

**ESTRESSE OSMÓTICO NA GERMINAÇÃO DE
SEMENTES DE *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam.)
Urb. (MALVACEAE)**

DAVI SILVA DALBERTO

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais para obtenção do título de Mestre.

**CÁCERES
MATO GROSSO
2012**

DAVI SILVA DALBERTO

**ESTRESSE OSMÓTICO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE
Ochroma pyramidale (Cav. Ex Lam.) Urb. (MALVACEAE)**

Dissertação apresentada à Universidade do estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais para obtenção do título de Mestre

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Lúcia Filgueiras Braga

**CÁCERES
MATO GROSSO
2012**

D137e

DALBERTO, Davi Silva.

Estresse osmótico na germinação de sementes de *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam.) Urb. (MALVACEAE) / Davi Silva Dalberto – Mato Grosso: UNEMAT, 2012.

46 p.; 21 x 29,7 cm.

Orientadora: Profª. Drª. Lúcia Filgueiras Braga

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Mato Grosso - UNEMAT, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, 2012.

Referências bibliográficas: f 39-46

1. Pau-de-balsa 2. Estresse hídrico 3. Estresse salino 4. Espécie 5. Florestal

CDU 581.176

FOLHA DE APROVAÇÃO

DAVI SILVA DALBERTO

**ESTRESSE OSMÓTICO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Ochroma
pyramidale* (Cav. Ex Lam.) Urb. (MALVACEAE)**

Esta dissertação foi julgada e aprovada como requisito para obtenção do título
de Mestre em Ciências Ambientais

Alta Floresta, 28 de fevereiro de 2012

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Rosilda Mara Mussury Franco Silva
Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD

Prof. Dr. Oscar Mitsuo Yamashita
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT

Prof^a. Dr^a. Lúcia Filgueiras Braga
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT
Orientadora

**CÁCERES
MATO GROSSO
2012**

DEDICATÓRIA

Aos meus pais que me incentivaram a sempre buscar o melhor, e que, com muito amor, garra e dedicação, apoiaram-me em todos os momentos desta jornada;

Aos meus irmãos que sempre me deram forças para continuar seguindo;

À minha avó Tereza Sganzerla Dalberto, que se mantém em pé e presente entre nós, com o desejo de ver seu neto Mestre.

Aos meus familiares que alimentaram meus sonhos com suas palavras e ações encorajadoras.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho contou com o apoio e estímulo de todos que estiveram comigo durante esses dois anos. Dessa forma, agradeço:

primeiramente àquela que tornou possível escrever esse trabalho, me guiando pelos caminhos acadêmicos e profissionais, e que hoje se fez referência incondicional para mim, minha orientadora Dr^a. Lúcia Filgueiras Braga. Muito obrigado pela paciência, pelo carinho, e especialmente, pela dedicação à minha formação durante o período de orientação. Muito obrigado por mais uma vez me fazer buscar e querer o melhor;

à Universidade do Estado de Mato Grosso, por ter me proporcionado a oportunidade de fazer o curso de Mestrado em Ciências Ambientais;

à CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, por ter fornecido bolsa para realização deste curso;

aos amigos Gustavo Laet, S. Gracindo e Dona Elza, Carla e Marco Antônio Barelli e Maridilva Oliveira por oferecerem moradia durante as atividades do mestrado, permitindo assim que o céu não fosse meu teto e o sereno, meu cobertor;

à todos os colegas e professores do programa, que possibilitaram meu aprendizado e amadurecimento no decorrer das disciplinas ministradas;

aos servidores Kelly, Ricardo, Camila e Francismar, que sempre se fizeram disponíveis nos momentos que precisei, seja com os trâmites burocráticos ou nos momentos de desabafo;

aos amigos Alex Pimenta e Patrícia Sedrez, por incentivar-me a fazer o mestrado, e ao amigo Saullo pelo apoio indescritível, momentos antes da minha inscrição;

ao Marcílio Pereira Sousa, por muitas vezes auxiliar-me, com sua experiência e boa vontade, a apoiar-me durante as pesquisas, e incentivar-me a continuar a vida acadêmica;

Aos colegas André Lavezo, Ludiléia Vanúcia Bonfante, Maria da Glória e Nayara Bertolino, por ajudar-me na execução da pesquisa;

Aos amigos que fiz em Alta Floresta, em especial, Bruno Simionato, Paulo Roberto Mariotti e Vínicius Silgueiro, que dividiram mais do que o teto e as despesas comigo, compartilhando vivências e experiências que jamais serão esquecidas;

à todos aqueles que tornaram possível a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	8
LISTA DE FIGURAS	9
RESUMO.....	10
ABSTRACT	11
INTRODUÇÃO	12
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
<i>Ochroma pyramidale</i>	14
Potencial Hídrico e germinação de sementes.....	16
Estresse hídrico e salino	18
Poliaminas e estresse osmótico.....	21
MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
Experimento I: Avaliação do estresse salino.....	24
Experimento II: Avaliação do estresse salino com a aplicação de de putrescina	25
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
Experimento I – Avaliação do estresse osmótico.....	27
Experimento II – Avaliação do estresse osmótico com aplicação de putrescina	31
CONCLUSÕES	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1.** Valores de F, média geral, coeficiente de variação (%) e diferença mínima significativa (DMS) para germinação (%) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Ochroma pyramidale* em função de agentes e potenciais osmóticos..... **27**
- TABELA 2.** Valores médios de porcentagem de germinação de sementes de *Ochroma pyramidale* submetidas a diferentes agentes e potenciais osmóticos..... **28**
- TABELA 3.** Valores de F, média geral, coeficiente de variação (%) e diferença mínima significativa (DMS) para germinação (%) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Ochroma pyramidale* em função de agentes, potenciais osmóticos e concentrações de putrescina..... **31**
- TABELA 4.** Valores médios de porcentagem (%) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Ochroma pyramidale* submetidas a diferentes agentes e potenciais osmóticos..... **32**
- TABELA 5.** Valores médios de porcentagem (%) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Ochroma pyramidale* submetidas a diferentes potenciais osmóticos e concentrações de putrescina..... **35**
- TABELA 6.** Valores médios de porcentagem de germinação de sementes de *Ochroma pyramidale* submetidas a diferentes agentes osmóticos e concentrações de putrescina..... **35**

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1.** Frutos em formação (A), maduro com paina em exposição (B) e sementes sem paina (C) de *Ochroma pyramidale*..... **15**
- FIGURA 2.** Porcentagem e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Ochroma pyramidale* em diferentes potenciais osmóticos..... **27**
- FIGURA 3.** Porcentagem de germinação de sementes de *Ochroma pyramidale* em soluções osmóticas e aplicação de poliaminas..... **33**
- FIGURA 4.** Índice de velocidade de germinação de sementes de *Ochroma pyramidale* em soluções osmóticas e aplicação de poliaminas..... **35**

RESUMO

DALBERTO, Davi Silva. **ESTRESSE OSMÓTICO E PUTRESCINA NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam) Urb (MALVACEAE)**. Cáceres: UNEMAT, 2012. 46p. (Dissertação – Mestrado em Ciências Ambientais)

No presente trabalho foi verificado o efeito do estresse osmótico na germinação de sementes de *Ochroma pyramidale*, e posteriormente, o papel das poliaminas aplicadas exogenamente na atenuação do estresse. Para tanto, foram realizados dois experimentos. O primeiro experimento de germinação foi realizado em esquema fatorial 4x6, onde foram utilizados quatro agentes osmóticos (polietileno glicol 6000, CaCl₂, NaCl e KCl) para o preparo das soluções e seis potenciais osmóticos (0,0; -0,1; -0,2; -0,3; -0,4 e -0,5 MPa) em câmara de germinação tipo BOD à temperatura de 35°C. As avaliações de porcentagem e índice de velocidade de germinação foram feitas diariamente, durante 30 dias. No segundo experimento de germinação, foram utilizados os quatro agentes osmóticos (polietileno glicol 6000, CaCl₂, NaCl e KCl) nos potenciais limitantes a 50% (-0,2; -0,3 e -0,4 MPa) com aplicação de putrescina (0, 2 e 4mM), em um esquema fatorial 4x4x3 (agentes x potenciais x concentrações de putrescina). O estresse osmótico interfere na germinação de sementes *Ochroma pyramidale*, havendo redução da porcentagem e velocidade do processo germinativo à medida que os potenciais se tornam mais negativos, especialmente nas soluções salinas. A aplicação da poliamina putrescina promoveu aumento na porcentagem de germinação sob os potenciais mais negativos, com maiores valores na concentração de 4 mM, porém o índice de velocidade de germinação diminuiu na presença deste regulador. O tratamento com putrescina foi indiferente sobre as sementes presentes em soluções de PEG.

Palavras-chave: pau-de-balsa, estresse hídrico, estresse salino, espécie florestal

ABSTRACT

DALBERTO, Davi Silva. **OSMOTIC STRESS AND PUTRESCINE ON THE GERMINATION OF SEEDS OF *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam) Urb (MALVACEAE)**. Caceres: UNEMAT, 2012. 46p. (Dissertation - Master in Environmental Sciences)

In the present study was to determine the effect of osmotic stress on seed germination *Ochroma pyramidale*, and subsequently, the role of exogenously applied polyamines on the attenuation of stress. To this end, two experiments were conducted. The first germination experiment was carried out using a 4x6, where four were used osmotic agents (polyethylene glycol 6000, CaCl₂, NaCl and KCl) for the preparation of solutions and six osmotic potentials (0.0, -0.1, -0.2, -0.3, -0.4 and -0.5 MPa) in a germination chamber BOD at a temperature of 35°C. The assessment percentage and germination speed index were made daily for 30 days. In the second experiment germination were used four osmotic agents (polyethylene glycol 6000, CaCl₂, NaCl and KCl) limiting the potential 50% (-0.2, -0.3 and -0.4 MPa) with application of putrescine (0, 2 and 4 mM) in a 4 x 4 x 3 factorial (agents x potential X concentrations of putrescine). The osmotic stress interfere with seed germination *Ochroma pyramidale* with a reduction of the percentage and speed of germination as the potential becomes more negative, especially in the saline solutions. The application of the polyamine putrescine increased the percentage of germination under more negative potentials. Putrescine application (4mM) increased germination percentage at the most negative potentials, but the germination speed index decreased in the presence of this regulator. The treatment with putrescine was unresponsive upon seeds present in the PEG.

