

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE MONJOLEIRO (*Senegalia polyphylla*
(DC.) BRITTON & ROSE) SOB ESTRESSE HÍDRICO E SALINO**

TATIANE DOS SANTOS SENA

Orientador: Prof. Dr. Rinaldo Cesar de Paula

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal, para graduação em ENGENHARIA AGRONÔMICA.

Jaboticabal - SP
2º Semestre de 2021

S474g Sena, Tatiane dos Santos
Germinação de sementes de monjoleiro (*Senegalia polyphylla* (DC.) Britton & Rose) sob estresse hídrico e salino / Tatiane dos Santos Sena. -- Jaboticabal, 2022
51 p. : tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Rinaldo Cesar de Paula

1. Germinação. 2. Sementes. 3. Estresse vegetal. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL



DEPARTAMENTO: Ciências da Produção Agrícola

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TRABALHO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

TÍTULO: GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE MONJOLEIRO (*Senegalia polyphylla*
(DC.) BRITTON & ROSE) SOB ESTRESSE HÍDRICO E SALINO

ACADÊMICO: Tatiane dos Santos Sena

CURSO: Engenharia Agrônômica

ORIENTADOR: Prof. Dr. Rinaldo Cesar de Paula

Aprovado e corrigido de acordo com as sugestões da Banca Examinadora

BANCA EXAMINADORA:

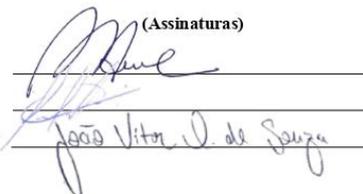
(Nomes)

(Assinaturas)

Presidente Prof. Dr. Rinaldo Cesar de Paula

Membro Biólogo Me. Antonio Roveri Neto

Membro Eng. Agr. Me. João Vitor Oliveira de Souza



Jaboticabal 22 / 02 / 2022

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 24 / 02 / 2022



Chefe do Departamento

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe Fernanda, a minha avó Lair e ao meu orientador Rinaldo, que sem eles não teria conseguido desenvolver este trabalho e realizar minha formação acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, pela minha vida, e por me ajudar a superar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização do presente trabalho e formação acadêmica.

Agradeço à minha mãe Fernanda, ao meu padrasto Adailton e à minha avó Lair, pela educação e valores que me foram passados, pelo apoio nos momentos mais difíceis e por compreenderem minha ausência enquanto me dedicava à realização deste trabalho.

Agradeço à FCAV/UNESP pela grande oportunidade de estudar em uma das mais prestigiadas universidades do país. Agradeço a todos os professores responsáveis pela minha formação acadêmica, por todos conselhos, pela ajuda e pela paciência nos quais guiaram o meu aprendizado.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Rinaldo Cesar de Paula, sou muito grata pelo apoio, atenção, dedicação, serenidade e aprendizados, durante não só a condução deste trabalho, mas durante toda a caminhada estagiando na área de Silvicultura.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa auxílio disponibilizada ao longo do desenvolvimento do trabalho PIBIC/CNPq Edital 2019. Ao Laboratório de Sementes e Melhoramento Florestal, seus funcionários e colegas.

Agradeço a todos meus amigos que estiveram ao meu lado e me apoiaram nesse trajeto, e às demais pessoas que de alguma forma contribuíram durante esses anos no meu processo de formação.

SUMÁRIO

| | |
|---|------|
| RESUMO | vii |
| ABSTRACT | viii |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 5 |
| 2.1 <i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose | 5 |
| 2.2 Estresse Hídrico na Germinação | 6 |
| 2.3 Estresse Salino na Germinação | 8 |
| 2.4 Associação de Estresse Hídrico e Salino com Temperatura | 10 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS | 12 |
| 3.1 Espécie e Local do Experimento | 12 |
| 3.2 Obtenção das Sementes | 12 |
| 3.3 Germinação Sob Estresse Hídrico | 13 |
| 3.3.1 Procedimento Estatístico..... | 17 |
| 3.4 Germinação Sob Estresse Salino | 18 |
| 4. RESULTADOS | 19 |
| 4.1 Germinação Sob Estresse Hídrico | 19 |
| 4.2 Germinação Sob Estresse Salino | 27 |
| 5. DISCUSSÃO | 41 |
| 6. CONCLUSÕES | 45 |
| LITERATURA CITADA | 46 |

GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE MONJOLEIRO (*Senegalia polyphylla*) SOB ESTRESSE HÍDRICO E SALINO

RESUMO

Senegalia polyphylla (DC.) Britton & Rose é uma espécie arbórea, que pertence à família Leguminosae-Mimosoideae, conhecida popularmente como monjoleiro. É utilizada em programas de reflorestamento misto e para recuperação de áreas degradadas. Este trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento germinativo de sementes de monjoleiro sob diferentes potenciais hídricos e salinos, induzidos por polietilenoglicol (PEG-6000) e NaCl, respectivamente, e determinar os limites de tolerância da espécie ao déficit hídrico e à salinidade durante o processo germinativo. Sementes de monjoleiro foram colocadas para germinar a 25 e 30 °C, nos potenciais hídricos e salinos de 0,0; -0,1; -0,2; -0,3; -0,4; -0,5; -0,6; -0,8; -1,0 MPa, avaliando-se a porcentagem de germinação e de plântulas normais, o índice de velocidade de germinação, comprimento e massa seca de componentes das plântulas, relação raiz/parte aérea do comprimento de plântulas e entropia do processo germinativo. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso com cinco repetições de 20 sementes por tratamento. Os dados foram submetidos à análise de variância, testes de médias e de análise de regressão. A germinação sob estresse hídrico foi significativamente reduzida a partir de -0,2 MPa, tanto a 25 °C quanto a 30 °C, em relação às sementes do tratamento controle (0,0 MPa), e foi completamente inibida a partir de -0,8 MPa. A formação de plântulas normais foi prejudicada a partir de -0,2 e -0,1 MPa, respectivamente, a 25 e a 30 °C, sendo completamente inibida a partir -0,6 MPa. Os efeitos negativos do estresse salino sobre a germinação de sementes foram menores comparativamente ao estresse hídrico, sendo essa completamente inibida a partir de -1,0 MPa, e a formação de plântulas normais foi prejudicada a partir de -0,1 MPa na média das duas temperaturas, com inibição total a partir do -0,4 MPa. Portanto, sementes de *Senegalia polyphylla* são sensíveis aos estresses hídrico e salino, o que é potencializado em temperaturas mais elevadas.

Palavras-chave: Estresses abióticos, NaCl, polietilenoglicol, potencial hídrico, potencial salino, sementes florestais.

GERMINATION OF MONJOLLE SEEDS (*Senegalia polyphylla*) UNDER WATER AND SALINE STRESS

ABSTRACT

Senegalia polyphylla (DC.) Britton & Rose is a tree species, belonging to the Leguminosae-Mimosoideae family, popularly known in Brazil as monjoleiro. It is used in mixed reforestation programs and for the recovery of degraded areas. This study aimed to evaluate the germination process of *S. polyphylla* seeds under different water and saline potentials, induced by polyethylene glycol (PEG-6000) and NaCl, respectively, and to determine the tolerance limits to water deficit and salinity during the germination process. Seeds of *S. polyphylla* were placed to germinate at 25 and 30 °C, in the water and salt potentials of 0.0; -0.1; -0.2; -0.3; -0.4; -0.5; -0.6; -0.8; -1.0 MPa, evaluating the percentage of germination and normal seedlings, the speed germination index, the length and dry mass of the seedling components, root/shoot ratio of seedling length and the entropy of the germination process. The experiment was carried out in a completely random experimental design with five replications of 20 seeds per treatment. The data were submitted to variance analysis, means testing and regression analysis. Germination under water stress was significantly reduced from -0.2 MPa, for both temperatures, in relation to the control (0.0 MPa), and it was completely inhibited from -0.8 MPa. The formation of normal seedlings was impaired from -0.2 and -0.1 MPa, respectively, at 25 and 30 °C, and it was completely inhibited from -0.6 MPa. The negative effects of salt stress on seed germination were smaller compared to water stress, as it was completely inhibited from -1.0 MPa, and the formation of normal seedlings was impaired from -0.1 MPa in the average of the two temperatures, and it was completely inhibited from -0.4 MPa. Therefore, seeds of *S. polyphylla* are sensitive to water and salt stress, which is potentiated at higher temperatures.

Key words: Abiotic stress, NaCl, polyethylene glycol, water potential, salt potential, forest seeds.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país com grande disponibilidade de recursos naturais. Porém, ao longo de sua história, esses recursos vêm sendo exauridos a exemplo dos recursos florestais, causando a degradação de áreas em quase todo território nacional (FERREIRA, 2000), afetando em várias escalas a biodiversidade e promovendo a fragmentação da paisagem (LAURANCE *et al.*, 1998).

Aprovada em maio de 2012, a Lei de Proteção de Vegetação Nativa (Lei nº 12.651 – “Novo Código Florestal”), impõe a necessidade de se conservar ou recuperar a vegetação nativa em imóveis situada em áreas de preservação permanente (APP) e reserva legal (RL). De acordo com Soares-Filho *et al.* (2014), o Brasil tinha cerca de 21 milhões de hectares de déficit de vegetação nativa situada em APP e RL. Para atender essa demanda, assim como para expandir e fortalecer as políticas públicas, incentivos financeiros, mercados privados, práticas agrícolas e outras medidas que permitirão a recuperação da vegetação nativa nas APP e RL, elaborou-se o Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (PLANAVEG), que visa à recuperação de pelo menos 12,5 milhões de hectares ao longo dos próximos 20 anos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2014). Associado a isso, com o cenário de mudanças climáticas é esperado o aumento de zonas áridas no mundo, com a ampliação de problemas por seca (deficiência hídrica), aumentos de temperaturas e de salinidade de solos (BATES *et al.*, 2008). Isso implica em desafios para os

profissionais da área agrícola e florestal, no que se refere à recomendação de espécies para recuperação de áreas degradadas que tolerem essas fontes de estresses abióticos que, em geral, ocorrem de forma simultânea. Além disso, os efeitos das mudanças climáticas poderão comprometer a regeneração das espécies vegetais nativas nos sistemas naturais prejudicando, portanto, a perpetuidade dessas.

A regeneração das espécies florestais pode ocorrer de forma sexuada ou assexuada, sendo a primeira a mais comum, através da germinação de sementes, que é o processo que leva à emergência de uma das partes do embrião de dentro de seus envoltórios (BEWLEY; BLACK, 1994), a qual se faz dependente de vários fatores externos, como água, temperatura, oxigênio, substrato, entre outros, além daqueles intrínsecos à própria semente. A temperatura afeta o processo germinativo de três formas: quanto ao total de sementes germinadas, a velocidade e a uniformidade do processo, porém, a água é um fator que exerce maior influência sobre a germinação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Portanto, a disponibilidade de água é a primeira condição para a germinação de uma semente viável e não dormente, pois através da absorção de água ocorre a reidratação dos tecidos e, por consequência, a intensificação da respiração e de todas as outras atividades metabólicas, resultando, no fornecimento de energia e nutrientes (REGO *et al.*, 2011).

Sendo assim, a baixa disponibilidade hídrica implica em menor absorção de água, o que pode comprometer todo o processo germinativo, já que ela está relacionada, direta e indiretamente, com as etapas do metabolismo germinativo, agindo como estimulador e controlador, pelo fato de ocasionar

amolecimento do tegumento, facilitar a penetração do oxigênio, proporcionando aumento no volume dos tecidos de reserva e no embrião, estimulando, assim, as atividades metabólicas básicas que favorecem, portanto, o crescimento do eixo embrionário (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; MARCOS FILHO, 2005). Deste modo, a sobrevivência das espécies florestais depende do período de germinação e de estabelecimento das plantas arbóreas, especialmente nos locais em que a disponibilidade de água se encontra restrita durante uma época do ano (ROSA *et al.*, 2005).

Outro fator que pode influenciar o processo germinativo é a presença de sais, a qual reduz o potencial hídrico do solo/substrato, uma vez que as soluções salinas retêm água tornando, portanto, essa cada vez menos acessível às plantas (NASR *et al.*, 2011). Os efeitos provocados pela presença de sais na solução do solo (ou na água de irrigação) são similares aos provocados pelo déficit hídrico do solo, e a maior parte das plantas reage a níveis excessivos de salinidade no solo da mesma forma observada para o déficit hídrico (REGO *et al.*, 2011). Quando o potencial osmótico da solução é inferior ao das células do embrião, ocorre a redução da velocidade e da porcentagem de germinação e da formação de plântulas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Um aspecto interessante, é que na maioria das vezes há uma combinação de causas de estresse, por exemplo, o estresse salino provoca estresse hídrico e, esse, por sua vez, geralmente está associado a altas temperaturas. A ocorrência de múltiplos estresses potencializa os efeitos prejudiciais dos estresses isolados, limitando o desenvolvimento e as chances de sobrevivência das plântulas, onde quer que elas cresçam, desregulando

todo o processo germinativo. A capacidade germinativa das sementes e o desenvolvimento de plântulas podem ser usados como critérios de tolerância das espécies vegetais aos mais diversos tipos de estresse (LARCHER, 2000).

Entre as diversas espécies florestais nativas do Brasil que podem ser utilizadas para recuperação de áreas degradadas encontra-se a *Senegalia polyphylla* (DC.) Britton & Rose, pertencente à família Leguminosae-Mimosoideae, conhecida popularmente por monjoleiro (MORIM; BARROS, 2015). Tendo-se em vista a escassez de estudos sobre o comportamento das sementes de *Senegalia polyphylla* quando submetidas a estresses abióticos e devido à sua importância na recuperação de áreas degradadas, objetivou-se com essa pesquisa avaliar o comportamento germinativo de suas sementes sob diferentes potenciais hídricos e salinos, simuladas por polietilenoglicol (PEG 6000) e NaCl, respectivamente, sob duas temperaturas dentro da faixa ótima para a germinação e estabelecer os limites de tolerância dessa espécie a esses estresses no processo germinativo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Senegalia polyphylla* (DC.) Britton & Rose

Senegalia polyphylla (DC.) Britton & Rose, popularmente conhecida como monjoleiro, pertence à família Leguminosae-Mimosoideae (MORIM; BARROS, 2015). Apresenta distribuição natural desde a região Amazônica até o Estado do Paraná, com frequência nos Estados do Mato Grosso do Sul e São Paulo (LORENZI, 2014; ARAÚJO-NETO *et al.*, 2002).

