



Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro
Escola Nacional de Botânica Tropical

Influência do estresse hídrico e salino na germinação de propágulos de *Avicennia schaueriana* Stapf e Leechman ex Moldenke e *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f.

Viviane Fernandez de Oliveira

2005



Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro
Escola Nacional de Botânica Tropical

Influência do estresse hídrico e salino na germinação de propágulos de *Avicennia schaueriana* Stapf e Leechman ex Moldenke e *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f.

Viviane Fernandez de Oliveira

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica, Escola Nacional de Botânica Tropical, do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Botânica.

Orientador:
Dr. Antônio Carlos Silva de Andrade

Rio de Janeiro
2005

Influência do estresse hídrico e salino na germinação de propágulos
de *Avicennia schaueriana* Stapf e Leechman ex Moldenke e
Laguncularia racemosa (L.) Gaertn. f.

Viviane Fernandez de Oliveira

Dissertação submetida ao corpo docente da Escola Nacional de Botânica Tropical, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro - JBRJ, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre.

Aprovada por:

Prof. Dr. Antônio Carlos Silva de Andrade (Orientador)

Prof. Dr. Massanori Takaki (UNESP-Rio Claro)

Prof. Dr. Eduardo Arcoverde de Mattos (UFRJ)

em ____ / ____ /200 ____

Rio de Janeiro
2005

O48i Oliveira, Viviane Fernandez de
Influência do estresse hídrico e salino na germinação de propágulos de *Avicennia schaueriana* Stapf e Leechman ex Moldenke e *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f. / Viviane Fernandez de Oliveira. – Rio de Janeiro, 2005.
x, 82 f. : il. ; 28 cm.

Dissertação (mestrado) – Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro/Escola Nacional de Botânica Tropical, 2005.

Orientador: Antônio Carlos Silva de Andrade.

Banca examinadora: Massanori Takaki, Eduardo Arcoverde de Mattos.

Bibliografia.

1. Germinação. 2. Manguezal. 3. *Laguncularia*. 4. *Avicennia*. 5. Estresse hídrico e salino. I. Título. II. Escola Nacional de Botânica Tropical.

CDD 571.862

RESUMO

Manguezais são ecossistemas costeiros caracterizados por vegetação arbórea halófila que se desenvolve na interface entre os ambientes marinho e terrestre. Dos 7.408 Km de costa brasileira, 6.783 Km contêm florestas de mangue, o que representa uma área de 25.000Km². *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana* são espécies típicas de mangue presentes nos manguezais da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil. Os objetivos deste estudo foram (i) determinar o efeito da temperatura (10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 °C) e do estresse hídrico e salino ($\psi = 0,0; -0,4; -0,6; -0,8; -1,2; -1,6; -2,0; -2,4; -2,8; -3,2; -3,6; -4,0$ MPa), promovidos por soluções de NaCl e Polietilenoglicol 6000 (PEG), na germinação de propágulos de *L. racemosa* e *A. schaueriana*, e (ii) comparar a resposta de germinativa de propágulos coletados em duas florestas distintas em termos de estresse ambiental. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Sementes do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro e resultaram em três artigos, aqui apresentados: **(i) Influência da temperatura e do estresse hídrico e salino na germinação de propágulos de *Avicennia schaueriana* Stapf e Leechman ex Moldenke** **(ii) Influência da temperatura e do estresse hídrico e salino na germinação de propágulos de *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f.** **(iii) Variações intra-específicas na germinação de propágulos de *Avicennia schaueriana* Stapf e Leechman ex Moldenke e *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f.: um enfoque sobre níveis de estresse em florestas de mangue.** Propágulos de *L. racemosa* apresentaram alta germinabilidade em uma ampla faixa de potenciais hídricos e melhor eficiência do processo germinativo em soluções de NaCl, do que em PEG. Ao contrário, os propágulos de *A. schaueriana* foram afetados pelo efeito tóxico das soluções de NaCl em potenciais hídricos mais negativos que -0,8 MPa. Comparando a resposta germinativa entre propágulos provenientes das duas florestas de mangue (com condições de estresse ambiental distintas), observou-se que arbustos submetidos à condições de estresse (interface entre floresta de mangue e planície hipersalina) produzem propágulos com menor viabilidade do que árvores localizadas nas proximidades do rio.

Palavras-chave – germinação, manguezal, *Laguncularia*, *Avicennia*, temperatura, estresse hídrico e salino

ABSTRACT

Mangroves are salt-tolerant forested wetlands at the land-sea interface which form interdependent links between inland terrestrial landscapes and the nearshore marine environment. Of Brazil's 7,408 Km of coastline 6,783 Km contain mangrove forests, covering some 25,000 Km². *Laguncularia racemosa* and *Avicennia schaueriana* are mangrove species that occur in Sepetiba bay, Rio de Janeiro state, Brazil. The aims of this study were (i) determine the effects of temperature (10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 °C) and salt and water stress ($\psi = 0,0; -0,4; -0,6; -0,8; -1,2; -1,6; -2,0; -2,4; -2,8; -3,2; -3,6; -4,0$ MPa), promoted by NaCl and Polyethylene glycol 6000 (PEG), on propagules germination of *L. racemosa* and *A. schaueriana* and (ii) compare germination response of propagules collected from two sites with contrasting environmental stress. Experiments were conducted in Seed Laboratory of Rio de Janeiro Botanic Garden and resulted in three articles presented here: (i) **Effects of temperature and salt and water stress on germination *Avicennia schaueriana* Stapf e Leechman ex Moldenke propagules**; (ii) **Effects of temperature and salt and water stress on germination *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f. propagules**; (iii) **Two sites with contrasting environmental stress in mangrove ecosystem: germination response of *Avicennia schaueriana* Stapf e Leechman ex Moldenke and *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f. propagules**. *L. racemosa* propagules showed high germinability in a wide range of water potentials and better germination response with NaCl than PEG. Otherwise, *A. schaueriana* propagules were affected from toxic effects of NaCl solutions in water potentials more negative than -0,8 MPa. Comparing the germination response between propagules from two forest stands (with contrasting environmental stress) we found that scrubs submitted to stress conditions (mangrove forest and salt flat interface) produced propagules with lesser viability than trees that grow in river vicinities.

Keywords - germination, mangrove, *Laguncularia*, *Avicennia*, temperature, salt and water stress

AGRADECIMENTOS

À Deus, Energia manifestada interiormente como luz, inspiração, intuição, perseverança e confiança, até mesmo nos momentos mais difíceis.

Ao Prof. Dr. Antônio Carlos Silva de Andrade, pela preciosa orientação deste trabalho. Sua objetividade, atenção, paciência, confiança e inúmeros incentivos profissionais foram extremamente importantes nestes dois anos.

Ao Programa de Pós-Graduação da Escola Nacional de Botânica Tropical (ENBT), ao Programa Conservação e ao Laboratório de Sementes, do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, pelas condições oferecidas para realização deste trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), pela bolsa concedida durante todo o Mestrado.

À Dr. Cecília Gonçalves Costa, pelo auxílio financeiro para compra de Polietilenoglicol em época compatível com a produção dos propágulos.

Ao *Mestre* Mário Luiz Gomes Soares, eterno orientador e amigo *oculto*. Gostaria de agradecer especialmente pelo peculiar apoio na *germinação* deste seu empolgado *propágulo* de mangue (*Avicennia*). Posso antecipar aqui a maior conclusão deste trabalho: *O NEMA/ UERJ é uma floresta de franja!*

À MSc. Ana Margarida Portugal, por seu *ouvido terapeutizado*, amizade, alegria, companheirismo e incansável ajuda em todos os momentos, de maratonas no laboratório a crises emocional-existenciais. Considerando que somos *quase a mesma coisa*, posso dizer que a voz da experiência fez muita diferença neste *segundo* Mestrado. Agradeço ainda pela ajuda na confecção dos croquis e revisão final do terceiro artigo.

À Prof. Dra. Tânia Sampaio, por acreditar no meu interesse pela Botânica e me encaminhar para orientação do Dr. Antônio Carlos.

Aos pesquisadores Dr. André Mantovani e Dr. Mário Soares, pelos comentários sobre o projeto de dissertação, durante a disciplina Seminários I.

Aos pesquisadores Dra. Mônica Cardoso, MSc. Catarina Lira-Medeiros, Dr. Mário Soares, e Dr. Sérgio Cardoso, pelas contribuições essenciais ao terceiro artigo desta dissertação.

Ao Dr. Ernesto Medina, pelo interesse e atenção, em observar os resultados deste trabalho, e pelo envio de bibliografia.

Às técnicas do Laboratório de Sementes, Ana Paula Cruz e Marina Fernandes, e às *sementinhas*, Isabella, Amanda Areias, Amandita, Luciana *ligeira* e Francisco, pelo grande apoio, exclusiva dedicação durante os experimentos, coragem para encarar as coletas no manguezal e, principalmente, pela amizade.

Aos coletores de sementes, Ricardo Matheus e Rafael Ribeiro, pelas insubstituíveis participações nas atividades de campo.

À Camila Mata e Ana Lúcia, pelo auxílio nas análises moleculares.

À Marli, Naziel e Nilza, por pequenos auxílios gerais prestados com carinho.

A todos os amigos do Núcleo de Estudos em Manguezais (NEMA-UERJ), Carlos Milton, Gustavo, Filipe, Júlio, Fábio, Bia, Elaine, Paula e Aline, que acompanharam e torceram pelo sucesso desta empreitada Botânica.

Aos Oceanógrafos Carlos Milton Silva Jr e Gustavo Estrada, que se dispuseram a ajudar e alegrar as contagens de carnaval.

Aos alunos da turma de Mestrado/ 2003, pelos momentos descontraídos na ENBT. Em especial agradeço aos amigos Gabriel Uriel, Carlos Wagner e Danielle, que me ajudaram com discussões, lembretes e até entregas de trabalhos.

Às professoras Dra. Tânia Sampaio Pereira e Mônica Aires Cardoso, pela excelente condução da disciplina Biologia da Conservação, essencial para minha formação.

À Dr. Mônica Tognella-de-Rosa e MSc. Elaine Bernini, que mesmo distantes são exemplos que me inspiram e incentivam a seguir em frente nos caminhos profissional e pessoal.

Dr. Yara Schaeffer-Novelli pelos comentários no início deste trabalho e por todo o investimento para conservação dos manguezais brasileiros. Espero ter honrado a *geração F₄*.

À amiga Luciana, pelas diversas dicas, por sua torcida e presença *de coração*.

À Yolanda Freire e Octavio Rosário, pelo cuidado durante meu *processo germinativo*.

Ao *namorado*, quase *marido* Andrei, por seu amor e apoio para produção de conhecimento na *base* Rio das Ostras.

À todos os meus familiares, por existirem e fazerem diferença nas minhas escolhas.

Por fim, agradeço ao manguezal de Guaratiba, pelos propágulos oferecidos e momentos especiais proporcionados. Espero que este trabalho possa contribuir para conservação deste ecossistema.

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vi
INTRODUÇÃO GERAL	1
ARTIGO I: Influência da Temperatura e do Estresse Hídrico e Salino na Germinação de Propágulos de <i>Avicennia schaueriana</i> Stapf e Leechman ex Moldenke V.F. Oliveira, A.C. S. Andrade	8
INTRODUÇÃO	9
MATERIAL E MÉTODOS	11
Coleta dos propágulos	11
Biometria dos propágulos	11
Influência da temperatura	12
Influência do estresse hídrico e salino	12
RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
Biometria dos propágulos	14
Influência da temperatura	14
Influência do estresse hídrico e salino	17
AGRADECIMENTOS	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
ARTIGO II: Influência da Temperatura e do Estresse Hídrico e Salino na Germinação de Propágulos de <i>Laguncularia racemosa</i> (L.) Gaertn. f.. V.F. Oliveira, A.C. S. Andrade	31
INTRODUÇÃO	32
MATERIAL E MÉTODOS	34
Coleta dos propágulos	34
Biometria dos propágulos	34
Influência da temperatura	35
Influência do estresse hídrico e salino na germinação	35
RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
Biometria dos propágulos	36
Influência da temperatura	37
Influência do estresse hídrico e salino	40
AGRADECIMENTOS	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

ARTIGO III: Variações intra-específicas na germinação de propágulos de <i>Avicennia schaueriana</i> Stapf e Leechman ex Moldenke e <i>Laguncularia racemosa</i> (L.) Gaertn. f.: um enfoque sobre tipos fisiográficos de florestas de mangue.	
V.F. Oliveira, A.C. S. Andrade, M.L.G. Soares, C.L. Medeiros, M.A. Cardoso	54
INTRODUÇÃO	55
MATERIAL E MÉTODOS	56
Área de estudo, coleta e triagem dos propágulos	56
Biometria e germinação dos propágulos	59
Influência dos estresses hídrico e salino na germinação dos propágulos	60
Variabilidade genética entre as florestas de mangue	62
RESULTADOS	62
Biometria e germinação dos propágulos	62
Influência dos estresses hídrico e salino na germinação dos propágulos	64
Variabilidade genética entre as florestas de mangue	67
DISCUSSÃO	68
CONCLUSÃO	74
AGRADECIMENTOS	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
CONCLUSÕES GERAIS	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80

INTRODUÇÃO GERAL

Os manguezais são ecossistemas costeiros de transição entre os ambientes terrestre e marinho que se desenvolvem nas regiões tropicais e subtropicais do mundo. Suas florestas caracterizam-se por espécies vegetais lenhosas típicas, que possuem adaptações quanto à sustentação em substrato inconsolidado, ação das marés, aeração do sistema radicular e tolerância à salinidade e ao estresse hídrico. À esta vegetação compete a estruturação de todo o ecossistema, pois fornece condições físicas que garantem a presença de fauna exclusiva e transeunte, além dos demais componentes da flora, como micro e macroalgas, igualmente adaptadas às características peculiares do ambiente (Soares, 1997).

Tendo em vista a grande faixa latitudinal de ocorrência dos manguezais, Walsh (1974) descreveu algumas características para o pleno desempenho de suas funções, ou seja, características que favoreçam o desenvolvimento dos manguezais, a saber: (a) temperatura média do mês mais frio superior a 20°C e, amplitude térmica anual inferior a 5°C; (b) substrato aluvial (lamoso); (c) precipitação pluvial acima de 1500 mm/ano, sem longos períodos de seca; e (d) grande amplitude de marés. O desenvolvimento estrutural máximo das florestas de mangue tende a ocorrer nas regiões próximas à linha do Equador (Schaeffer-Novelli, 1995).

Segundo Schaeffer-Novelli *et al.* (2000), o termo manguezal refere-se ao ecossistema, enquanto mangue é utilizado para designar o grupo de espécies arbóreas com adaptações para sobreviver no ambiente entre-marés. São reconhecidas 38 espécies típicas de mangue no mundo, pertencentes a 12 gêneros e oito famílias, sendo o maior número concentrado na região do Indo-Pacífico (Tomlinson, 1986). No Brasil, os manguezais distribuem-se desde o extremo norte do Amapá (04°20'N) até o Município de Laguna-SC (28°30'S) (Schaeffer-Novelli, 1989), ocupando uma área estimada em 25.000 Km² (Saenger *et al.*, 1983). Segundo Schaeffer-Novelli & Cintrón (1986), estas florestas apresentam seis espécies típicas de mangue: *Avicennia germinans*, *A. schaueriana*, *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora mangle*, *R. harrisonii* e *R. racemosa*.

No Estado do Rio de Janeiro, o ecossistema manguezal apresenta grandes formações na região Norte Fluminense (foz do rio Paraíba do Sul), na Baía de Guanabara, na Baía de Sepetiba (Guaratiba) e na Baía da Ilha Grande (municípios de Angra dos Reis e Paraty), região Sul Fluminense. Com relação às espécies, ocorrem apenas *A. schaueriana*, *A. germinans*, *L. racemosa*, e *R. mangle*, sendo *A. germinans* restrita ao norte do Estado.

Assumindo a variabilidade dos fatores ambientais que atuam nas regiões entre-marés, pode-se dizer que o manguezal é um ecossistema em equilíbrio dinâmico (Lugo, 1980), onde a baixa riqueza de espécies vegetais dá lugar à alta diversidade funcional e promoção de microhabitats, devido à plasticidade ecológica das espécies vegetais (Rose & Harrison, 1987).

Destacam-se como principais bens e serviços promovidos pelos manguezais: (1) proteger a linha de costa, evitando a ação erosiva das marés e o assoreamento dos corpos d'água adjacentes; (2) constituir a base da cadeia trófica de espécies de importância econômica e/ou ecológica, devido à alta produção de detritos (matéria orgânica) e sua posterior exportação para as águas costeiras adjacentes; (3) funcionar como refúgio para inúmeras espécies marinhas, estuarinas, límnicas e terrestres, que nele encontram área de abrigo, reprodução, alimentação e desenvolvimento; (4) fornecer pontos de alimentação e repouso para diversas espécies de aves migratórias; (5) agir como filtro biológico, absorvendo e imobilizando produtos químicos (metais pesados, por exemplo), filtrando sedimentos, e funcionando também no tratamento de esgotos; (6) servir como fonte de alimento e de produtos diversos, associados à subsistência de comunidades tradicionais que vivem em áreas vizinhas aos manguezais e (7) possibilitar atividades de recreação e lazer, associado ao seu alto valor cênico (Soares, 1997).

No território brasileiro, a preservação dos manguezais é garantida pela Lei nº 4771 do Código Florestal de 15/09/1965, que os classifica como “cobertura vegetal de preservação permanente”. Apesar do reconhecimento de sua importância para o equilíbrio dos ecossistemas costeiros e, conseqüentemente, de toda a população que habita essa faixa de terra, os manguezais vêm sofrendo graves perdas não só em termos de cobertura vegetal, mas também em termos de funcionalidade.

A pressão de ocupação da linha de costa ocasiona desmatamentos, aterros e emissão de esgotos em escalas que prejudicam e ameaçam o funcionamento desse ecossistema. Desvios e retificações no curso dos rios ocasionam processos de erosão e/ou assoreamentos que podem levar as florestas à morte. A erosão é responsável pela perda de faixa costeira em função da desestabilização e tombamento de árvores de mangue, enquanto que o assoreamento provoca afogamento ou asfixia em nível das raízes, comprometendo o indivíduo. Os rejeitos químicos oriundos de pólos industriais, por vias aquáticas ou atmosféricas, causam degradação aguda ou crônica das florestas e seus efeitos são sentidos em nível da fisiologia do indivíduo e do ecossistema.

A regeneração de manguezais degradados depende da conjugação de probabilidades de aporte de propágulos e sobrevivência de plântulas, uma vez que a capacidade de propagação vegetativa das espécies de mangue é limitada (Tomlinson, 1986).

A fase de germinação e estabelecimento de plântula é um estágio crítico no ciclo de vida de todas as plantas, mas é particularmente crucial para as espécies de mangue devido às condições do ambiente entre-marés. As plântulas de mangue, além de manter-se frente ao estresse típico de sistemas florestais como sombreamento e herbivoria, deve superar substratos instáveis e anaeróbicos, inundação periódica pelas marés e altas salinidades (McKee, 1995). A influência de fatores abióticos, como salinidade (Ball, 1988; Karim & Karim, 1993; Ghowail *et al.*, 1993), potencial redox, pH, alagamento (Wakushima *et al.*, 1994; McKee, 1996; Pezeshki *et al.*, 1997), luz, nutrientes (McKee, 1995) e distúrbios (Ellison & Farnsworth, 1993), vem sendo demonstrada em diversos estudos com plântulas de mangue.

Desta forma, na intenção de contribuir com informações relevantes para o desenvolvimento de estratégias de conservação e restauração de florestas de mangue, o presente trabalho tem como primeiro objetivo investigar o comportamento germinativo de propágulos de *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana* sob condições de estresse hídrico e salino controladas.

A germinação de sementes é um fenômeno biológico que pode ser considerado botanicamente como a retomada do crescimento do embrião, com o conseqüente rompimento do tegumento pela radícula (Laboriau, 1983). Durante o processo germinativo, ocorrem alterações na composição química da semente e no consumo de substâncias de reservas, tais como carboidratos, lipídeos e proteínas, os quais fornecem energia e material plástico para o desenvolvimento do embrião. Esta atividade metabólica é diretamente influenciada por condições internas (intrínsecas do órgão) e externas (do ambiente), que podem interferir na velocidade e no sucesso dos eventos.

Com relação aos fatores internos, destacam-se a viabilidade e o vigor da semente, como premissa básica para ocorrência da germinação (Carvalho & Nakagawa, 2000), e a atuação de hormônios e outras substâncias, na regulação do processo (Borges & Rena, 1993).