Keywords: balsawood, water stress, salt stress, forest species

INTRODUÇÃO

Apesar da flora brasileira ser rica em diversidade de espécies e, muitas delas, com grande valor econômico, sendo Amazônia o melhor exemplo dessa biodiversidade, ainda apresenta espécies pouco conhecidas e pesquisadas (SANTIAGO, 2003). Entre as espécies florestais Amazônicas, com potencialidade para o reflorestamento, destaca-se a *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam) Urb. - Malvaceae, vulgarmente conhecida como pau-de-balsa, utilizada em plantios mistos destinados à recomposição de áreas degradadas e de preservação permanente, graças ao seu rápido crescimento e tolerância à luminosidade direta (LORENZI, 1992). Sua madeira é macia e fácil de trabalhar, podendo ser utilizada para fabricação de papel e celulose, confecção de embarcações e brinquedos (VARELA E FERRAZ, 1991).

Por se tratar de uma espécie de importância econômica e ambiental, é de extrema importância aprofundar o conhecimento da fisiologia da germinação, contribuindo para maior sucesso no uso desta nas atividades silviculturais.

Dos diversos fatores ambientais capazes de influenciar o fenômeno da germinação, a disponibilidade de água é o mais importante (CARVALHO E NAKAGAWA, 2000). Estudos sobre relações hídricas são importantes para o conhecimento da biologia das sementes, na avaliação dos limites de tolerância e capacidade de adaptação das espécies, uma vez que os fatores ambientais são determinantes no processo de germinação (SOUSA, 2004).

O estresse hídrico pode afetar a germinação, provocando atraso no início do processo ou diminuição no estande final de plântulas (VERSLUES et al. 2006; ROSA et al., 2005). A redução do potencial hídrico pode ser causada por estresse salino, influenciando significativamente a resposta germinativa, refletindo menor capacidade de absorção de água pelas sementes, e toxidez de alguns elementos, como o sódio e o cloro, que promovem distúrbios fisiológicos na planta, podendo ser letais (SILVA et al., 1992).

Em solos de regiões tropicais, a água subterrânea é a principal fonte de suprimento hídrico para as espécies florestais e está sujeita à salinização

freqüente, causada pela alta força evaporativa do ar, que leva à saída de água da superfície do solo, tornando-a mais salinizada do que as camadas mais profundas (AGBOOLA, 1998).

Em geral, as sementes estão em ambiente mais salinizado do que as plântulas já estabelecidas, cujas raízes podem usar a porção menos salinizada do perfil do solo (AGBOOLA, 1998).

O aumento da concentração de putrescina, como consequência do estresse osmótico, é uma resposta bastante generalizada em plantas (SHEVYAKOVA et al., 1985). Por outro lado, a tolerância ao estresse salino parece estar associada não apenas à capacidade de acumular putrescina, mas em manter ativo o metabolismo das poliaminas, incluindo-se aí a síntese de espermina e espermidina (WILLADINO et al., 1996). Ainda, quando aplicadas exogenamente na planta, as poliaminas podem causar acentuada redução dos efeitos deletérios de estresses ambientais (MARTIN-TANGUY, 2001).

Tendo em vista a importância da espécie *Ochroma pyramidale*, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do estresse osmótico e a aplicação da poliamina putrescina no comportamento germinativo das sementes desta espécie.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ochroma pyramidale

A espécie *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam) Urb. (Malvaceae) é vulgarmente conhecida como pau-de-balsa. Planta semidicídua, heliófita ou esciófita, característica da floresta equatorial amazônica de terra firme. É amplamente distribuída na zona neotropical, incluindo as Antilhas, ocorrendo desde o Sul do México até a Bolívia e na Amazônia Brasileira, preferencialmente em terras baixas e em vales entre montanhas, mas também pode ser encontrada até 2000 m de altitude. Desenvolve-se relativamente bem em solo arenoso com fina camada orgânica, como nas margens inundáveis de rios e igapós, mas prefere solos férteis, úmidos, bem drenados, argilosos, neutros ou alcalinos. Em clareiras florestais, em campos abandonados ou em solos aluviais recentes, ocorre boa regeneração natural e muitas vezes a espécie é classificada como invasora ou associada às florestas secundárias (RIZZINI, 1978; FRANCIS, 1991).

A árvore cresce rápido e pode chegar ao dossel da floresta, com 20 a 25 m de altura e até 1,2 m de diâmetro (FRANCIS, 1991). Sua madeira possui coloração pardacento-clara ou amarelo-esbranquiçada, muito leve, elástica e macia; é lustrosa e aveludada ao tato. Pode ser utilizada para fabricação de papel e celulose, confecção de embarcações, forros de tetos, é bom isolante térmico e serve para caixas de embalagem de produtos perecíveis (RIZZINI, 1978), apresentando um alto potencial na fabricação de chapas de cimento-madeira para divisórias, móveis, pisos, etc., com madeira de plantas com cerca de um ano de idade (SABOGAL et al., 2006). Serve ainda para confeccionar salva-vidas, bóias e brinquedos; é um bom isolante térmico e pode substituir a cortiça em alguns empregos desta. A paina ou kapok é útil para encher almofadas e travesseiros (LORENZI, 1992).

O fruto de *O. pyramidale* é uma cápsula loculicida quase cilíndrica, lenhosa, de 10 a 25 cm de comprimento e 2 a 3 cm (excepcionalmente 5 cm) de diâmetro, de cor marrom-avermelhada a ferrugínea e pubescente. Os frutos possuem um



Figura 1. Frutos em formação (A), fruto maduro com paina em exposição (B) e sementes sem paina (C) de *Ochroma pyramidale*. Fotos: Smithsonian Tropical Research Institute

elevado número de sementes envoltas por uma paina sedosa de cor pardo-clara ou amarelada. As sementes são ovóides, mas com uma extremidade acuminada, de cor castanho-escuro de 2 a 5 mm de comprimento e 1,5 mm de diâmetro; fortemente aderidas à paina, que auxilia na dispersão das sementes pelo vento. As sementes podem permanecer em dormência por muito tempo, compondo o banco de sementes da floresta (RIZZINI, 1978; FRANCIS, 1991).

De acordo com Leão et al. (2008) as sementes apresentam dormência física pela impermeabilidade do tegumento. Desta forma, há a necessidade de tratamento pré-germinativo. A germinação varia entre 60 e 89% quando as sementes passam por escarificação manual ou imersão em água quente por 20 minutos. Sem tratamento, a germinação varia entre 11 e 20%.

A dormência tegumentar das sementes de pau-de-balsa dificulta a produção uniforme de mudas tanto de regeneração natural, quanto de viveiro (BARBOSA et al., 2004, ESTEVES, 2005). Os melhores tratamentos para a superação da dormência das sementes desta espécie foram com água quente a 80°C até esfriar ou com ácido sulfúrico por ½ ou 1 minuto com ou sem paina (VARELA E FERAZ, 1991; BARBOSA et al., 2004).

Por apresentar altas taxas de crescimento e resistência à luz direta, a espécie é recomendada para a recuperação de áreas degradadas (MARTINS et al., 2009). Em sistemas agroflorestais utilizando *O. pyramidale* (Cav. Ex Lam) Urb., pode-se intercalar o plantio de lavouras durante os primeiros anos,

e depois serem substituídas por culturas ou árvores que exijam sombreamento leve (BUTTERFIELD, 1995). Diemont (2006) afirmou que os maias já utilizavam essa árvore em sistemas agroflorestais, obtendo uma inibição da degradação acelerada do solo, permitindo o acúmulo de matéria orgânica.

Potencial Hídrico e germinação de sementes

O movimento da água em qualquer sistema, seja ele biológico ou puramente físico, obedece a gradientes de energia livre. Termodinamicamente, a água move-se dos sítios de maior energia livre para os de menor energia livre (BORGES E RENA, 1993). Essa energia livre na água é elevada, sendo chamada de potencial químico da água, sendo expresso em unidade de pressão (MPa), como potencial hídrico (ψ). A água pura tem um potencial hídrico igual a zero. Quando solutos são adicionados à água, esta usa a energia para dissolvê-los, diminuindo seu potencial químico (CASTRO et al., 2004).

O potencial de água (ψ_a) é representado pela soma dos potenciais mátrico (ψ_m), osmótico (ψ_π) e de turgescência (ψ_p), isto é, $\psi_a = \psi_m + \psi_\pi + \psi_p$ (MARCOS FILHO, 2005).

O potencial mátrico ou matricial traduz a habilidade das matrizes (paredes celulares, corpos protéicos, partículas de solo, etc.) em se hidratar e reter água. É o componente mais importante do potencial hídrico. O ψ_m é particularmente importante em estágios iniciais de absorção de água pelas sementes secas (embebição). A água perde energia enquanto é absorvida, fazendo com que o ψ_a assuma um valor negativo (TAIZ E ZEIGER, 2004; CASTRO et al., 2004; PIMENTA, 2004).

O potencial osmótico ou potencial de soluto é determinado pela concentração osmótica; a força de atração da água é proporcional à concentração de solutos. (CASTRO et al., 2004; PIMENTA, 2004).

A pressão de turgescência ou potencial de pressão é exercida contra as paredes celulares de células túrgidas, à medida que a água penetra na célula e seu conteúdo aumenta de volume (MARCOS FILHO, 2005).

Esses conceitos se aplicam a uma semente desidratada que vai iniciar a germinação. Ao monitorar o conteúdo de água de sementes secas submetidas à embebição em água, esta se processa em três etapas (BORGES E RENA, 1993). A fase I, de rápida absorção de água pela semente, dá-se por embebição, em função das forças mátricas. É um processo puramente físico, que depende somente da ligação da água à matriz da semente. Isso ocorre em qualquer material, morto ou vivo, que contém sítios de ligação ou de afinidade pela água. Ao final dessa fase, o ψ_m é praticamente reduzido a zero, e a partir deste momento, o ψ_π se torna a força que faz a água continuar se movendo para dentro da semente até que seja balanceada pelo turgor (ψ_p) (BORGES E RENA, 1993; CASTRO et al., 2004).

A fase II de embebição, na qual a taxa de absorção de água se aproxima de zero, indica que o ψ da semente fica próximo do ψ do meio de germinação. Nesta fase, as células no interior das sementes não podem absorver mais água porque não podem expandir, podendo ter duas causas: ou as paredes celulares das células embrionárias estão demasiadamente rígidas ou as estruturas que cercam o embrião impedem sua expansão. Assim para que seja reiniciada a absorção de água durante a fase II da embebição, o ψ_π do embrião deve se tornar um valor real mais negativo (CARVALHO E NAKAGAWA, 2000; CASTRO et al., 2004). Durante a fase II são ativados os processos metabólicos requeridos para o crescimento do embrião e a conclusão do processo germinativo (BRADFORD, 1990).