É considerada uma espécie semidecídua e heliófila, característica dos estágios iniciais de sucessão, sendo de grande destaque em programas de reflorestamento misto visando a recuperação de áreas de preservação permanente, e outros tipos de áreas degradadas (MAIA-SILVA *et al.*, 2012), dado ao seu crescimento rápido e rusticidade (LORENZI, 2014). A espécie, também, apresenta bons atributos ornamentais, que por sua vez, a qualifica para arborização de parques e jardins (ARAÚJO-NETO; AGUIAR; FERREIRA, 2003).

Segundo Lorenzi (2014), o monjoleiro é uma planta espinhenta, de 15 a 20 m de altura, a madeira é moderadamente pesada, mole porém resistente, apropriada para a marcenaria, torno e obras internas, e sua casca é usada para curtimento de couro.

De acordo com Araújo-Neto *et al.* (2002), as folhas desta espécie são compostas e bipinadas, apresentando de 24 a 34 pares de folíolos. Sua

floração acontece durante os meses de dezembro a março, e de agosto a setembro ocorre a maturação dos frutos, considerando o final deste último mês apropriado para a realização da colheita (LORENZI, 2014), quando apresentam coloração marrom-escura, secos e em início de deiscência, sendo assim, considerados maduros (ARAÚJO-NETO *et al.*, 2005). O fruto é um legume seco e apresenta de 8 a 16 sementes que são achatadas (ARAÚJO-NETO *et al.*, 2002). A espécie produz anualmente grande quantidade de sementes viáveis, o que garante a sua regeneração natural, a qual é comum nas formações secundárias, principalmente nas encostas e topos de morros de terrenos pedregosos e secos (LORENZI, 2014).

2.2 Estresse Hídrico na Germinação

A disponibilidade de água é um fator limitante para a sobrevivência e desenvolvimento das espécies florestais, e exerce grande influência no período de germinação e estabelecimento das plantas arbóreas (ROSA *et al.*, 2005).

Pode-se simular a influência da disponibilidade hídrica no processo germinativo em condições de laboratório, e determinar as espécies mais tolerantes ao estresse hídrico, através de estudos em condições padronizadas (SANTOS *et al.*, 1992). Dentre os procedimentos mais empregados para simular a baixa disponibilidade hídrica no substrato, destaca-se o uso, em um ambiente controlado, de soluções aquosas com potenciais osmóticos conhecidos (TAYLOR; HARMAN, 1990).

De acordo com Azerêdo, Paula e Valeri (2016), quando o estresse hídrico for rigoroso, é possível que a planta tenha suas defesas reduzidas, ocasionando a diminuição da germinação, do crescimento e da fotossíntese. Em potenciais hídricos mais negativos, Souza e Cardoso (2000) acrescentam que ocorre a diminuição do fluxo de água para a célula, até o ponto extremo, diante disso, cessa a difusão da água através do simplasto, afetando diretamente a germinação, ou seja, promovendo seu atraso, ou sua redução ou até mesmo sua completa inibição. Neste mesmo contexto, Kappes *et al.* (2010) mencionam que, pela velocidade de germinação diminuir, a semente e, ou a plântula ficam expostas por mais tempo à condições adversas, como por exemplo, ao ataque de patógenos e pragas.

O estresse hídrico pode ser simulado, então, com o uso de soluções osmóticas, a exemplo de soluções de manitol e de polietilenoglicol 6000 (PEG 6000). Esse último vem sendo bem utilizado em pesquisas com o objetivo de simular os efeitos de déficit hídrico em espécies florestais (AZERÊDO, 2009; GUEDES *et al.*, 2013; PELEGRINI *et al.*, 2013; REGO *et al.*, 2011). De acordo com Villela, Doni-Filho e Sequeira (1991), o polietilenoglicol 6000 é o soluto mais utilizado para simular o controle de hidratação, pois não apresenta toxicidade sobre as sementes, é um composto quimicamente inerte e além disso, não penetra nos tecidos, em razão do tamanho elevado de suas moléculas, causando uma absorção lenta e contida das sementes. Por conta disso, o PEG se torna vantajoso de acordo com Azerêdo, Paula e Valeri (2016), perante a outros agentes osmóticos.

Deve-se ressaltar, que em condições naturais o estresse hídrico pode agir de forma benéfica ao estabelecimento de espécies, já que provoca atraso no tempo de germinação das sementes (REGO *et al.*, 2011), resultando na distribuição da germinação no tempo e espaço, proporcionando maiores possibilidades das plântulas encontrarem condições ambientais adequadas para se estabelecerem e desenvolverem (BEWLEY; BLACK, 1994).

2.3 Estresse Salino na Germinação

A salinização dos solos é um fenômeno crescente a nível mundial, principalmente em regiões áridas e semi-áridas, como resultado das condições climáticas e da agricultura irrigada, com destaque ao baixo índice pluviométrico e elevadas taxas de evaporação, contribuindo portanto, para a concentração de sais na superfície do solo (OLIVEIRA, 2018). Além disto, de acordo com Lima Junior e Silva (2010), o problema da salinização, pode ser intensificado pela utilização de água salinizada ou, ainda, pela adição de fertilizantes via água de irrigação, isto é, pela agricultura irrigada, muitas vezes, sem o manejo correto. Os mesmos autores ressaltam que a maioria das áreas com problemas de salinização se concentram em terras que apresentam o cultivo intenso com o uso da irrigação nos chamados perímetros irrigados.

Assim, é de grande importância estabelecer os limites de tolerância das espécies ao estresse salino durante o processo germinativo. Em condições de laboratório, de acordo Lima e Torres (2009), o procedimento mais utilizado para estabelecer a tolerância das plantas frente ao excesso de sais é por meio da

observação da porcentagem de germinação em substratos salinos. Nesse contexto, Rehman *et al.* (1996) ressaltam que, em comparação com o controle, o poder germinativo é reduzido, sendo essa redução um indicativo do nível de tolerância da espécie ao estresse salino.

Para o estudo dos efeitos do estresse salino sobre a germinação de sementes, em geral, tem-se utilizado sais como o NaCl (LIMA *et al.*, 2015), CaCl (BRAGA; SOUSA; ALMEIDA, 2009), KCl (MOTERLE *et al.*, 2006), entre outros. De acordo com Tobe, Li e Omasa (2000), a presença dos sais no substrato ocasiona inibição do crescimento tanto pelo efeito osmótico, ou seja, à seca fisiológica produzida, quanto pelo efeito tóxico, resultante da concentração de íons no protoplasma. Tem-se, também, como uma das primeiras consequências, a diminuição da expansão da superfície foliar (WANG; NIL, 2000), diminuição nas concentrações de carboidratos, resultando em menor crescimento e produtividade (ESTEVES; SUZUKI, 2008).

Segundo Esteves e Suzuki (2008), a toxicidade iônica causa um retardamento na emergência das plântulas, na mobilização de reservas e uma redução da viabilidade das sementes, já que afeta os processos fisiológicos e metabólicos dos tecidos embrionários. De acordo com Taiz e Zeiger (2004), as células podem inativar as enzimas e inibir a síntese proteica devido às altas concentrações de sais totais. Dessa forma, para a agricultura e silvicultura é de grande importância que as plantas sejam tolerantes à salinidade (BEWLEY; BLACK, 1994).

2.4 Associação de Estresse Hídrico e Salino com Temperatura

A temperatura é outro fator que influencia a germinação de sementes, tanto sob o aspecto da germinação total, quanto em relação à velocidade e uniformidade em que a mesma ocorre (GUEDES *et al.*, 2013). A dinâmica da absorção de água, assim como os limites e velocidades das reações bioquímicas, são afetados pela temperatura, além dos processos fisiológicos que afetam a germinação como um todo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; MARCOS FILHO, 2005). Em laboratório, o estresse térmico pode ser facilmente obtido com o uso de câmaras de germinação com controle de temperatura, de forma que pode-se criar um gradiente térmico para o processo germinativo.

Ressalta-se que o desenvolvimento e as chances de sobrevivência das plantas são afetados, onde quer que elas cresçam, pela ocorrência de múltiplos estresses (FANTI; PEREZ, 2004), que potencializa os efeitos prejudiciais dos estresses isolados, desregulando todo o processo germinativo (LARCHER, 2000). Associar tipos de estresses, simultaneamente em estudos controlados, pode ser de grande importância para o entendimento dos efeitos dos mesmos sobre as mais diversas espécies vegetais, notadamente por permitirem a avaliação dos limites de tolerância, de sobrevivência e de adaptação das espécies às condições simuladas de estresses (GUEDES *et al.*, 2013).

Como já mencionado, o estresse hídrico geralmente está associado a altas temperaturas e o estresse salino ao estresse hídrico. Segundo Nasr *et al.* (2011), quando os sais estão presentes, ocorre a redução do potencial hídrico

do solo/substrato, já que as soluções salinas retêm água, sendo assim, ficando cada vez menos acessível às plantas. Dessa forma, os efeitos ocasionados devido ao soluto dissolvido, são similares a um déficit hídrico do solo, ressaltando ainda que, a maior parte das plantas reage a níveis excessivos de salinidade no solo da mesma forma observada para o déficit hídrico (REGO *et al.*, 2011). Contudo, segundo Larcher (2000), para a determinação da tolerância das plantas aos estresses hídrico e salino, um dos métodos mais conhecidos é a observação da capacidade germinativa das sementes nessas circunstâncias.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Espécie e Local do Experimento

Para esse estudo foram usadas sementes de *Senegalia polyphylla* (monjoleiro). O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes e Melhoramento Florestal, pertencente ao Departamento de Ciências da Produção Agrícola, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FCAV/Unesp), Câmpus de Jaboticabal.

3.2 Obtenção das Sementes

Em setembro de 2019 foram colhidos frutos de *Senegalia polyphylla* (monjoleiro) de 15 árvores matrizes, seguindo-se as recomendações de Mori (2003), como a evidência de frutificação abundante e bom aspecto fitossanitário (vigor, livre de pragas e doenças). Essas árvores matrizes estão localizadas no Viveiro Experimental de Plantas Ornamentais e Florestais (Horto) da FCAV/Unesp, e em área de plantio na zona rural do município de Jaboticabal, SP. Os frutos foram colhidos diretamente das árvores com auxílio de uma tesoura de poda alta, posteriormente acondicionados em sacos de plástico e transportados para o Horto da FCAV/Unesp, onde passaram por um processo de secagem natural, para posterior extração das sementes para uso

nos diferentes experimentos. As sementes das diferentes árvores matrizes foram misturadas e homogeneizadas para comporem o lote de sementes para os experimentos planejados. Posteriormente, o lote obtido foi beneficiado, selecionando-se as sementes intactas, após a eliminação daquelas que se apresentavam perfuradas por insetos ou deterioradas.

3.3 Germinação Sob Estresse Hídrico

Sementes de monjoleiro foram submetidas à germinação em câmaras tipo *Biochemical Oxygen Demand* (B.O.D.), nas temperaturas de 25 e 30 °C nos seguintes potenciais hídricos, obtidos com soluções aquosas de polietilenoglicol 6000 (PEG 6000), preparadas conforme Villela, Doni-Filho e Sequeira (1991): 0 (testemunha – água), -0,10; -0,20; -0,30; -0,40; -0,50; -0,60; -0,80 e -1,00 MPa. As temperaturas de 25 e 30 °C foram escolhidas por estarem dentro da faixa ótima de temperatura para o processo germinativo das espécies florestais tropicais (BRANCALION; NOVEMBRE; RODRIGUES, 2010).

Para o teste de germinação, as sementes foram acondicionadas em caixas de plástico transparente e com tampa, sobre duas folhas de papel mata-borrão (Figura 1), devidamente autoclavadas, umedecidas com água ou solução de PEG 6000, conforme o tratamento, em quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa do papel não hidratado.



Figura 1. Caixas de plástico transparentes com tampa contendo as sementes de monjoleiro nos diferentes tratamentos com polietilenoglicol (PEG 6000). (Fonte: arquivo pessoal da autora)

Diariamente foi acompanhada a germinação das sementes, até a estabilização da germinação. Essa avaliação teve como base o critério fisiológico, considerando-se a emissão da raiz primária de pelo menos 0,5 cm (Figura 2). O teste teve duração de 24 dias, com reumedecimento do substrato sempre que necessário, com água destilada (0 MPa) ou com as soluções aquosas de acordo com o tratamento, e ao final do teste realizou-se a contabilização das seguintes características:

Porcentagem de germinação: obtida pela contagem diária do número de sementes com emissão da raiz primária, conforme critério anteriormente descrito. A porcentagem de germinação foi expressa pelo total de sementes germinadas em relação ao número de sementes postas para germinar em cada repetição, ou seja, $\%G = (\sum ni/N) \cdot 100$, onde: $\sum ni$ refere a quantidade total de sementes germinadas em relação ao número de sementes colocadas para germinar (N).



Figura 2. Sementes de monjoleiro com emissão da raiz primária. (Fonte: arquivo pessoal da autora)

Porcentagem de plântulas normais: obtida pela relação entre o número de plântulas normais, ou seja, de plântulas com as estruturas essenciais perfeitas (Figura 3), e o número inicial de sementes postas para germinar.



Figura 3. Plântula normal de monjoleiro, com estruturas essenciais perfeitas. (Fonte: arquivo pessoal da autora)

Índice de velocidade de germinação: realizado juntamente com o teste de germinação, o IVG foi obtido de acordo com Maguire (1962): $IVG = (G1/N1) + (G2/N2) + \dots + (Gn/Nn)$, sendo: G1, G2 e Gn = número de sementes germinadas computadas na primeira, na segunda e, assim sucessivamente, até a última contagem; N1, N2 e Nn = número de dias da sementeira à primeira, segunda e última contagem.

Comprimento da parte aérea e da raiz: ao final do teste de germinação, as plântulas normais de cada repetição de cada tratamento foram medidas, avaliando-se o comprimento da parte aérea e da raiz, com auxílio de régua graduada (mm). Os resultados foram expressos em cm/plântula, com base na média de cada repetição.

Massa seca de parte aérea e da raiz: as mesmas plântulas avaliadas anteriormente tiveram a parte aérea separada da raiz e, em seguida, esses componentes foram acondicionados separadamente em sacos de papel Kraft, para a secagem em estufa de circulação de ar forçado, a 60 °C por 24 h (NAKAGAWA, 1999). Posteriormente, as amostras foram pesadas em balança analítica (0,0001 g), e os resultados foram expressos em termos médios por repetição em g/plântula.

Entropia Informacional (ENT): ou índice de sincronização, ou incerteza do processo germinativo, foi expresso conforme Santana e Ranal (2004):

$$ENT = - \sum_{i=1}^k f_i \cdot \log_2(f_i)$$

Em que f_i = frequência relativa da germinação; \log_2 = logaritmo de base 2 e k = último dia de observação da germinação. O resultado foi expresso em bits.