Os principais fatores ambientais que influenciam na germinação são: água, temperatura e oxigênio (Bewley & Black, 1994). Cada fator pode atuar por si ou em

interação com os demais. Da absorção de água resulta a reidratação dos tecidos com conseqüente intensificação da respiração e de todas as outras atividades metabólicas, que culminam com o fornecimento de energia e nutrientes necessários para a retomada do crescimento, por parte do eixo embrionário. A temperatura regula as velocidades de absorção de água e das reações bioquímicas que determinam todo o processo, enquanto o oxigênio é necessário para a promoção da maioria destas reações, especialmente a respiração.

As espécies diferem entre si com relação às exigências de água, temperatura e oxigênio para germinação, existindo uma combinação ótima que promove o maior sucesso das mesmas nos diversos ambientes a serem colonizados. Desta forma, sementes postas para germinar em condições cada vez mais distantes deste ótimo estarão submetidas à situação crescente de estresse.

Todas as peculiaridades da absorção de água podem ser explicadas pelo princípio termodinâmico que diz que a água move-se dos sítios de maior energia para os de menor energia livre. Neste sentido, o potencial hídrico (ψ , psi) representa a medida da diferença da energia livre das moléculas de água na semente, ou no meio, e a energia livre das moléculas de água pura, que por convenção é tida como zero, sob determinada temperatura e pressão. Assim, o processo de embebição ocorre porque o potencial hídrico das sementes é bem menor do que o do meio em que irá germinar.

Segundo Bewley & Black (1994), a embebição processa-se geralmente em três etapas (figura 1). A primeira é um processo rápido e puramente físico, durante o qual os inibidores metabólicos não exercem qualquer efeito sobre a absorção de água, comportando-se as sementes como se estivessem mortas. A segunda etapa, representada por uma fase estacionária de absorção, precede a terceira etapa, que é metabólica, lenta, prolongada e dependente de temperatura e oxigênio (Borges & Rena, 1993). Por isso, somente as sementes não dormentes e viáveis ultrapassam a segunda etapa. Na fase III, a necessidade da semente absorver grandes volumes de água é explicada pelo crescimento do eixo embrionário a partir da formação de novas células.

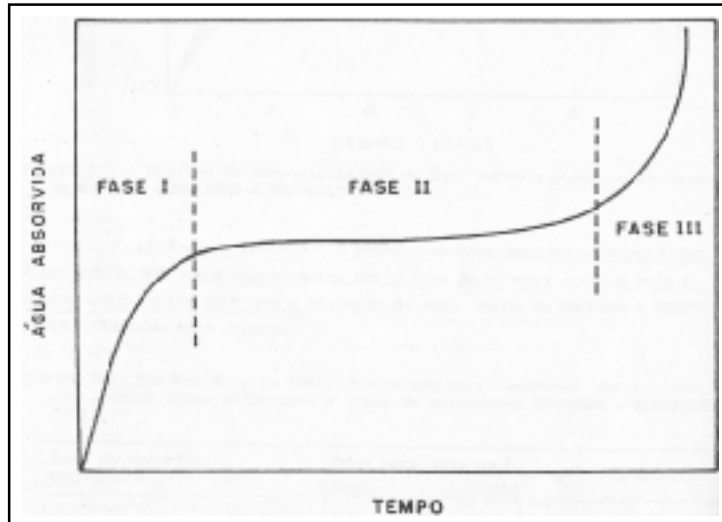


Figura 1. Padrão trifásico de absorção de água por sementes em germinação (retirada de Bewley & Black, 1994).

Segundo Bradford (1995), o grau de embebição que ocorre na fase I é responsável pelo início do crescimento ao final da fase II, uma vez que nesta última a absorção de água é lenta ou negligenciável. Sabe-se que conforme os potenciais hídricos do solo tornam-se cada vez mais negativos, aproximando-se do potencial hídrico da semente, menor é o gradiente de água entre o meio e a semente, ou seja, menor é a velocidade de embebição e a quantidade de água absorvida para atingir o equilíbrio ($\psi_{\text{meio}} = \psi_{\text{semente}}$). Assim, existe um potencial hídrico mínimo ($\psi_{\text{crítico}}$) que a semente precisa alcançar até a fase II, para que a germinação se complete na fase III. Obviamente o $\psi_{\text{crítico}}$ da semente corresponde a um limite de ψ_{meio} (figura 2).

As diferenças de potencial hídrico entre o meio e a semente são menores em ambientes com baixa umidade, como desertos, em solos que retêm pouca água, como os arenosos, ou em ambientes salinos. Neste último caso há que se considerar além do estresse hídrico, o estresse salino, causado pelo possível efeito tóxico dos sais ao atingir componentes celulares das sementes. Ungar (1978) relata que a salinidade na superfície do solo pode ser de 2 a 100 vezes maior do que em subsuperfície, onde as raízes de plantas adultas vigorosas estão expostas. Em resumo, as espécies precisam vencer a etapa de germinação para habitar com sucesso os ambientes salinos.

A germinação tem maior sucesso em ambientes livres de sal ou com baixa concentração salina, e há somente poucas halófitas com habilidade para germinar sob uma salinidade de 30 a 40 mS cm^{-1} (com um potencial osmótico de aproximadamente -1 a $-$

2MPa). Geralmente o limite superior para germinação e para o crescimento que segue este estágio é de 15-20 mS cm⁻¹ (aproximadamente -0,5; -0,7 MPa) ou valores menores (Larcher, 2000).

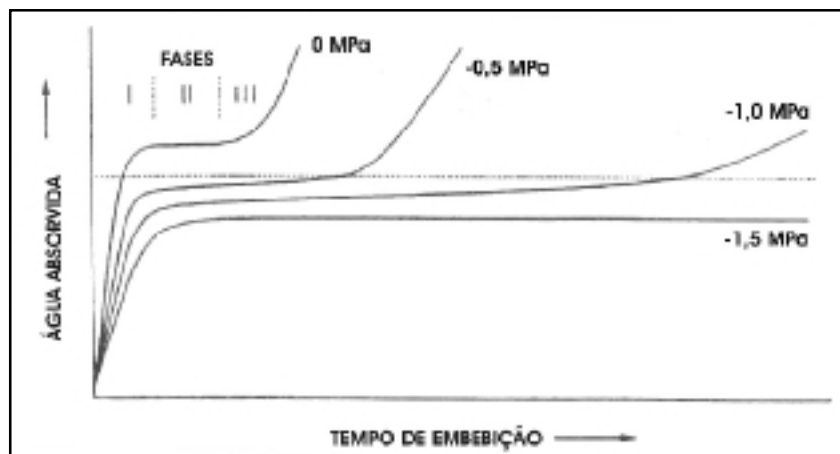


Figura 2. Curvas de absorção de água durante a germinação de sementes sob os ψ_{meio} de 0, -0,5, -1,0 e -1,5 MPa. As três fases (I- embebição, II- ativação, III- crescimento) estão indicadas na curva de embebição a 0 MPa. A embebição em ψ_{meio} mais negativos diminui o volume de água absorvido na fase I, prolonga a extensão da fase II e atrasa a entrada na fase III. A protrusão da radícula e o crescimento do eixo embrionário irão ocorrer apenas se o conteúdo de água exceder o nível crítico representado pela linha horizontal pontilhada. No ψ_{meio} baixo o suficiente (-1,5 MPa) para evitar a protrusão da radícula, o conteúdo de água irá permanecer em equilíbrio indefinidamente. Curvas baseadas nos dados de Bradford (1986) e Gray *et al.* (1990). Figura modificada de Bradford (1995).

O nível de tolerância de sementes ao estresse salino varia desde as glicófitas intorelantes até as halófitas mais tolerantes, sendo baseada em três respostas ao estresse salino: (1) germinação de sementes em salinidades relativamente altas, (2) dormência induzida ou forçada por condições salinas e (3) capacidade de permanecer viável durante a embebição em condições salinas, germinando quando o estresse é aliviado (Ungar, 1995).

Avicennia schaueriana e *Laguncularia racemosa* são espécies simpátricas que desenvolveram, a partir de diferentes origens evolutivas (Shi *et al.*, 2005), certo grau de viviparidade de seus propágulos (Tomlinson, 1986). Farnsworth (2000) distingue estes propágulos das sementes ortodoxas, que sofrem perda de umidade ao final da maturação, podem apresentar diferentes níveis de dormência e suportam armazenamento após desidratação. Para esta autora, *L. racemosa* é classificada como recalcitrante (sensível à

desidratação) e *A. schaueriana* é vivípara. Tais características reduzem a possibilidade de conservação das espécies de mangue a estratégias *in situ*.

A viviparidade supostamente evita que o embrião entre em contato com as condições do ambiente entre-marés, nos estágios mais sensíveis de diferenciação celular (Tomlinson, 1986). Contudo, a água disponível para embebição, durante o processo germinativo nos manguezais, apresenta valores de salinidade entre zero e 35 (ups – unidade prática de salinidade), variáveis de acordo com a proximidade do rio ou do mar, do ciclo de marés e do clima local. Em termos de potencial hídrico, isto equivale a valores entre zero e -2,5 MPa, aproximadamente (Tomlinson, 1986).

Baseando-se nas observações de Pannier (1962), Chapman (1966, 1977) e Bhosale & Shinde (1983), Smith & Snedaker (1995) apresentam a hipótese de que a tolerância dos propágulos vivíparos à salinidade estaria relacionada às condições salinas que afetam a planta-mãe. Permanece como questão se as condições ambientais a que a planta-mãe está submetida promovem a tolerância, ou se interferem na viabilidade e no vigor dos propágulos, no caso de estresse da planta-mãe.

No manguezal a vegetação frequentemente se organiza segundo uma zonação em forma de faixas, com diferentes composição específica e desenvolvimento estrutural. Estas faixas acompanham um gradiente físico-químico perpendicular à linha d'água, promovido pela inundação pelas marés (Cintrón & Schaeffer-Novelli, 1983), e podem representar um gradiente de múltiplos estresses, dentre eles o hídrico e salino, para as espécies vegetais. No caso de perda de vigor, a colonização de áreas sob estresse dependeria do aporte de propágulos de árvores sob menor estresse.

Larcher (2000) explica que para os vegetais superiores, o estado nutricional da planta-mãe afeta diretamente a quantidade de nutrientes disponíveis para a translocação até as sementes, podendo interferir na abundância e vitalidade das mesmas. Aponta ainda casos em que plantas sem vigor, senescentes ou estressadas pelo ambiente podem se tornar incapazes de desenvolver sementes normais.

Desta forma, além de investigar o comportamento germinativo dos propágulos de *Avicennia schaueriana* e *Laguncularia racemosa*, submetidos a diferentes níveis de estresse hídrico e salino, o presente trabalho pretende comparar a resposta germinativa de propágulos oriundos de duas florestas sob diferentes níveis de estresses ambientais do manguezal de Guaratiba, Rio de Janeiro – RJ.

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DO ESTRESSE HÍDRICO E SALINO NA GERMINAÇÃO DE PROPÁGULOS DE *Avicennia schaueriana* STAPF E LEECHMAN EX MOLDENKE

Viviane Fernandez de Oliveira^{1,3}; Antônio Carlos Silva de Andrade^{2,3}

RESUMO – (Influência da Temperatura e do Estresse Hídrico e Salino na Germinação de Propágulos de *Avicennia schaueriana* Stapf e Leechman ex Moldenke). Foram realizados experimentos para determinar a influência da temperatura (15, 20, 25, 30, 35 and 40 °C) e do estresse hídrico e salino ($\psi = 0,0; -0,4; -0,6; -0,8; -1,2; -1,6; -2,0; -2,4$ MPa), promovidos por soluções de PEG e NaCl, sob fotoperíodo de 8 h luz : 16 h escuro, na germinação de propágulos de *Avicennia schaueriana*, espécie arbórea halófito típica do manguezal. Os resultados mostraram ausência de germinação em 15° e 40° C e alta germinabilidade entre 20 e 30°C, com temperatura ótima de 30° C. Quanto à influência do estresse hídrico e salino, as soluções isotônicas de NaCl e PEG causaram diferentes efeitos na germinação dos propágulos. Houve estímulo do processo germinativo e acúmulo de biomassa no potencial de -0,4 MPa, solução NaCl. Após este potencial a germinabilidade reduziu-se significativamente com o aumento da concentração salina, sendo que a partir de -1,2 MPa não houve mais germinação. Entretanto, as soluções de PEG promoveram germinabilidades similares em todos os potenciais hídricos e em relação ao tratamento controle. Nos potenciais hídricos entre -0,8 MPa e -2,4 MPa a germinabilidade em PEG foi superior a obtida com NaCl. Os efeitos tóxicos das soluções de NaCl em maiores concentrações foram confirmados com o apodrecimento de cotilédones, hipocótilo e raízes primárias. Poucos propágulos recuperaram o processo germinativo após serem transferidos para solução de NaCl a -0,4 MPa, indicando que a resposta germinativa às condições ambientais é limitada a poucos dias após o desligamento do propágulo da planta-mãe. Concluiu-se que os propágulos de *A. schaueriana* germinam apenas em uma faixa estreita de condições salinas encontradas no ecossistema manguezal, o que pode dificultar a colonização/ regeneração desta espécie em florestas de mangue.

Palavras-chave - germinação, manguezal, *Avicennia*, temperatura, estresse hídrico e salino

ABSTRACT – (Effects of temperature and salt and water stress on germination of *Avicennia schaueriana* Stapf e Leechman ex Moldenke propagules) *Avicennia schaueriana* is a halophytic tree species strict to mangrove ecosystem. Experiments were conducted to determine the effects of temperature (15, 20, 25, 30, 35 and 40 °C) and salt and water stress ($\psi = 0,0; -0,4; -0,6; -0,8; -1,2; -1,6; -2,0; -2,4$ MPa), promoted by NaCl and Polyethylene glycol 6000 (PEG) solutions in a 8 h light : 16 h dark photoperiod on propagules germination. The results showed no germination in 15 and 40 °C and high germinability between 20 and 30 °C, with 30 °C as the best temperature for germination. In relation to salinity and water stress experiment, isotonic solutions of NaCl and PEG caused different effects on propagule germination. With NaCl solutions, the germination process and biomass production were stimulated in -0,4 MPa and were significantly reduced by decreasing water potential after this level. However, PEG solutions promoted the same effect in all water potentials and control treatment. In water potentials between -0,8 MPa and -2,4 MPa PEG promoted higher germinability than NaCl. The toxic effects of higher NaCl concentrations was seen by roting cotyledons, hypocotyl and root primordia. Few propagules recovered after being transferred to -0,4 MPa NaCl, indicating that germination response to environmental conditions is limited to few days after release the mother plant. The conclusion was that *A. schaueriana* propagules germinated only in a narrow range of mangrove salinity and this may difficult stands colonization/ regeneration.

Keywords - germination, mangrove, *Avicennia*, temperature, salt and water stress

1 Pós-graduanda Escola Nacional de Botânica Tropical (viviane@jbrj.gov.br)

2 Pesquisador Adjunto. Programa Conservação. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. candrade@jbrj.gov.br

3 Laboratório de Sementes. Rua Pacheco Leão, 915. CEP: 22460-030, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

INTRODUÇÃO

A germinação de sementes é um processo biológico dependente de fatores ambientais como água, temperatura, oxigênio e luz. Através da embebição ocorrem a reidratação dos tecidos das sementes, ativação de reações metabólicas e mobilização das reservas necessárias para o crescimento (Bewley & Black 1994).

A disponibilidade e a velocidade do fluxo de água para a semente são determinadas pela diferença de potencial hídrico (ψ) entre a semente e o solo, pois o movimento de água ocorre espontaneamente segundo um gradiente decrescente de potencial hídrico, até que o sistema alcance um equilíbrio (Villela *et al.* 1991). Ao final da embebição, é necessário que a semente tenha absorvido volume de água suficiente para garantir que o processo germinativo se complete, culminando com a protrusão da radícula (Bradford 1995). Desta forma, solos com baixa umidade ou ambientes salinos, podem apresentar restrições hídricas que comprometam a germinação das sementes. Em ambientes salinos, somam-se ainda efeitos tóxicos provenientes do aumento da concentração de íons nas células do embrião (Prisco & O'Leary 1970, Flowers & Yeo 1986), que interferem na divisão e alongação celular, assim como na mobilização de reservas (Mayer & Poljakoff-Mayber 1989).

Investigações sobre a influência do estresse hídrico e salino na germinação de sementes requerem métodos para controlar ou mensurar o potencial hídrico (ψ) na fonte de água e possibilitar a distinção entre o efeito osmótico e tóxico dos sais. Soluções de polietilenoglicol com alto peso molecular (PEG 6000-8000) vêm sendo usadas extensivamente para controlar o ψ , pois suas moléculas não são capazes de penetrar as paredes celulares, sendo quimicamente inertes e não tóxicas (Carpita *et al.* 1979). Por outro lado, nas soluções salinas, a mobilidade dos sais diminui o gradiente osmótico entre a solução e a semente ao mesmo tempo em que pode causar efeitos tóxicos sobre os componentes celulares (Bradford 1995).

A temperatura é fator determinante para o sucesso da germinação e está diretamente associada às características ecológicas da espécie (Castro & Hilhorst 2004). Em geral, a temperatura é considerada ótima quando ocorre o máximo de germinação, no menor tempo. Temperaturas extremas marcam o limite de ocorrência da germinação, sendo que acima do limite superior e abaixo do limite inferior pode ocorrer a morte das sementes (Borges & Rena 1993).

Avicennia schaueriana Stapf e Leechman ex Moldenke, Avicenniaceae, é uma espécie arbórea halófita, que se desenvolve sob influência da inundação pelas marés, nos solos

instáveis, salinos e anóxicos, característicos do ecossistema manguezal. Ocorre isoladamente ou associada à outras espécies típicas de mangue formando extensas florestas nas zonas costeiras entre as longitudes de 30° e 75° W, que incluem a costa sul da porção leste das Antilhas e a América do Sul, da Guiana até o sul do Brasil. (Tomlinson 1986). Além de *A. schaueriana*, compõem os manguezais brasileiros, *A. germinans*, *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora mangle*, *R. harisonii* e *R. racemosa* (Schaeffer-Novelli *et al.* 1990). Outras espécies do gênero *Avicennia* ocorrem apenas no velho mundo ou na costa oeste da África, são elas *A. officinalis*, *A. marina*, *A. alba*, *A. lanata*, *A. eucalyptifolia*, *A. balanophora*, *A. bicolor*, *A. africana*.

Propágulos são as unidades de dispersão hidrocória de *A. schaueriana*. Caracterizam-se por um embrião, com elevada flutuabilidade, formado por espessos cotilédones (3 mm), dobrados em torno do hipocótilo, e radícula proeminente. Enquanto preso à planta-mãe, o embrião é envolvido por um pericarpo fino, mas este se destaca imediatamente após contato com a água (Tomlinson 1986, Farrant *et al.* 1993).

A germinação de *A. schaueriana* é epígea e inicia-se com o alongamento do hipocótilo e da radícula tão logo o propágulo desprende-se da planta mãe. Após, desenvolvem-se raízes primárias que ancoram a plântula no sedimento (Tomlinson 1986). O avançado desenvolvimento do embrião e a não existência de qualquer estágio de dormência, somados a sensibilidade à desidratação (recalcitrância), levaram a classificação dos propágulos de *A. schaueriana* como vivíparos (Farnsworth 2000).

Os manguezais são claramente influenciados pelo fator temperatura da superfície do mar. Tomlinson (1986) constatou que em latitudes ao sul da isoterma de 24 °C não ocorrem florestas de mangue, sendo Laguna – SC (28°30'S) o limite austral dos manguezais na margem oeste do Atlântico Sul (Cintrón & Schaeffer-Novelli 1983). Segundo Blasco (1984), provavelmente existe uma temperatura crítica, para plântulas de cada espécie de mangue, a qual dificulta ou impede o estabelecimento das mesmas. Este autor ressalta a necessidade de execução de estudos experimentais que determinem tais exigências térmicas.

Este trabalho investigou o comportamento germinativo dos propágulos de *Avicennia schaueriana*, submetidos a diferentes temperaturas e níveis (ψ) de estresse salino e hídrico, utilizando-se para tanto soluções de NaCl e PEG 6000.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta dos Propágulos

Os propágulos foram coletados de pelo menos 20 indivíduos no manguezal associado ao rio Piracão, em área da Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba. Esta Reserva, de aproximadamente 3.600 hectares, está localizada na Zona Oeste do município do Rio de Janeiro, litoral nordeste da Baía de Sepetiba (23°00'S – 23°05'S e 43°30'W – 43°35'W). O clima da região, segundo classificação de Köppen, é Aw - tropical quente e úmido com estação seca no inverno. A temperatura média anual é de 23,5°C e a precipitação anual média, de 1032 mm, sendo janeiro e março os meses de maior pluviosidade (Soares 1997).