A fase III é marcada por um aumento no conteúdo de água da semente, que acontece devido à absorção associada com a iniciação do crescimento do embrião. A retomada da embebição após a fase estacionária (fase II) ocorre em razão da atividade enzimática reativada na semente hidratada, que hidrolisa ou degrada as reservas insolúveis, que juntamente com os minerais já existentes na semente seca, reduzem o ψ_π . É necessário lembrar que o embrião cresceu pelo aumento do número de células, mas principalmente, pela expansão ou alongamento celular (BORGES E RENA, 1993; CASTRO et al., 2004).

Estresse hídrico e salino

A água é um dos mais importantes fatores que afetam a germinação, pois reativa o metabolismo e está envolvida direta e indiretamente em todas as demais etapas da germinação.

A diminuição do potencial de água resulta em menores índices de germinação, até um valor mínimo (ou base) de ψ_a . Deste modo, a disponibilidade hídrica é tida como uma limitação para o cultivo, em especial nas regiões tropicais (CARDOSO, 2004; CASTRO et al., 2005). Considerando que previsões ambientais sinalizam para o aumento do aquecimento global nas próximas décadas, um aumento dos períodos de seca certamente acompanharão esse fenômeno (TONELLI et al., 2009).

A deficiência hídrica resulta em uma diminuição do volume celular, um aumento na concentração e uma progressiva desidratação do protoplasto. A primeira e mais sensível resposta ao déficit hídrico é a diminuição da turgescência e, associada a esse evento, a diminuição do processo de crescimento, particularmente o crescimento em extensão (LARCHER, 2000).

Em geral, sementes de mesófitas requerem um substrato saturado de água, porém sem alagamento, para uma boa germinação (CARDOSO, 2004).

Dentre os agentes osmóticos utilizados nas pesquisas com simulação do estresse hídrico e salino incluem-se os sais (K_3PO_4 , KH_2PO_4 , $MgSO_4$, $NaCl$, KNO_3), açúcares (manitol, sorbitol), polietileno glicol (PEG) e glicerol (SANTOS et al., 2008).

Bello et al. (2008) verificaram que a redução na disponibilidade hídrica pela adição de PEG 6000 à solução, diminuiu a germinação das sementes e a formação de plântulas de *Amburana acreana* (Ducke) A. C. Sm. e os limites para germinação ocorrem na faixa de zero a -1,0MPa e, para formação de plântulas, de zero a -0,4MPa.

Em *Peltophorum dubium* Spreng (Taubert), Botelho e Perez (2001) também observaram reduções acentuadas da germinação a partir de -0,8 MPa quando o estresse hídrico foi simulado com PEG 6000, sendo o limite máximo de tolerância entre -1,4 e 1,6 MPa. Já as sementes de *Cassia excelsa* Schrad.

têm sua germinação reduzida significativamente em potencial a partir de -0,6 MPa (JELLER E PEREZ, 2003).

As sementes de *Cnidosculus juercifolius* Kunth apresentaram bom desempenho germinativo até o potencial de -0,3 MPa de PEG, sendo a porcentagem de germinação afetada a partir de -0,5 MPa, enquanto a velocidade foi reduzida a partir de -0,3 MPa. O limite de tolerância ao estresse hídrico simulado com o PEG 6000 situou-se entre -0,7 e -0,9 MPa (SILVA et al., 2005).

Braga et al. (2007) avaliaram o efeito do estresse hídrico em sementes *Schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke nos potenciais entre -0,1, -0,2 e -0,3 MPa simulado com PEG 6000, sendo que nos dois últimos houve redução acentuada da germinação.

Na germinação de sementes de *Adenantha pavonina* L., ocorreu diminuição significativa a partir de -0,1 MPa em soluções de PEG 6000 (FONSECA E PEREZ, 2003).

A salinidade provoca vários tipos de estresse na planta, incluindo a absorção de nutrientes alterada, especialmente de íons como K e Ca, acúmulo de íons tóxicos, especialmente Na, estresse osmótico e estresse oxidativo. Nas células vegetais, as propriedades físicas e químicas das membranas celulares podem ser alteradas pelo estresse salino (VERSLUES et al., 2006).

O estresse salino pode provocar um conjunto de alterações deletérias observado em plantas cultivadas em condições de salinidade (XIONG E ZHU, 2001). Essas alterações nas plantas é consequência de dois distintos componentes: (1) o componente osmótico – resultante da elevada concentração de solutos na solução do solo, que provoca um déficit hídrico pela redução do potencial osmótico; (2) o componente iônico – decorrente dos elevados teores de Na⁺ e Cl⁻, e da alterada relação K⁺/Na⁺ (HASEGAWA et al., 2000). As respostas morfológicas, fisiológicas e bioquímicas da planta variam intensamente com o genótipo e seu estágio de desenvolvimento, além da intensidade e duração do estresse, ao qual a planta é submetida (WILLADINO E CAMARA, 2004).

O estresse salino provoca o estresse oxidativo, o qual pode resultar em severos danos para os vegetais. O estresse oxidativo é consequência de um desequilíbrio na relação entre compostos antioxidantes e compostos pró-oxidantes, levando ao aumento do nível das espécies reativas de oxigênio (ROS) (PANG E WANG, 2008). A sinalização para o mecanismo de desintoxicação das plantas, provavelmente, não ocorre devido às mudanças iônicas ou osmóticas, mas ao aumento dessas ROS ou a própria desnaturação das proteínas (ZHU, 2002).

Em uma solução de KCl, os íons K^+ e Cl^- permeiam a membrana de forma independente, sendo o transporte de K^+ realizado através de canais específicos para este íon, impulsionado pela ação da H^+ -ATPase, gerando um potencial de membrana mais negativo (TAIZ E ZEIGER, 2004). Caso haja uma troca excessiva destes íons através da membrana, é passível de ocorrer alteração no pH citossólico por conta deste processo, e dessa forma, pode interferir diretamente na força motriz de prótons na mitocôndria, afetando a respiração (TAIZ E ZEIGER, 2004).

Em condições de estresse causado por NaCl, os maiores danos são causados pela perda de K^+ celular, pois o Na^+ entra no citosol através de canais transportadores de cátions não seletivos, induzindo a despolarização da membrana plasmática. Isso resulta em aumento de efluxo de K^+ (ativado através da despolarização) para o exterior, por canais retificadores de saída (SHABALLA et al., 2006) e canais transportadores de cátions não seletivos (SHABALLA et al., 2007), que pode se iniciar dentro de segundos em exposição à salinidade e pode durar várias horas, reduzindo o pool intracelular de K^+ , prejudicando o metabolismo celular (CARDEN et al., 2003), pois sendo o K^+ requerido em numerosas enzimas do metabolismo vegetal (como as que participam das reações da fotossíntese, da respiração, da síntese de amidos, proteínas, lignina, como a piruvato cinase, amido sintase, desidrogenases e aldolases) (MARENCO E LOPES, 2005), a perda deste íon gera severas perturbações no metabolismo celular (SHABALLA et al., 2007).

Como o Na^+ e o K^+ podem concorrer pelos mesmos sítios de ligação nas proteínas de membrana, o excesso do primeiro, poderia inibir processos

metabólicos que dependem crucialmente de K^+ . No citosol a concentração de Na^+ deve ser restrita, devendo-se limitar sua entrada e/ou operar um sistema eficiente para o efluxo de Na^+ no vacúolo ou no apoplasto (MATHUUIS et al., 1999).

O decréscimo na germinação das sementes com a redução do potencial osmótico com os sais KCl, Na_2SO_4 e $CaCl_2$ foi verificado por Fonseca e Perez (1999) em sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit., que encontraram maior percentual de germinação na testemunha, o qual decresceu do potencial -0,1 até -0,4MPa, sendo que a partir deste valor, ocorreu supressão da germinação.

Em sementes de paineira (*Chorisia speciosa* St. Hil.) recém-colhidas, e que receberam a punção do tegumento, colocadas para germinar em soluções de NaCl, $CaCl_2$ e KCl, apresentaram um limite máximo de tolerância ao sal entre -1,0 e -1,2 MPa (FANTI E PEREZ, 2004). Testes com sementes de *C. speciosa* de três anos de armazenamento, que receberam a punção do tegumento, apresentaram-se mais sensíveis ao estresse salino, com um limite de tolerância entre -0,6 e -0,8 MPa, e menores valores de velocidade de germinação. As sementes de paineira são mais sensíveis ao NaCl e $CaCl_2$ em relação ao KCl (PEREZ E JARDIM, 2005).

A porcentagem de germinação da gravioleira (*Annona muricata* L.) não foi afetada pelo estresse salino, porém a velocidade de emergência e o acúmulo de fitomassa foram reduzidos com aumento da salinidade da água de irrigação (NOBRE et al., 2003).

Poliaminas e estresse osmótico

Reguladores de crescimento de plantas, usualmente são definidos como compostos orgânicos, que afetam os processos fisiológicos do crescimento e do desenvolvimento quando aplicados em baixas doses (SANTOS E VIEIRA, 2005).

O uso de reguladores de crescimento na fase de germinação de sementes, em alguns casos melhora o desenvolvimento das plântulas,

acelerando a velocidade de emergência e aumentando o vigor das sementes de várias espécies (LOPES E SOUZA, 2008).

As poliaminas são componentes celulares que tem uma grande variedade de funções potencialmente importantes em plantas (KOZLOWSKY, 1997). São comumente encontradas em todas as células, tanto em animais quanto em plantas. Os tipos de poliaminas encontradas são: putrescinas – Put (diaminas), espermidinas – Spd (triaminas) e as esperminas – Spm (tetraminas). Outras poliaminas são de ocorrência mais limitada (GALSTON E SAWHNEY, 1990; KUMAR, 1997; COLLI, 2004).

As poliaminas participam de vários processos celulares e sub celulares, são importantes moduladores de processos como a divisão celular, respostas a estresses ambientais e desenvolvimento adequado nas diferentes fases da vida do vegetal (KUMAR, 1997; RAMOS et al., 2004).

O papel de poliaminas baseia-se na sua distribuição ubíqua nas células vegetais, suas mudanças em resposta a estímulos como luz, hormônios de crescimento, e estresses ambientais (por exemplo, a seca, a baixa temperatura, a deficiência de minerais) e seus efeitos sobre a morfogênese da planta e crescimento quando aplicado exogenamente. (KOZLOWSKY, 1997).