3.3.1 Procedimento Estatístico

O delineamento experimental foi o inteiramente ao acaso (DIC), em parcelas subdivididas, com cinco repetições de 20 sementes por tratamento. As parcelas foram representadas pelas temperaturas e as subparcelas pelos potenciais hídricos. Os dados foram submetidos a testes de normalidade e homocedasticidade, seguidos de transformação quando necessário, análise de variância, testes de médias e de regressão (SANTANA; RANAL, 2004), com o uso do programa SISVAR (FERREIRA, 2011). Procedeu-se ao desdobramento da interação temperatura x potencial hídrico, quando esta apresentou significância até o nível de 30% de probabilidade, com base nas recomendações de Perecin e Cargnelutti Filho (2008).

As análises de regressão para descrever os efeitos dos potenciais hídricos sobre as características avaliadas, foram realizadas com o uso do software OriginPro 8, utilizando o modelo logístico não linear (logística 1), conforme apresentado por Azerêdo, Paula e Valeri (2016):

$$y = a / (1 + e^{-k(x-xc)}) \text{ em que :}$$

y= valor da característica para um determinado valor de x (potencial hídrico);

a= valor máximo da característica y;

k= taxa relativa de crescimento (no caso presente, de redução de y);

xc= valor de x (potencial hídrico) que proporciona uma redução no valor máximo da característica em 50%.

3.4 Germinação Sob Estresse Salino

Para simular o estresse salino foram usadas soluções aquosas de NaCl, preparadas de acordo com a fórmula de Van'tHoff, citada por Braga *et al.* (1999). As sementes foram submetidas à germinação nas duas temperaturas (25 e 30 °C) e nos seguintes potenciais salinos: 0 (testemunha – água), -0,10; -0,20; -0,30; -0,40; -0,50; -0,60; -0,80 e -1,00 MPa.

O teste de germinação foi conduzido segundo os procedimentos descritos no item 3.3, com exceção da duração do experimento que, neste caso, foi de 21 dias, avaliando-se as mesmas características, porém com o acréscimo das características de comprimento total, massa seca total e relação raiz/parte aérea. O delineamento experimental foi o mesmo adotado no item anterior (3.3.1), assim como os procedimentos para análise dos dados.

4. RESULTADOS

4.1 Germinação Sob Estresse Hídrico

A interação entre temperaturas e potenciais hídricos foi significativa para porcentagem de plântulas normais (PN), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CPR) e massa seca da parte aérea (MSPA). Observou-se, ainda, efeito significativo do potencial hídrico sobre todas as características e da temperatura sobre a massa seca de raiz (MSR) e PN. A MSR foi superior na temperatura de 25 °C (0,0088 g plântula⁻¹) em relação à de 30 °C (0,0068 g plântula⁻¹). Para germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG) e entropia do processo germinativo (ENT), os efeitos da temperatura e da interação temperatura x potencial hídrico foram não significativos, constatando-se apenas o efeito significativo isolado do potencial hídrico (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da Análise de Variância para as características de germinação (G, %), índice de velocidade de germinação (IVG), plântulas normais (PN, %), comprimento (cm) da parte aérea (CPA) e da raiz (CPR), massa seca (g.plântula⁻¹) da parte aérea (MSPA) e de raízes (MSR) e entropia da germinação (ENT, bits) obtidas a partir de sementes de *Senegalia polyphylla* (monjoleiro) submetidas a diferentes potenciais hídricos simulados com polietilenoglicol (PEG 6000) nas temperaturas de 25 e 30 °C.

| Fonte de Variação | Valores de "F" | | | | | | | |
|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| | G% | IVG | PN% | CPA | CPR | MSPA | MSR | ENT |
| Temp (T) | 0,81 ^{ns} | 0,009 ^{ns} | 30,89 ^{**} | 7,53 ^{ns} | 4,00 ^{ns} | 7,19 ^{ns} | 13,14 [*] | 0,026 ^{ns} |
| Pot.Hid (PH) | 171,41 ^{**} | 111,97 ^{**} | 215,17 ^{**} | 96,35 ^{**} | 29,62 ^{**} | 188,98 ^{**} | 17,14 ^{**} | 77,46 ^{**} |
| Temp x PH | 0,91 ^{ns} | 0,69 ^{ns} | 7,31 ^{**} | 5,80 ^{**} | 1,42 ⁺ | 1,88 ⁺ | 1,15 ^{ns} | 0,49 ^{ns} |
| Média | 40 | 1,114 | 26 | 0,385 | 2,930 | 0,0047 | 0,0078 | 1,733 |
| CVparc (%) | 14,71 | 29,20 | 34,88 | 48,94 | 52,26 | 26,55 | 33,46 | 32,73 |
| CVsubp (%) | 22,64 | 27,15 | 29,86 | 44,61 | 47,72 | 35,09 | 59,46 | 25,81 |

^{**}, ^{*}, ⁺ = valores significativos a 1%, 5% e a 30% pelo fator F.

Temp = temperatura, Pot. Hid = potencial hídrico, CVparc = coeficiente de variação da parcela, CVsubp = coeficiente de variação da subparcela.

Tabela 2. Desdobramento da interação temperatura x potencial hídrico para as características plântulas normais (PN, %), comprimento (cm) da parte aérea (CPA) e raiz (CPR) e massa seca (g.plântula⁻¹) da parte aérea (MSPA), obtidos a partir de sementes de *Senegalia polyphylla* (monjoleiro), submetidas a diferentes potenciais hídricos, induzidos com polietilenoglicol (PEG 6000), nas temperaturas de 25 e 30 °C.

| Potenciais Hídricos (MPa) | PN | | CPA | | CPR | | MSPA | |
|---------------------------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|
| | 25 °C | 30 °C | 25 °C | 30 °C | 25 °C | 30 °C | 25 °C | 30 °C |
| 0 | 99 a | 97 a | 1,290 b | 1,571 a | 7,044 a | 6,716 a | 0,0167 b | 0,0203 a |
| -0,1 | 87 a | 53 b | 0,683 b | 1,440 a | 5,682 a | 5,078 a | 0,0128 a | 0,0148 a |
| -0,2 | 49 a | 19 b | 0,631 a | 0,643 a | 4,694 a | 5,452 a | 0,0048 a | 0,0050 a |
| -0,3 | 19 a | 5 b | 0,135 a | 0,083 a | 4,486 a | 1,654 b | 0,0014 a | 0,0006 a |
| -0,4 | 12 a | 4 a | 0,100 a | 0,120 a | 3,146 a | 1,590 a | 0,0006 a | 0,0019 a |
| -0,5 | 8 a | 3 a | 0,095 a | 0,060 a | 2,510 a | 1,430 a | 0,0006 a | 0,0005 a |
| -0,6 | 3 a | 2 a | 0,040 a | 0,040 a | 1,710 a | 1,540 a | 0,0004 a | 0,0004 a |
| -0,8 | 0 a | 0 a | 0,000 a | 0,000 a | 0,000 a | 0,000 a | 0,0000 a | 0,0000 a |
| -1,0 | 0 a | 0 a | 0,000 a | 0,000 a | 0,000 a | 0,000 a | 0,0000 a | 0,0000 a |

Médias seguidas pela mesma letra, para cada característica e potencial hídrico, não diferem entre as duas temperaturas avaliadas pelo teste de Tukey a 5%.

Para as características em que as interações foram significativas, observa-se que o efeito da temperatura em cada potencial hídrico variou com a característica estudada (Tabela 2). Assim, para plântula normal (PN), no potencial zero e nos potenciais mais baixos, não houve diferenças entre as temperaturas, porém, a temperatura de 25 °C proporcionou maiores valores que a temperatura de 30 °C, nos potenciais de -0,1; -0,2 e -0,3 MPa. Para o comprimento da parte aérea (CPA), diferenças entre as temperaturas ocorreram apenas nos potenciais hídricos de 0 e -0,1 MPa, em que os maiores valores foram observados a 30 °C. Para o comprimento da raiz (CPR), diferença entre as temperaturas ocorreu apenas a -0,3 MPa, em que a temperatura de 25 °C proporcionou maior valor médio de CPR. Para massa seca da parte aérea (MSPA), diferença entre as temperaturas foi observada apenas a 0 MPa, em que a temperatura de 30 °C superou a de 25 °C.

Quanto aos efeitos dos potenciais hídricos observa-se, de uma forma geral e como esperado, redução nas características com o aumento do déficit hídrico, sendo esta mais drástica na maior temperatura quando a interação temperaturas x potenciais hídricos foi significativa (Figuras 4 a 11). A porcentagem de germinação teve redução significativa a partir do potencial hídrico -0,2 MPa, nas duas temperaturas, atingindo 50% da germinação inicial em torno de -0,3 MPa, indicando a sensibilidade das sementes ao estresse hídrico imposto. Nos potenciais hídricos de -0,8 e -1,0 MPa a germinação foi praticamente nula, indicando o limite da tolerância ao estresse hídrico no processo germinativo (Figura 4).

Assim como para germinação, o índice de velocidade de germinação (IVG) reduziu gradativamente com o aumento do estresse hídrico, ou seja, a velocidade de germinação tornou-se mais lenta à medida que o potencial hídrico tornou-se mais negativo. O potencial de -0,21 MPa promoveu a redução de 50% no valor máximo do IVG, indicando maior sensibilidade do IVG ao estresse hídrico do que a germinação (Figura 5).

A porcentagem de plântulas normais (PN) mostrou maior sensibilidade ao estresse hídrico na temperatura de 30 °C. Nesta temperatura, o potencial hídrico de -0,1 MPa foi suficiente para reduzir em 50% o valor máximo de porcentagem de plântulas normais observado a 0 MPa, ao passo que a 25 °C essa redução ocorreu no potencial de -0,2 MPa (Figura 6). Isto demonstra que a ocorrência de múltiplos estresses potencializa os efeitos prejudiciais dos estresses isolados. Apesar de ter ocorrido germinação, avaliada pela emissão

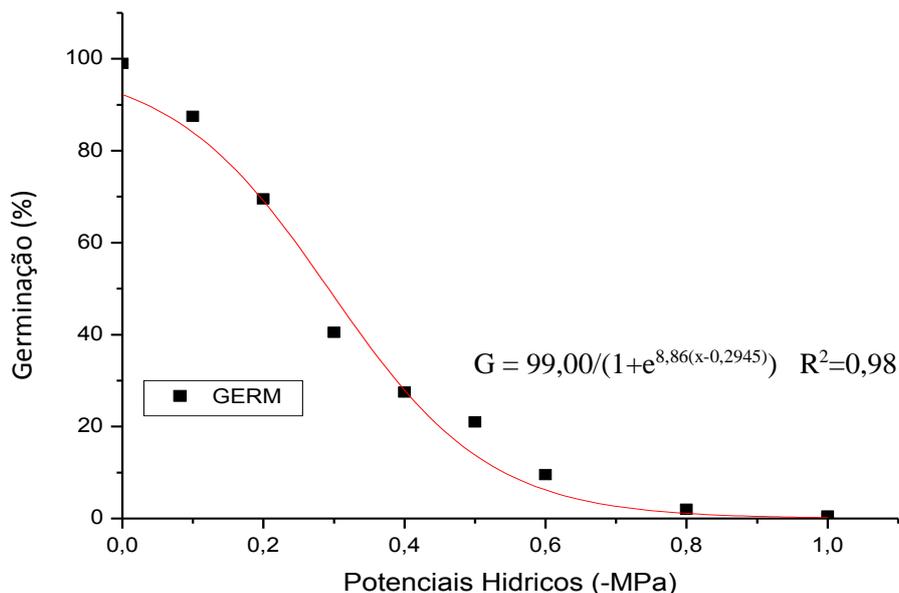


Figura 4. Germinação (G, %) de sementes de *Senegalia polyphylla* (monjoleiro) submetidas a diferentes potenciais hídricos, induzidos com polietilenoglicol (PEG 6000), nas temperaturas de 25 e 30 °C (Dados médios das duas temperaturas).

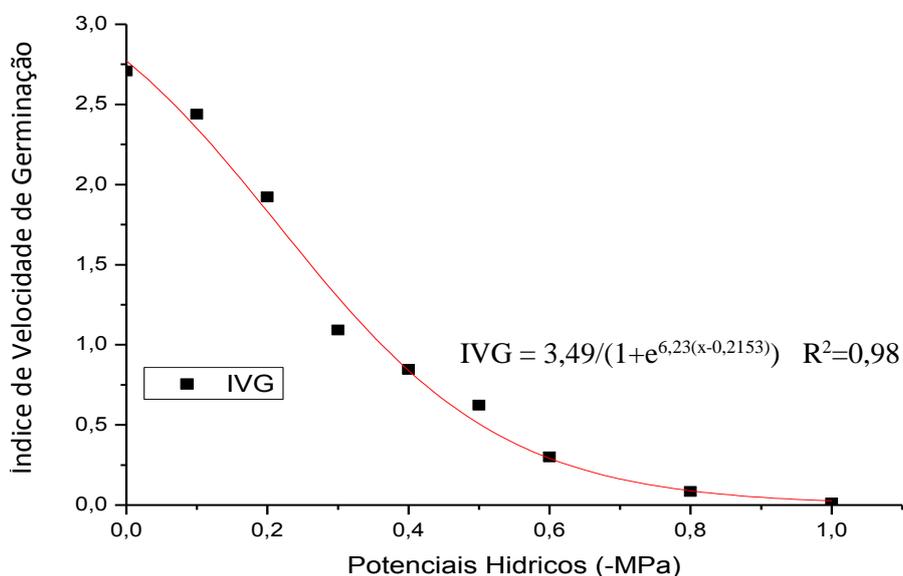


Figura 5. Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Senegalia polyphylla* (monjoleiro) submetidas a diferentes potenciais hídricos, induzidos com polietilenoglicol (PEG 6000), nas temperaturas de 25 e 30 °C (Dados médios das duas temperaturas).