Os propágulos foram coletados entre janeiro e março dos anos de 2003 e 2004, diretamente dos ramos nas árvores, utilizando-se como critério de maturidade o simples destaque do mesmo ao toque do coletor.

Após a coleta, os propágulos foram imediatamente transportados até o Laboratório de Sementes do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro em embalagens impermeáveis de polietileno, visando evitar a sua desidratação. Em laboratório, os propágulos foram submetidos à seleção visual, eliminando-se os mal formados e danificados por animais. Posteriormente, os propágulos permaneceram armazenados a 20 °C por aproximadamente 15 horas, até iniciarem-se os estudos descritos a seguir.

Biometria de propágulos

Os propágulos (n=100) foram avaliados quanto as variáveis: massa fresca (g), teor de água (% base úmida), comprimento, largura e espessura (mm).

As determinações de massa fresca e do teor de água foram feitas com auxílio de balança analítica (0,0001 g). Para o cálculo do teor de água realizou-se secagem em estufa pré-aquecida na temperatura de 103° ± 2°C, durante 17 horas, utilizando seis repetições de cinco propágulos (Brasil 1992). As medidas de comprimento, largura e espessura dos propágulos (com pericarpo) foram determinadas através de paquímetro digital.

Influência da temperatura

Os propágulos (com pericarpo) foram submetidos aos testes de germinação sob temperaturas constantes de 15°, 20°, 25°, 30°, 35° e 40°C (± 0,5°C) e sob fotoperíodo de oito horas. Foram utilizadas lâmpadas fluorescentes do tipo luz do dia (4 x 20W), com densidade

do fluxo de fótons de $90 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Os propágulos foram colocados sobre substrato papel de filtro do tipo “Germitest” (duas folhas), em recipiente do tipo “gerbox”, com cerca de 30 mL de água destilada. Não foi realizado qualquer pré-tratamento com os propágulos antes da semeadura.

O desenho experimental foi constituído de sete repetições de 20 propágulos em cada tratamento. A germinação foi avaliada diariamente, durante 30 dias, utilizando-se como critérios (1) a protrusão de raízes primárias (3 mm) e (2) geotropismo positivo do hipocótilo.

Influência do estresse hídrico e salino

Para estudar a influência do estresse hídrico e salino os embriões (propágulos sem pericarpo) foram colocados para embeber e germinar em recipientes do tipo “gerbox”, diretamente nas soluções de NaCl e polietilenoglicol 6000 com diferentes concentrações, representando diferentes níveis de potenciais hídricos. As soluções salinas foram preparadas a partir da equação de Van't Hoff, segundo Salisbury & Ross (1992) e soluções de PEG 6000, a partir da equação descrita por Michel & Kaufmann (1973), citada por Vilela *et al.* (1991). Utilizou-se água destilada para representar o controle, com potencial hídrico 0 MPa.

A temperatura utilizada para o cálculo e montagem dos experimentos foi 30 °C, sob fotoperíodo de 8 horas. O volume de solução utilizado em cada repetição foi de 30mL, sendo este trocado a cada cinco dias para garantir a manutenção do potencial hídrico. Os recipientes foram protegidos por sacos plásticos para evitar a evaporação das soluções. Não foi utilizado qualquer tipo de substrato para evitar interferência deste sobre o potencial hídrico da solução (Bradford 1995).

Antes da semeadura, os propágulos foram lavados em água corrente (torneira), imersos em NaClO (1%) durante 1 minuto e lavados em água destilada, para evitar a proliferação de fungos durante o experimento. No decorrer desse procedimento, verificou-se o destaque do pericarpo.

Os experimentos foram esquematizados em delineamento inteiramente casualizado, no sistema fatorial, considerando-se sete repetições de 20 propágulos para cada potencial (0,0; -0,4; -0,6; -0,8; -1,2; -1,6; -2,0; -2,4 MPa), em cada uma das soluções testadas (PEG 6000 e NaCl).

As variáveis avaliadas foram: germinabilidade (G; %); tempo médio de germinação (\bar{t} ; dias), velocidade de germinação (\bar{v} ; dias⁻¹), coeficiente de variação do tempo (CV_t) e sincronia de germinação (Z), utilizadas por Pereira (2003) e sugeridas por Santana & Ranal

(2004). O CV_t mede a uniformidade da germinação, sem ser influenciado pelo tempo médio. É calculado pela razão entre o desvio padrão do tempo médio e o próprio tempo médio, sendo expresso em porcentagem. Do ponto de vista prático, quanto menor o CV_t , mais concentrada em torno do \bar{t} será a germinação. A sincronia de germinação (Z) é uma aplicação do índice de Primack (1980), onde os valores variam entre zero (quando apenas uma semente germina em cada tempo – dia) e um (quando todas as sementes germinam num mesmo tempo).

A germinação foi avaliada diariamente, durante 15 dias. Ao final deste período, determinou-se também a massa seca de raízes primárias, em oito repetições de cinco propágulos submetidas aos mesmos tratamentos do experimento de estresse. Para obtenção da massa seca, os propágulos foram desidratados em estufa, sob temperatura constante de 70°C, durante 48 horas e pesados com auxílio de balança analítica (0,0001 g).

Para avaliar a recuperação dos propágulos não germinados ao final do experimento de estresse, transferiu-se todos os propágulos não germinados de cada repetição e tratamento para solução de NaCl -0,4 MPa. Avaliou-se a germinabilidade total, calculada a partir do somatório dos propágulos germinados durante o estresse (15 dias) e após transferência para solução de NaCl -0,4 MPa (10 dias).

Na análise estatística dos resultados foi utilizado o teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparação entre as médias, quando houve significância pelo teste F ($p < 0,05$) (Zar 1996). No experimento de estresse hídrico e salino, os resultados em porcentagem foram transformados em arco seno $(\%/100)^{1/2}$ para normalização de sua distribuição. Quando as pressuposições para aplicação do teste F não foram atendidas, recorreu-se à análise não paramétrica de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), seguida por Mann-Whitney. Avaliaram-se os efeitos isolados dos potenciais hídricos e dos dois tipos de solução (NaCl e PEG), além das interações entre os fatores. Excluiu-se da análise estatística os tratamentos em que os valores de \bar{t} , \bar{v} , CV_t e Z foram indeterminados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Biometria dos propágulos

Propágulos de *A. schaueriana* apresentam dimensões intermediárias entre os propágulos das duas outras espécies de mangue que ocorrem em Guaratiba, *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa* (Tomlinson 1986). As medições realizadas não mostraram diferença em relação ao tamanho dos propágulos de *A. germinans* observados por Rabinowitz (1978) no Panamá. Entretanto, os propágulos de *A. germinans* utilizados por McKee (1995) em seu

experimento apresentavam massa fresca de $1,05 \pm 0,01$ g, cerca de cinco vezes menor do que os valores aqui obtidos (Tab. 1).

O elevado teor de água registrado pode ser considerado como uma das características que identifica o comportamento recalcitrante das espécies de *Avicennia* (Farnsworth 2000) (Tab. 1).

Tabela 1. Características gerais dos propágulos de *Avicennia schaueriana* do manguezal de Guaratiba.

		Média \pm desvio padrão
Biometria (mm) (n=100)	comprimento	31,29 \pm 2,82
	largura	19,62 \pm 1,91
	espessura	11,55 \pm 1,00
Massa fresca (g) (n= 10 x 10)		52,56 \pm 1,47
teor de água (%) (n= 6 x 5)		64,11 \pm 2,48

Influência da temperatura

Os testes de germinação mostraram alta germinabilidade (G) nas temperaturas de 20, 25 e 30°C, redução significativa na temperatura de 35 °C e que não houve germinação nas temperaturas extremas de 15 e 40 °C (Tab. 2).

Diferenças mais nítidas entre os tratamentos de 20, 25 e 30°C foram evidenciadas pela velocidade média de germinação (\bar{v}), que aumentou gradativamente de 20 para 30 °C (Tab. 2). Na temperatura de 35 °C, apesar da alta velocidade, os poucos propágulos germinados (G) perderam o geotropismo positivo do hipocótilo e a coloração dos cotilédones tornou-se amarelada, após 10 dias de experimento. Estas alterações ocorreram com maior rapidez na temperatura de 40 °C, onde houve intensa proliferação de fungos e deterioração dos propágulos.

Desta forma, dentre o gradiente de temperaturas testadas, identificou-se 30 °C como a temperatura mais adequada para germinação de *A. schaueriana*, onde coincidem maiores percentuais e velocidades médias de germinação.

Tabela 2. Resultados da influência da temperatura sobre a germinação de propágulos (7 x 20) de *Avicennia schaueriana*, através dos índices germinabilidade (G), velocidade média de germinação (\bar{v}), coeficiente de variação do tempo médio (CV_t), sincronia de germinação (Z).¹

T (°C)	G ¹ (%)		\bar{v} ² (dias ⁻¹)		CV _t ² (%)		Z ²	
15	0,0	d						
20	86,4	ab	0,10	c	21,88	b	0,133	c
25	79,3	b	0,18	b	44,44	a	0,297	b
30	90,7	a	0,23	a	10,61	c	0,591	a
35	32,1	c	0,24	a	9,80	c	0,667	a
40	0,0	d						

1- Valores médios seguidos por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%; 2- Valores medianos seguidos por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Mann-Whitney a 5%

A distribuição da frequência relativa de germinação sob as temperaturas analisadas (Fig. 1) demonstra que o aumento da temperatura determinou uma redução no tempo médio de germinação e maiores uniformidade (CV_t) e sincronia (Z) (Tab. 2). Estas variáveis confirmam a eficiência do processo em 30 °C.

Segundo Nascimento *et al.* (2001), altas temperaturas podem promover também a termo-inibição ou termo-dormência em sementes de diferentes espécies, provavelmente pela inibição da produção e/ou ação do etileno, quando em condições de estresse por alta temperatura. A faixa de 20 a 30 °C mostra-se adequada para a germinação de grande número de espécies subtropicais e tropicais (Borges & Rena 1993).

Em termos ecológicos, a redução na germinabilidade de propágulos de *A. schaueriana* em 35 °C pode indicar sensibilidade da espécie às altas temperaturas presentes em áreas de transição entre florestas de mangue e planícies hipersalinas, desprovidas de cobertura vegetal. Elster *et al.* (1999) registraram temperatura diária média de 34,4°C e máxima de 40,6 °C, em planície hipersalina na Colômbia. Entretanto, cabe considerar que a variação diária de temperatura no ambiente promove condições mais amenas do que aquelas simuladas através de temperaturas constantes.

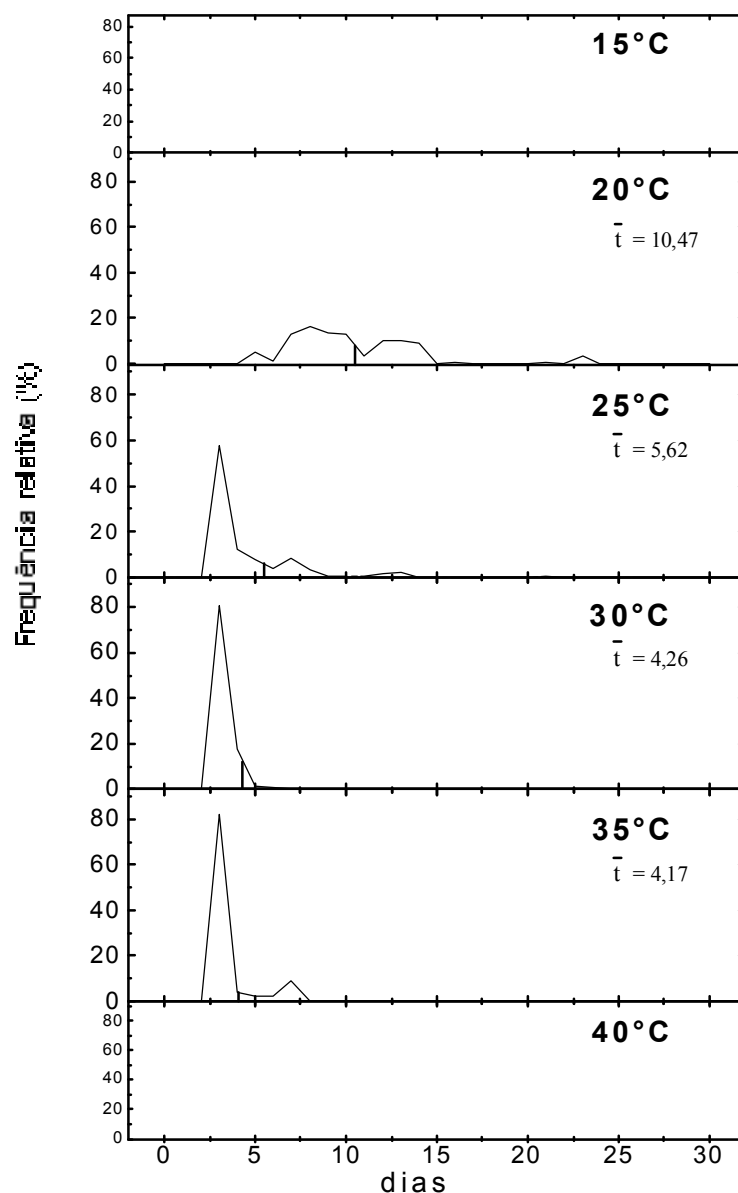


Figura 1. Influência das temperaturas constantes de 15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C, na distribuição da frequência relativa de germinação de propágulos de *A. schaueriana*. O traço vertical nos gráficos representa o tempo médio de germinação (\bar{t}), em dias.

Elster (1997) estudou o efeito de altas temperaturas (35, 40, 45 e 50° C) em propágulos e plântulas de mangue. Após 30 minutos em banho-maria, nas temperaturas citadas, os propágulos de *A. germinans* mostraram maior redução na germinabilidade do que os propágulos de *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle*. A mesma relação foi observada após a submissão das raízes de plântulas de sombra aos referidos tratamentos. McMillan

(1971) afirmou que temperaturas da água em torno de 39 °C são letais para plântulas de *A. germinans* após 48 horas.

Quanto à distribuição latitudinal de *A. schaueriana*, a redução da velocidade do processo germinativo em 25 e 20 °C (Tab. 2) e o fato de não ocorrer germinação em 15 °C sugerem dificuldade de estabelecimento nas regiões mais ao sul do Brasil, principalmente devido à possível influência de correntes marítimas frias durante a dispersão destes propágulos.

No Brasil, o limite latitudinal de *A. schaueriana* coincide com o de manguezais, em 28°30'S, onde esta espécie ocorre formando florestas abertas em associação com arbustos de *Laguncularia racemosa*, além de *Paspalum*, *Spartina* e *Juncus* (Schaeffer-Novelli *et al.* 1990). Nesta região, nota-se maior desenvolvimento estrutural (altura e diâmetro à 1,30 m do solo) dos indivíduos de *Avicennia* em relação aos de *Laguncularia*, porém pouco se sabe sobre a densidade relativa de cada gênero. Os experimentos de Biebl (1965) e Chapman (1975) demonstraram maiores habilidades de *L. racemosa* em sobreviver ao frio do que os gêneros *Avicennia* e *Rhizophora*.

Além do efeito isolado da temperatura, este fator interage com a salinidade e interfere na germinação de várias espécies halófitas (Ungar 1995), de modo que em temperaturas acima e abaixo da ótima os limites de tolerância ao estresse salino são reduzidos. Assim, optou-se por desenvolver os experimentos sobre a influência do estresse hídrico e salino na germinação de *A. schaueriana* na temperatura de 30 °C.

Influência do estresse hídrico e salino

No experimento sobre a influência do estresse hídrico e salino no processo germinativo de *A. schaueriana*, a interação entre os fatores potenciais hídricos e tipos de solução (NaCl e PEG) foram significativas para todas as variáveis analisadas.

Potenciais hídricos simulados através de soluções de PEG não causaram efeito sobre a germinabilidade dos propágulos de *A. schaueriana*, em relação ao tratamento controle (Fig. 2). Por outro lado, com NaCl, a germinabilidade no potencial -0,4 MPa foi superior ao tratamento controle e reduziu-se significativamente deste nível para os potenciais mais negativos. Além do potencial de -1,2 MPa a germinabilidade foi muito baixa ou nula (Fig. 2).

O comportamento da variável velocidade média de geminação acompanhou os resultados de germinabilidade, tanto para soluções de PEG, quanto para soluções de NaCl. A partir de -0,8 MPa, o aumento da concentração salina reduziu a velocidade do processo

germinativo até o ponto em que este não pôde ser concluído, o que justifica a inexistência de valores, entre -1,2 e -2,4 MPa, na Figura 3.

Assim, ainda que os propágulos de *Avicennia* sejam sensíveis à dessecação (Farrant *et al.*, 1993), os resultados mostraram alta tolerância aos potenciais hídricos testados com PEG (Fig. 2 e 3), além de capacidade de germinar ($G = 35,7\%$) sem qualquer adição de solução, ou seja, apenas com o teor de água intrínseco aos propágulos. Por outro lado, exceto em baixas concentrações salinas (-0,4 MPa), os propágulos de *A. schaueriana* mostraram-se sensíveis ao efeito tóxico dos sais, que resultou no apodrecimento de cotilédones, hipocótilo e raízes em contato com as soluções salinas (Fig. 4), além da redução na germinabilidade e velocidade de germinação (Fig. 2 e 3).

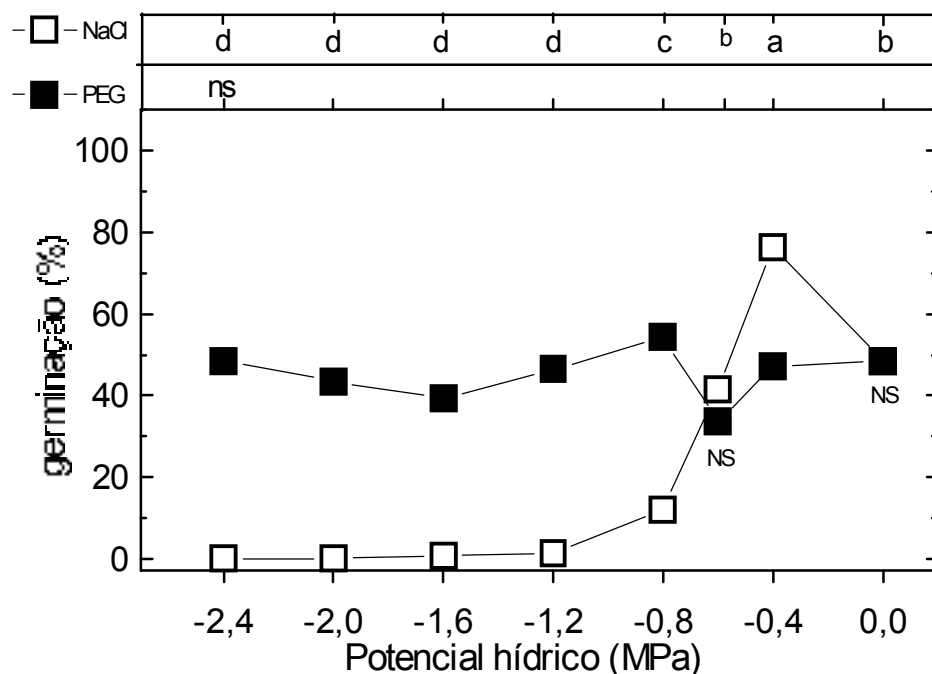


Figura 2. Influência dos diferentes níveis de potencial hídrico e das soluções (NaCl □ e PEG ■) no percentual de germinação de *A. schaueriana*. Houve interação significativa entre os fatores potenciais hídricos e soluções. Letras na parte superior do gráfico discriminam as médias entre potenciais em cada solução, NaCl (acima) e PEG (abaixo). Diferenças entre soluções em cada potencial são indicadas próximo às curvas apenas quando não significativas.

Soluções de NaCl causaram decréscimo na germinabilidade e velocidade de germinação de sementes de espécies agrícolas, glicófitas (não-halófitas) (Almansouri *et al.* 2001; Murillo-Amador *et al.* 2000; Cuartero & Fernandez-Muñoz 1999; Chartzoulakis & Klapaki 2000). As conseqüências de altas concentrações salinas sobre as células são manifestadas primeiramente sobre as membranas celulares, com alterações em suas

permeabilidade, composição lipídica, potencial e atividade enzimática (Mansour *et al.* 2003), fatores que prejudicam o equilíbrio osmótico e aumentam a possibilidade de atuação de íons tóxicos sobre as enzimas citoplasmáticas.

