004.

SANTOS, E. D.; ARAÚJO, R. R.; ARAÚJO NETO, J. C. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) em diferentes pontos de maturação. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 3, n. 1, p. 14-17, 2010.

SILVA, M. B. R.; VIÉGAS, R. A.; DANTAS NETO, J.; FARIAS, S. A. R. Estresse salino em plantas da espécie florestal sabiá. **Caminhos de Geografia**, v. 10, n. 30, p. 120-127, 2009.

SILVA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. de A.; DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; SILVA, D. K. de A.; SANTORO, K. R.; LEITE, P. M. B. de A.; FREITAS, E. V. de. Qualitative and anatomical characteristics of tree-shrub legumes in the Forest Zone in Pernambuco state, Brazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 12, p. 2396-2404, 2012.

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

SILVA, P. S. L.; DIAS, P. C.; OLIVGIRA, V. R. **Potencial da sabiá como cultura do semiárido**. Mossoró: Edufersa, 2015. 264p.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. O Software Assistat Versão 7.7 e sua utilização na análise de dados experimentais. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

SOUSA NETO, O. N.; DIAS, N. S.; FERREIRA NETO, N.; LIRA, R. B.; REBOUÇAS, J. R. L. Utilização do rejeito da dessalinização da água na produção de sementes de espécies da Caatinga. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 4, p. 123-129, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013, 954 p.