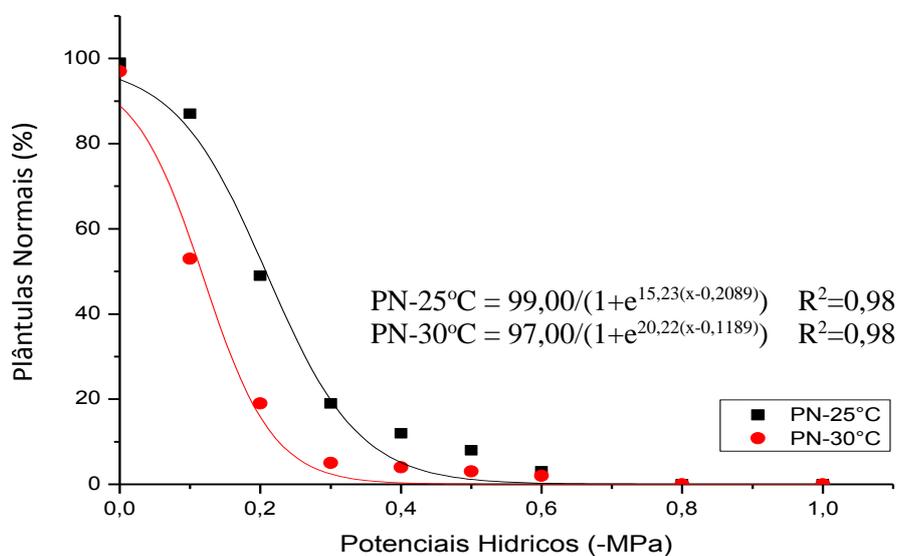


Figura 6. Plântulas normais (PN, %) obtidas de sementes de *Senegalia polyphylla* (monjoleiro) submetidas a diferentes potenciais hídricos, induzidos com polietilenoglicol (PEG 6000), nas temperaturas de 25 e 30 °C.

da raiz primária, em alguns potenciais hídricos não houve desenvolvimento posterior de plântulas normais, sendo que os potenciais mais negativos impediram por completo a formação de plântulas normais e favoreceram a deterioração das sementes.

Para o comprimento da parte aérea (CPA, Figura 7) a temperatura de 30 °C inicialmente mostrou-se mais favorável, proporcionando valores superiores de CPA, contudo, com o aumento do déficit hídrico nessa temperatura houve redução mais drástica dessa característica comparativamente ao observado a 25 °C, porém sem diferenças marcantes entre as temperaturas nos potenciais posteriores. Diante disto, o potencial hídrico necessário para reduzir o valor

máximo do comprimento da parte aérea em 50%, foi semelhante nas duas temperaturas, sendo de -0,16 MPa a 25° C e de -0,19 MPa, a 30° C.

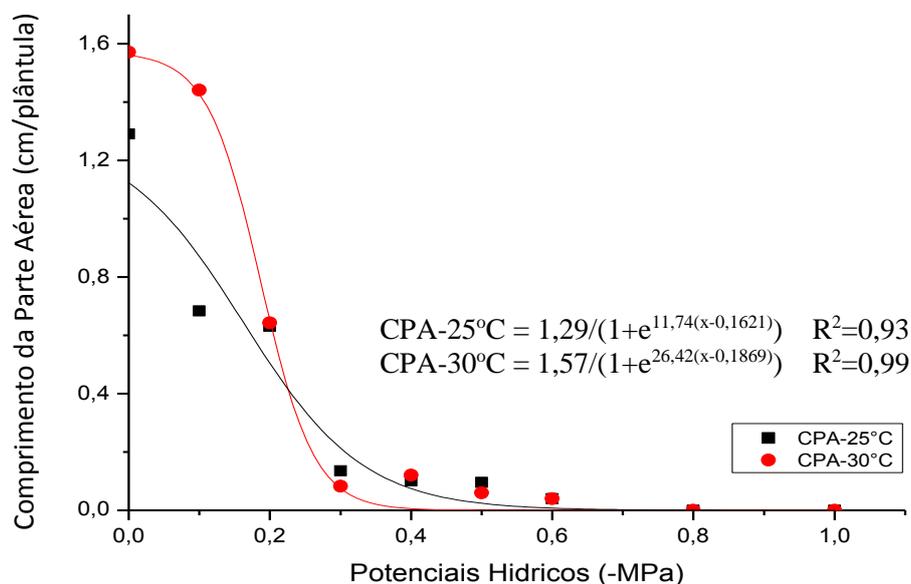


Figura 7. Comprimento da parte aérea de plântulas (CPA, cm/plântula) de *Senegalia polyphylla* (monjoleiro) obtidas a partir de sementes submetidas a diferentes potenciais hídricos, induzidos com polietilenoglicol (PEG 6000), nas temperaturas de 25 e 30 °C.

Em relação ao comprimento de raiz (CPR, Figura 8), nota-se maior sensibilidade ao déficit hídrico a 30 °C, em que o potencial hídrico de -0,13 MPa foi suficiente para reduzir em 50% o valor máximo dessa característica, sendo que para a temperatura de 25 °C isto foi observado apenas no potencial hídrico de -0,32 MPa. Também pode-se observar que o comportamento do CPR foi semelhante nas duas temperaturas, porém com desempenho inferior a 30 °C.

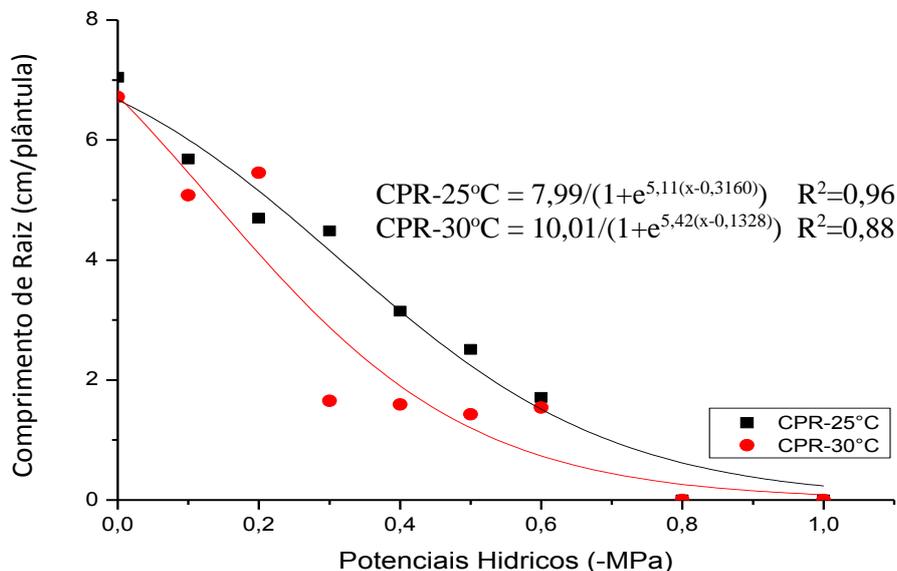


Figura 8. Comprimento de raiz de plântulas (CPR, cm/plântula) de *Senegalia polyphylla* (monjoleiro) obtidas a partir de sementes submetidas a diferentes potenciais hídricos, induzidos com polietilenoglicol (PEG 6000), nas temperaturas de 25 e 30 °C.

A massa seca da parte aérea (MSPA, Figura 9) apresentou inicialmente valores superiores sob 30 °C, entretanto nos demais potenciais não houve diferenças marcantes entre as temperaturas. A 30 °C a redução de 50% no valor máximo da MSPA ocorreu no potencial de -0,16 MPa, sendo semelhante ao observado na temperatura de 25 °C, onde a mesma redução percentual se deu no potencial de -0,15 MPa.

Para massa seca de raiz (MSR, Figura 10) e entropia do processo germinativo (ENT, Figura 11), em que houve efeito isolado do potencial hídrico, na média das duas temperaturas, observa-se redução dessas características, assim como observado para as demais, com o aumento do déficit hídrico. A redução da entropia com o aumento do déficit hídrico se deve a menor porcentagem de germinação observada em que apenas as sementes mais vigorosas do lote conseguiram germinar e fizeram isto de forma sincronizada.

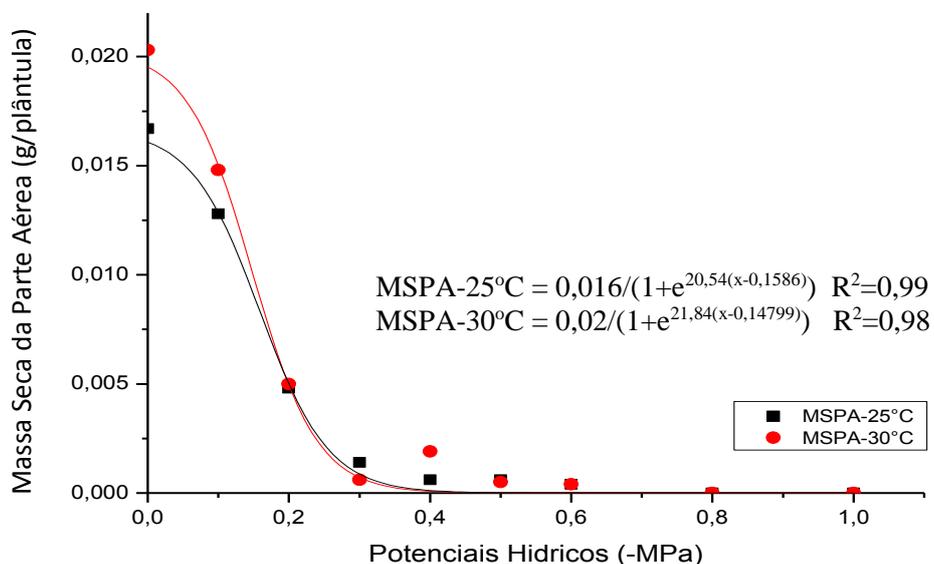


Figura 9. Massa seca da parte aérea de plântulas (MSPA, g/plântula) de *Senegalia polyphylla* (monjoleiro) obtidas a partir de sementes submetidas a diferentes potenciais hídricos, induzidos com polietilenoglicol (PEG 6000), nas temperaturas de 25 e 30 °C.

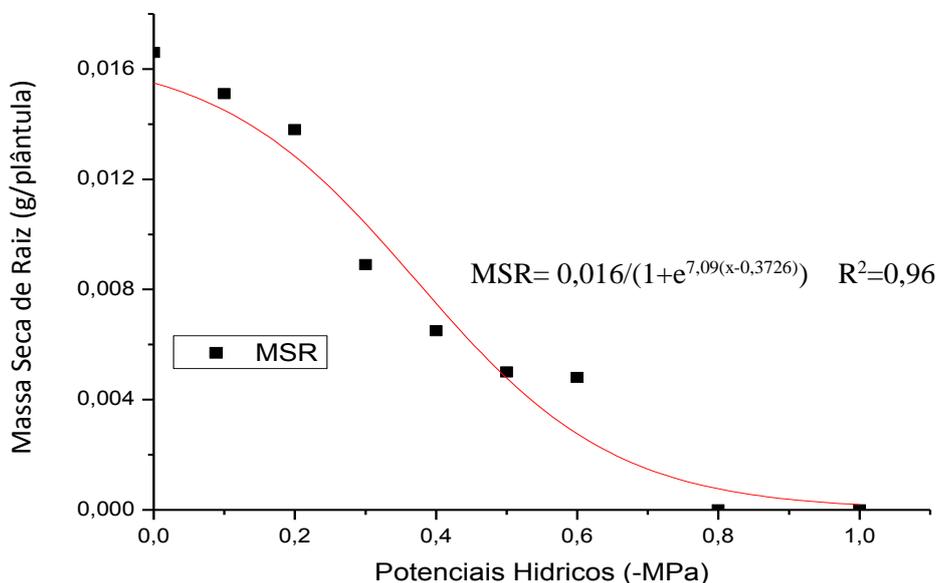


Figura 10. Massa seca de raiz de plântulas (MSR, g/plântula) de *Senegalia polyphylla* (monjoleiro) obtidas a partir de sementes submetidas a diferentes potenciais hídricos, induzidos com polietilenoglicol (PEG 6000), nas temperaturas de 25 e 30 °C (Dados médios das duas temperaturas).

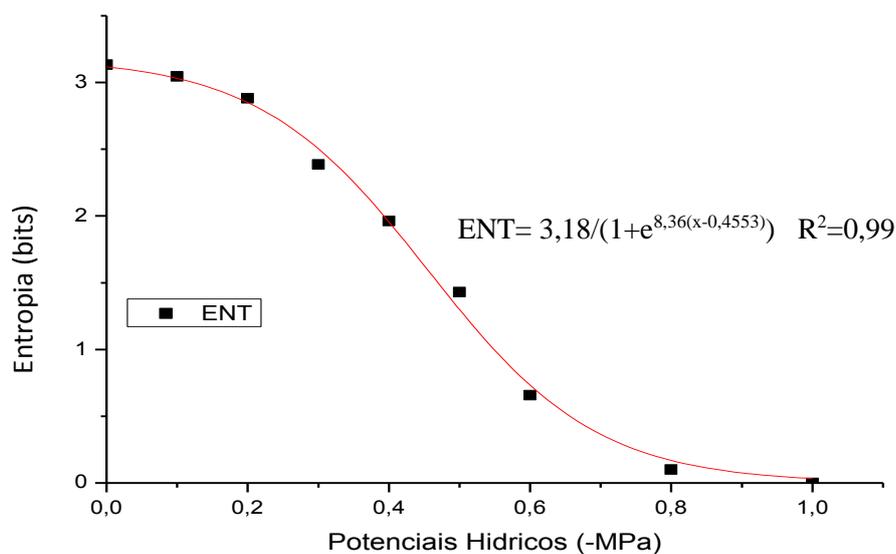


Figura 11. Entropia informacional (ENT, bits) do processo germinativo de sementes de *Senegalia polyphylla* (monjoleiro) submetidas a diferentes potenciais hídricos, induzidos com polietilenoglicol (PEG 6000), nas temperaturas de 25 e 30 °C (Dados médios das duas temperaturas).

4.2 Germinação Sob Estresse Salino

A interação temperaturas x potenciais osmóticos foi significativa para todas as características, exceto para plântulas normais (PN), em que observou-se efeito significativo apenas do potencial osmótico (Tabela 3), e para a entropia da germinação (ENT), em que observou-se efeito significativo do potencial osmótico e da temperatura (Tabela 4). A ENT foi superior na temperatura de 25 °C (1,0929 bits) em relação à de 30 °C (0,6911 bits).

Em relação ao coeficiente de variação (CV), as características de comprimento de raiz, massa seca de raiz, entropia e relação raiz/parte aérea (RPA), sejam na parcela ou subparcela, apresentaram valores altos, já para plântulas normais, comprimento da parte aérea, massa seca da parte aérea,

comprimento total e massa seca total os valores são altos apenas para a subparcela. Para as demais características os valores estão dentro da faixa normalmente observada em experimentos com sementes florestais.