Khatri *et al.* (1991) afirmaram que, mesmo em sementes de espécies halófitas, soluções salinas apresentam um efeito inibidor de maior intensidade na germinação que soluções osmóticas não tóxicas de potencial hídrico equivalente. Desta forma, a tolerância das sementes halófitas ao estresse salino, promovido pelos ambientes a serem colonizados, é caracterizada em geral por (1) germinação em salinidades relativamente altas (entre -1,0 e -2,0 MPa aproximadamente, segundo Larcher (2000)), (2) dormência induzida ou forçada por condições salinas e (3) capacidade de permanecer viável durante a embebição em condições salinas, germinando quando o estresse é aliviado (Ungar 1995).

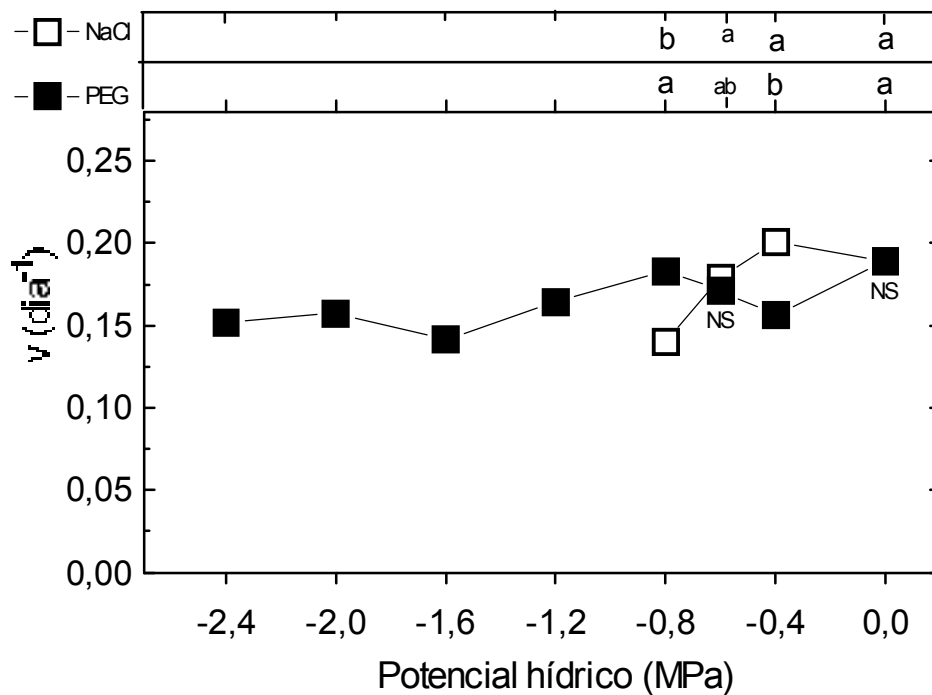


Figura 3. Influência dos diferentes níveis de potencial hídrico e das soluções (NaCl \square e PEG \blacksquare) na velocidade de germinação de *A. schaueriana*. Houve interação significativa entre os fatores potenciais hídricos e soluções. Letras na parte superior do gráfico discriminam as médias entre potenciais em cada solução, NaCl (acima) e PEG (abaixo). Diferenças entre soluções em cada potencial são indicadas próximo às curvas apenas quando não significativas

A Figura 5 apresenta as freqüências relativas de germinação de *A. schaueriana*, em tratamentos com NaCl e PEG. Nota-se o deslocamento do tempo médio de germinação para direita em potenciais hídricos mais negativos, somente nas soluções de NaCl, mostrando que

os níveis de estresse promovidos por PEG não influenciaram o tempo médio de germinação, que igualou-se ao tratamento controle.

Gráficos de distribuição da frequência relativa de germinação em geral mostram o aumento do número de modas, e conseqüentemente menor uniformidade de germinação, em condições de maior estresse. Tal comportamento foi observado, por exemplo, em *Adenantha pavonina* (Fanti & Perez 1998) e *Stryphnodendron polyphyllum* (Tambelini & Perez 1998). No caso de *A. schaueriana* este comportamento é observado entre os potenciais 0,0 e -0,8 MPa (intervalo em que houve germinação), na solução NaCl, porém os valores de CV_t e Z não apresentaram diferença significativa (Fig. 5, Tab. 3). Nas soluções de PEG, de um modo geral, todos os tratamentos mostraram um marcado pico de germinação e outras pequenas modas nos dias subseqüentes (Fig. 5). Não houve diferença no tempo médio de germinação entre os potenciais de 0,0 MPa a -0,8 MPa (PEG), mas a variável assume valores superiores entre -1,2 MPa e -2,4 MPa (PEG). Comparando-se as soluções, houve diferença de tempo médio, CV_t e Z , apenas no potencial -0,8 MPa (Tab. 3).

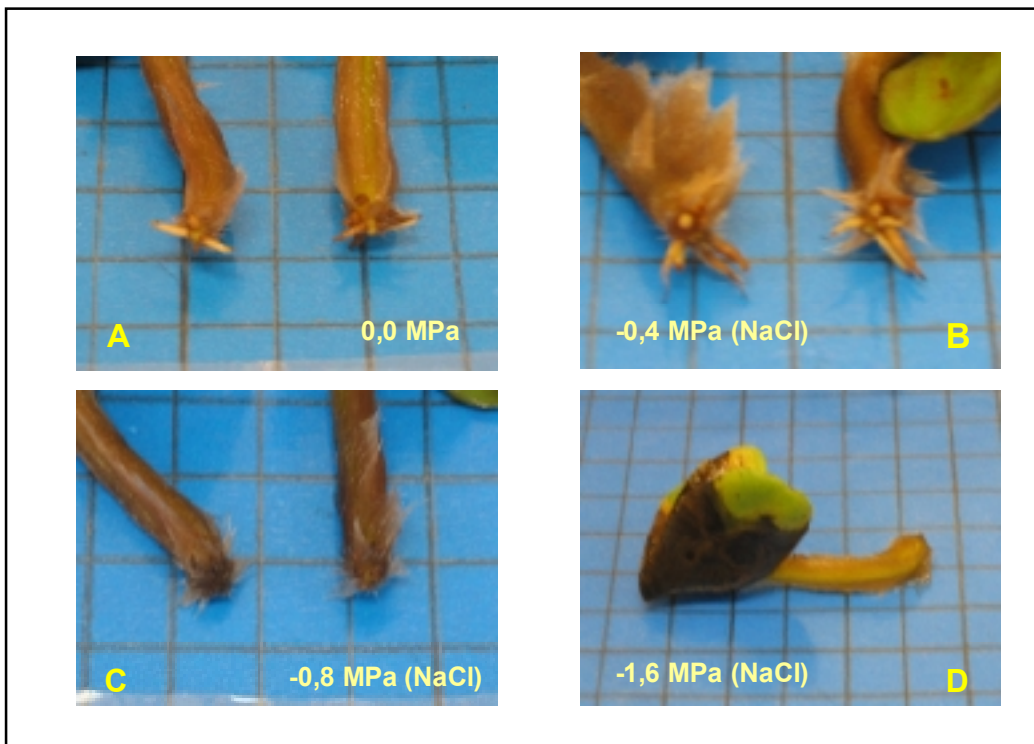


Figura 4. Raízes primárias e hipocótilo de propágulos de *A. schaueriana* após 15 dias de experimento nos tratamentos zero (A), -0,4 MPa NaCl (B), -0,8 MPa NaCl (C) e cotilédones em processo de apodrecimento após 10 dias de experimento em -1,6 MPa NaCl (D).

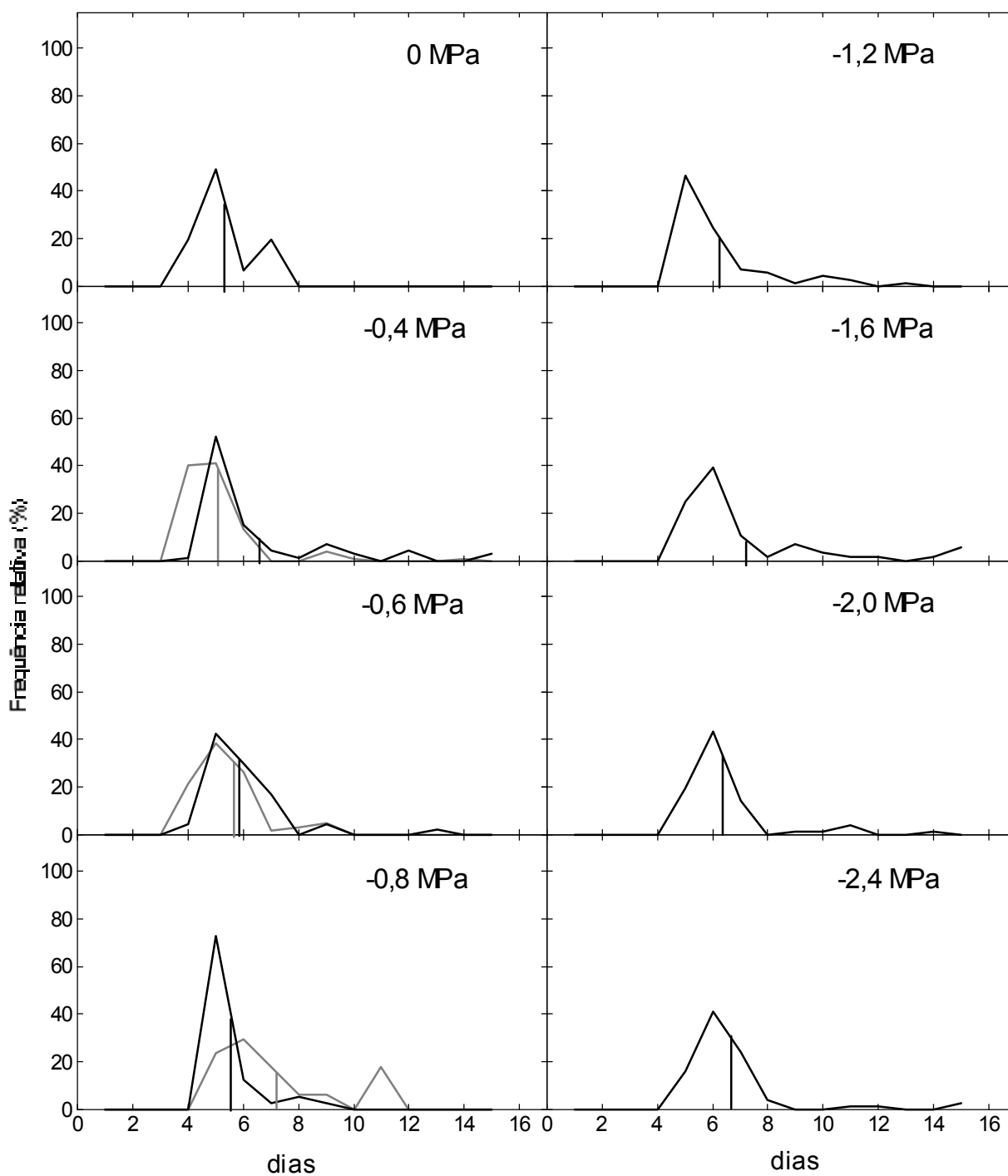


Figura 5. Influência dos diferentes níveis (0, -0,4, -0,6, -0,8, -1,2, -1,6, -2,0, -2,4 MPa) de potencial hídrico e das soluções (NaCl - cinza e PEG - preto) na distribuição da frequência relativa de germinação de propágulos de *A. schaueriana*. Os traços verticais nos gráficos marcam os tempos médios apresentados na tabela 3.

Bewley & Black (1994) explicam que a maior distribuição da germinação no tempo em resposta às condições de estresse hídrico ocorre porque nem todas as sementes apresentam a mesma qualidade fisiológica frente ao estresse. Tal fato permite que, em condições naturais,

ocorra um aumento da probabilidade das plântulas encontrarem condições mais propícias ao seu estabelecimento e desenvolvimento. No caso de *A. schaueriana*, esta estratégia pode ter sua importância em ambientes salinos, pois em -0,8 MPa NaCl nota-se que os eventos de germinação foram mais distribuídos no tempo.

Quanto à recuperação dos propágulos, não germinados durante os 15 dias de experimento, quando transferidos para solução de NaCl a -0,4 MPa (melhor tratamento testado – Fig. 2), verificou-se que a variável germinabilidade total (após mais 10 dias de observação) mostrou interação significativa entre os fatores potenciais hídricos e soluções (PEG e NaCl) ($F_{7,96} = 33,837$; $p < 0,05$) (Fig. 6). Contudo, os resultados repetiram o que já havia sido observado na Figura 2. Houve apenas um pequeno aumento no percentual de germinação nos potenciais promovidos por PEG. Os propágulos postos para germinar sem qualquer adição de água também apresentaram baixa recuperação após transferência para solução de NaCl a -0,4 MPa, passando a germinabilidade de 35,7 para 40,0 %.

Tabela 3. Resultados da influência do estresse hídrico e salino sobre a germinação de propágulos (7 x 20) de *Avicennia schaueriana*, através dos índices tempo médio (\bar{t}), coeficiente de variação do tempo médio (CV_t) e sincronia de germinação (Z).¹

Ψ (MPa)	NaCl						Polietilenoglicol (6000)					
	\bar{t} (dias)		CV_t (%)		Z		\bar{t} (dias)		CV_t (%)		Z	
0,0	5,30	a NS	19,06	ns NS	0,324	ns NS	5,30	ns	19,06	b	0,324	ns
-0,4	5,03	a	24,86	NS	0,341	NS	6,51		34,71	a	0,343	
-0,6	5,66	a NS	22,17	NS	0,433	NS	5,88		19,41	b	0,332	
-0,8	7,30	b	29,20		0,197		5,48		16,03	b	0,575	
-1,2							6,16		30,94		0,406	
-1,6							7,21		30,85		0,263	
-2,0							6,37		24,40		0,374	
-2,4							6,64		26,07		0,294	

1- ANOVA: interação significativa entre os fatores solução e potencial hídrico (Ψ) em cada índice. Valores médios discriminados pelo teste de Tukey a 5%. Letras minúsculas diferentes representam diferenças entre potencias (colunas), para cada índice, em cada solução. Diferenças entre soluções (linha), para cada índice, em cada potencial são apresentadas apenas quando não significativas, por NS.

Assim, ao contrário da maioria das espécies halófitas, os propágulos de *A. schaueriana* não apresentam mecanismos de dormência e manutenção da viabilidade frente ao estresse salino. Em função da viviparidade, comum ao gênero *Avicennia*, os propágulos são metabolicamente ativos e as principais reservas estão sob a forma de açúcares solúveis, facilmente translocáveis e disponíveis para a ocorrência da germinação e estabelecimento da plântula. Imediatamente após o destaque do pericarpo, quando em contato com a água, ocorre um mensurável aumento no metabolismo, incluindo a utilização de reservas e atividade respiratória, que acompanha um aumento na organização ultra-estrutural (Berjak *et al.* 1989, Farrant *et al.* 1993).

A baixa recuperação dos propágulos submetidos aos diferentes tratamentos, tanto com soluções de PEG quanto de NaCl, associados a relativamente alta uniformidade de germinação, também apontam a existência de um período pré-determinado para ocorrência de germinação, além do qual a retomada do processo é dificultada. Farrant *et al.* (1993) analisaram a resposta germinativa de propágulos de *A. marina* coletados da planta-mãe em diferentes estágios de desenvolvimento e observaram propágulos prematuros (60 dias após a formação do fruto - DAFF) com germinabilidade similar aos maduros (85 DAFF), porém com um atraso no tempo de germinação (26 DAFF) compatível com o tempo necessário para o amadurecimento dos mesmos.

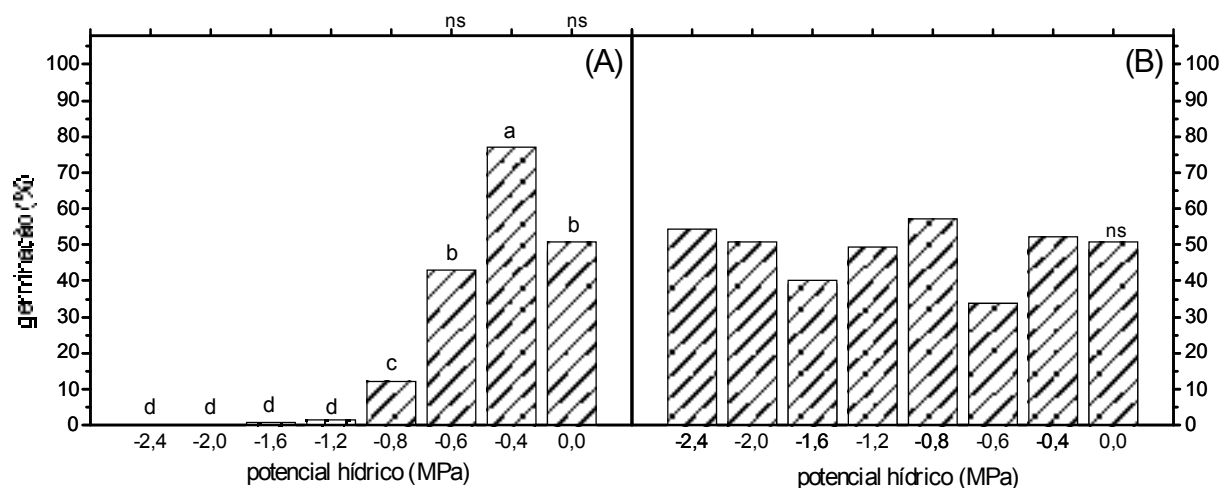


Figura 6. Influência dos diferentes níveis de potencial hídrico e das soluções, NaCl (A) e PEG (B), no percentual de germinação alcançado durante os 15 dias de experimento (porção preenchida das colunas) e influência da solução de NaCl a -0,4 MPa (10 dias) na recuperação dos propágulos não germinados em cada um dos tratamentos (porção das colunas com linhas inclinadas), representada como o percentual de germinação total alcançado após os 25 dias avaliados. Letras na parte superior das colunas discriminam as médias entre potenciais em cada solução. Diferenças entre soluções em cada potencial são indicadas na parte superior do gráfico (A) apenas quando não significativas.

A existência de um período pré-determinado para germinação, sugerida para *A. schaueriana*, não é comum à espécie de mangue *Laguncularia racemosa*, pois os propágulos não germinados durante 15 dias em potencial hídricos de até -4,0 MPa (NaCl), recuperam-se quando o estresse foi aliviado (Oliveira & Andrade submetido). Esta diferenciação pode estar relacionada a maior atividade metabólica inicial dos propágulos vivíparos de *A. schaueriana*, em relação aos propágulos recalcitrantes de *L. racemosa*, considerando o *continuum*, de grau de desenvolvimento dos embriões, caracterizado entre sementes ortodoxas e vivíparas (Farnsworth 2000).

A tolerância à salinidade é usualmente avaliada como o percentual de fitomassa produzida na condição salina em comparação com uma condição controle, por um período prolongado de tempo (Munns, 2002). Segundo Dell'Aquila & Spada (1993), a germinação de sementes é o estágio de vida da planta mais apropriado para analisar diferenças na expressão gênica induzida pela salinidade, uma vez que os mecanismos bioquímicos envolvidos no processo de protrusão da radícula podem ser danificados e não existem caminhos alternativos para completar a germinação.

Na Fig. 7 nota-se maior acúmulo de massa seca no potencial -0,8 MPa, solução PEG, seguido pelo potencial -0,4 MPa, solução NaCl. Exceto por este aumento na solução de PEG, o comportamento da massa seca seguiu o que se observou para germinabilidade.

O maior acúmulo de massa seca no potencial -0,8 MPa, solução PEG, associado a maior uniformidade de germinação entre todos os tratamentos ($CV_t = 16,03\%$), pode ser relacionado com a resposta fisiológica à prática de pré-condicionamento osmótico aplicada sobre sementes ortodoxas. Esta prática baseia-se em colocar as sementes para embeber em uma solução osmótica, na qual a hidratação acontece, mas de forma restrita, permitindo que alguns eventos metabólicos aconteçam sem que a germinação se complete. Após armazenamento por determinado tempo, tais sementes germinam com maior velocidade e uniformidade (Castro & Hilhorst 2004). Farrant *et al.* (1993) também utilizaram esta comparação para explicar o aumento da velocidade de propágulos de *A. marina* armazenados por dois ou três dias, em relação àqueles postos imediatamente para germinar.