A aplicação exógena de poliaminas em plantas ou em parte dela pode produzir efeitos visíveis, tais como formação de primórdios foliares em cultura de tecidos vegetais (ZAIDAN, 1998).

Villanueva & Huang (1993) relatam que, durante o período de quebra de dormência tardio e no início do processo de embebição, as concentrações de poliaminas aumentam e ficam semelhantes às de RNA, DNA e proteínas, sugerindo que as poliaminas estejam envolvidas nos estádios iniciais da germinação e sejam essenciais ao processo. Smith (1985) afirma que as poliaminas interagem com grupos amiônicos em membranas, prevenindo o extravazamento celular e promovendo estabilização em condições de estresse.

As funções fisiológicas das poliaminas, embora não estejam devidamente esclarecidas, por sua ocorrência em altas concentrações nos tecidos em crescimento rápido, sugere a participação na proliferação e desenvolvimento de células (BOTELHO E PEREZ, 2001)

Botelho e Perez (2001), avaliaram a germinação de sementes de *Peltophorum dubium* Spreng (Taubert) com aplicação das poliaminas putrescina e espermidina, nos valores 5mM e 10 mM. A putrescina e espermidina nas diferentes concentrações atenuaram parcialmente os efeitos do estresse hídrico. Também foi utilizada a giberelina (GA₃), que foi menos efetiva que as poliaminas em aumentar a porcentagem e velocidade de germinação.

Braga et al. (2009) avaliaram o efeito da poliamina putrescina nas concentrações de 5 e 10 mM, na atenuação do estresse hídrico, nos potenciais de 0 (controle); -0,2; -0,3 e -0,4 MPa, durante a germinação de *Enterolobium schomburgkii* (Benth.) Benth. ocorrendo aumento na porcentagem de germinação e IVG sob os potenciais mais negativos, com maiores valores na concentração de 5 mM.

Em sementes de *Schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke sob condições de estresse hídrico (0; -0,1; -0,2 e -0,3 MPa) e aplicação de putrescina e espermidina (2,5 e 5 mM), Braga et al. (2007) constataram que a germinação das sementes não sofreu influência dos tipos e concentrações das poliaminas aplicadas nos diferentes potenciais hídricos.

Estudos feitos por Fonseca e Perez (2003) não apresentaram aumento dos limites máximos de tolerância de sementes de *Adenantha pavonina* L. tratadas com soluções de PEG no potenciais de 0,0; -0,1; -0,2; -0,3; -0,4; -0,5MPa acrescidas das poliaminas putrescina e espermidina (100ppm), mas atenuaram o estresse hídrico induzido sob temperatura de 30°C, entretanto, não foi significativo em relação ao controle.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Fisiologia Vegetal e Sementes da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Alta Floresta-MT. Foram utilizadas sementes de *Ochroma pyramidale* coletadas no município de Feliz Natal/MT, em agosto de 2011 e armazenadas em geladeira (aproximadamente 5°C) em recipientes de vidro tampados.

Para assepsia das sementes foi utilizada solução de hipoclorito de sódio a 10% por 2 minutos, sendo lavadas em seguida em água corrente por 10 minutos, e em água destilada pelo mesmo período. Para a superação de dormência, as sementes foram imersas em água a 80°C por 5 minutos, após, foram tratadas com o fungicida Captan® (Orthocide 500) a 0,5% em relação ao peso das sementes. O melhor tempo de imersão das sementes em água quente foi obtido a partir de testes preliminares, embasados no trabalho de Varela e Ferraz (1991) considerando que o tempo fosse o mínimo necessário para superar a dormência tegumentar sem, contudo, ocorrer embebição.

Experimento I: Avaliação do estresse salino

Para a verificação do efeito de diferentes potenciais hídricos no processo germinativo foi utilizado como agente o polietileno glicol (PEG 6000), nos potenciais de 0,0 (testemunha); -0,1;-0,2;-0,3; -0,4 e -0,5 MPa, sendo as soluções preparadas utilizando tabela citada por Villela et al. (1991).

Para simular o estresse salino e determinar o limite máximo de tolerância das sementes de *Ochroma pyramidale* aos sais KCl, NaCl e CaCl₂, utilizaram-se os mesmos potenciais, sendo as soluções salinas preparadas a partir da equação de Van't Hoff, citada por Braga et al. (1999).

As sementes foram colocadas para germinar em caixas plásticas transparentes (11 x 11 x 3 cm), sobre papel mata-borrão umedecido com 12 mL das soluções, em câmara de germinação BOD à temperatura de 35°C sob fotoperíodo de 12 horas, com quatro lâmpadas fluorescentes tipo luz do dia (Osram® 20W) com irradiância de 36 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ sendo utilizadas quatro repetições de 50 sementes, em cada tratamento.

As avaliações de porcentagem e índice de velocidade de germinação (IVG) nos dois experimentos foram realizadas diariamente, sendo consideradas germinadas as sementes com aproximadamente 2 mm de raiz (REHMAN et al., 1996).

Os cálculos de porcentagem e velocidade de germinação foram realizados de acordo com Labouriau et al. (1976) e Maguire (1962).

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, disposto em esquema fatorial $4 \times 5 + 1$ (agentes osmóticos x potenciais osmóticos + testemunha). Os dados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, sendo a porcentagem de germinação e IVG transformados em $\sqrt{X+0,5}$. De acordo com a significância, os dados foram submetidos à análise de regressão.

Experimento II: Avaliação do estresse salino com a aplicação de de putrescina

Baseado nos dados obtidos no experimento I foram utilizados os mesmos agentes osmóticos, mas com potenciais limitantes a 50% da germinação (-0,2; -0,3 e -0,4 MPa), além da testemunha (0,0 MPa) para realização deste novo experimento, sendo adicionado às soluções as concentrações de putrescina de 0, 2 e 4 mM.

Para cada tratamento foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes em caixas plásticas transparentes (11 x 11 x 3 cm), tendo como substrato papel mata-borrão umedecido com 12 mL das soluções, em câmara de germinação BOD à temperatura de 35°C, sob fotoperíodo de 12 horas, com quatro lâmpadas fluorescentes tipo luz do dia (Osram® 20W) com irradiância de $36 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

As avaliações de porcentagem e índice de velocidade de germinação (IVG) nos dois experimentos foram realizadas diariamente, sendo consideradas germinadas as sementes com aproximadamente 2 mm de raiz (REHMAN et al., 1996).

Os cálculos de porcentagem e velocidade de germinação foram realizados de acordo com Labouriau et. al. (1976) e Maguire (1962).

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, disposto em esquema fatorial 4 x 4 x 3 (agentes x potenciais osmóticos x concentrações de putrescina). Os dados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, sendo a porcentagem de germinação e IVG transformados em $\sqrt{X + 0,5}$. De acordo com a significância, os dados foram submetidos à análise de regressão polinomial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento I – Avaliação do estresse osmótico

Na Tabela 1, observam-se os valores de F, média geral, coeficiente de variação (%) e diferença mínima significativa para a porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG).

Tabela 1. Valores de F, média geral, coeficiente de variação (%) e diferença mínima significativa (DMS) para germinação (%) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Ochroma pyramidale* em função de agentes e potenciais osmóticos.

Causas de variação	GL	Germinação (%)	IVG
Agentes (A)	3	13,06 **	68,23 **
Potenciais (B)	5	195,07 **	516,46 **
A x B	15	3,838 **	10,314 **
Resíduo	72		
Média Geral		5,13	1,75
Coef. de Variação (%)		19,38	11,28
DMS Agentes		0,76	0,15
DMS Potenciais		1,03	0,20
DMS Agentes (B)		1,85	0,37
DMS Potenciais (A)		2,06	0,41

** indica significância a 1% pelo teste F

O estresse osmótico produzido por soluções de CaCl₂, NaCl, KCl e PEG 6000 reduziu os valores de porcentagem e índice de velocidade de germinação de sementes de *Ochroma pyramidale*, à medida que o potencial se tornava mais negativo (Figura 2 A e B).

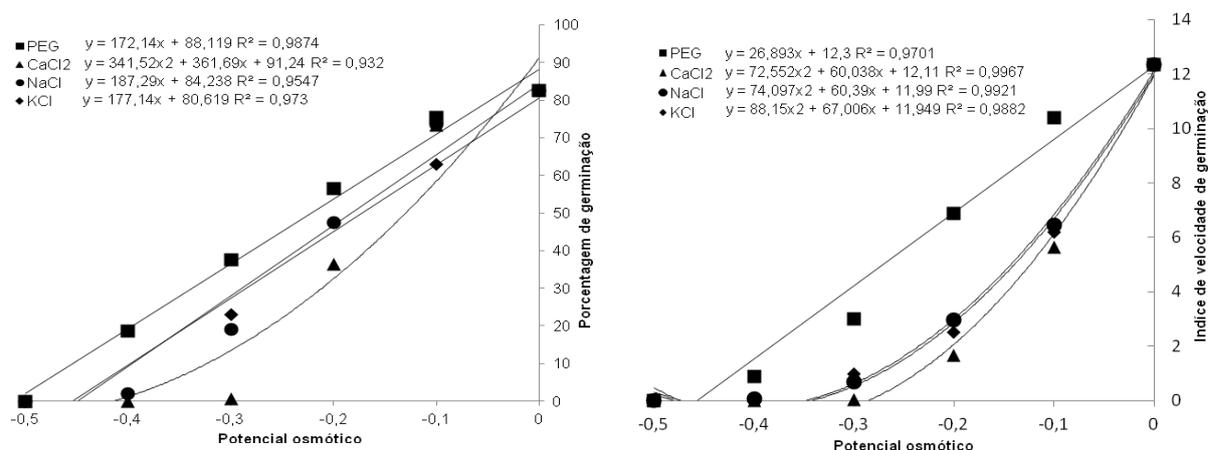


Figura 2. Porcentagem e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Ochroma pyramidale* em diferentes potenciais osmóticos.

Verificou-se que para as soluções salinas, ocorreu diferença significativa no potencial de -0,2 MPa para a porcentagem de germinação, em relação ao controle, enquanto para o PEG, à partir de -0,3 MPa, sugerindo menor tolerância da espécie ao estresse salino do que ao estresse hídrico (Tabela 2).

Esta redução da porcentagem de germinação se deve ao fato que, a alta concentração de solutos em uma solução é um fator de estresse para as plantas, pois reduz o potencial osmótico, e a água é retida na solução, de forma que o aumento da concentração a torna cada vez menos disponível para as plantas (RIBEIRO et al., 2001), impedindo a germinação das sementes menos vigorosas.