Tabela 3. Resumo da Análise de Variância para as características de germinação (G, %), índice de velocidade de germinação (IVG), plântulas normais (PN, %), comprimento (cm) da parte aérea (CPA) e de raiz (CPR), massa seca (g.plântula⁻¹) da parte aérea (MSPA) obtidas a partir de sementes de *Senegalia polyphylla* (monjoleiro) submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos com soluções aquosas de NaCl nas temperaturas de 25 e 30 ° C.

| Fonte de Variação | Valores de "F" | | | | | |
|-------------------|----------------|---------------------|---------------------|-----------|----------|-----------|
| | G% | IVG | PN | CPA | CPR | MSPA |
| Temp (T) | 140,167** | 5,363 ^{ns} | 0,330 ^{ns} | 46,200** | 14,877* | 16,197* |
| Pot. Osm. (PO) | 277,779** | 223,564** | 292,761** | 203,873** | 52,573** | 191,379** |
| Temp x PO | 2,866** | 1,994+ | 0,500 ^{ns} | 4,557** | 1,491+ | 3,568** |
| Média | 74 | 1,678 | 17 | 1,157 | 1,213 | 0,0054 |
| CV_parc (%) | 3,47 | 10,41 | 21,31 | 18,51 | 44,94 | 24,31 |
| CV_subp (%) | 7,74 | 9,51 | 32,53 | 31,19 | 57,96 | 32,73 |

** , * , + = valores significativos a 1%, 5% e a 30% pelo fator F.

Temp = temperatura, Pot. Osm.= potencial osmótico, CV_parc = coeficiente de variação da parcela, CV.subp = coeficiente de variação da subparcela.

Tabela 4. Resumo da Análise de Variância para as características de massa seca de raiz (MSR, g.plântula⁻¹), entropia da germinação (ENT, bits), comprimento total (CT, cm), massa seca total (MST, g.plântula⁻¹) e relação raiz/parte aérea (RPA), obtidas a partir de sementes de *Senegalia polyphylla* (monjoleiro) submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos com soluções aquosas de NaCl nas temperaturas de 25 e 30 °C.

| Fonte de Variação | Valores de "F" | | | | |
|-------------------|---------------------|---------------------|-----------|-----------|----------|
| | MSR | ENT | CT | MST | RPA |
| Temp (T) | 2,485 ^{ns} | 24,115** | 31,194** | 10,294* | 9,465* |
| Pot. Osm. (PO) | 86,756** | 21,722** | 116,947** | 181,417** | 15,272** |
| Temp x PO | 3,174** | 0,481 ^{ns} | 2,793* | 3,943** | 1,647+ |
| Média | 0,0018 | 0,8919 | 2,369 | 0,0072 | 0,432 |
| CV_parc (%) | 51,86 | 43,51 | 26,88 | 29,21 | 68,94 |
| CV_subp (%) | 45,11 | 42,16 | 39,94 | 32,96 | 92,35 |

** , * , + = valores significativos a 1%, 5% e a 30% pelo fator F.

Temp = temperatura, Pot. Osm.= potencial osmótico, CV_parc = coeficiente de variação da parcela, CV.subp = coeficiente de variação da subparcela.

Na comparação entre temperaturas em cada potencial osmótico, verifica-se que a germinação na temperatura de 25 °C foi menos afetada pelo estresse salino que na temperatura de 30 °C, nos potenciais de -0,2 e -0,8 MPa; nos demais potenciais osmóticos não houve diferença entre as temperaturas. Para o índice de velocidade de germinação (IVG) a temperatura de 25 °C foi superior a de 30 °C no potencial -0,8 MPa, mas não houve diferença entre as temperaturas nos demais potenciais. Para comprimento da parte aérea (CPA), diferenças entre as temperaturas ocorreram nos potenciais -0,2, e -0,3 MPa, em que a temperatura de 25 °C superou a de 30 °C (Tabela 5). Dessa forma, percebe-se que ocorreram diferenças entre as temperaturas para as porcentagens de germinação, índice de velocidade de germinação e comprimento da parte aérea, em que essas foram superiores na temperatura de 25 °C.

Tabela 5. Desdobramento da interação temperatura x potencial salino para as características de germinação (G, %), índice de velocidade de germinação (IVG) e comprimento da parte aérea (CPA, cm.plântula⁻¹), obtidas a partir de sementes de *Senegalia polyphylla* (monjoleiro), submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos com soluções aquosas de NaCl, nas temperaturas de 25 e 30 °C.

| Potenciais Osmóticos (MPa) | G | | IVG | | CPA | |
|-------------------------------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|
| | 25 °C | 30 °C | 25 °C | 30 °C | 25 °C | 30 °C |
| 0 | 98 a | 93 a | 2,685 a | 2,654 a | 4,505 a | 4,091 a |
| -0,1 | 96 a | 93 a | 2,155 a | 2,131 a | 3,090 a | 3,002 a |
| -0,2 | 97 a | 89 b | 2,099 a | 1,980 a | 2,515 a | 1,937 b |
| -0,3 | 93 a | 89 a | 1,991 a | 1,959 a | 1,480 a | 0,000 b |
| -0,4 | 89 a | 87 a | 1,902 a | 1,911 a | 0,200 a | 0,000 a |
| -0,5 | 86 a | 84 a | 1,786 a | 1,822 a | 0,000 a | 0,000 a |
| -0,6 | 79 a | 73 a | 1,651 a | 1,570 a | 0,000 a | 0,000 a |
| -0,8 | 49 a | 27 b | 1,001 a | 0,558 b | 0,000 a | 0,000 a |
| -1,0 | 12 a | 6 a | 0,215 a | 0,133 a | 0,000 a | 0,000 a |

Médias seguidas pela mesma letra, para cada característica e potencial osmótico, não diferem entre as duas temperaturas avaliadas pelo teste de Tukey a 5%.

Para o comprimento de raiz (CPR), a temperatura de 25 °C superou a de 30 °C no potencial de -0,3 MPa, nos demais potenciais não houve diferença entre as temperaturas. Para a massa seca da parte aérea (MSPA), a diferença entre temperaturas ocorreu no potencial de -0,3 MPa, em que a temperatura de 25 °C superou a de 30 °C. Para massa seca de raiz (MSR), na comparação entre temperaturas em cada potencial osmótico, verifica-se que a única diferença observada entre as temperaturas ocorreu no potencial -0,3 MPa, em que a temperatura de 25 °C proporcionou resultados superiores ao observado a 30 °C (Tabela 6).

Tabela 6. Desdobramento da interação temperatura x potencial salino para as características de comprimento de raiz (CPR, cm), massa seca (g plântula⁻¹) da parte aérea (MSPA) e de raiz (MSR), obtidas a partir de sementes de *Senegalia polyphylla* (monjoleiro), submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos com soluções aquosas de NaCl, nas temperaturas de 25 e 30 °C.

| Potenciais Osmóticos (MPa) | CPR | | MSPA | | MSR | |
|-------------------------------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|
| | 25 °C | 30 °C | 25 °C | 30 °C | 25 °C | 30 °C |
| 0 | 4,278 a | 3,984 a | 0,0217 a | 0,0199 a | 0,0060 a | 0,0062 a |
| -0,1 | 3,410 a | 2,641 a | 0,0133 a | 0,0136 a | 0,0044 a | 0,0046 a |
| -0,2 | 3,020 a | 2,295 a | 0,0108 a | 0,0098 a | 0,0038 a | 0,0040 a |
| -0,3 | 1,600 a | 0,000 b | 0,0064 a | 0,0000 b | 0,0026 a | 0,0000 b |
| -0,4 | 0,600 a | 0,000 a | 0,0011 a | 0,0000 a | 0,0007 a | 0,0000 a |
| -0,5 | 0,000 a | 0,000 a | 0,0000 a | 0,0000 a | 0,0000 a | 0,0000 a |
| -0,6 | 0,000 a | 0,000 a | 0,0000 a | 0,0000 a | 0,0000 a | 0,0000 a |
| -0,8 | 0,000 a | 0,000 a | 0,0000 a | 0,0000 a | 0,0000 a | 0,0000 a |
| -1,0 | 0,000 a | 0,000 a | 0,0000 a | 0,0000 a | 0,0000 a | 0,0000 a |

Médias seguidas pela mesma letra, para cada característica e potencial osmótico, não diferem entre as duas temperaturas avaliadas pelo teste de Tukey a 5%.

Para o comprimento total (CT), diferenças entre as temperaturas ocorreram apenas nos potenciais osmóticos de -0,2 e -0,3 MPa, em que os

maiores valores foram observados a 25 °C. Em relação à massa seca total (MST), a temperatura de 25 °C superou a de 30 °C no potencial de -0,3 MPa, nos demais potenciais não houve diferença entre as temperaturas. Por fim, para a relação raiz/parte aérea (RPA) as únicas diferenças observadas entre as temperaturas ocorreram nos potenciais -0,3 e -0,4 MPa, em que a temperatura de 25 °C proporcionou resultados superiores ao observado a 30 °C (Tabela 7).

Tabela 7. Desdobramento da interação temperatura x potencial salino para as características de comprimento total (CT, cm), massa seca total (MST, g.plântula⁻¹) e relação raiz/parte aérea (RPA), obtidas a partir de sementes de *Senegalia polyphylla* (monjoleiro), submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos com soluções aquosas de NaCl, nas temperaturas de 25 e 30 °C.

| Potenciais Osmóticos (MPa) | CT | | MST | | RPA | |
|-------------------------------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|
| | 25 °C | 30 °C | 25 °C | 30 °C | 25 °C | 30 °C |
| 0 | 8,783 a | 8,074 a | 0,0278 a | 0,0260 a | 0,9544 a | 0,9771 a |
| -0,1 | 6,499 a | 5,643 a | 0,0177 a | 0,0182 a | 1,1100 a | 0,8778 a |
| -0,2 | 5,535 a | 4,232 b | 0,0146 a | 0,0138 a | 1,2247 a | 1,1653 a |
| -0,3 | 3,080 a | 0,000 b | 0,0090 a | 0,0000 b | 0,8706 a | 0,0000 b |
| -0,4 | 0,800 a | 0,000 a | 0,0017 a | 0,0000 a | 0,6000 a | 0,0000 b |
| -0,5 | 0,000 a | 0,000 a | 0,0000 a | 0,0000 a | 0,0000 a | 0,0000 a |
| -0,6 | 0,000 a | 0,000 a | 0,0000 a | 0,0000 a | 0,0000 a | 0,0000 a |
| -0,8 | 0,000 a | 0,000 a | 0,0000 a | 0,0000 a | 0,0000 a | 0,0000 a |
| -1,0 | 0,000 a | 0,000 a | 0,0000 a | 0,0000 a | 0,0000 a | 0,0000 a |

Médias seguidas pela mesma letra, para cada característica e potencial osmótico, não diferem entre as duas temperaturas avaliadas pelo teste de Tukey a 5%.

Analisando o comportamento das características em função dos potenciais osmóticos, seja para cada temperatura ou na média das duas temperaturas, observa-se em geral, redução dessas com o aumento do estresse proporcionado pelas maiores concentrações de NaCl (Figuras 12 a 22).

Para a porcentagem de germinação (G, Figura 12), observa-se comportamento semelhante entre as temperaturas até -0,6 MPa, porém a -0,8 e -1,0 MPa a temperatura de 30 °C proporcionou maior redução na germinação, indicando que o estresse é potencializado na temperatura mais elevada. O valor de potencial osmótico que promoveu 50% de redução do valor máximo da porcentagem de germinação foi de -0,79 MPa para a temperatura de 25 °C e de -0,72 MPa a 30 °C.

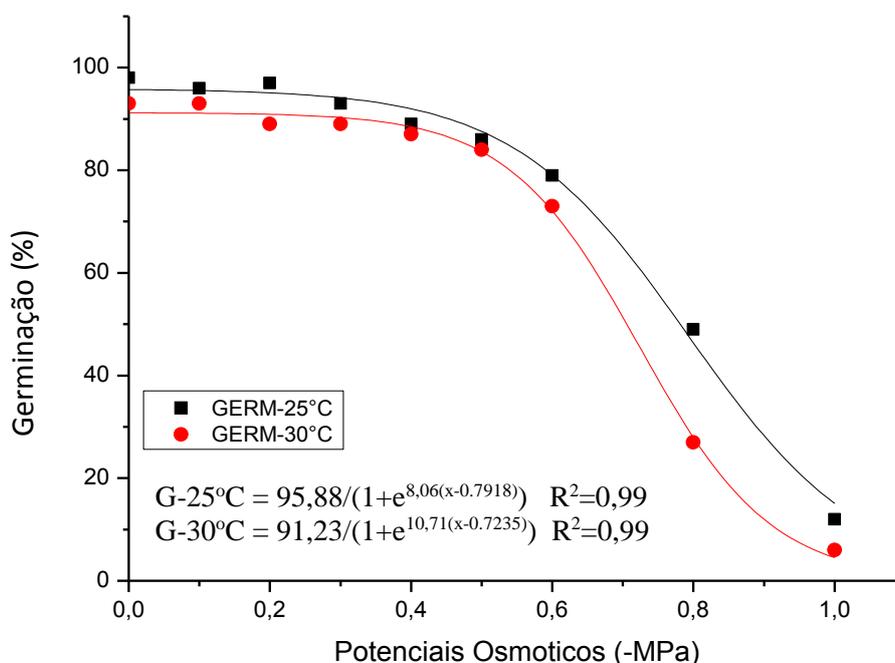


Figura 12. Germinação (G, %) de sementes de *Senegalia polyphylla* (monjoleiro) submetidas a diferentes potenciais osmóticos, induzidos com soluções aquosas de NaCl, nas temperaturas de 25 e 30 °C.

Assim como para germinação, para o índice de velocidade de germinação (IVG, Figura 13) observa-se comportamento semelhante entre as temperaturas até -0,6 MPa, porém nos potenciais seguintes a temperatura de 30 °C proporcionou maior redução no IVG. O valor de potencial osmótico que

promoveu 50% de redução do valor máximo do IVG foi de -0,70 MPa para a temperatura de 25 °C e de -0,67 MPa a 30 °C.