Assim, os resultados de massa seca e demais variáveis analisadas demonstram que baixas concentrações de NaCl (-0,4 MPa) estimulam a germinação de *A. schaueriana*, mas existe um limite a partir do qual menores potenciais hídricos têm efeito negativo sobre os propágulos (Fig. 2, 4 e 7). Conforme os tratamentos realizados, este limite provavelmente seria bem inferior à salinidade da água do mar, de 35 unidade prática de salinidade – ups, que equivale à um potencial hídrico de aproximadamente -2,5 MPa, ou concentração salina de 500

mM (Tomlinson 1986, Ungar 1995). Entretanto, há que se considerar que o efeito tóxico de soluções de NaCl pode ser superior ao do conjunto de sais dissolvidos na água do mar. Karzel (1926) explicou que soluções salinas puras são extremamente tóxicas ao plasma celular, enquanto em soluções com diferentes sais (100 g de água, 1.82g de NaCl, 0.06g de KCl, 0.47g de MgCl₂ .6H₂O, 028g de MgSO₄.7H₂O, 1.6 g de CaCl₂.6H₂O) o efeito tóxico é compensado.

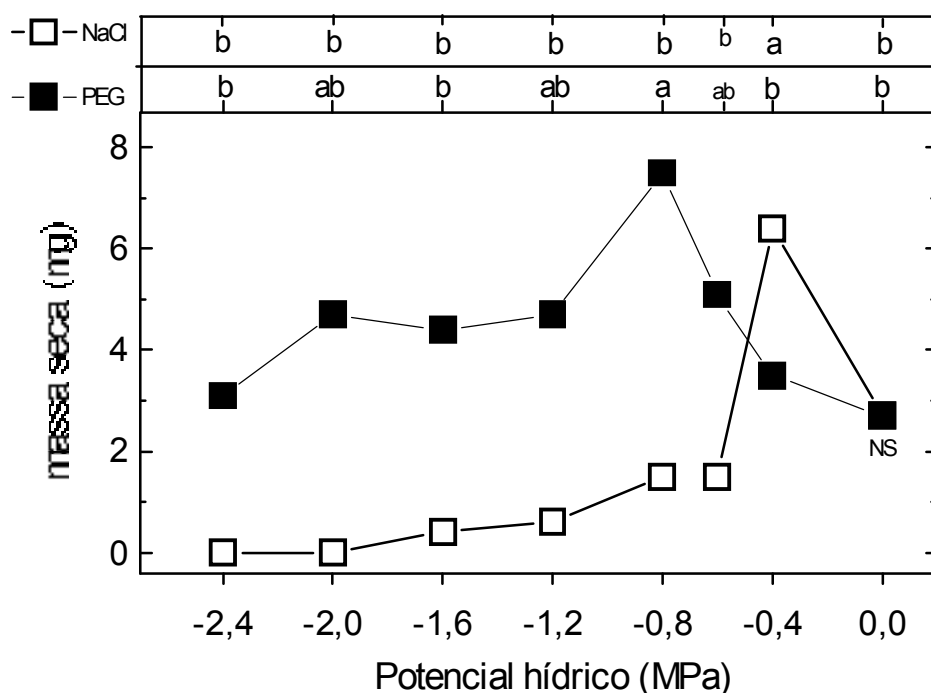


Figura 7. Influência dos diferentes níveis de potencial hídrico e das soluções (NaCl \square e PEG \blacksquare) na massa seca produzida (raízes primárias, em 8 repetições de 5 propágulos) de *A. schaueriana*. Houve interação significativa entre os fatores potenciais hídricos e soluções. Letras na parte superior do gráfico discriminam as médias entre potenciais em cada solução, NaCl (acima) e PEG (abaixo). Diferenças entre soluções em cada potencial são indicadas próximo às curvas apenas quando não significativas.

McMillan (1971) verificou ocorrência de germinação de propágulos de *A. germinans* em salinidades entre 7 e 75 ups, produzidas a partir de água do mar sintética. Entre os tratamentos de 0, 25, 50, 75 e 100% de água do mar, Ghowhail *et al.* (1993) constatou que em 50% de água do mar, houve um maior crescimento de plântulas de *A. marina*.

Plântulas das halófitas herbáceas *Halosarcia pergranulata* subsp. *pergranulata* e *Atriplex griffithii* var. *stocksii* também apresentaram maior produção de massa seca, de parte aérea e raízes respectivamente, em concentrações salinas moderadas (10 - 200 mM NaCl), quando comparadas ao tratamento controle (Short & Colmer 1999, Khan *et al.* 2000).

Conclui-se que, embora as plantas adultas do gênero *Avicennia* sejam consideradas mais tolerantes à salinidade do que *Rhizophora* e *Laguncularia* (Ball 1988, Clough 1993), seus propágulos mostraram-se bastante sensíveis aos potenciais hídricos simulados com NaCl, sugerindo a exigência de condições ambientais bastante específicas para germinação, dentro de poucos dias após o desligamento da planta-mãe.

AGRADECIMENTOS

À FAPERJ (proc. E-26/ 150.670/2003), pela bolsa de mestrado concedida à primeira autora. À Embrapa CTAA, pelo apoio logístico. Ao Dr. Ernesto Medina, pelo envio de bibliografia. Às técnicas do Laboratório de Sementes, Marina Fernandes e Ana Paula Cruz; aos coletores Ricardo Matheus e Rafael Ribeiro; aos estagiários, Francisco de O. Filho, Amanda Carvalho, Amanda Areias e Isabella Vargas e aos oceanógrafos, Ana Margarida Portugal, Carlos Milton da Silva Jr. e Gustavo Estrada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almansouri, M.; Kinet, J.M.; Lutts, S. 2001. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). **Plant Soil** **231**: 243-254.
- Ball, M. C. 1988. Ecophysiology of mangroves. **Trees** **2**: 129-142.
- Berjak, P.; Farrant, J.M.; Pammer, N.W. 1989. The basis of recalcitrant seed behaviour: cell biology of the homoiohydrous seed condition. *In*: Taylorson, R.B. *Recent advances in the development and germination of seeds*. New York, London, Plenum press, p.89-108.
- Biebl, R. 1965. Temperatresistenz tropischer Pflanzen auf Puerto Rico. **Protoplasma** **59**:133-156.
- Blasco, F. 1984. The mangrove Ecosystem, Research Methods. *In*: Snedaker, S.C. & Snedaker, J.G. *The mangrove ecosystem, research methods*. UNESCO, Bungay, p.18-35.
- Borges E.E.L. & Rena, A.B. 1993. Germinação de Sementes. *In*: Aguiar, I.B.; Pina-Rodrigues, F.C.M.; Figliolia, M.B. *Sementes Florestais Tropicais*. Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, Comitê Técnico de Sementes Florestais, Brasília, p.83-135.
- Bradford, K.J. 1995. Water relations in seed germination. *In*: Kigel, J. & Galili, G. *Seed Development and germination*. Marcel Dekker, New York, p.351-396.
- Brasil, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. 1992. *Regras para Análise de Sementes*. SNDA/DNDV/CLAV, Brasília.365p.

- Bewley, J.D. & Black, M. 1994. *Seeds – physiology of development and germination*. Plenum Press. New York. 275p.
- Carpita, N., Sabularse, D., Montezinos, D., Delmer, D.P. 1979. Determination of the pore size of cell walls of living plant cells. **Science** **205**:1144-1147.
- Castro, R.D. & Hilhorst, H.W.M. 2004. Embebição e reativação do metabolismo. In: Ferreira, A.G. & Borghetti, F. *Germinação, do básico ao aplicado*. ArtMed Editora, Porto Alegre, p.149-162.
- Chapman, V.J. 1975. Mangrove biogeography. In: Walsh, G.E. *Proceedings of the Internatinal Symposium on Biology and Management of Mangroves*. Institute of Food and Agricultural Sciences, Gainesville, v.1, p.3-22.
- Chartzoulakis, K.; Klapaki, G. 2000. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. **Science Horticulture** **86**: 247-260.
- Cintrón, G. & Schaeffer-Novelli, Y. 1983. *Introduccion a la ecologia del manglar*. Oficina R.egional de Ciência y Tecnologia de la UNESCO para America Latina y el Caribe – ROSTLAC. Montevideo, Uruguay. 109p.
- Clough, B.F. 1993. Constraints on the growth, prpagation and utilization of mangroves in arid regions. In: Lietg, H. & Masson, A.A. *Towards the rational use of high salinity tolerant plants*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, p.341-352.
- Cuartero, J.; Fernandez-Muñoz, R. 1999. Tomato and salinity. **Science Horticulture** **78**: 83-125.
- Dell'Aquila, A. & Spada, P. 1993. The effect of salinity stress upon protein synthesis of germinating wheat embryos. **Annals of Botany** **72**: 97-101.
- Elster, C. 1997. Beziehung zwischen ökologischen faktoren und der regeneratin dreier mangrovenarten im Gebiet der Ciénega Grande de Santa Marta, Kolumbien. Dissertation, Justus – Liebig – Universität, Giessen. 220p.
- Elster, C.; Perdomo, L.; Schenetter, M-L. 1999. Impact of ecological factors on the regeneration of mangroves in the Ciénega Grande de Snata Marta, Colombia. **Hydrobiologia** 413: 33-46.
- Fanti, S.C. & Perez, S.C.J.G. 1998. Efeitos do estresse hídrico, salino e térmico no processo germinativo de sementes de *Adenantha pavonina* L. **Revista Brasileira de Sementes** **20**:167-177.
- Farnsworth, E.J. 2000. The ecology and physiology of viviparous and recalcitrant seeds. **Annual Review of Ecology and Systematics** **31**:107-138.

- Farrant, J. M.; Berjak, P. & Pammenter, N. W. 1993. Studies on development of the desiccation-sensitive (recalcitrant) seeds of *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh.: The acquisition of germinability and response to storage and dehydration. **Annals of Botany** **71**: 405-410.
- Flowers, T.J. & Yeo, A.R. 1986. Ion relations of plant under drought and salinity. **Australian Journal of Plant Physiology** **13**:75-91.
- Ghowail, S. I.; Abdel-Monem, A. M.; El-Ghamry, W. M. & Saber, N. E. 1993. Preliminary studies on the effect of different salinity levels on germination, growth and anatomy of mangrove (*Avicennia marina*). In: Lieth, H. & Al Masoon, A. *Towards the rational use of high salinity tolerant plants*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, p: 237-244.
- Karzel R. 1926. Ueber die Nachwirkungen der Plasmolyse. **Jahrbuch der wissenschaftlichen Botanik** **65**: 551-591.
- Khatri, R., Sethi, V. & Kaushik, A. 1991. Inter-populations variations of *Kochia indica* during germination under different stresses. **Annals of Botany** **67**:413-415.
- Khan, M.A., Ungar, I.A., Showalter, A.M. 2000. Effects of salinity on growth, water relations and ion accumulation of the subtropical perennial halophyte, *Atriplex griffithii* var. *stocksii*. **Annals of Botany** **85**:225-232.
- Larcher, W. 2000. *Ecofisiologia Vegetal*. Rima Artes e Textos. 518p.
- Mansour, M.M.F.; Salama, K.H.A.; Al-Mutawa, M.M. 2003. Transport proteins and salt tolerance in plants. **Plant Science** **164**: 891-900.
- Mayer, A.M.; Poljakoff-Mayber, A. 1989. *The germination of seeds*. Great Britain Pergamon Press. 270p.
- McMillan, C. 1971. Environmental factors affecting seedling establishment of the black mangrove on the central Texas coast. **Ecology** **2** (5): 927-930.
- McKee, K.L. 1995. Interspecific variations in growth, biomass, partitioning, and defensive characteristics of neotropical mangrove seedlings: Response to light and nutrient availability. **American Journal of Botany** **82**: 299-307.
- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment** **25**:239-250.
- Murilo-Amador, B.; Troyo-Diegues, E.; Jones, H.G.; Ayala-Chairez, F.; Tinoco-Ojanguren, C.L.; Lopez-Cortes, A. 2000. Screening and classification of cowpea genotypes for salt tolerance during germination. **Phyton International Journal of Experimental Botany** **67**: 71-84.

- Nascimento, W.M.; Cantliffe, D.J.; Huber, D.J. 2001. Endo- β -mannanase activity and seed germination of thermosensitive and thermotolerance lettuce genotypes in response to seed priming. **Seed Science Research** **11**: 255-264.
- Oliveira, V.F.; Andrade, A.C.S. (submetido). Influência da temperatura e do estresse hídrico e salino na germinação de propágulos de *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f. **Revista Brasileira de Botânica**.
- Pereira, S.G. 2003. Ecofisiologia da germinação de *Clidemia hirta* (L.) D. Don (Melastomataceae). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 85p.
- Primack, R.B. 1980. Variation in the phenology of natural populations of montane shrubs in New Zealand. **Journal of Ecology** **68**: 849-862.
- Prisco, J.T. & O'Leary, J.W. 1970. Osmotic and toxic effects of salinity on germination of *Phaseolus vulgaris* L. Seeds. **Turrialba** **20**: 177-184.
- Rabinowitz, D. 1978. Dispersal properties of mangrove propagules. **Biotropica** **10**: 47-57
- Salisbury, F.B.; Ross, C.W. 1992. *Plant Physiology*. Wadsworth Publishing Company California.
- Santana, D.G. & Ranal, M.A. 2004. *Análise de germinação: um enfoque estatístico*. Editora da Universidade de Brasília, Brasília. 247p.
- Schaeffer-Novelli, Y., Cintrón, G.M.; Adaime, R.R. 1990. Variability of mangroves ecosystems along brazilian coast. **Estuaries** **13**: 204-218.
- Short, D.C. & Colmer, T.D. 1999. Salt tolerance in the halophyte *Halosarcia pergranulata* subsp. *pergranulata*. **Annals of Botany** **83**: 207-213.
- Soares, M.L.G. 1997. Estudo da biomassa aérea de manguezais do sudeste do Brasil – Análise de modelos. Tese de doutorado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2 vol, 560p.
- Tambelini, M. & Perez, S.C.J.G. 1998. Efeitos do estresse hídrico simulado com PEG (6000) ou manitol na germinação de sementes de barbatimão (*Stryphnodendron polyphyllum* Mart.). **Revista Brasileira de sementes** **20**: 226-232.
- Tomlinson, P. B. 1986. *The Botany of Mangroves*. Cambridge University Press. 413 p.
- Ungar, I.A. 1978. Halophyte seed germination. **The Botanical Review** **44**: 233-264.
- Ungar, I.A. 1995. Seed germination and seed-bank ecology in halophytes. In: Kigel, J. & Galili, G. *Seed development and seed germination*. Marcel Dekker, New York, p.599-628.

Vilela, F.A., Doni-Filho, L., Sequeira, E.L. 1991. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietilenoglicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **26**:1957-1968.

Zar, J. H. 1996. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, New Jersey. 662 p.

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DO ESTRESSE HÍDRICO E SALINO NA GERMINAÇÃO DE PROPÁGULOS DE *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f.

Viviane Fernandez de Oliveira^{1,3}; Antônio Carlos Silva de Andrade^{2,3}

RESUMO – (Influência da Temperatura e do Estresse Hídrico e Salino na Germinação de Propágulos de *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f.). Foram realizados experimentos para determinar a influência da temperatura (10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C) e do estresse hídrico e salino ($\psi = 0,0; -0,4; -0,6; -0,8; -1,2; -1,6; -2,0; -2,4; -2,8; -3,2; -3,6; -4,0$ MPa), promovidos por soluções de PEG e NaCl, sob fotoperíodo de 8 h luz : 16 h escuro, na germinação de propágulos de *Laguncularia racemosa*, espécie arbórea halófito típica do manguezal. Os resultados mostraram alta germinabilidade entre 15° e 35° C e temperatura ótima de 30° C. Quanto à influência do estresse hídrico e salino, verificou-se menor germinabilidade associada aos menores potenciais hídricos. Entretanto, houve germinação substancial até o potencial mais negativo (-4,0 MPa). Soluções isotônicas de NaCl e PEG causaram diferentes efeitos na germinação dos propágulos. Entre os potenciais de -0,4 e -3,2 MPa, soluções de NaCl promoveram maior germinabilidade que soluções de PEG e tratamento controle (0,0 MPa). Observou-se também que baixas concentrações de NaCl (-0,8MPa) estimularam a germinação e o acúmulo de massa seca dos propágulos. Após redução dos níveis de estresse (transferência para solução de NaCl -0,4 MPa) houve recuperação dos propágulos não germinados, indicando que a exposição à altas concentrações de PEG e NaCl inibem temporariamente a germinação. O comportamento germinativo dos propágulos de *L. racemosa* permite sua regeneração no manguezal, sendo provavelmente um fator chave para explicar a ampla distribuição desta espécie.

Palavras-chave - germinação, manguezal, *Laguncularia*, temperatura, PEG, NaCl

ABSTRACT – (Effects of Temperature and Salt and Water Stress on Germination of *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f. Propagules) *Laguncularia racemosa* is a halophytic tree species strict to mangrove ecosystem. Experiments were conducted to determine the effects of temperature (10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 °C) and salt and water stress ($\psi = 0,0; -0,4; -0,6; -0,8; -1,2; -1,6; -2,0; -2,4; -2,8; -3,2; -3,6; -4,0$ MPa), promoted by NaCl and Polyethylene glycol 6000 (PEG) solutions in a 8 h light : 16 h dark photoperiod on propagules germination. The results showed high germinability (almost 100%) between 15 and 35 °C, with 30 °C as the best temperature for germination. In relation to salinity and water stress experiment, germination process was significantly reduced by decreasing water potential. Isotonic solutions of NaCl and PEG caused different effects on propagule germination. In water potentials between -0,4 MPa and -3,2 MPa, NaCl promoted higher germinability than PEG and control. Moreover, low NaCl concentrations stimulated biomass production. Seeds recovered after being transferred to -0,4MPa NaCl, indicating that exposure to high concentrations of PEG and NaCl temporary inhibited germination. The germinative response of the species may permit its regeneration in mangrove habitats and is probably a key factor in explaining the species' wide distribution.

Keywords - germination, mangrove, *Laguncularia*, temperature, PEG, NaCl

1 Pós-graduanda Escola Nacional de Botânica Tropical (viviane@jbrj.gov.br)

2 Pesquisador Adjunto. Programa Conservação. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. candrade@jbrj.gov.br

3 Laboratório de Sementes. Rua Pacheco Leão, 915. CEP: 22460-030, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

INTRODUÇÃO

Laguncularia racemosa (L.) Gaertn. f. (Combretaceae) é uma espécie arbórea halófito, que desenvolve-se sob influência da inundação pelas marés, nos solos instáveis, salinos e anóxicos característicos do ecossistema manguezal. Ocorre isoladamente ou associada à outras espécies típicas de mangue formando extensas florestas nas zonas costeiras da América e oeste da África (Tomlinson 1986). Além de *L. racemosa*, compõem os manguezais brasileiros, *Avicennia schaueriana*, *A. germinans*, *Rhizophora mangle*, *R. harisonii* e *R. racemosa* (Schaeffer-Novelli *et al.*, 1990).

Segundo Baskin & Baskin (1998), halófitas são plantas que, além de crescer vegetativamente, são capazes de completar seu ciclo reprodutivo em solos salinos. *L. racemosa* tem nos propágulos suas unidades de dispersão hidrocória, caracterizadas por um fruto do tipo núcula e um embrião, com endosperma ausente e cotilédones dobrados em torno do eixo hipocótilo-radícula (Barroso, 1999). O pericarpo apresenta aerênquima que permite sua flutuabilidade e persiste, envolvendo os cotilédones, até o enraizamento do propágulo (Tomlinson, 1986).

A germinação de *L. racemosa* é epígea e inicia-se com alongamento do eixo hipocótilo-radícula, tão logo o propágulo desprende-se da planta mãe (Tomlinson, 1986). Os estudos de Rabinowitz (1978a, b) demonstraram que a germinação pode ocorrer mesmo durante a dispersão, porém verificou-se perda de vigor quando este período foi superior a oito dias. A não existência de qualquer estágio de dormência somada a sensibilidade à desidratação levaram a classificação dos propágulos de *L. racemosa* como recalcitrantes (Farnsworth, 2000).