Quando se compara a ação dos agentes osmóticos nos diferentes potenciais, verifica-se diferença entre eles a partir do potencial de -0,2 MPa, com maiores valores de porcentagem de germinação obtidos em sementes presentes nas soluções de PEG, diferindo das soluções de CaCl₂, porém este não diferenciou-se dos demais sais. Os valores obtidos em soluções de NaCl diferiram em relação ao tratamento com PEG a partir do potencial de -0,3 MPa,

Tabela 2. Valores médios de porcentagem de germinação de sementes de *Ochroma pyramidale* submetidas a diferentes agentes e potenciais osmóticos.

Potencial osmótico (MPa)	Agentes osmóticos			
	PEG	CaCl ₂	NaCl	KCl
	Porcentagem de germinação			
0,0 (Controle)	82,50 Aa	82,50 Aa	82,50 Aa	82,50 Aa
-0,1	75,50 Aa	73,25 Aa	73,50 ABa	63,00 ABa
-0,2	56,50 ABa	36,50 Bb	47,50 Bab	47,50 Bab
-0,3	37,50 BCa	0,50 Cc	19,00 Cb	23,00 Cab
-0,4	18,50 Ca	0,00 Cb	2,00 Db	2,00 Db
-0,5	0,00 Da	0,00 Ca	0,00 Da	0,00 Da
	Índice de velocidade de germinação			
0,0 (Controle)	12,349 Aa	12,349 Aa	12,349 Aa	12,349 Aa
-0,1	10,378 Aa	5,631 Bb	6,445 Bb	6,196 Bc
-0,2	6,868 Ba	1,652 Cb	2,962 Cbc	2,529 Cc
-0,3	2,988 Ca	0,036 Dc	0,691 Cc	0,968 Db
-0,4	0,879 Da	0,000 Db	0,062 Cb	0,067 Eb
-0,5	0,000 Ea	0,000 Da	0,000 Ca	0,000 Ea

Médias seguidas pelas mesmas letras, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

e as soluções de KCl somente no potencial de -0,4 MPa.

Estes resultados diferem aos obtidos por Fanti e Perez (2004) para outra espécie da família Malvaceae, *Chorisia speciosa* St. Hil., que observaram diferença significativa a partir do potencial de -0,4 MPa nas soluções de PEG, NaCl e CaCl₂ e -0,6 MPa para KCl. Porém, comportamento similar foi verificado por Bakke et al. (2006) em sementes de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret, onde ocorreu maior sensibilidade ao estresse salino com redução de 95% da porcentagem de germinação no tratamento testemunha, para 63 a 53% quando submetida a soluções de PEG com potenciais entre -0,9 e -1,2 MPa, e para 27 a 9,5% em soluções salinas nos mesmo potenciais.

O comportamento diferenciado observado nas sementes de *O. pyramidale* presentes nas soluções salinas, quando comparado com o PEG, pode ser explicado pelo fato de que, a inibição do crescimento ocasionada pela salinidade, segundo Tobe et al. (2000), se deve tanto ao efeito osmótico, ou seja, à seca fisiológica produzida, como ao efeito tóxico, resultante da concentração de íons no protoplasma, levando à formação de espécies reativas de oxigênio, tais como superóxido, peróxido de hidrogênio, radical hidroxila e o oxigênio singlete (BREUSEGEM et al., 2001). Estas formas citotóxicas de oxigênio podem perturbar gravemente o metabolismo através de dano oxidativo a lipídios e proteínas (WISE E NAYLOR, 1987; IMLAY E LINN, 1988), podendo prejudicar a estrutura física das membranas celulares (ALCAZAR et al., 2006).

Já a redução da germinação em soluções de PEG deve-se provavelmente a uma redução da absorção de água pelas sementes e não a um efeito tóxico do PEG, visto que o polietileno glicol é considerado um composto inerte e não tóxico (BRACCINI et al., 1996).

Avaliando os valores de porcentagem de germinação encontrados para *O. pyramidale* quando em soluções de diferentes potenciais osmóticos, observa-se que o limite máximo de tolerância foi encontrado entre -0,3 e -0,4 MPa em solução de CaCl₂, e entre -0,4 e -0,5 MPa nos demais agentes, semelhante ao observado para a espécie *Schizolobium amazonicum* (Huber)

Ducke, por Braga et al. (2008), cuja germinação em solução de CaCl_2 , foi inibida completamente a -0,3 MPa e em solução de NaCl, à -0,5 MPa.

O efeito inibitório causado pelas soluções de CaCl_2 pode estar associado ao fato do Ca^{2+} ser um importante mensageiro secundário da transdução de sinais, portanto, pequenas flutuações na concentração de Ca^{2+} citossólico alteram as atividades de muitas enzimas (TAIZ E ZEIGER, 2004; PALLARDY, 2008).

Esses valores de limite de tolerância de *O. pyramidale* são consideravelmente baixos, comparando com outras espécies florestais que germinaram em potenciais acima de -1,0 MPa, como verificado em sementes de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) (PEREZ E NEGREIROS, 2001), *Senna spectabilis* (DC) Irwin et Barn. (JELLER E PEREZ, 2001) e *C. speciosa* (FANTI E PEREZ, 2004).

Os valores médios do índice de velocidade de germinação demonstram que ocorreram reduções significativas a partir de -0,1 MPa nas soluções salinas e -0,2 MPa no PEG. Reduções na velocidade de germinação no mesmo potencial também foram observadas para *Peltophorum dubium* por Botelho e Perez (2001) e para *S. amazonicum* por Braga et al. (2008).

Ao comparar a ação dos diferentes agentes sobre o IVG, nota-se que os maiores valores foram obtidos nas soluções de PEG, diferindo dos agentes salinos (Tabela 2). É possível observar que há uma redução gradual do IVG das sementes presentes em soluções de PEG, enquanto nas salinas houve um decréscimo acentuado no potencial de -0,1 MPa, em relação ao controle (Figura 2).

Bradford (1990) explica que, nestas condições de redução do potencial hídrico, as sementes têm água suficiente para iniciar o processo germinativo (Fases I e II) sem, contudo, iniciar o crescimento da raiz primária (Fase III), reduzindo assim, a velocidade de germinação, ampliando o período necessário para que seja atingido o teor mínimo de água exigido para o início da emergência do eixo embrionário (CARVALHO E NAKAGAWA, 2000). A redução na velocidade da germinação, e posterior emergência da plântula podem ser consideradas prejudiciais, principalmente em plantios comerciais,

pois aumenta o tempo de exposição das sementes a condições desfavoráveis, permitindo ação de patógenos que poderão comprometer a emergência e consequentemente, a população de plantas (PEIXOTO, 2006).

Em condições naturais, o estresse hídrico pode atuar de forma positiva no estabelecimento das espécies distribuindo a germinação no tempo, aumentando assim a probabilidade das plântulas encontrarem condições ambientais adequadas ao estabelecimento e desenvolvimento (BEWLEY E BLACK, 1994).

Experimento II – Avaliação do estresse osmótico com aplicação de putrescina

Na Tabela 3, observam-se os valores de F, média geral, coeficiente de variação (%) e diferença mínima significativa para a porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG). É possível verificar que somente o IVG na interação entre agentes osmóticos e concentrações de putrescina não foi significativo.

Tabela 3. Valores de F, média geral, coeficiente de variação (%) e diferença mínima significativa (DMS) para germinação (%) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Ochroma pyramidale* em função de agentes, potenciais osmóticos e concentrações de putrescina.

Causas de variação	GL	Germinação (%)	IVG
Agentes (A)	3	73,11 **	45,66 **
Potenciais (B)	3	223,53 **	604,95 **
Concentrações (C)	2	4,93 **	1,93 ns
A x B	9	25,69 **	9,76 **
A x C	6	3,21 **	1,08 ns
B x C	6	4,42 **	4,99 **
Resíduo	162		
Média Geral		6,25	2,04
Coef. de Variação (%)		15,52	13,33
DMS Agentes		0,51	0,14
DMS Potenciais		0,51	0,14
DMS Concentrações		0,41	0,11
DMS Agentes (B)		1,03	0,29
DMS Agentes (C)		0,89	0,24
DMS Potenciais (A)		1,03	0,29
DMS Potenciais (C)		0,89	0,24
DMS Concentrações (A)		0,81	0,23
DMS Concentrações (B)		0,81	0,23

** indica significância a 1% pelo teste F. ns não significativo.

Na Tabela 4 verifica-se uma redução na porcentagem e no índice de velocidade de germinação das sementes à medida que os potenciais osmóticos das soluções salinas tornaram-se mais negativos. A germinação máxima das sementes em presença das soluções salinas, verificada no potencial de -0,2 MPa, foi estatisticamente inferior ao controle, exceto para NaCl que diferiu a partir de -0,3 MPa. Observaram-se decréscimos mais acentuados da porcentagem e no índice de velocidade de germinação quando as sementes estavam embebidas na solução de CaCl₂, diferindo estatisticamente das outras soluções, indicando maior sensibilidade a este sal.

Os valores de porcentagem de germinação obtidos nos tratamentos com soluções de PEG 6000, não diferiram estatisticamente do controle, porém, esse comportamento não foi observado para o IVG, pois já houve diferença significativa a partir do potencial de -0,2 MPa.

Semelhante ao experimento I, as maiores valores de IVG foram obtidos nas sementes presentes nas soluções de PEG, que diferiu dos agentes salinos, exceto para o NaCl no potencial de -0,2 MPa. Quando avaliado os valores obtidos nas soluções salinas, verifica-se que os menores valores foram

Tabela 4. Valores médios de porcentagem (%G) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *O. pyramidale* submetidas a diferentes agentes e potenciais osmóticos.

Potencial osmótico (MPa)	Agentes osmóticos			
	PEG	CaCl ₂	NaCl	KCl
	Porcentagem de germinação			
0,0 (Controle)	69,08 Aa	69,00 Aa	69,00 Aa	69,00 Aa
-0,2	61,17 Aa	48,17 Ba	58,58 Aa	52,83 Ba
-0,3	56,66 Aa	13,83 Cc	32,17 Bb	44,00 Ba
-0,4	58,17 Aa	0,83 Dd	15,66 Cb	6,50 Cc
	Índice de velocidade de germinação			
0,0 (Controle)	10,579 Aa	10,579 Aa	10,579 Aa	10,579 Aa
-0,2	5,812 Ba	3,466 Bc	5,032 Bab	4,057 Bbc
-0,3	3,588 Ca	0,609 Cd	1,634 Cc	2,521 Cb
-0,4	2,706 Ca	0,027 Dc	0,606 Db	0,172 Dbc

Médias seguidas pelas mesmas letras, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

observados nas soluções de CaCl_2 , no entanto, não houve diferença dos valores obtidos nas soluções de KCl nos potenciais de -0,2 e -0,4 MPa.