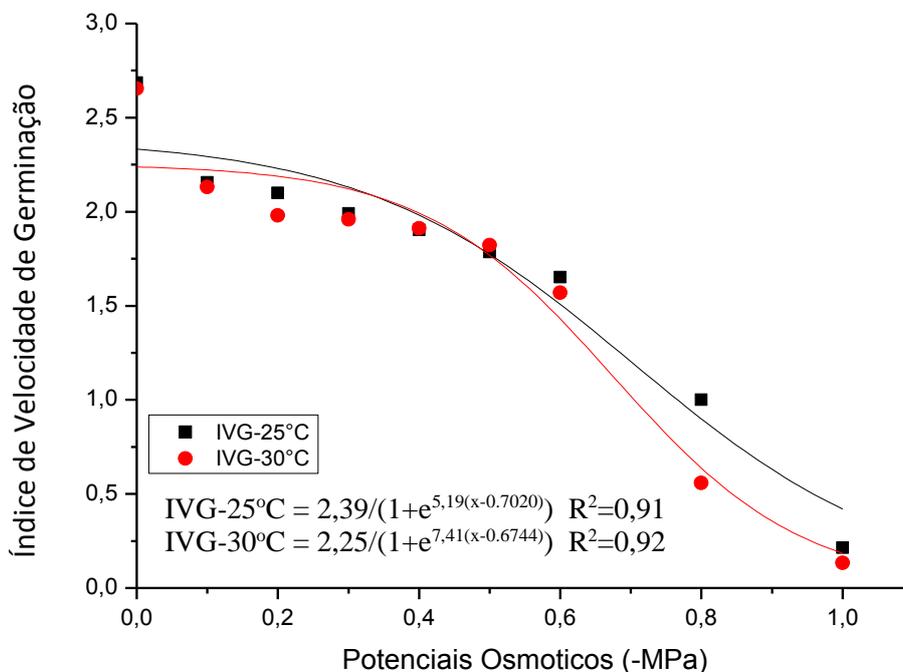


Figura 13. Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Senegalia polyphylla* (monjoleiro) submetidas a diferentes potenciais osmóticos, induzidos com soluções aquosas de NaCl, nas temperatura de 25 e 30 °C.

A porcentagem de plântulas normais (PN) mostrou maior sensibilidade ao estresse salino, ou seja, o seu desenvolvimento tornou-se mais lento à medida que o potencial osmótico tornou-se mais negativo. O potencial de -0,13 MPa foi suficiente para reduzir em 50% o valor máximo de porcentagem de plântulas normais (Figura 14). Também, observa-se que a formação de plântulas normais é mais prejudicada que a germinação avaliada pela emissão da raiz primária, sendo que a -0,3 MPa não houve formação de plântulas normais, não obstante a emissão da raiz primária ter-se mantido em porcentagens elevadas.

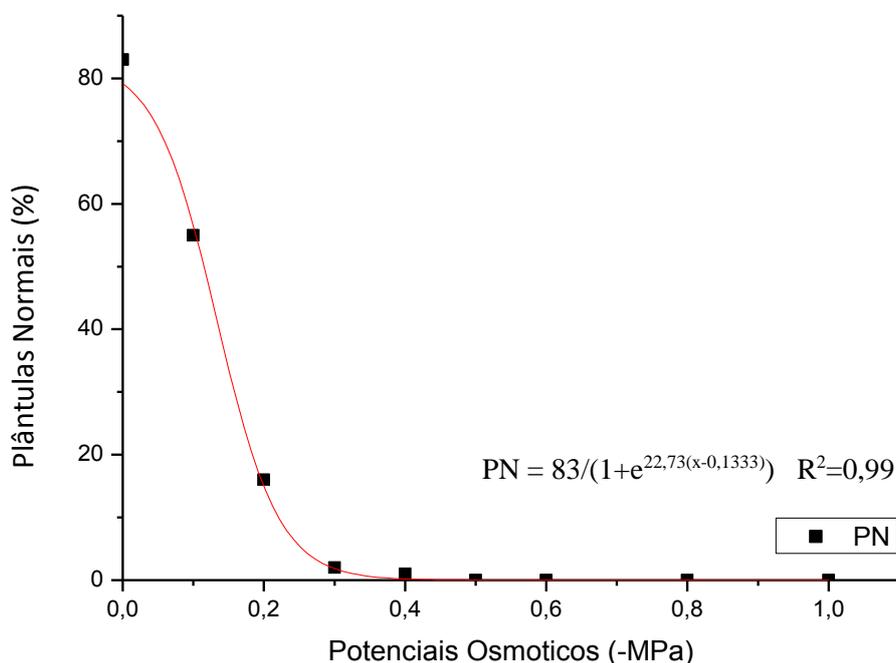


Figura 14. Plântulas normais (PN, %) obtidas de sementes de *Senegalia polyphylla* (monjoleiro) submetidas a diferentes potenciais osmóticos, induzidos com soluções aquosas de NaCl, nas temperaturas de 25 e 30 °C (Dados médios das duas temperaturas).

Para o comprimento da parte aérea (CPA) observa-se, um comportamento semelhante entre as temperaturas até o potencial -0,2 MPa, mas com superioridade na temperatura de 25 °C, logo em seguida a temperatura de 30 °C proporcionou maior redução, indicando que o estresse é potencializado na temperatura mais elevada. O potencial osmótico capaz de reduzir em 50% o valor máximo de CPA foi de -0,21 MPa para temperatura de 25 °C e -0,17 MPa para a de 30 °C (Figura 15).

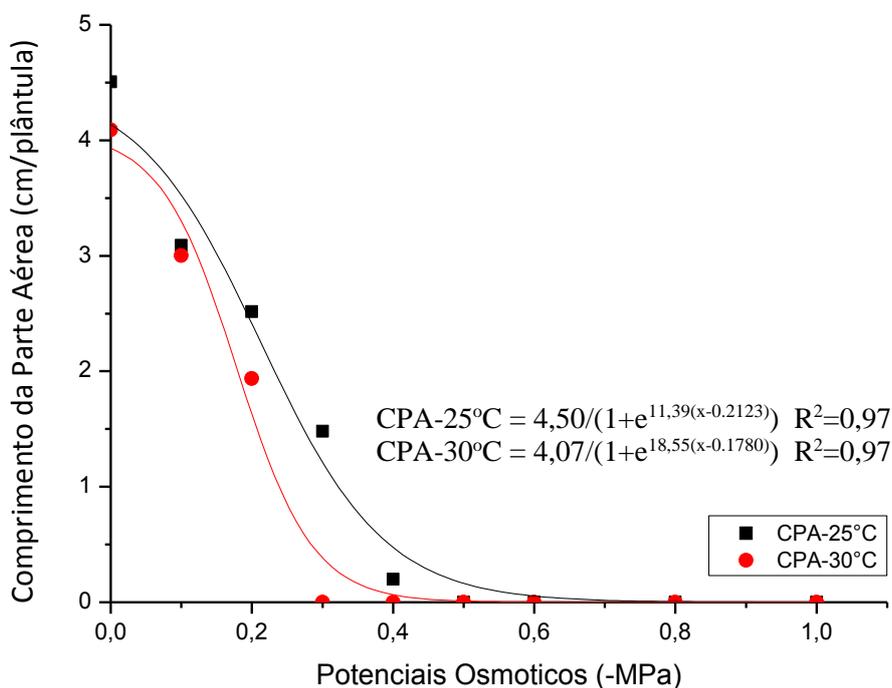


Figura 15. Comprimento da parte aérea de plântulas (CPA, cm/plântula) de *Senegalia polyphylla* (monjoleiro) obtidas a partir de sementes submetidas a diferentes potenciais osmóticos, induzidos com soluções aquosas de NaCl, nas temperaturas de 25 e 30 °C.

A temperatura de 25 °C proporcionou maior comprimento de raiz (CPR) até o potencial osmótico de -0,4 MPa (Figura 16). O potencial osmótico que promove redução de 50% do valor máximo de comprimento da raiz foi de -0,26 MPa a 25 °C e -0,21 MPa a 30 °C.

Em relação à massa seca da parte aérea (MSPA, Figura 17), a diferença ocorreu basicamente a -0,3 MPa, reforçando os resultados da Tabela 6. Nos demais potenciais os resultados foram semelhantes entre as temperaturas. Com isto, o valor de potencial osmótico que promove a redução de 50% no valor máximo da MSPA foi de -0,19 MPa para a temperatura de 25 °C e de -0,17 MPa para a de 30 °C.

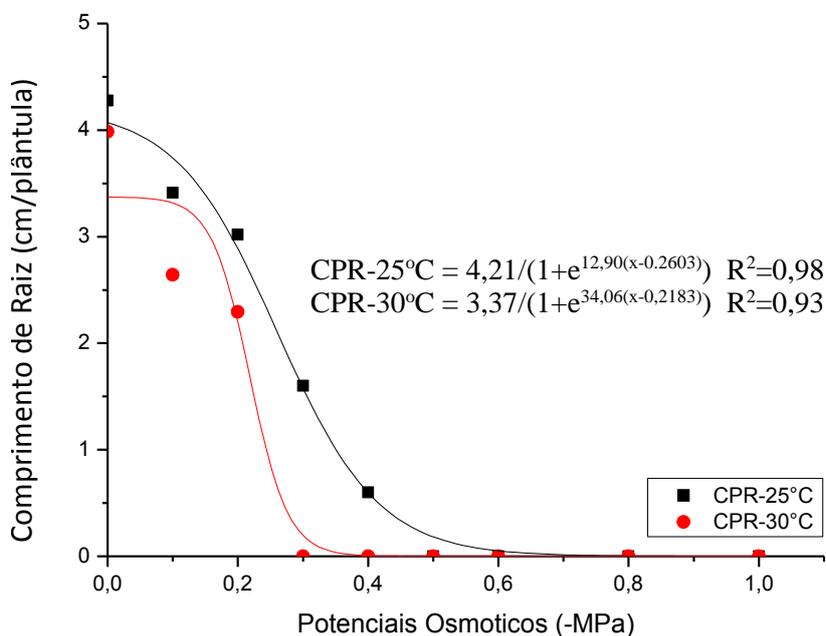


Figura 16. Comprimento de raiz de plântulas (CPR, cm/plântula) de *Senegalia polyphylla* (monjoleiro) obtido a partir de sementes submetidas a diferentes potenciais osmóticos, induzidos com soluções aquosas de NaCl, nas temperaturas de 25 e 30 °C.

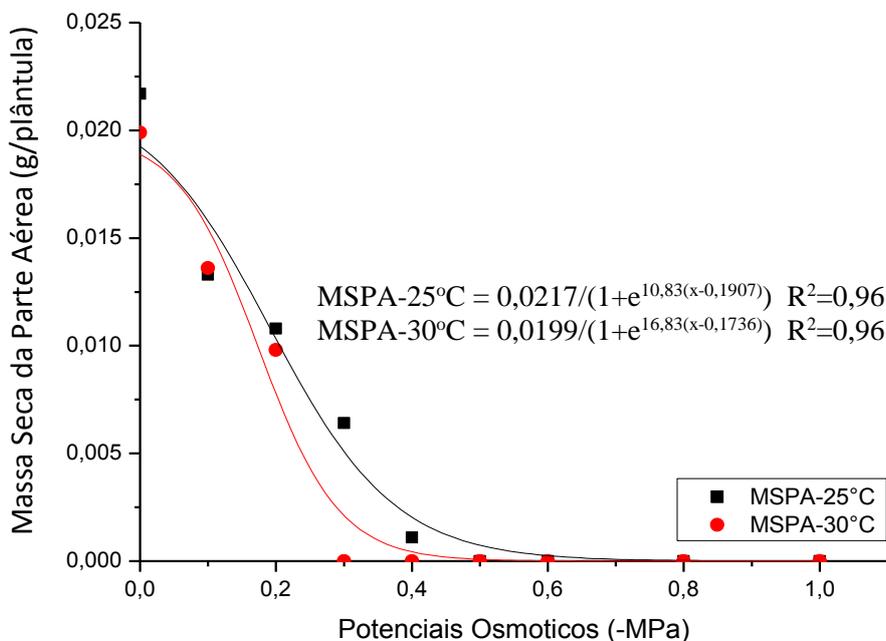


Figura 17. Massa seca da parte aérea de plântulas (MSPA, g/plântula) de *Senegalia polyphylla* (monjoleiro) obtidas a partir de sementes submetidas a diferentes potenciais osmóticos, induzidos com soluções aquosas de NaCl, nas temperaturas de 25 e 30 °C.

A massa seca de raiz (MSR) foi maior na temperatura de 25 °C no potencial de -0,3 MPa. O potencial osmótico que promoveu a redução de 50% no valor máximo de massa seca de raiz foi semelhante entre as temperaturas, sendo de -0,24 MPa para a temperatura de 25°C e de -0,22 MPa para a de 30 °C (Figura 18).

Para a entropia do processo germinativo (ENT, Figura 19) houve apenas o efeito do potencial osmótico, e na média das duas temperaturas houve uma queda gradativa à medida em que o potencial tornou-se mais negativo. Essa característica mostrou-se sem um padrão definido em função dos potenciais osmóticos, o que proporcionou baixo valor de R^2 .

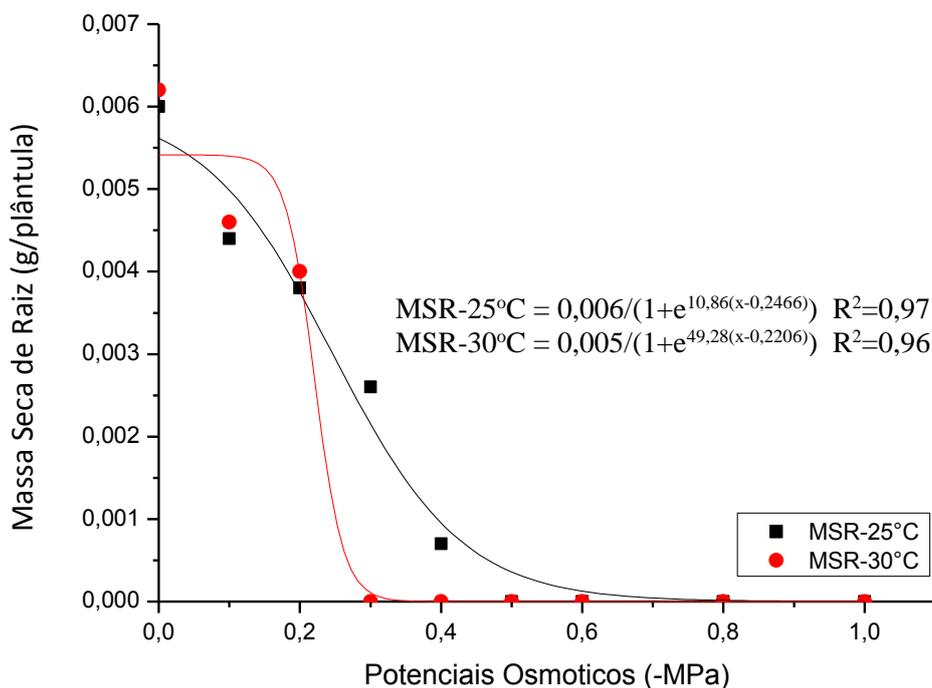


Figura 18. Massa seca de raiz de plântulas (MSR, g/plântula) de *Senegalia polyphylla* (monjoleiro) obtidas de sementes submetidas a diferentes potenciais osmóticos, induzidos com soluções aquosas de NaCl, nas temperaturas de 25 e 30 °C.