Os fatores ambientais essenciais para o processo germinativo são: água, temperatura e oxigênio (Bewley & Black, 1994). A embebição processa-se devido à diferença de potencial hídrico (ψ) entre a semente e o solo e proporciona a mobilização das reservas necessárias para o crescimento. Segundo Bradford (1995), existe um conteúdo hídrico crítico que cada semente precisa atingir para que o processo germinativo se complete, culminando com a protrusão da radícula. Este conteúdo hídrico será tão mais difícil de ser alcançado quanto menor for o potencial hídrico do ambiente. Assim, em ambientes com baixa umidade, como desertos, em solos que retém pouca água, como os arenosos, ou em ambientes salinos, pequenas disponibilidades hídricas reduzem a velocidade de embebição até comprometer o processo de germinação das sementes. Nos ambientes salinos, somam-se ainda efeitos tóxicos provenientes do aumento da concentração de íons nas células do embrião (Prisco & O'Leary, 1970, Flowers & Yeo, 1986), que interferem na divisão e alongação celular, assim como na

mobilização de reservas indispensáveis para a ocorrência do processo de germinação (Mayer & Poljakoff-Mayber, 1989).

Ainda que as espécies halófitas tenham desenvolvido mecanismos para evitar e tolerar o estresse hídrico e salino, suas sementes são especialmente vulneráveis aos efeitos osmóticos e tóxicos dos sais dissolvidos na superfície do substrato (Ungar, 1995), que pode ser de 2 a 100 vezes maior do que em sub-superfície, onde as raízes de plantas adultas vigorosas estão expostas (Ungar, 1978). Segundo Ungar (1995), a tolerância das sementes ao estresse salino é caracterizada por (1) germinação em salinidades relativamente altas, (2) dormência induzida ou forçada por condições salinas e (3) capacidade de permanecer viável durante a embebição em condições salinas, germinando quando o estresse é aliviado.

Investigações sobre a influência do estresse hídrico e salino na germinação de sementes requerem métodos para controlar ou mensurar o potencial hídrico (ψ) na fonte de água e possibilitar a distinção entre o efeito osmótico e tóxico dos sais. Soluções de polietilenoglicol com alto peso molecular (PEG 6000-8000) vem sendo usadas extensivamente para controlar o ψ , pois suas moléculas não são capazes de penetrar as paredes celulares, sendo quimicamente inertes e não tóxicas (Carpita *et al.*, 1979). Por outro lado, nas soluções salinas, a mobilidade dos sais diminui o gradiente osmótico entre a solução e a semente ao mesmo tempo em que pode causar efeitos tóxicos sobre os componentes celulares (Bradford, 1995).

A temperatura é fator determinante para o sucesso da germinação e está diretamente associada às características ecológicas da espécie (Castro & Hilhorst, 2004). Em geral, a temperatura é chamada ótima quando ocorre o máximo de germinação, no menor tempo. Temperaturas extremas marcam o limite de ocorrência da germinação, sendo que acima do limite superior e abaixo do limite inferior pode ocorrer a morte das sementes (Borges & Rena, 1993).

Os limites latitudinais de distribuição dos manguezais também são claramente influenciados pelo fator temperatura da superfície do mar, mostrando uma correlação próxima com a isoterma de 24 °C, além da qual a temperatura é sempre inferior (Tomlinson, 1986). Na margem oeste do Atlântico Sul esse limite ocorre próximo a Laguna (28°30'S), no estado de Santa Catarina, Brasil (Cintrón & Schaeffer-Novelli, 1983). Segundo Blasco (1984), provavelmente existe um limite térmico crítico para cada espécie durante o estágio de plântula que, quando atingido, torna o estabelecimento difícil ou impossível, resultando na morte das plântulas. Este autor ressalta a necessidade de execução de estudos experimentais que determinem as exigências térmicas de cada espécie.

Assim, o presente trabalho investigou o comportamento germinativo dos propágulos de *Laguncularia racemosa*, submetidos a diferentes temperaturas e níveis (ψ) de estresse salino e hídrico, utilizando-se para tanto soluções de NaCl e PEG 6000.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta dos Propágulos

Os propágulos foram coletados de pelo menos 20 indivíduos no manguezal associado ao rio Piracão, em área da Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba. Esta Reserva, de aproximadamente 3.600 hectares, está localizada na Zona Oeste do município do Rio de Janeiro, litoral nordeste da Baía de Sepetiba (23°00'S – 23°05'S e 43°30'W – 43°35'W). O clima da região, segundo classificação de Köppen, é Aw - tropical quente e úmido com estação seca no inverno. A temperatura média anual é de 23,5°C e precipitação anual média, de 1032 mm, sendo janeiro e março os meses de maior pluviosidade (Soares, 1997).

Os propágulos foram coletados (de janeiro à março, nos anos de 2003 e 2004) diretamente dos ramos nas árvores, utilizando-se como critério de maturidade o simples destaque do mesmo ao toque do coletor.

Após a coleta, os propágulos foram imediatamente transportados até o Laboratório de Sementes do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro em embalagens impermeáveis de polietileno, visando evitar a sua desidratação. Em laboratório, os propágulos foram submetidos à seleção visual, eliminando-se os mal formados e danificados por animais. Posteriormente, os propágulos permaneceram armazenados a 20 °C por aproximadamente 15 horas, até iniciarem-se os estudos descritos a seguir.

Biometria de propágulos

Os propágulos foram avaliados quanto as variáveis: massa fresca (mg), teor de água (%), base úmida), comprimento e largura (mm).

As determinações de massa fresca e do teor de água foram feitas com auxílio de balança analítica (0,0001 g). Para o cálculo do teor de água realizou-se secagem em estufa pré-aquecida na temperatura de 103° ± 2°C, durante 17 horas, utilizando três repetições de cinco propágulos (Brasil, 1992). As medidas de comprimento e largura dos propágulos foram determinadas através de paquímetro digital.

Influência da temperatura

Os propágulos foram submetidos aos testes de germinação sob temperaturas constantes de 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 35° e 40°C ($\pm 0,5^\circ\text{C}$) e sob fotoperíodo de oito horas. Foram utilizadas lâmpadas fluorescentes do tipo luz do dia (4 x 20W), com densidade do fluxo de fótons de $90 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Os propágulos foram colocados sobre substrato papel de filtro do tipo “Germitest” (duas folhas), em recipiente do tipo “gerbox”, com cerca de 30 mL de água destilada. Não foi realizado qualquer pré-tratamento com os propágulos antes da semeadura.

O desenho experimental foi constituído de quatro repetições de 40 propágulos em cada tratamento. A germinação foi avaliada diariamente, durante 30 dias, utilizando-se como critérios (1) a protrusão do eixo hipocótilo-radícula (3 mm) e (2) geotropismo positivo.

Influência do estresse hídrico e salino

Para estudar a influência do estresse hídrico e salino os propágulos foram colocados para embeber e germinar em recipientes do tipo “gerbox”, diretamente nas soluções de NaCl e polietilenoglicol 6000 com diferentes concentrações, representando diferentes níveis de potenciais hídricos. As soluções salinas foram preparadas a partir da equação de Van't Hoff, segundo Salisbury & Ross (1992) e soluções de PEG 6000, a partir da equação descrita por Michel & Kaufmann (1973), citada por Vilela *et al.* (1991). Utilizou-se água destilada para representar o controle, com potencial hídrico 0 MPa.

A temperatura utilizada para o cálculo e montagem dos experimentos foi 30 °C, sob fotoperíodo de 8 horas. O volume de solução utilizado em cada repetição foi de 30mL, sendo este trocado a cada cinco dias para garantir a manutenção do potencial hídrico. Os recipientes foram protegidos por sacos plásticos para evitar a evaporação das soluções. Não foi utilizado qualquer tipo de substrato para evitar interferência deste sobre o potencial hídrico da solução (Bradford, 1995).

Antes da semeadura, os propágulos foram lavados em água corrente (torneira), imersos em NaClO (1%) durante 1 minuto e lavados em água destilada, para evitar a proliferação de fungos durante o experimento.

Os experimentos foram esquematizados em delineamento inteiramente casualizado, no sistema fatorial, considerando-se quatro repetições de 40 propágulos para cada potencial (0,0; -0,4; -0,6; -0,8; -1,2; -1,6; -2,0; -2,4; -2,8; -3,2; -3,6; -4,0 MPa), em cada uma das soluções testadas (PEG 6000 e NaCl).

As variáveis avaliadas foram: germinabilidade (G; %); tempo médio de germinação (\bar{t} ; dias), velocidade de germinação (\bar{v} ; dias⁻¹), coeficiente de variação do tempo (CV_t) e sincronia de germinação (Z), utilizadas por Pereira (2003) e sugeridas por Santana & Ranal (2004). O CV_t mede a uniformidade da germinação, sem ser influenciado pelo tempo médio. É calculado pela razão entre o desvio padrão do tempo médio e o próprio tempo médio, sendo expresso em porcentagem. Do ponto de vista prático, quanto menor o CV_t , mais concentrada no tempo será a germinação. A sincronia de germinação (Z) é uma aplicação do índice de Primack (1980), onde os valores variam entre zero (quando apenas uma semente germina em cada tempo – dia) e um (quando todas as sementes germinam num mesmo tempo).

A germinação foi avaliada diariamente, durante 15 dias. Ao final deste período, determinou-se também a massa seca formada (eixo hipocótilo-radícula externo ao pericarpo e raízes primárias) em oito repetições de cinco propágulos submetidas aos mesmos tratamentos do experimento de estresse. Para obtenção da massa seca, os propágulos foram desidratados em estufa, sob temperatura constante de 70°C, durante 48 horas.

Para avaliar a recuperação dos propágulos não germinados ao final do experimento de estresse, transferiu-se todos os propágulos não germinados de cada repetição e tratamento para solução de NaCl -0,4 MPa. Avaliou-se a germinabilidade total, calculada a partir do somatório dos propágulos germinados durante o estresse (15 dias) e após transferência para solução de NaCl -0,4 MPa (10 dias).

Na análise estatística dos resultados foi utilizado o teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparação entre as médias, quando houve significância pelo teste F ($p < 0,05$) (Zar 1996). Quando as pressuposições para aplicação do teste F não foram atendidas, recorreu-se à análise não paramétrica de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), seguida por Mann-Whitney. Avaliaram-se os efeitos isolados dos potenciais hídricos e dos dois tipos de solução (NaCl e PEG), além das interações entre os fatores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Biometria dos propágulos

Dentre as espécies de mangue que ocorrem em Guaratiba, *L. racemosa* apresenta propágulos com as menores dimensões. Os resultados obtidos neste estudo apresentaram pequena diferença em relação ao tamanho dos propágulos observados por Rabinowitz (1978a) no Panamá, mas foram próximos aos obtidos por McKee (1995) em Belize, em termos de massa fresca.

O elevado teor de água registrado pode ser considerado como uma das características que identifica o comportamento recalcitrante desta espécie (Farnsworth 2000) (tabela 1).

Tabela 1. Características gerais dos propágulos de *Laguncularia racemosa* do manguezal de Guaratiba.

		Média ± desvio padrão
Biometria (mm) (n=100)	comprimento	15,32 ± 1,06
	largura	9,00 ± 1,13
Massa fresca (g) (n= 10 x 10)		3,26 ± 0,16
Grau de umidade (%) (n= 3 x 5)		65,38 ± 1,19

Influência da temperatura

Os testes de germinação mostraram alta germinabilidade (G) nas temperaturas entre 15 e 35°C e redução significativa nas temperaturas extremas, 10 e 40 °C (tabela 2). Diferenças mais nítidas entre os tratamentos foram evidenciadas pela velocidade média de germinação (\bar{v}), que aumentou gradativamente de 10 para 40 °C (tabela 2). Nota-se maior eficiência do processo germinativo nas temperaturas de 30 e 35 °C, onde coincidem maiores percentuais e velocidades médias de germinação. Entretanto, conforme ocorrido na temperatura de 40 °C, o eixo-hipocótilo radícula dos propágulos germinados perdeu o geotropismo positivo e deteriorou-se, após 10 dias de experimento sob temperatura constante em 35 °C.

A distribuição da frequência relativa de germinação sob as temperaturas analisadas (figura 1) demonstra que o aumento da temperatura determinou uma redução no tempo médio de germinação e maiores uniformidade (CV_t) e sincronia (Z) (tabela 2). Estas variáveis confirmam a eficiência do processo em 30, 35 e 40 °C.

Hendricks & Taylorson (1976) explicam que altas temperaturas podem causar desnaturação de proteínas e alteração na permeabilidade das membranas, enquanto baixas temperaturas retardam as taxas metabólicas, até o ponto em que as vias essenciais ao início da germinação não podem mais operar. A faixa de 20 a 30 °C mostra-se adequada para a germinação de grande número de espécies subtropicais e tropicais (Borges & Rena 1993).

Tabela 2. Resultados da influência da temperatura sobre a germinação de propágulos de *Laguncularia racemosa*, através dos índices germinabilidade (G), velocidade média de germinação (\bar{v}), coeficiente de variação do tempo médio (CV_t), sincronia de germinação (Z).¹

T (°C)	G (%)		\bar{v} (dias ⁻¹)		CV_t (%)		Z	
10	30	c	0,06	g	32,33	cd	0,061	c
15	97,5	a	0,07	f	38,41	c	0,052	c
20	100	a	0,12	e	42,05	bc	0,092	b
25	100	a	0,18	d	34,16	d	0,153	a
30	100	a	0,24	c	45,01	ab	0,168	a
35	97,5	a	0,28	b	43,07	ab	0,185	a
40	45	b	0,43	a	58,51	a	0,200	a

1- Valores medianos seguidos por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Mann-Whitney a 5%

Em termos ecológicos, o amplo limite de temperatura no qual *L. racemosa* germina implicaria em alta capacidade estabelecimento em campo e maiores chances de sobrevivência, em relação a espécies que apresentam estreitos limites de temperatura para germinar, conforme sugere Perez & Moraes (1990) ao estudar a algarobeira (*Prosopis juliflora*).

Diversos estudos (Tomlinson, 1986; Peria *et al.*, 1990; Soares, 1999; Oliveira *et al.*, 2000; Souza e Sampaio, 2001) citam *L. racemosa* como pioneira em processos de sucessão primária ou secundária no ecossistema manguezal. Tomlinson (1986) afirma ainda que, devido a esta característica, *L. racemosa* pode formar bosques monoespecíficos após a incidência de distúrbios que atuem sobre a estrutura da vegetação. Tal fato é observado com frequência nos manguezais da Baía de Guanabara (RJ) onde o corte de árvores, a poluição e alterações no fluxo de água configuram tensores crônicos (Soares *et al.*, 2003).

Quanto à distribuição latitudinal de *L. racemosa*, a ocorrência de germinação até 10 °C (temperatura mínima testada) (tabela 2), sugere capacidade de dispersão dos propágulos mesmo em correntes marítimas frias, o que possibilitaria a colonização de áreas em maiores latitudes. Os experimentos de Biebel (1965) e Chapman (1975) também demonstraram maiores habilidades de *L. racemosa* em sobreviver ao frio do que os gêneros *Avicennia* e *Rhizophora*. No Brasil, o limite latitudinal de *L. racemosa* coincide com o de manguezais, em

28°30'S, onde esta espécie ocorre na forma de pequenos arbustos associados a *Avicennia schaueriana*, *Paspalum*, *Spartina* e *Juncus* (Schaeffer-Novelli *et al.* 1990). Cabe destacar que o limite sul de *Rhizophora* encontra-se em latitude menor do que o limite de *L. racemosa*, tanto no Brasil (27°53'S) (Schaeffer-Novelli *et al.*, 1990), como em Angola (Darteville, 1950), onde a corrente (fria) de Benguela parece exercer influência sobre a riqueza de espécies nas florestas de mangue (Blasco, 1984).

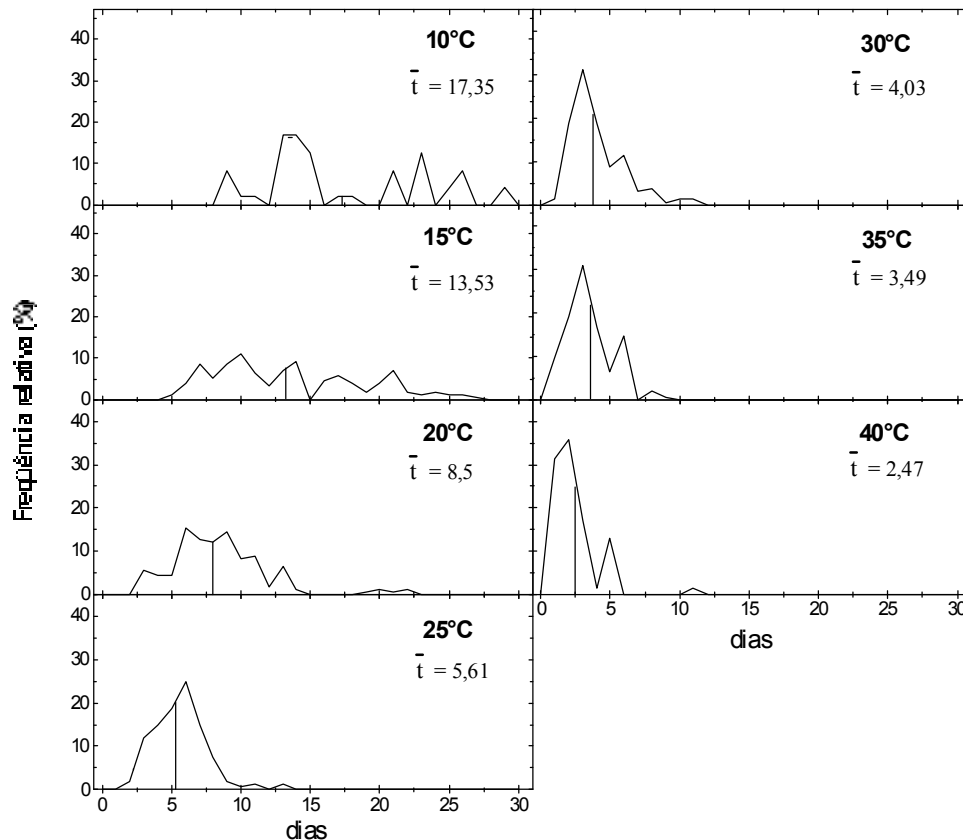


Figura 1. Influência das temperaturas constantes de 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C, na distribuição da frequência relativa de germinação de propágulos de *L. racemosa*. O traço vertical nos gráficos representa o tempo médio de germinação (\bar{t}), em dias.

Além do efeito isolado da temperatura, este fator interage com a salinidade e interfere na germinação de várias espécies halófitas (Ungar, 1995), de modo que em temperaturas acima e abaixo da ótima os limites de tolerância ao estresse salino são reduzidos. Assim, com base nos resultados obtidos, e no fato dos propágulos terem sofrido deterioração na temperatura de 35°C, optou-se por desenvolver os experimentos sobre a influência do estresse hídrico e salino na germinação de *L. racemosa* na temperatura de 30 °C.

Influência do estresse hídrico e salino

No experimento sobre a influência do estresse hídrico e salino no processo germinativo de *L. racemosa*, as fontes de variação (potenciais hídricos, tipos de solução – NaCl e PEG – e interação entre potencial e solução) foram significativas para todas as variáveis analisadas, exceto para sincronia de germinação.

Utilizando-se soluções de PEG com diferentes potenciais hídricos, notou-se redução gradativa da germinabilidade da condição controle (0 MPa) para a condição de maior estresse hídrico testada (-4,0 MPa) (figura 2). Por outro lado, com NaCl, as germinabilidades nos potenciais entre -0,4 e -2,4 MPa foram semelhantes entre si e superiores ao tratamento controle, reduzindo significativamente nos potenciais de -3,6 e -4,0 MPa (figura 2).