O fato das soluções salinas causarem maior atraso na germinação das sementes de *O. pyramidale* pode estar relacionado não somente à retenção da água nas soluções osmóticas, como também, ao efeito tóxico provocado pelo desbalanço iônico (MENDES, 2009) alterando o metabolismo do embrião, e prolongando a fase II da embebição das sementes.

Quando a putrescina foi adicionada ao meio germinativo foi observada uma atenuação do estresse osmótico, na concentração de 4 mM, com aumento nos valores de porcentagem (Figura 3). Observando os valores dos intercepto, é possível verificar que a concentração de 2 mM reduziu os valores de porcentagem, em relação as concentrações de 0 e 4 mM, porém, avaliando junto ao ângulo obtido na equação, nota-se, que para os potenciais mais negativos (entre -0,3 e -0,4 MPa), a concentração de 2 mM reduziu o efeito do estresse osmótico, apresentando uma curva com redução menos acentuada que a observada na concentração de 0 mM, exceto para as soluções de PEG, onde o tratamento com putrescina não apresentou diferença entre os diferentes potenciais. Observando a Tabela 5, verificou-se um aumento significativo dos valores de porcentagem de germinação no potencial à -0,3 MPa com aplicação de putrescina, porém no potencial de -0,4 MPa, não houve diferença entre as concentrações de 0 e 4 mM.

A adição de putrescina nas soluções salinas pode ter reduzido o efeito do estresse osmótico sobre as sementes de *O. pyramidale*, atuando de maneira a reduzir o estresse oxidativo gerado pela salinidade, aumentando a atividade de enzimas antioxidantes (TANG E NEWTON, 2005), mantendo a integridade da membrana e reduzindo perturbações ao metabolismo do embrião, permitindo a germinação.

Nos estudos realizados por Botelho e Perez (2001) em sementes de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taubert foi observada uma atenuação parcial do estresse hídrico durante a germinação, com aumento nos valores de porcentagem e velocidade de germinação, mas não no limite máximo de tolerância. Em sementes de *Enterolobium schomburgkii* (Benth.) Benth, a apli-

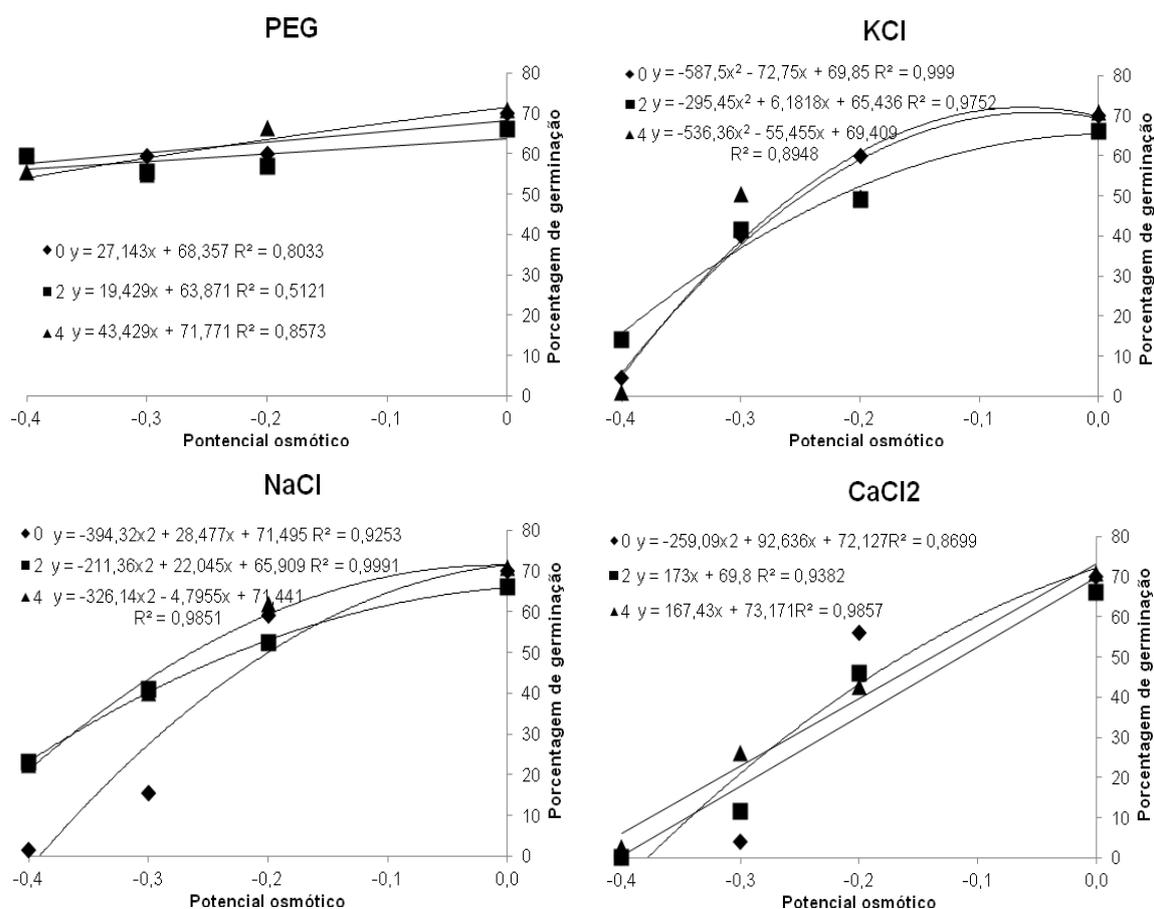


Figura 3. Porcentagem de germinação de sementes de *Ochroma pyramidale* em soluções osmóticas e aplicação de poliaminas

cação da poliamina putrescina promoveu aumento na porcentagem de germinação sob os potenciais mais negativos (BRAGA et al., 2009). No entanto, esse comportamento diverge de outras espécies florestais, onde aplicação de poliaminas não atenuou o efeito do estresse osmótico, como em *Adenathera pavonina* L. (FONSECA E PEREZ, 2001; FONSECA E PEREZ, 2003) e *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke (BRAGA et al., 2007). Jardim et al. (2007) verificaram que as soluções que continham putrescina causaram redução da viabilidade da sementes de *Chorisia speciosa* A. St.-Hil, em relação ao controle.

Assim como observado para porcentagem, o índice de velocidade de germinação também reduziu com potenciais mais negativos (Figura 4), porém é notável que houve variações nos valores com a redução dos potenciais, com maior índice no tratamento sem acréscimo de putrescina (controle) seguido do potencial a -0,2 MPa, havendo menor média com a redução gradual do potenci-

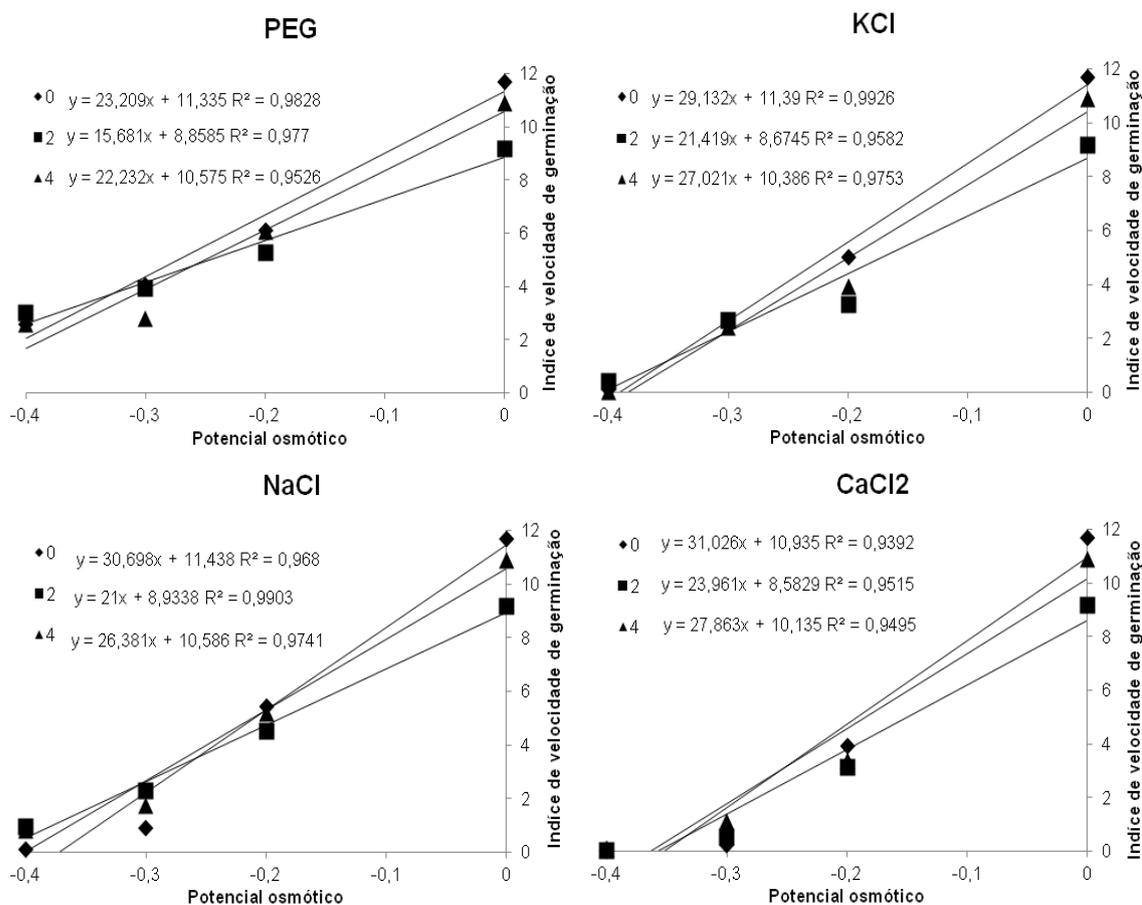


Figura 4. Índice de velocidade de germinação de sementes de *Ochroma pyramidale* em soluções osmóticas e aplicação de poliaminas.

al de putrescina (Tabela 5). As poliaminas podem afetar negativamente o desenvolvimento de uma espécie, em função da concentração e da sensibilidade dos tecidos a esses compostos, como ocorreu em sementes de *Chorisia speciosa*, onde a aplicação de 5 mM de putrescina reduziu os valores de IVG até o potencial de -0,8 MPa, em relação ao tratamento sem aplicação de poliaminas (JARDIM et al., 2007).