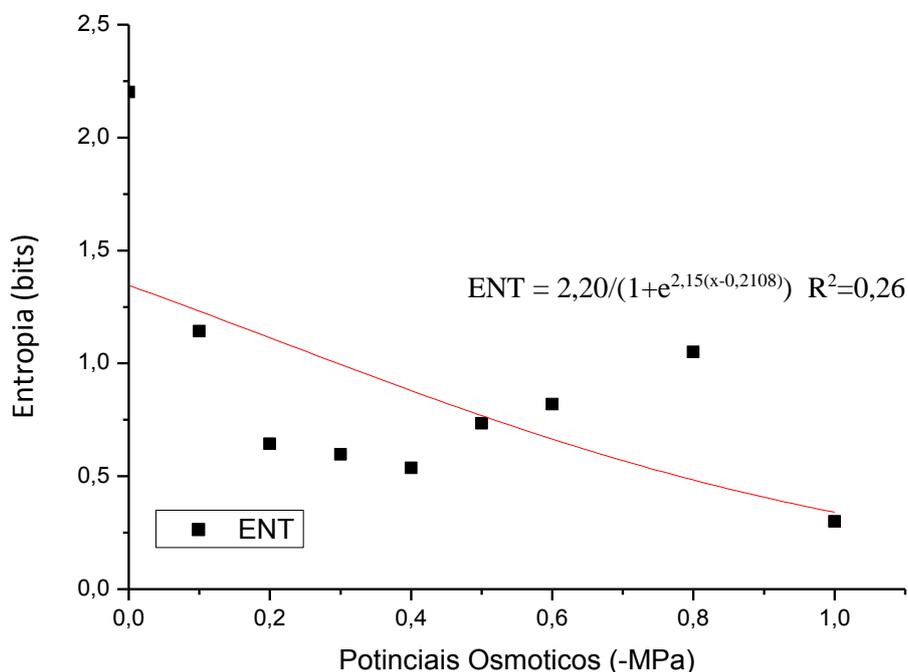


Figura 19. Entropia informacional (ENT, bits) do processo germinativo de sementes de *Senegalia polyphylla* (monjoleiro) submetidas a diferentes potenciais osmóticos, induzidos com soluções aquosas de NaCl, na média das temperaturas de 25 e 30 °C (Dados médios das duas temperaturas).

Para o comprimento total (CT), o comportamento das curvas de ambas temperaturas foi semelhante, porém com superioridade da temperatura de 25 °C em relação a de 30 °C, principalmente até o potencial osmótico de -0,4 MPa (Figura 20). O potencial osmótico que promove redução de 50% do valor máximo de comprimento total foi de -0,23 MPa para a temperatura de 25 °C e -0,18 MPa para a temperatura de 30 °C.

Também há similaridade para a massa seca total (MST) nas duas temperaturas, no entanto com superioridade a 25 °C até o potencial de -0,4 MPa (Figura 21). Com isto, o valor de potencial osmótico que promove a redução de 50% no valor máximo da MST foi de -0,20 MPa para a temperatura de 25 °C e de -0,18 MPa para a de 30 °C.

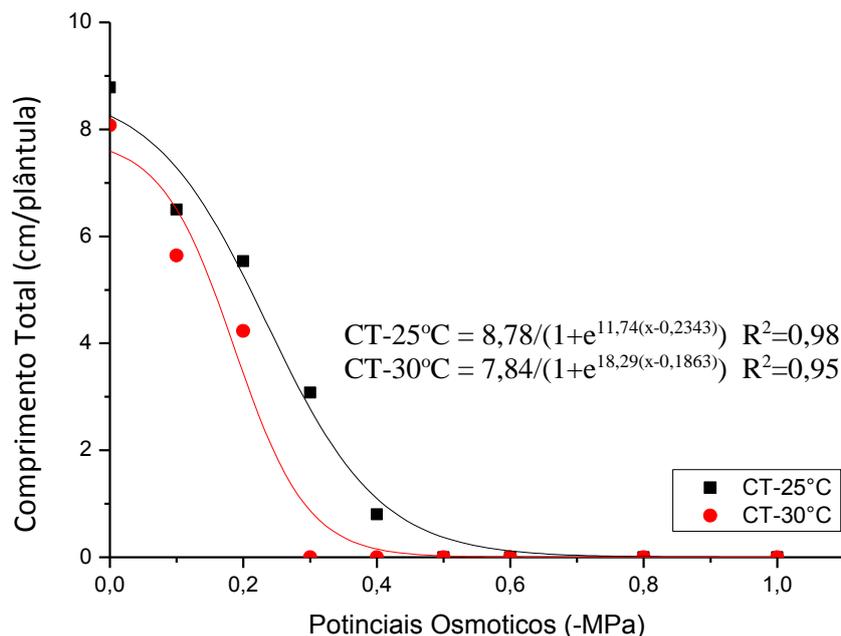


Figura 20. Comprimento total de plântulas (CT, cm/plântula) obtidas a partir de sementes de *Senegalia polyphylla* (monjoleiro) submetidas a diferentes potenciais osmóticos, induzidos com soluções aquosas de NaCl, na média das temperaturas de 25 e 30 °C.

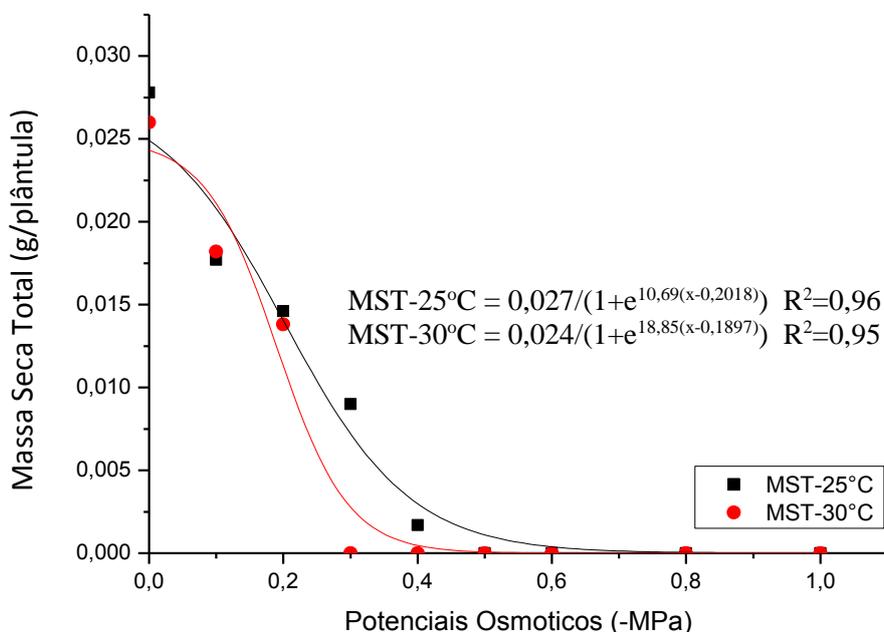


Figura 21. Massa seca total de plântulas (MST, g/plântula) obtidas a partir de sementes de *Senegalia polyphylla* (monjoleiro) submetidas a diferentes potenciais osmóticos, induzidos com soluções aquosas de NaCl, na média das temperaturas de 25 e 30 °C.

A relação raiz/parte aérea (RPA, Figura 22), demonstrou maior sensibilidade ao estresse salino a 30 °C, sendo que o potencial de -0,28 MPa foi suficiente para reduzir em 50% o valor máximo de relação raiz/parte aérea nessa temperatura, ao passo que a 25 °C essa redução ocorreu a -0,40 MPa.

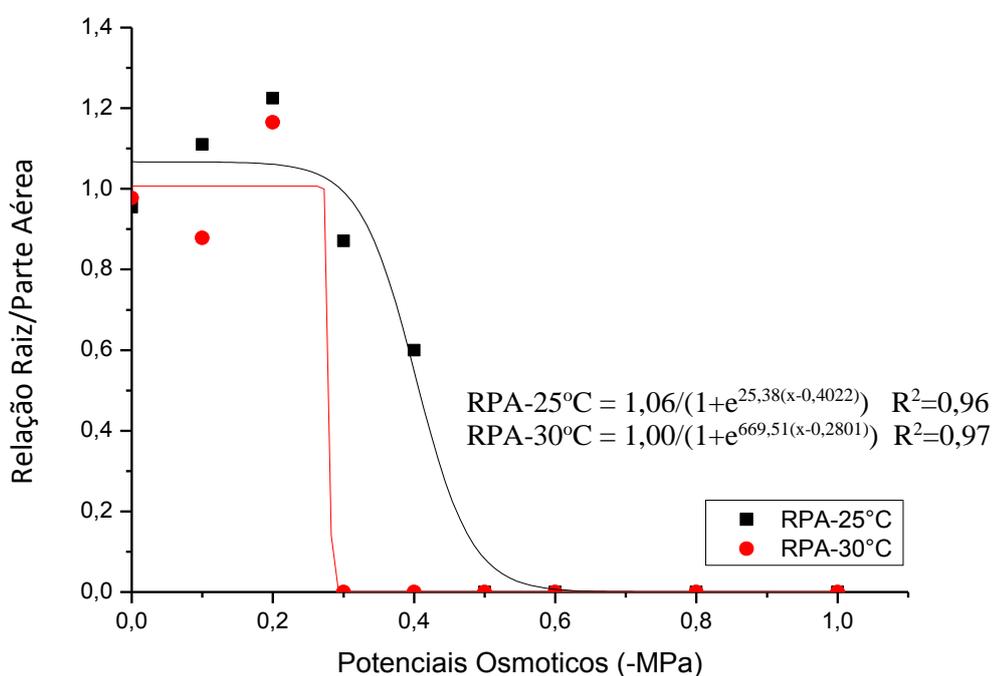


Figura 22. Relação raiz/parte aérea em plântulas (RPA, cm/plântula) obtidas a partir de sementes de *Senegalia polyphylla* (monjoleiro) submetidas a diferentes potenciais osmóticos, induzidos com soluções aquosas de NaCl, na média das temperaturas de 25 e 30 °C.

5. DISCUSSÃO

As plantas são expostas constantemente a situações de estresse, biótico como no caso de pragas, doenças e competição e, ou abióticos por temperaturas extremas, baixa ou alta disponibilidade hídrica e salinização de solos e, ou da água de irrigação. Os estresses abióticos têm preocupado ultimamente pesquisadores e produtores agrícolas, pois dadas as previsões de mudanças climáticas globais é esperado que as áreas ocupadas com culturas agrícolas e, ou florestais sejam submetidas a desvios das condições ideais de cultivo, causados por excesso de temperatura, baixa disponibilidade hídrica e aumento da presença de sais, resultados das atividades humanas em todo o ecossistema, principalmente, pelo uso de fontes não renováveis de energia, desmatamento e usos inadequados dos recursos naturais.

Na área florestal pode-se pensar em dois grupos de ecossistemas, os implantados e os naturais. Os primeiros, no Brasil, são representados por quase 9 milhões de hectares de florestas comerciais dos quais cerca de 78% são ocupados com a cultura do eucalipto, e que são responsáveis por fornecer mais de 90% de toda a madeira para fins industriais no país (IBÁ, 2021). Já os ecossistemas naturais, são representados pelas extensas áreas de florestas naturais presentes, por exemplo, na Amazônia, mas também em áreas menores nos demais biomas, como na Mata Atlântica, Cerrado e Pantanal. Nesses ecossistemas uma preocupação crescente é quanto ao poder de adaptação das espécies autóctones frente às variações citadas, o que poderá garantir a sobrevivência e permanência das mesmas no seu ambiente natural.

Uma das formas de estudar o potencial de adaptação e tolerância das espécies florestais aos estresses abióticos é simular essas condições em laboratório, por exemplo, nas suas diferentes fases de estabelecimento e desenvolvimento.

Observou-se para as sementes de monjoleiro submetidas ao estresse hídrico induzido com polietilenoglicol (PEG 6000) ou ao estresse salino induzido com NaCl, nas temperaturas de 25 e 30 °C, que a temperatura mais elevada, potencializou o efeito danoso do estresse hídrico e salino, reduzindo mais rapidamente o potencial germinativo e o desenvolvimento de plântulas, apesar dessa temperatura encontrar-se na faixa ótima para o processo germinativo da espécie. A redução da germinação sob estresse hídrico pode estar relacionada, entre outros fatores, com o peso molecular e alta viscosidade do polietilenoglicol, já que o mesmo não é absorvido e quando combinado com a baixa taxa de difusão de oxigênio, a disponibilidade do mesmo pode ser comprometida durante o processo germinativo das sementes (BRACCINI *et al.*, 1996). Os resultados aqui obtidos são semelhantes aos reportados por Rosa *et al.* (2005), ao estudarem os efeitos do potencial hídrico sobre a germinação de sementes de *Ateleia glazioviana* Bail (Timbó). Sob estresse salino, o efeito pode estar associado tanto ao estresse hídrico pelo aumento da concentração osmótica do sal, como a um possível efeito tóxico pela absorção do sal pelas sementes (TAIZ; ZEIGER, 2004).

As características analisadas diferiram quanto ao padrão de resposta ao estresse hídrico ou salino em combinação com as duas temperaturas sendo que para algumas houve uma interação significativa desses fatores, como

observado para plântulas normais, comprimento da parte aérea e de raízes e massa seca da parte aérea sob estresse hídrico e para todas as características avaliadas sob estresse salino, à exceção das plântulas normais e entropia do processo germinativo. Observou-se que a velocidade de germinação foi prejudicada mais precocemente que a porcentagem de germinação, o que está em concordância com o afirmado por Heydecker (1977), em que inicialmente a redução na velocidade de germinação é resultado do aumento de estresse ambiental, mas só posteriormente a porcentagem final de germinação das sementes será afetada. Também observou-se que os potenciais, hídricos ou osmóticos, responsáveis pela redução de 50% no valor máximo da porcentagem de plântulas normais, foram mais altos do que aqueles requeridos para o mesmo efeito sob a protrusão da raiz primária, o que indica exigências específicas para cada uma das fases do processo germinativo das sementes e de desenvolvimento das plântulas. Esses resultados corroboram com os obtidos por Azerêdo, Paula e Valeri (2016) em estudo com estresse hídrico em sementes de *Piptadenia moniliformis*.

Sob estresse hídrico, principalmente, observou-se alta incidência de fungos nos tratamentos mais restritivos à germinação (-0,6 a -1,0 MPa). De acordo com Guedes *et al.* (2013), isto pode ter ocorrido pelo fato das paredes do tegumento tornarem-se mais fluidas, principalmente na temperatura de 30 °C, gerando liberação de exsudatos no meio germinativo, o que favoreceu a propagação de fungos na semente.