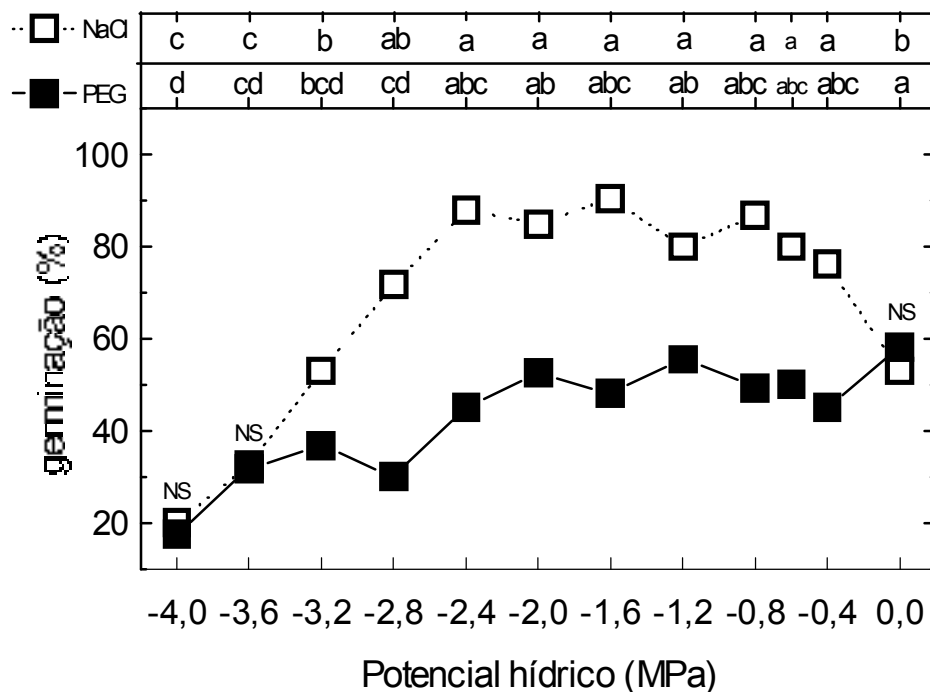


Figura 2. Influência dos diferentes níveis de potencial hídrico e das soluções (NaCl \square e PEG \blacksquare) no percentual de germinação de *L. racemosa*. Houve interação significativa entre os fatores potenciais hídricos e soluções. Letras na parte superior do gráfico discriminam as médias entre potenciais em cada solução, NaCl (acima) e PEG (abaixo). Diferenças entre soluções em cada potencial são indicadas próximo às curvas apenas quando não significativas.

Segundo Khatri *et al.* (1991), soluções salinas em geral apresentam um efeito inibidor de maior intensidade na germinação que soluções osmóticas não tóxicas de potencial hídrico equivalente. Entretanto, a germinabilidade em solução de NaCl foi superior ao observado em PEG, entre -0,4 e -3,2 MPa, igualando-se somente nas condições de maior estresse, -3,6 e -4,0 MPa, e no tratamento controle (figura 2).

Yoon et al. (1997) relataram aumento do metabolismo anaeróbio em sementes tratadas com PEG 6000, sugerindo que a viscosidade da solução atua como uma barreira às trocas gasosas, limitando a disponibilidade de oxigênio além da disponibilidade de água. No experimento com *L. racemosa*, houve o cuidado de não cobrir os propágulos com solução de PEG para manter a superfície livre para respiração. Por isso, esta explicação para menores percentuais em relação ao NaCl pode ser descartada.

Segundo Bansal *et al.* (1980), potenciais hídricos externos muito negativos interferem na absorção de água pelas sementes, podendo inviabilizar a seqüência de eventos do processo germinativo. Além disso, o déficit hídrico altera a permeabilidade da membrana e as propriedades do tonoplasto, permitindo a degradação de proteínas citoplasmáticas por enzimas proteolíticas, que podem ser sintetizadas em função do estresse (Street & Opik 1983).

Normalmente a velocidade de germinação diminui com o aumento do estresse ambiental, antes mesmo que ocorra uma redução na sua germinabilidade (Heydecker, 1977). De maneira geral, para solução de NaCl, nota-se uma redução da velocidade com a diminuição dos potenciais hídricos (figura 3), destacando-se a diferenciação das velocidades nos potenciais entre -0,4 e -2,4 MPa (NaCl), onde a germinabilidade havia sido constante (figura 2). Cabe ressaltar que as maiores velocidades ocorreram no potencial de -0,8 MPa (NaCl) e tratamento controle.

Quanto ao PEG, o comportamento da velocidade de germinação diferiu do observado em NaCl. A maior velocidade ocorreu no tratamento controle e a menor, em -0,6 MPa, sendo que nos demais tratamentos os valores foram estatisticamente semelhantes a estes extremos (figura 3).

Diferenças entre as soluções em cada potencial ocorreram somente em -2,0, -3,2 e -4,0 MPa, com velocidades em PEG sempre superiores às de NaCl (figura 3). Assim, apesar da germinabilidade se igualar entre as soluções nos potenciais mais negativos (figura 2), os propágulos mantêm uma maior habilidade de germinar em menor tempo na solução de PEG que em NaCl (figuras 3 e 4).

A figura 4 apresenta as freqüências relativas de germinação de *L. racemosa*, em tratamentos com NaCl e PEG. Nota-se o deslocamento do tempo médio de germinação para direita em potenciais hídricos mais negativos, somente nas soluções de NaCl, mostrando que os níveis de estresse promovidos por PEG não influenciaram o tempo médio de germinação, que igualou-se ao tratamento controle (tabela 3).

Os gráficos de distribuição da freqüência relativa de germinação em geral mostram o aumento do número de modas, e conseqüentemente menor uniformidade de germinação, em

condições de maior estresse. Tal comportamento foi observado, por exemplo, em *Adenantha pavonina* (Fanti & Perez, 1998) e *Stryphnodendron polyphyllum* (Tambelini & Perez, 1998). No caso de *L. racemosa* este comportamento não se repete. Na figura 4 visualiza-se alta variabilidade em torno do tempo médio de germinação em todos os tratamentos e, na tabela 3, o índice coeficiente de variação do tempo (CV_t) confirma que a diferença entre os tratamentos não existe (PEG) ou é pequena (NaCl). A sincronia de germinação (tabela 3) foi a mesma em todos os potenciais e nas duas soluções (PEG e NaCl).

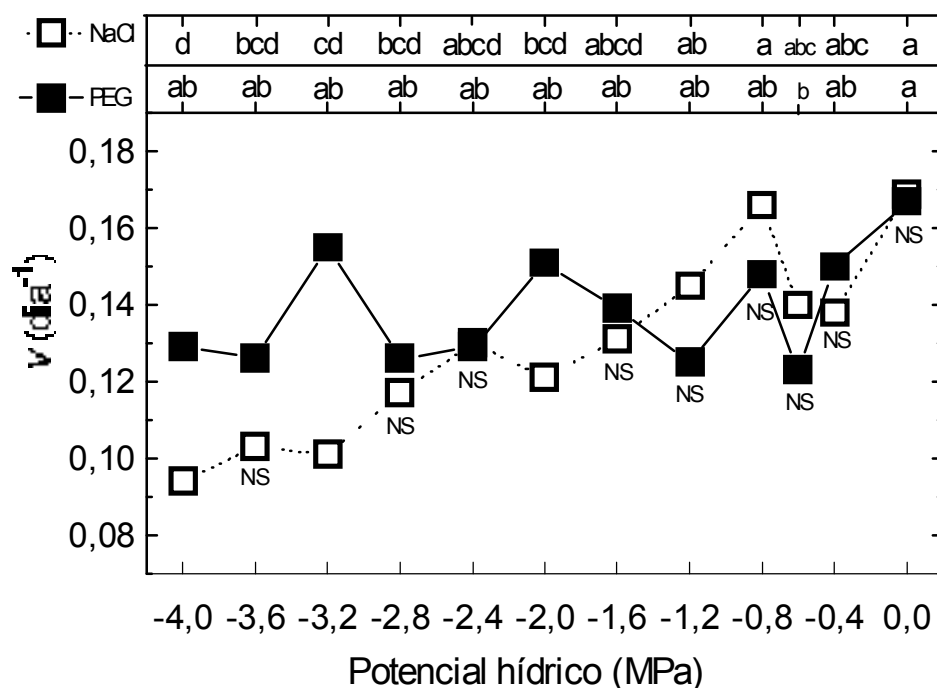


Figura 3. Influência dos diferentes níveis de potencial hídrico e das soluções (NaCl \square e PEG \blacksquare) na velocidade de germinação de *L. racemosa*. Houve interação significativa entre os fatores potenciais hídricos e soluções. Letras na parte superior do gráfico discriminam as médias entre potenciais em cada solução, NaCl (acima) e PEG (abaixo). Diferenças entre soluções em cada potencial são indicadas próximo às curvas apenas quando não significativas.

Segundo Bewley & Black (1994) o estresse hídrico provoca um atraso considerável no tempo de germinação das sementes e, como estas são bastante heterogêneas em suas respostas ao estresse hídrico, a germinação é distribuída no tempo e no espaço, permitindo em condições naturais, um aumento da probabilidade das plântulas encontrarem condições ambientais adequadas ao seu estabelecimento e desenvolvimento. Entretanto, a baixa uniformidade observada em *L. racemosa* deve estar associada à característica da espécie, como variabilidade de tamanhos e níveis de maturidade fisiológica, pois foi comum a todos os tratamentos.

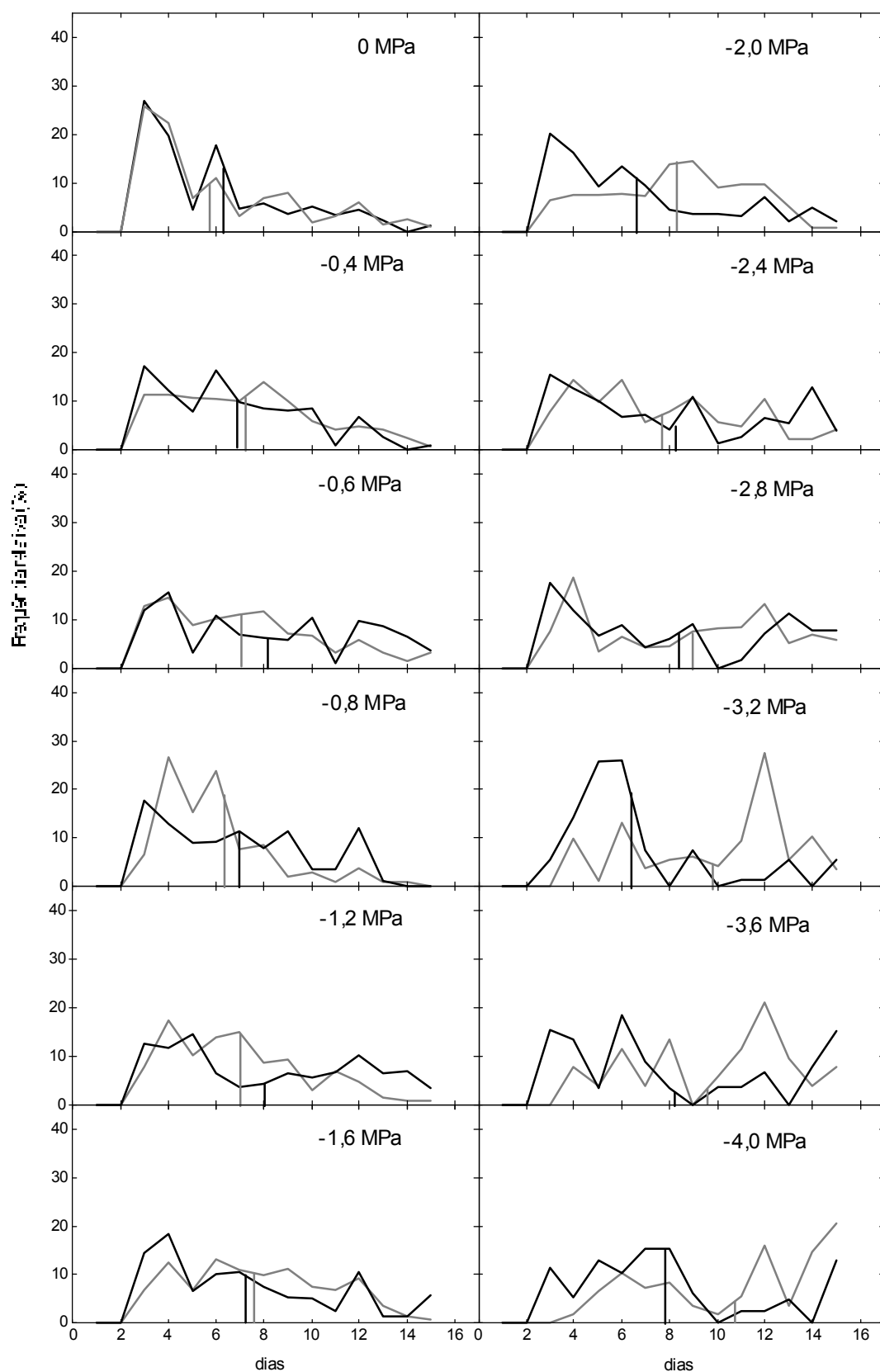


Figura 4. Influência dos diferentes níveis (0, -0,4, -0,6, -0,8, -1,2, -1,6, -2,0, -2,4, -2,8, -3,2, -3,6, -4,0 MPa) de potencial hídrico e das soluções (NaCl - cinza e PEG - preto) na distribuição da frequência relativa de germinação de propágulos de *L. racemosa*. Os traços verticais nos gráficos marcam os tempos médios apresentados na tabela 3.

Tabela 3. Resultados da influência do estresse hídrico e salino sobre a germinação de propágulos de *Laguncularia racemosa*, através dos índices tempo médio (\bar{t}), coeficiente de variação do tempo médio (CV_t) e sincronia de germinação (Z).¹

Ψ (MPa)	NaCl				Polietilenoglicol (6000)					
	\bar{t} (dias)		CV_t (%)	Z	\bar{t} (dias)		CV_t (%)	Z		
0,0	5,94	d NS	50,61	a NS	0,158	6,12	ns	52,81	ns	0,173
-0,4	7,29	cd NS	42,18	ab NS	0,083	6,73		42,71		0,098
-0,6	7,19	cd ns	45,24	ab ns	0,091	8,17		46,81		0,077
-0,8	6,09	d NS	39,93	ab NS	0,164	6,86		43,33		0,089
-1,2	6,92	cd NS	40,34	ab	0,101	8,08		48,38		0,111
-1,6	7,72	bcd NS	38,10	ab	0,086	7,26		49,88		0,095
-2,0	8,29	bcd	35,20	ab	0,092	6,73		52,15		0,106
-2,4	7,72	bcd NS	43,91	ab NS	0,087	8,01		49,19		0,089
-2,8	8,71	abc NS	44,36	ab NS	0,092	8,24		49,96		0,086
-3,2	9,93	ab	33,18	b NS	0,132	6,63		41,33		0,187
-3,6	9,87	ab	32,94	b	0,122	8,11		53,95		0,094
-4,0	10,82	a	34,14	b	0,082	7,86		47,76		0,097

1- ANOVA: interação significativa entre os fatores solução e potencial hídrico (Ψ) em cada índice, exceto em Z. Valores médios discriminados pelo teste de Tukey a 5%. Letras minúsculas diferentes representam diferenças entre potências (colunas), para cada índice, em cada solução. Diferenças entre soluções (linha), para cada índice, em cada potencial são apresentadas apenas quando não significativas, por NS. Em Z, séries de dados idênticas (Kruskall -Wallis $p \geq 0,05$).

Para as plantas cultivadas a sincronia de germinação de sementes é importante para o crescimento homogêneo das plantas e práticas como pré-condicionamento osmótico são usualmente recomendadas (Castro & Hilhorst, 2004). Entretanto, na natureza, a não sincronia é mais importante para possibilitar a manutenção de um banco de sementes atrasadas, porém viáveis, no solo. Assim, quando as condições são adequadas, a germinação é induzida para o estabelecimento de eventos sucessionais (Garwood, 1989).

Desta forma, as características de baixa uniformidade e sincronia de germinação nos potenciais hídricos testados, podem explicar a habilidade de *L. racemosa* de colonizar novas áreas de manguezal e estabelecer-se frente a distúrbios, em condições bastante diferentes.

A tolerância à salinidade é usualmente avaliada como o percentual de fitomassa produzida na condição salina em comparação com uma condição controle, por um período prolongado de tempo (Munns, 2002). Segundo Dell'Aquila & Spada (1993), a germinação de sementes é o estágio de vida da planta mais apropriado para analisar diferenças na expressão gênica induzida pela salinidade, uma vez que os mecanismos bioquímicos envolvidos no processo de protrusão da radícula podem ser danificados e não existem caminhos alternativos para completar a germinação.

Na figura 5 nota-se maior acúmulo de massa seca no potencial -0,8 MPa, solução NaCl, e valores decrescentes até -4,0 MPa. No tratamento controle a massa seca produzida foi também inferior ao ponto máximo, e igualou-se ao observado em -2,8 MPa (NaCl). Na solução de PEG os valores de massa seca reduziram do tratamento controle até o potencial mais negativo. Comparando-se as soluções, destacam-se diferenças significativas entre NaCl e PEG nos potenciais de -0,4 à -1,2MPa, que coincide com a faixa de maior produção de massa seca em NaCl.

Assim, os resultados de massa seca e demais variáveis analisadas demonstram que pequenas concentrações de NaCl estimulam a germinação de *L. racemosa*, mas existe um limite a partir do qual menores potenciais hídricos têm efeito negativo sobre os propágulos. Considerando a germinabilidade (figura 2) este limite seria -3,6 MPa, mas não necessariamente estaria associado ao efeito tóxico dos íons no embrião, pois além do estímulo citado acima, os valores foram similares em PEG (-3,6 e -4,0 MPa).

Por outro lado, considerando a velocidade como uma medida da habilidade dos propágulos de germinar em menor tempo, ou seja, uma medida que mostra o vigor dos propágulos frente ao estresse, observa-se comportamento contrário ao acúmulo de massa seca (figuras 3 e 5). Nos potenciais (-0,4 a -1,2 MPa) que estimulam a produção de massa seca em NaCl, a velocidade de germinação é semelhante entre as soluções, porém nos potenciais de maior estresse (-3,2 a -4,0 MPa) a massa seca continua ligeiramente maior em NaCl, enquanto a velocidade em PEG é superior.

Sugere-se, portanto, que o estímulo da germinação (%) e acúmulo de massa seca sejam verdadeiramente estratégias de fuga do estresse salino, pois tão logo o propágulo se estabeleça, tão logo os mecanismos de regulação osmótica poderão ser expressos (Smith & Snedaker 1995). Tal estratégia remonta à recalcitância da espécie, sob a hipótese de que o

desenvolvimento continuado do embrião antes da abscisão significa cuidado materno, para evitar submetê-lo as condições presentes no ecossistema manguezal, durante as fases mais sensíveis da diferenciação celular (Zeng *et al.*, 1999, Farnsworth, 2000, Lacerda *et al.*, 1988).

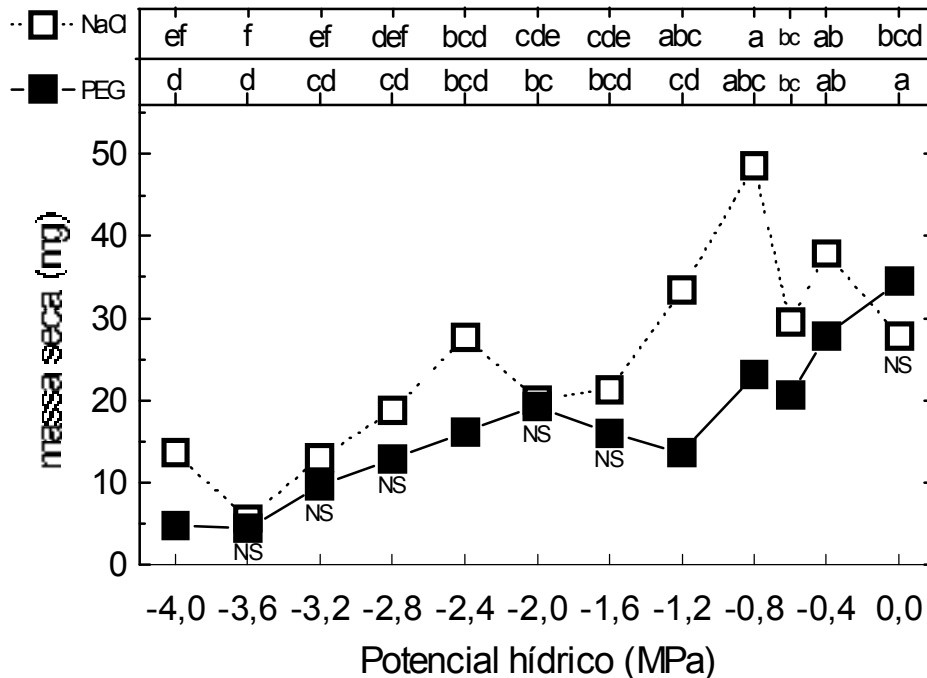


Figura 5. Influência dos diferentes níveis de potencial hídrico e das soluções (NaCl \square e PEG \blacksquare) na massa seca produzida (eixo hipocótilo radícula externo ao pericarpo e raízes primárias, em 8 repetições de 5 propágulos de *L. racemosa*). Houve interação significativa entre os fatores potenciais hídricos e soluções. Letras na parte superior do gráfico discriminam as médias entre potenciais em cada solução, NaCl (acima) e PEG (abaixo). Diferenças entre soluções em cada potencial são indicadas próximo às curvas apenas quando não significativas.