Na Tabela 6 é possível verificar que a porcentagem de germinação obtida nas soluções de NaCl apresentou resposta diferenciada às concentrações de putrescina, onde o tratamento sem poliamina obteve o menor valor (36,5%), diferindo das demais concentrações. Esse resultado pode ser relacionado ao papel das poliaminas em resposta ao estresse provocado por Na⁺ proposto por Yamaguchi et al. (2006), em experimentos com *Arabidopsis thaliana*, onde esses reguladores agem sobre canais permeáveis ao Ca²⁺, sen-

Tabela 5. Valores médios de porcentagem e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Ochroma pyramidale* submetidas a diferentes potenciais osmóticos e concentrações de putrescina.

Potencial osmótico (MPa)	Concentrações de poliamina (mM)		
	0	2	4
Porcentagem de germinação			
0,0 (Controle)	70,00 Aa	66,06 Aa	71,00 Aa
-0,2	58,75 Aa	51,69 Ba	55,13 Ba
-0,3	29,75 Bb	37,38 Ca	42,88 Ca
-0,4	16,38 Cb	24,13 Da	20,38 Dab
Índice de velocidade de germinação			
0,0 (Controle)	11,699 Aa	9,145 Ab	10,893 Aa
-0,2	5,121 Ba	4,027 Bb	4,628 Bab
-0,3	1,922 Ca	2,342 Ca	2,000 Ca
-0,4	0,690 Da	1,071 Da	0,871 Da

Médias seguidas pelas mesmas letras, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 6. Valores médios de porcentagem de germinação de sementes de *O. pyramidale* submetidas a diferentes agentes osmóticos e concentrações de putrescina.

Putrescina (mM)	Agentes osmóticos			
	PEG	CaCl ₂	NaCl	KCl
Porcentagem de germinação				
0	62,25 Aa	30,87 Ac	36,50 Bb	43,62 Abc
2	59,50 Aa	32,50 Ac	45,62 Ab	42,62 Ab
4	62,00 Aa	35,50 Ac	48,87 Ab	43,00 Ac
Índice de velocidade de germinação				
0	6,113	3,954	4,531	4,836
2	5,330	3,192	4,209	3,855
4	5,573	3,865	4,650	4,306

Médias seguidas pelas mesmas letras, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

do que esses íons atuam na expressão dos genes da via SOS (salt overly sensitive), ativando proteínas de transporte presentes na membrana plasmática, acarretando o efluxo dos íons de Na⁺ presentes no citossol, e por

consequência, impedindo o extravasamento de K^+ , gerado em decorrência da despolarização da membrana durante o estresse (SHABALLA et al., 2006, SHABALLA et al., 2007).

Ao comparar a ação da putrescina entre os agentes, os maiores valores foram observados na presença de PEG, diferenciando-se dos demais agentes. Os menores valores foram observados nas soluções de $CaCl_2$, que não diferiu dos resultados obtidos nas soluções de KCl nas concentrações de 0 e 4 mM.

De acordo com Alcazar et al. (2006) quando a aplicação de poliaminas exógenas não surte efeitos, este resultado pode ser atribuído à translocação ou e/ou interação com os componentes aniônicos da parede celular, onde as poliaminas são catabolizadas em aminas por poliaminas oxidases.

CONCLUSÕES

O estresse osmótico interfere na germinação de sementes *Ochroma pyramidale*, havendo redução da porcentagem e velocidade do processo germinativo à medida que os potenciais se tornam mais negativos, especialmente nas soluções de CaCl_2 .

Potenciais osmóticos entre -0,3 e -0,4 MPa de CaCl_2 e -0,4 e -0,5MPa de NaCl, KCl e PEG inibem completamente a germinação de sementes de *Ochroma pyramidale*;

A aplicação da poliamina putrescina promoveu aumento na porcentagem de germinação sob os potenciais mais negativos, com maiores valores na concentração de 4 mM, porém o índice de velocidade de germinação diminuiu na presença deste regulador.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGBOOLA, D.A. Effect of saline solutions and salt stress on seed germination of one tropical forest tree species. **Revista de Biologia Tropical**, San José, v.46, n. 4, p.1109-1115, 1998.

ALCÁZAR, R., MARCO, F., CUEVAS, J. C., PATRON, M., FERRANDO, A., CARRASCO, P., TIBURCIO, A. F. AND ALTABELLA, T. Involvement of polyamines in plant response to abiotic stress. **Biotechnol letters** v. 28, n. 23, p. 1867-1876, 2006

BAKKE, I.A.; FREIRE, A.L.O.; BAKKE, O.A.; ANDRADE, A.P.; BRUNO, R.L.A. Water and sodium chloride effects on *Mimosa Tenuiflora* (Willd.) Poiret seed germination. **Caatinga**, Mossoró, v.19, n.3, p.261-267, 2006.

BARBOSA, A. P.; SAMPAIO, P. T.B.; CAMPOS, M. A. A.; VARELA, V. P.; GONÇALVES, C. Q. B.; IIDA, S. Tecnologia alternativa para a quebra de dormência das sementes de pau-de-balsa (*Ochroma lagopus* Sw., Bombacaceae). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 34, n. 1, p. 107-110, 2004.

BELLO, E. P. de B. C. e S.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; GUIMARÃES, S. C.; MENDONÇA, E. A. F. Germinação de sementes de *Amburana acreana* (Ducke) A. C. Sm. submetidas a diferentes condições de temperatura e de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 3, 2008.

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

BORGES, E.E.L.; RENA, A.B. **Germinação de sementes**. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. (Coord.) **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p.83-136.

BOTELHO, B. A.; PEREZ, S. C. J. G. A. Estresse hídrico e reguladores de crescimento na germinação de sementes de Canafístula. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.1, p.43-49, 2001.

BRACCINI, A. de 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**, Brasília, v.18, n.1, p.10-16, 1996.

BRADFORD, K. J. A Water Relations Analysis of Seed Germination Rates. **Plant Physiology**, Lancaster, v.94, n. 3, p. 840-849, 1990.

BRAGA, L. F.; CARVALHO, A. B.; SOUSA, M. P.; LIMA, G. P. P.; GONÇALVES, A. N. Aplicação de poliaminas em sementes de *Schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke durante a germinação sob estresse hídrico. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.5, n.1, p.27-35, 2007

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

BRAGA, L.F.; SOUSA, M.P.; CESARO, A.S.; LIMA, G.P.P.; GONÇALVES, A.N. Germinação de sementes de pinho-cuiabano sob deficiência hídrica com diferentes agentes osmóticos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.36, n.78, p.157-163, 2008.

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.

BREUSEGEM, F. V.; VRANOVÁ, E.; DAT, J.F.; INZÉ, D. The role of active oxygen species in plant signal transduction. **Plant. Science**, Oxford, v. 161, n. 3, p. 405-414, 2001.

BUTTERFIELD, R. P. Promoting biodiversity: advances in evaluating native species for reforestation. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 75, n. 1-3, p. 111-121, 1995.

CARDEN, D.E, WALKER, D.J, FLOWERS, T.J, MILLER, A.J.. Single-cell measurements of the contributions of cytosolic Na⁺ and K⁺ to salt tolerance. **Plant Physiology**, Waterbury, v. 131, n. 2, p. 676–683, 2003.

CARDOSO, V.J.M. **Germinação**. In: KERBAUY, G.B. (Ed). **Fisiologia vegetal**. Editora Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 2004. p.386-408.

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

CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; PERES, L. E. P. **Manual de fisiologia vegetal: teoria e prática**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2005. 650p.

CASTRO, R.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M. **Embebição e reativação do metabolismo**. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (Orgs.). **Germinação do básico ao aplicado**. Porto Alegre, 2004. p.149-162.

COLLI, S. **Outros reguladores: Brassinoesteróides, poliaminas, ácido jasmônico e salicílico**. In: KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**, 1^a. Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 431p., 2004.

DIEMONT, S. A. W. Lacandon Maya forest management: Restoration of soil fertility using native tree species. **Ecological Engineering**, Amsterdam, v. 28, n. 3, p. 205-212, 2006.

ESTEVES, G. L. Flora da Reserva Ducke, Amazonas , Brasil: Bombacaceae. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 56, n. 86, p. 115-124. 2005

FANTI, S. C.; PEREZ, S. C. J. G. A. Processo germinativo de sementes de paineira sob estresses hídrico e salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 9, p. 903-909, 2004 .

FONSECA, S. C. L.; PEREZ, S. C. J. G. A. Germinação de sementes de olho-de-dragão (*Adenantha pavonina* L.): ação de poliaminas na atenuação do estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 14-20, 2001.

FONSECA, S. C. L.; PEREZ, S. C. J. G. A. Ação do polietileno glicol na germinação de sementes de *Adenantha pavonina* L. e o uso de poliaminas na atenuação do estresse hídrico sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, vol. 25, nº 1, p.1-6, 2003.

FONSECA, S.C.L.; PEREZ, S.C.J.G.A. Efeito do estresse hídrico e interferência de diferentes profundidades de plantio na germinação de sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam) de wit. **Revista Ceres**, Viçosa, v.46, p.371-381, 1999.

FRANCIS, J., K. ***Ochroma pyramidale* Cav. Balsa**. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 1991, 6p.

GALSTON, A. W.; SAWHNEY, R. K. Polyamines in plant physiology. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 94, n. 2, p. 406-410, 1990.

GHEYI, H.R., MEDEIROS, J.F. **Riscos de salinização em áreas irrigadas**. In: ANAIS DA JORNADA LATINO AMERICANA NAS ZONAS SEMI-ÁRIDAS, Maceió. 1991.

HASEGAWA, P.M.; BRESSAN, R.A.; ZHU, J.K.; BOHNERT, H.J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 51, p. 463-499, 2000.

IMLAY, J.A.; LINN, S. DNA damage and oxygen radical toxicity. **Science** v. 240, p. 1302–1309, 1988.

JARDIM, M. M.; PEREZ, S. C. J. G. A.; SANTIS, L. B. Efeitos do condicionamento da putrescina na germinação de *Chorisia speciosa* St Hil. Sob estresse. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 882-884, 2007.