O estresse hídrico proporcionou efeitos mais danosos ao processo germinativo do que o estresse salino, inibindo ou prejudicando o mesmo em

potenciais ligeiramente mais altos, não obstante a espécie ser considerada como rústica, sendo observada em áreas abandonadas e degradadas, preferindo terrenos secos e não alagados (DURIGAN *et al.*, 1997).

Nos potenciais hídricos e, ou osmóticos mais severos observou-se quase que a total inibição do processo germinativo, sendo que o potencial limite para o desenvolvimento de plântulas normais encontra-se entre -0,6 e -0,8 MPa, independentemente da temperatura para o estresse hídrico e entre -0,4 e -0,6 MPa para o estresse salino.

Em potenciais mais negativos do estresse hídrico as plântulas formadas apresentaram maiores valores médios de comprimento e, ou massa de matéria seca da parte aérea e raízes, o que poderia induzir a se pensar que essas plântulas foram favorecidas pelas condições impostas. Porém, segundo Nakagawa (1999), sementes vigorosas proporcionam maior taxa de crescimento, pela maior capacidade de transformação e suprimento de reservas dos tecidos de armazenamento e maior incorporação destes pelo eixo embrionário, resultando em maior crescimento e acúmulo de matéria seca. Portanto, ao se obter elevados valores de comprimento e, ou de massa de matéria seca em potenciais hídricos e, ou salinos onde a germinação foi baixa, isto indica que nesses potenciais somente as sementes mais vigorosas germinaram, as quais possuem boa capacidade de formarem plântulas maiores.

6. CONCLUSÕES

Os estresses hídrico e salino apresentam importância ecológica na germinação de sementes de *Senegalia polyphylla*, no entanto, as sementes dessa espécie mostraram tolerância específica ao estresse hídrico e salino para diferentes características do processo germinativo.

O decréscimo na absorção de água pelas sementes devido à presença do PEG 6000 e de NaCl, notadamente nos menores potenciais hídricos/osmóticos (-0,6; -0,8 e -1,0 MPa), prejudicaram não somente o crescimento e acúmulo de matéria seca nas plântulas, mas o processo germinativo como um todo.

Embora tenha sido observada germinação nos potenciais hídricos e salinos mais negativos, como -0,8 e -1,0 MPa, o desenvolvimento subsequente da plântula foi prejudicado e, ou inibido em ambas temperaturas, porém de forma mais expressiva, em geral, na maior temperatura (30 °C), indicando que a combinação temperatura e estresse hídrico e salino afeta diferencialmente as várias etapas do processo germinativo.

Comparativamente ao estresse salino, o estresse hídrico prejudicou mais expressivamente o processo germinativo a partir de -0,2 MPa, e inibiu completamente a germinação a partir do -0,8 MPa. Sendo assim, os efeitos negativos do estresse salino sobre a germinação de sementes foram menores comparativamente ao estresse hídrico, a qual foi completamente inibida a partir de -1,0 MPa.

LITERATURA CITADA

ARAÚJO-NETO, J. C.; AGUIAR, I. B.; FERREIRA, V. M.; RODRIGUES, T. J. D. Armazenamento e requerimento fotoblástico de sementes de *Acacia polyphylla* DC. **Revista Brasileira de Sementes**. Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, v. 27, n. 1, p. 115-124, 2005. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/3285>>. Acesso em: 11 mar. 2021.

ARAÚJO-NETO, J. C.; AGUIAR, I. B.; FERREIRA, V. M.; PAULA, R. C. Caracterização morfológica de frutos e sementes e desenvolvimento pós-seminal de monjoleiro (*Acacia polyphylla* DC.). **Revista Brasileira de Sementes**. Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, Londrina, v. 24, n. 1, p. 203-211, 2002. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/3623>>. Acesso em: 01 set. 2020.

ARAÚJO-NETO, J. C.; AGUIAR, I. B.; FERREIRA, V. M. Efeito da temperatura e da luz na germinação de sementes de *Acacia polyphylla* DC. **Revista Brasileira de Botânica**. Sociedade Botânica de São Paulo, v. 26, n. 2, p. 249-256, 2003. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/3282>>. Acesso em: 01 set. 2020.

AZERÊDO, G. A.; PAULA, R. C.; VALERI, S. V. Germinação de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. sob estresse hídrico. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 193-202, jan./mar. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-50982016000100193&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 13 de mar. de 2021.

AZERÊDO, G. A. **Qualidade fisiológica de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth.** 2009. 121 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2009. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/105250>>. Acesso em: 01 set. 2020.

BATES, B. C.; KUNDZEWICZ, Z. W.; WU, S.; PALUTIKOF, J. P. **Climate change and water**. Technical paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva: IPCC Secretariat, 2008. 210p. Disponível em: <<http://www.taccire.sua.ac.tz/handle/123456789/552>>. Acesso em: 02 set. 2020.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2. ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.

BRACCINI, A. L.; RUIZ, H. A.; BRACCINI, M. C. L.; REIS, M. S. Germinação e vigor de sementes de soja sob estresse hídrico induzido por soluções de cloreto de sódio, manitol e polietileno glicol. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.18, n. 2, p. 10-16, jan./mar. 1996.

BRAGA, L. F.; SOUSA, M. P.; BRAGA, J. F.; SÁ, M. E. Efeito da disponibilidade hídrica do substrato na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 95-102, 1999.

BRAGA, L. F.; SOUSA, M. P.; ALMEIDA, T. A. Germinação de sementes de *Enterolobium schomburgkii* (Benth.) Benth. submetidas a estresse salino e aplicação de poliamina. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 11, n. 1, p. 63-70. 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbpm/a/b5z48nznHkTQsD3DrqytLq/?lang=pt>>. Acesso em: 15 mar. 2021.

BRANCALION, P. H. S.; NOVENBRE, A. D. L. C.; RODRIGUES, R. R. Temperatura ótima de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p. 15-21, 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbs/a/5ncNg7rdhRRfdQPSBXG8svg/?lang=pt>>. Acesso em: 02 set. 2020.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

DURIGAN, G.; FIGLIOLIA, M. B.; KAWABATA, M.; GARRIDO, M. A. O.; BAITELLO, J. B. **Sementes e mudas de árvores tropicais**. São Paulo: Páginas e Letras Editora e Gráfica, 1997. 65p.

ESTEVES, B. S.; SUZUKI, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, p. 662-679. 2008. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/40836306_Efeito_da_salinidade_sobre_as_plantas>. Acesso em: 18 mar. 2021.

FANTI, S. C.; PEREZ, S. C. J. G. A. Processo germinativo de sementes de paineira sob estresse hídrico e salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 9, p. 903- 909, set. 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2004000900010>. Acesso em: 18 mar. 2021.

FERREIRA, C. A. G. Recuperação de áreas degradadas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 202, p. 127-130, jan./fev. 2000.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 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**, Santa Maria v. 23, n. 1, p. 45-53, jan./mar. 2013. Disponível em:

<https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-50982013000100045&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 02 set. 2020.

HEYDECKER, W. Stress and seed germination: anagronomic view. In: KHAN, A. A. **The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination**. Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1977. p. 237-282.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ. **Relatório Anual IBÁ**. 2021. Disponível em: <<https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioiba2021-compactado.pdf>> Acesso em: 18 jan. 2021.

KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. C.; HAGA, K. I.; FERREIRA, J. P.; ARF, M. V. Germinação, vigor de sementes e crescimento de plântulas de milho sob condições de déficit hídrico. **Scientia Agraria**, Piracicaba, v. 11, n. 2, p. 125-134, 2010. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/16464>>. Acesso em: 14 mar. 2021.

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

LAURANCE, W. F.; FERREIRA, L. V.; RANKIN-DE MERONA, J. M.; LAURANCE S. G.; HUTCHINGS, R. W.; LOVEJOY, T. E. Effects of forest fragmentation on recruitment patterns in Amazonian tree communities. **Conservation Biology**, v. 12, n. 2, p. 460-464, abr. 1998. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/2387517>>. Acesso em: 02 set. 2020.

LIMA, B. G.; TORRES, S. B. Estresse hídrico e salino na germinação de sementes de *Zizphus joazeiro* Mart (Rhamnaceae). **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 4, p. 93-99, dez. 2009. Disponível em: <<https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/1455>>. Acesso em: 16 mar. 2021.

LIMA JUNIOR, J. A.; SILVA, A. L. P. Estudo do processo de salinização para indicar medidas de prevenção de solos salinos. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 6, n. 11, p. 1-21, 2010.

LIMA, M. F. P.; PORTO, M. A. F.; TORRES, S. B.; FREITAS, R. M. O.; NOGUEIRA, N. W.; CARVALHO, D. R. Emergência e crescimento inicial de plântulas de albizia submetidas à irrigação com água salina. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 2, p. 106-112, fev. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662015000200106&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 02 set. 2020.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 6. ed. Nova Odessa: Ed. Plantarum, 2014. 209p.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination: aid in selection and evolution for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, mar. 1962. Disponível em: <<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>>. Acesso em: 03 set. 2020.

MAIA-SILVA, C.; SILVA, C. I.; HRNCIR, M.; QUEIROZ, R. T.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **Guia de plantas**: visitadas por abelhas na Caatinga. Fortaleza: Fundação Brasil Cidadão, 2012. 191p. Disponível em: <https://issuu.com/abejassilvestres2013/docs/guia_de_plantas_visitadas_por_abelh>. Acesso em 03 set. 2020.

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

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (PLANAVEG)**. 2014. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/images/arquivos/florestas/planaveg_plano_nacional_recuperacao_vegetacao_nativa.pdf>. Acesso em: 03 set. 2020.

MORI, E. S. Genética de populações arbóreas: orientações básicas para seleção e marcação de matrizes. **IF Série Registros**, São Paulo, v. 1, n. 25, p. 35-44, 2003.

MORIM, M. P.; BARROS, M. J. F. **Senegalia in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB101015>>. Acesso em: 05 dez. 2021.

MOTERLE, L. M.; LOPES, P. C.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas ao estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 28, n. 3, p. 169-176, dez. 2006. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbs/a/CdTTGbVnKP9RmYdtjJnsN9C/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 16 mar. 2021.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1-2.24.

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. 42, n. 1, p. 9265-9269, 2011.

OLIVEIRA, R. R. **Estresse hídrico e salino na germinação e crescimento inicial de plântulas de *bauhinia forficata* link**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Centro de Ciências Agrárias, Mossoró, 2018. Disponível em:

<<https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/3291>>. Acesso em: 16 mar. 2021.

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**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 511-519, abr./jun. 2013. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/9295>>. Acesso em: 03 set. 2020.

PERECIN, D.; CARGNELUTTI FILHO, A. Efeitos por comparações e por experimento em interações de experimentos fatoriais. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 68-72, jan./fev. 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cagro/a/CrN3ygMkd8WjGrKXvjy8GVn/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 03 set. 2020.

REGO, S. S.; FERREIRA, M. M.; NOGUEIRA, A. C.; GROSSI, F.; SOUZA, R. K.; BRONDANI, G. E.; ARAUJO, M. A.; SILVA, A. L. L. Estresse hídrico e salino na germinação de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Veloso) Brenan. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 2, n. 4, p. 37-42, nov. 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/260290132_Estresse_Hidrico_e_Salino_na_Germinacao_de_Sementes_de_Anadenanthera_colubrina_Veloso_Brenan>. Acesso em: 03 set. 2020.

REHMAN, S.; HARRIS, P. J. C.; BOURNE, W. F.; WILKEIN, J. The effect of sodium chloride on germination and the potassium and calcium contents of *Acacia* seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 25, n. 1, p. 45-57, 1996. Disponível em: <<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CH19970074170>>. Acesso em: 17 mar. 2021.

ROSA, L. S.; FELIPPI, M.; NOGUEIRA, A. C.; GROSSI, F. Avaliação da germinação sob diferentes potenciais osmóticos e caracterização morfológica da semente e plântula de *Ateleia glazioviana* Baill (Timbó). **Revista Cerne**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 306-314, jul./set. 2005. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/237574010_AVALIACAO_DA_GERMINACAO_SOB_DIFERENTES_POTENCIAIS_OSMOTICOS_E_CARACTERIZACAO_MORFOLOGICA_DA_SEMENTE_E_PLANTULA_DE_Ateleia_glazioviana_BAILL_TIMBO>. Acesso em: 03 set. 2020.

SANTANA, D. G.; RANAL, M. A. **Análise da germinação**: um enfoque estatístico. Brasília, DF; Editora Universidade de Brasília, 2004. 248p.

SANTOS, V. L. M.; CALIL, A. C.; RUIZ, H. A.; ALVARENGA, E. M.; SANTOS, C. M. Efeito do estresse salino e hídrico na germinação e vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 14, n. 2, p. 189-194, 1992. Disponível em:

<https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000153&pid=S0006-8705200100030000200033&lng=en>. Acesso em: 15 mar. 2021.

SOARES-FILHO, B.; RAJÃO R.; MACEDO M.; CARNEIRO A.; COSTA W.; COE M.; RODRIGUES H.; ALENCAR A. Cracking Brazil's Forest Code. **Science**, v. 344, n. 6182, p. 363-364, abr. 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/310599766_Cracking_Brazil's_Forest_Code>. Acesso em: 03 set. 2020.

SOUZA, G. M.; CARDOSO, V. J. M. Effects of different environmental stresses on seed germination. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 28, n. 3, p. 621-630, 2000. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/20224>>. Acesso em: 13 mar. 2021.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p. Disponível em: <<https://www.docsity.com/pt/livro-fisiologia-vegetal-taiz/4836176/>>. Acesso em: 03 set. 2020.

TAYLOR, A. G.; HARMAN, G. E. Concepts and technologies of selected seed treatments. **Annual Review Phytopathology**, v. 28, p. 321-339, set. 1990. Disponível em: <https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Concepts+and+technologies+of+selected+seed+treatment&author=TAYLOR+A.G.&author=HARMAN+G.E.&publication_year=1990&journal=Annual+Review+of+Phytopathology&volume=28&issue=s.n.&pages=321-339>. Acesso em: 12 mar. 2021.

TOBE, K.; LI, X.; OMASA, K. Seed germination and radicle growth of a halophyte, *Kalidium caspicum* (Chenopodiaceae). **Annals of Botany**, v. 85, n. 3, p.391-396, mar. 2000. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/42770653>>. Acesso em: 03 set. 2020.

VILLELA, F. A.; DONI-FILHO, L.; SEQUEIRA, E. L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 11/12, p. 1957-1968, nov./dez. 1991. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/106202>>. Acesso em: 03 set. 2020.

WANG, Y.; NIL, N. Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase–oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 75, n. 6, p. 623–627, 2000. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14620316.2000.11511297>>. Acesso em: 18 mar. 2021.