JELLER, H.; PEREZ, S. C. J. G. A. Efeitos dos estresses hídrico e salino e da ação de giberelina em sementes de *Senna spectabilis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 93-104, 2001.

JELLER, H.; PEREZ, S. C. J. G. A. Condicionamento osmótico na germinação de sementes de cássia-do-nordeste sob estresse hídrico, térmico e salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1025-1034, 2003.

- KOZLOWSKY, T. T. Plant Hormones and Other Endogenous Growth Regulators. **Physiology of Woody Plants (Second Edition)**. San Diego: Academic Press, 1997. p. 309-319.
- KUMAR, A.; ALTABELA, T.; TAYLOR, M.; TIBURCIO, A. Recent advances in polyamine research. **Trends Plant Science**, Londres, v. 2, n. 4, p. 124-130, 1997.
- LABOURIAU, L.G.;VALADARES, M.E.B. On the germination of seeds *Calatropis procera*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 48, p. 263-284, 1976.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.
- LEÃO, N. V. M.; FREITAS, A. D. D.; CARRERA, R. H. A. Pau-de-balsa: *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lamb.) Urban. **Informativo técnico Rede de sementes da Amazônia**, n. 19, 2008.
- LOPES, H. M.; SOUZA, C. M.. Efeitos da giberelina e da secagem no condicionamento osmótico sobre a viabilidade e o vigor de sementes de sementes de mamão (*Carica papaya* L.). **Revista brasileira sementes**, Londrina, v. 30, n. 1, p.181-189, 2008.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Editora Plantarum, Nova Odessa, 1992. 351p.
- MAGUIRE, J.D. Speed of germination and in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science**, Madison, v.2, p. 176-177, 1962.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- MARTIN-TANGUY, J. Metabolism and function of polyamines in plants: recent development (new approaches). **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v.34, p.135-148, 2001.
- MATHUUIS, F.J.M., AMTMANN, A. K⁺ nutrition and Na⁺ Toxicity: The basis of cellular K⁺/Na⁺ ratios. **Annals of Botany**, Londres, v. 84, n. 2, p. 123-133, 1999.
- MEDEIROS, J.F.; GHEYI, H.R. Manejo do sistema solo-água-planta em solos afetados por sais. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. (Eds.). Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: UFPB, SBEA, 1997. p.239-284.
- MENDES, B.S.S. **Efeitos Fisiológicos e Bioquímicos do Estresse Salino em *Ananas porteanus***. 2009. 53p. Dissertação (Mestrado em Química) UFRPE, Recife.

- NOBRE, R. G.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SANTOS, F. J. S.; BEZERRA, I. L.; GURGEL, M. T. Germinação e formação de mudas enxertadas de gravioleira sob estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 12, p.1365-1371, 2003 .
- PALLARDY, D. S. G. Plant Hormones and Other Signaling. **Molecules Physiology of Woody Plants (Third Edition)**. San Diego: Academic Press, 2008. p. 367-377.
- PANG, C. A.; WANG, B. Oxidative Stress and Salt Tolerance in Plants. **Progress in Botany**, Nova Iorque, v. 69, n. 3, p. 231-246, 2008.
- PEIXOTO, A.M. (Org) 2006. **Enciclopédia Agrícola Brasileira**, 1st ed., São Paulo: EDUSP, 632p.
- PEREZ, S. C. J. G. A.; JARDIM, M. M. Viabilidade e vigor de sementes de paineira após armazenamento, condicionamento e estresses salino e térmico. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 40, n. 6, p.587-593, 2005.
- PEREZ, S. C. J. G. A.; NEGREIROS, G. F. Efeitos do pré-condicionamento na viabilidade e no vigor de sementes de Canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) em condições de estresse. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 1, p.175-183, 2002.
- PIMENTA, J. A. **Relações Hídricas**. In: KERBAUY, G. B.; ZAIDAN, L. B. (Org.). **Fisiologia Vegetal**. 1 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004, v. 01, p. 01-39.
- RAMOS, N. P.; FLOR, E. P. O.; MENDONÇA, E. A. F.; MINAMI, K. Envelhecimento acelerado em sementes de rúcula (*Eruca sativa* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 26, n. 1, p.98-103, 2004.
- 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**, Zurich, v.25, p.45-57, 1996.
- RIBEIRO, M.C.C.; MARQUES, B.M.; AMARRO FILHO, J. Efeito da salinidade na germinação de sementes de quatro cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.23, n.1, p.281-284, 2001.
- RIZZINI, C.T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de dendrologia brasileira**. Rio de Janeiro: Edgar Blücher, 1978.
- ROSA, L. S. da; 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). **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 306-314, 2005.

- SABOGAL, C.; ALMEIDA, E.; MARMILLOD, D.; CARVALHO, J. O. P. **Silvicultura na Amazônia Brasileira: Avaliação de experiências e recomendações para implementação e melhoria dos sistemas.** Belém: CIFOR, 2006. 192 p.
- SANTIAGO, E. J. A. de. **Caracterização morfológica e bioquímica de calos de pimenta longa (*Piper hispidinervium* Candolle, De Candolle).** 2003. 162 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG.
- SANTOS, C. M. G.; VIEIRA, E. L. Efeito de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas e crescimento inicial do algodoeiro. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 17, n. 3, p. 124-130, 2005.
- SANTOS, M. C. A.; AROUCHA, E. M. M.; SOUZA, M. S.; SILVA, R. F. SOUSA, P. A. Condicionamento Osmótico de Sementes: Revisão de Literatura. **Caatinga**, Mossoró, v.21, n. 2, p.01-06, 2008
- SHABALLA, S., CUIN, T. A. AND POTTOSIN, I. Polyamines prevent NaCl-induced K⁺ efflux from pea mesophyll by blocking non-selective cation channels. **FEBS letters**, Amsterdam, v. 581, n. 10, p. 1993-1999, 2007.
- SHABALLA, S., DEMIDCHIK, V., SHABALA, L., CUIN, T.A., SMITH, S.J., MILLER, A.J., DAVIES, J.M. AND NEWMAN, I.A. Extracellular Ca²⁺ ameliorates NaCl-induced K⁺ loss from Arabidopsis root and leaf cells by controlling plasma membrane K⁺-permeable channels. **Plant Physiology**, Lancaster, v.141, n. 4, p. 1653–1665, 2006.
- SHEVYAKOVA, N.I.; STROGONOV, B.P. AND KIRYAN, G.I. Metabolism of polyamines in NaCl-resistant cell lines from *Nicotiana sylvestris*. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht v. 3, n. , p. 365-369, 1985.
- SILVA, A.; CASTELLANI, E.D.; AGUIAR, I.B.; SADER, R.; RODRIGUES, T.J.D. Interação de luz e temperatura na germinação de sementes de *Esenbeckia leiocrapa* Engl. Guarantã. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v.9, n.1, p. 57-64, 1992.
- SILVA, L. M. M.; AGUIAR, I. B.; MORAIS, D. L.; VIÉGAS, R. A. Estresse hídrico e condicionamento osmótico na qualidade fisiológica de sementes de *Cnidocolus juercifolius*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.1, p.66-72, 2005.
- SMITH, T.A. Polyamines. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.36, p.117-143, 1985.
- SOUZA, M.P. **Germinação de sementes de *Plantago ovata*: estresse hídrico e salino, teor de prolina e atividade das enzimas amilase e ascorbato peroxidase.** 2004. 80p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4ª ed. Artmed, Porto Alegre, 820p., 2004.

TANG, W.; NEWTON, R.J. Polyamines reduce salt-induced oxidative damage by increasing the activities of antioxidant enzymes and decreasing lipid peroxidation in *Virginia pine*. **Plant Growth Regulation**, v.46, p.31–43, 2005.

TOBE, K.; LI, X.; OMASA, K. Seed germination and radicle growth of a halophyte, *Kalidium capsicum* (Chenopodiaceae). **Annals of Botany**, Londres, v.85, p.391-396, 2000.

TONELLI, M. K.; GOTARDO, V.; CICHERELO, W. ZONETTI, P. C.; SCHUAB, S. R. P. **Influência do pré-tratamento de sementes de soja, submetidas ao estresse hídrico, com ácido salicílico**. V Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar – Maringá: outubro de 2009.

VARELA, V.P.; FERRAZ, I. D. K. Germinação de sementes de Pau-de-balsa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 10, p. 1685-1689, 1991.

VERSLUES, P. E.; AGARWAL, M.; KATIYAR-AGARWAL, S.; ZHU, J.; ZHU, J. K. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. **The Plant Journal**, Oxford, v. 45, n. 4, p. 523-539, 2006.

VILLANUEVA, V.R.; HUANG, H. Effect of polyamine inhibition on pea seed germination. **Journal of Plant Physiology**, Munique, v.141, n. 3, p.336-40, 1993.

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, 1991.

WILLADINO, L; CÂMARA, T. **Origen y naturaleza de los ambientes salinos**. In: REIGOSA. M. J.; PEDROL, N.; SÁNCHEZ, A. **La Ecofisiologia Vegetal, Una ciencia de síntesis**. Madri, Espanha. Editora Thomsom, p. 303-329, 2004.

WILLADINO, L.; CAMARA, T.R.; BOGET, N.; SANTOS, M.A.; TORNE, J.M. Polyamine variations in sensitive embryogenic callus of maize as a response to NaCl stress. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.8, n.2, p.161-164, 1996.

WISE, R.R., NAYLOR, A.W. Chilling-enhanced photooxidation: evidence for the role of singlet oxygen and endogenous antioxidants. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 83, n. 2, p. 278–282, 1987.

YAMAGUCHI, K., TAKAHASHI, Y., BERBERICH, T., IMAI, A., MIYAZAKI, A., TAKAHASHI, T., MICHAEL, A. AND KUSANO, T. The polyamine spermine protects against high salt stress in *Arabidopsis thaliana*. **FEBS letters**, Amsterdam, v. 580, n. 30, p.6783-6788, 2006.

Z Aidan, H.A. Níveis de Putrescina, Poliaminas e Nutrientes Minerais Relacionados a Diferentes Concentrações de Potássio em Bananeira (*Musa sp.*, AAA e AAB) cvs. Nanica e Prata Anã in vitro. 1998. 114p.
Dissertação (Mestrado em Fisiologia e bioquímica de plantas) ESALQ/USP, Piracicaba.

ZHU, J.K. Salt and drought stress signal transduction in plants. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 53, p. 247-273, 2002.