Em estudo pioneiro Chapman (1944) afirmou que a concentração salina é muito baixa no fruto de *L. racemosa* e que, na plântula muito nova, em vias de estabelecimento, ocorre um forte aumento desta concentração, principalmente de íons sódio, cujos valores vão reduzindo com seu crescimento, até alcançar os níveis salinos dos tecidos de plantas adultas. Posteriormente, Joshi (1972) explicou que as plantas de mangue precisam garantir a absorção de quantidades suficientes de potássio para sobreviver em meios com excesso de sódio (água do mar), porém esta capacidade de absorção preferencial de potássio se desenvolve com a idade da plântula (Weishäupl 1981). Demonstra-se assim a inexistência de poderes reguladores na plântula muito nova, porém alto grau de tolerância dos tecidos desta em relação à salinidade.

Weishäupl (1981), estudando plântulas de *L. racemosa*, observou uma maior produção de massa seca em concentrações salinas médias (25 a 50% de água do mar) do que em água corrente e água do mar (75% e 100%). Esta autora afirmou que embora as diferenças entre os tratamentos não sejam estatisticamente significativas elas podem ter sua importância ecológica. Nota-se, portanto, que o estímulo de baixas concentrações salinas (-0,8 MPa) à produção de massa seca durante a germinação (figura 5) é uma característica que se estende a fase de plântula.

Plântulas das halófitas herbáceas *Halosarcia pergranulata* subsp. *pergranulata* e *Atriplex griffithii* var. *stocksii* também apresentaram maior produção de massa seca, de parte aérea e raízes respectivamente, em concentrações salinas moderadas (10- 200 mM NaCl), quando comparadas ao tratamento controle (Short & Colmer, 1999, Khan *et al.*, 2000).

A água do mar apresenta valores de salinidade em torno de 35 (ups - unidade prática de salinidade), 500 mM ou aproximadamente -2,5 MPa (Tomlinson, 1986, Ungar, 1995). Partindo desta referência, a água disponível nos manguezais para embebição durante o processo germinativo terá potenciais hídricos mais ou menos negativos, de acordo com a proximidade do rio ou do mar, do ciclo de marés e do clima local. Cabe destacar que esta oscilação da salinidade acontece na escala de horas, dias e meses do ano em um mesmo ponto do ecossistema, diferentemente das condições constantes em que o experimento foi conduzido.

Após permanência de 15 dias nas soluções, os propágulos germinados apresentaram redução no comprimento do hipocótilo e ausência de raízes primárias, com a diminuição dos potenciais hídricos (figura 6). Nas soluções de NaCl observou-se ainda o escurecimento da extremidade do hipocótilo, indicando que períodos prolongados em concentrações salinas podem causar danos aos propágulos.

Quanto à recuperação dos propágulos, não germinados durante os 15 dias de experimento, quando transferidos para solução de NaCl a -0,4 MPa (menor potencial hídrico da faixa de maior germinabilidade – figura 2), verificou-se que a variável germinabilidade total mostrou interação significativa entre os fatores potenciais hídricos e soluções (PEG e NaCl) ($F_{11,72} = 8,573$; $p < 0,05$) (figura 7).

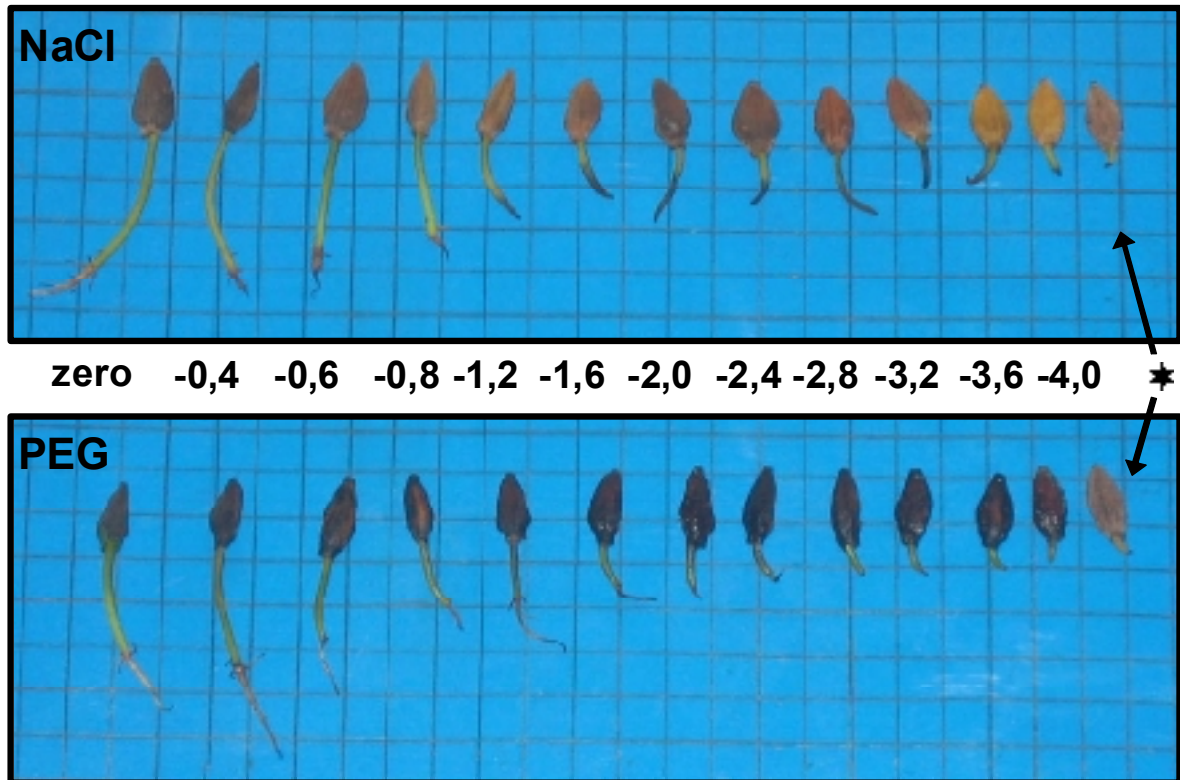


Figura 6. Propágulos de *L. racemosa* após 15 dias sob os potenciais hídricos de 0,0; -0,4; -0,6; -0,8; -1,2; -1,6; -2,0; -2,4; -2,8; -3,2; -3,6; -4,0 MPa, promovidos por NaCl e PEG. No tratamento \rightarrow os propágulos não receberam qualquer solução e foram submetidos às mesmas condições de germinação dos demais tratamentos.

Houve pequena recuperação dos propágulos submetidos às soluções de PEG nos potenciais entre -0,4 e -2,8 MPa, em relação à germinabilidade total observada nos potenciais de -3,2, -3,6 e -4,0 MPa (PEG) e em todos os potenciais de NaCl (figura 7). Estes resultados indicam uma adaptação da espécie à variabilidade de condições presentes no ambiente, bem como influência positiva dos íons Na^+ e Cl^- , ou de estresse hídrico extremo (potenciais muito baixos), na indução da germinação (figura 7). Dois fatos concordam com esta hipótese: (1) a recuperação foi baixa também nos tratamentos controle (figura 7) e (2) propágulos mantidos nas mesmas condições do experimento, porém sem qualquer solução (potencial hídrico inferior à -4,0 MPa) alcançaram 9,38% de germinação nos primeiros 15 dias e, após transferência para solução de NaCl à -0,4 MPa, a germinabilidade totalizou 94,38 %.

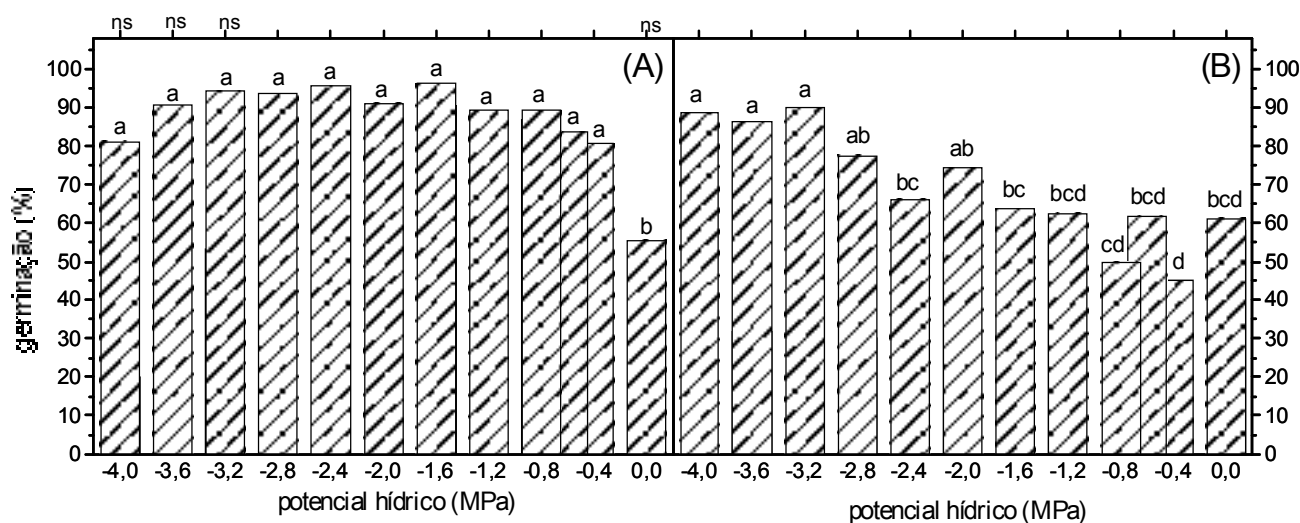


Figura 7. Influência dos diferentes níveis de potencial hídrico e das soluções, NaCl (A) e PEG (B), no percentual de germinação alcançado durante os 15 dias de experimento (porção preenchida das colunas) e influência da solução de NaCl a -0,4 MPa (10 dias) na recuperação dos propágulos não germinados em cada um dos tratamentos (porção das colunas com linhas inclinadas), representada como o percentual de germinação total alcançado após os 25 dias avaliados. Letras na parte superior das colunas discriminam as médias entre potenciais em cada solução. Diferenças entre soluções em cada potencial são indicadas na parte superior do gráfico (A) apenas quando não significativas

Situações extremas de estresse são encontradas em planícies hipersalinas (apicuns ou *salt flats*) topograficamente mais elevadas que a floresta de mangue, onde a evaporação promove o acúmulo de sais no sedimento e a temperatura do solo pode atingir valores acima de 40 °C (Elster *et al.*, 1999; Medina, 1998). Ainda que plantas adultas do gênero *Avicennia* sejam consideradas mais tolerantes a níveis de salinidade elevados, *L. racemosa* tem sido descrita como pioneira de processo de sucessão sobre apicuns (Oliveira *et al.*, 2000) e vem sendo utilizada na recuperação de áreas hipersalinizadas por interferência antrópica (Elster, 2000).

Conclui-se que *L. racemosa* é uma espécie de mangue capaz de germinar eficientemente na heterogeneidade espacial e temporal de disponibilidade de água e temperaturas encontrada no ecossistema manguezal. Pode-se dizer, ao menos para as condições estudadas neste trabalho, que a colonização de novas áreas de mangue e sucessão em clareiras não depende da ocorrência de janelas de oportunidades para germinação restritas.

AGRADECIMENTOS

À FAPERJ (proc. E-26/ 150.670/2003), pela bolsa de mestrado concedida à primeira autora. À Embrapa CTAA, pelo apoio logístico. Às técnicas do Laboratório de Sementes, Marina

Fernandes e Ana Paula Cruz; aos coletores Ricardo Matheus e Rafael; aos estagiários, Francisco de O. Filho, Amanda Carvalho, Amanda Areias e Isabella Vargas e aos oceanógrafos, Ana Margarida Portugal, Carlos Milton da Silva Jr. e Gustavo Estrada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bansal, R.P., Bhati, P. R. & Sem, D.N. 1980. Differential specificity in water inhibition of Indian arid zone. **Biologia Plantarum** 22:327-331.
- Barroso, G.M., Morin, M.P., Peixoto, A.L., Ichaso, C.L.F. 1999. *Frutos e sementes, morfologia aplicada à sistemática de dicotiledônias*. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Baskin, C.C. & Baskin J.M. 1998. Germination ecology of plants with specialized life cycles and/or habitats. *In: Seeds, ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. Academic Press, San Diego, p.459-534.
- Biebl, R. 1965. Temperatresistenz tropischer Pflanzen auf Puerto Rico. **Protoplasma** 59:133-156.
- Blasco, F. 1984. The mangrove Ecosystem, Research Methods. *In: Snedaker, S.C. & Snedaker, J.G. The mangrove ecosystem, research methods*. UNESCO, Bungay, p.18-35.
- Borges E.E.L. & Rena, A.B. 1993. Germinação de Sementes. *In: Aguiar, I.B.; Pina-Rodrigues, F.C.M.; Figliolia, M.B. Sementes Florestais Tropicais*. Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, Comitê Técnico de Sementes Florestais, Brasília, p.83-135.
- Bradford, K.J. 1995. Water relations in seed germination. *In: Kigel, J. & Galili, G. Seed Development and germination*. Marcel Dekker, New York, p.351-396.
- Brasil, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. 1992. *Regras para Análise de Sementes*. SNDA/DNDV/CLAV, Brasília.365p.
- Bewley, J.D. & Black, M. 1994. *Seeds – physiology of development and germination*. Plenum Press. New York. 275p.
- Carpita, N., Sabulase, D., Montezinos, D., Delmer, D.P. 1979. Determination of the pore size of cell walls of living plant cells. **Science** 205:1144-1147.
- Castro, R.D. & Hilhorst, H.W.M. 2004. Embebição e reativação do metabolismo. *In: Ferreira, A.G. & Borghetti, F. Germinação, do básico ao aplicado*. ArtMed Editora, Porto Alegre, p.149-162.
- Chapman, V.J. 1944. 1939 Cambridge University Expedition to Jamaica. **Journal of the Linnean Society** 58:407-533.
- Chapman, V.J. 1975. Mangrove biogeography. *In: Walsh, G.E. Proceedings of the Internatinal Symposium on Biology and Management of Mangroves*. Institute of Food and Agricultural Sciences, Gainesville, v.1, p.3-22.

- Cintrón, G. & Schaeffer-Novelli, Y. 1983. *Introducción a la ecología del manglar*. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe – ROSTLAC. Montevideo, Uruguay. 109p.
- Dartevelle, E. 1950. Les mangroves du Congo et les autres mangroves d' Afrique occidentale. **Bulletin des Séances** **21**:946-973.
- Dell'Aquila, A. & Spada, P. 1993. The effect of salinity stress upon protein synthesis of germinating wheat embryos. **Annals of Botany** **72**:97-101.
- Elster, C. 2000. Reasons for reforestation success and failure with three mangrove species in Colombia. **Forest Ecology and Management** **131**:201-214.
- Elster, C. & Perdomo, L. 1999. Rooting and vegetative propagation in *Laguncularia racemosa*. **Aquatic Botany** **63**:83-93.
- Elster, C., Perdomo, L. & Schnetter, M.L. 1999. Impact of ecological factors on the regeneration of mangroves in the Ciénega grande de Santa Marta, Colombia. **Hydrobiologia** **413**:33-46.
- Fanti, S.C. & Perez, S.C.J.G. 1998. Efeitos do estresse hídrico, salino e térmico no processo germinativo de sementes de *Adenantha pavonina* L. **Revista Brasileira de Sementes** **20**:167-177.
- Farnsworth, E.J. 2000. The ecology and physiology of viviparous and recalcitrant seeds. **Annual Review of Ecology and Systematics** **31**:107-138.
- Flowers, T.J. & Yeo, A.R. 1986. Ion relations of plant under drought and salinity. **Australian Journal of Plant Physiology** **13**:75-91.
- Garwood, N.C. 1989. Tropical soil seed banks: a review. In Leck, M.; Parker, V.R. *Symposium Ecology of soil seed banks*. Academic Press, San Diego, p.149-209.
- Hendricks, S.B. & Taylorson, R.B. 1976. Variation in the germination and amino acid leakage of seeds with temperature related to membrane phase change. **Plant Physiology** **58**:7-11.
- Heydecker, W. 1977. Stress and seed germination, an agronomic view. In: Khan, A.A. *The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination*. North-Holland Publishing Company, Amsterdam, p.237-282.
- Khatri, R., Sethi, V. & Kaushik, A. 1991. Inter-populations variations of *Kochia indica* during germination under different stresses. **Annals of Botany** **67**:413-415.
- Joshi, G.V. 1972. Physiological studies in germination of mangroves. **Botanica marina** **15**:91-95.
- Khan, M.A., Ungar, I.A., Showalter, A.M. 2000. Effects of salinity on growth, water relations and ion accumulation of the subtropical perennial halophyte, *Atriplex griffithii* var. *stocksii*. **Annals of Botany** **85**:225-232.

- Lacerda, L.D., José, D.M.V. & Francisco, M.C.F. 1988. Nutritional status and chemical composition of mangrove seedlings during development. **Revista Brasileira de Biologia** **48**:401-405.
- Mayer, A.M.; Poljakoff-Mayber, A. 1989. *The germination of seeds*. Great Britain Pergamon Press. 270p.
- McKee, K.L. 1995. Interspecific variations in growth, biomass, partitioning and defensive characteristics of neotropical mangrove seedlings: response to light and nutrient availability. **American Journal of Botany** **82**:299-307.
- Medina, E. 1998. Mangrove physiology, the challenge of salt, heat, and light stress under recurrent flooding. In: Watanabe, S. *Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros*. ACIESP, São Paulo, v.5, p.25-56.
- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment** **25**:239-250.
- Oliveira, V.F., Soares, M.L.G., Pellegrini, J.A.C., Silva JR, C.M.G., Chaves, F.O., Corrêa, F.M. 2000. Dinâmica de Comunidade de *Avicennia schaueriana* e *Laguncularia racemosa* na Interface Manguezal/Planície Hipersalina (Guaratiba – RJ). In: Watanabe, S. *Anais do V Simpósio de Ecossistemas Brasileiros*. ACIESP, São Paulo, v.2, p.255-261.
- Pereira, S.G. 2003. Ecofisiologia da germinação de *Clidemia hirta* (L.) D. Don (Melastomataceae). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 85p.
- Perez, S. C.J.G. & Moraes, J.A.P.V. 1990. Influência da temperatura, da interação temperatura-giberilina e do estresse térmico na germinação de *Prosopis juliflora* (Sw) D.C. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal** **2**: 41-53.
- Peria, L.C.S., Fernandes, P.P.C.P., Menezes, G.V., Grasso, M., Tognella, M.M.P. 1990. Estudos estruturais comparativos entre bosques de mangue impactados (Canal da Bertiooga) e não impactados (Ilha do Cardoso), estado de São Paulo. In: Watanabe, S. *Anais do II Simpósio de Ecossistemas Brasileiros*. ACIESP, São Paulo, v.2, p.183-193.
- Prisco, J.T. & O'Leary, J.W. 1970. Osmotic and toxic effects of salinity on germination of *Phaseolus vulgaris* L. Seeds. **Turrialba** **20**:177-184.
- Rabinowitz, D. 1978a. Dispersal properties of mangrove propagules. **Biotropica** **10**: 47-57
- Rabinowitz, D. 1978b. Mortality and initial propagule size in mangrove seedlings in Panama. **Journal of Ecology** **66**: 45-51.
- Salisbury, F.B.; Ross, C.W. 1992. *Plant Physiology*. Wadsworth Publishing Company California.
- Santana, D.G. & Ranal, M.A. 2004. *Análise de germinação: um enfoque estatístico*. Editora da Universidade de Brasília, Brasília. 247p.
- Schaeffer-Novelli, Y., Cintrón, G.M. & Adaime, R.R. 1990, Variability of mangroves ecosystems along brazilian coast. **Estuaries** **13**: 204-218.

- Short, D.C. & Colmer, T.D. 1999. Salt tolerance in the halophyte *Halosarcia pergranulata* subsp. *pergranulata*. **Annals of Botany** **83**: 207-213.
- Smith, S.M. & Snedaker, S.C. 1995. Salinity responses in two populations of viviparous *Rhizophora mangle* L. seedlings. **Biotropica** **27**: 435-440.
- Soares, M.L.G. 1997. Estudo da biomassa aérea de manguezais do sudeste do Brasil – Análise de modelos. Tese de doutorado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2 vol, 560p.
- Soares, M.L.G. 1999. Estrutura vegetal e grau de perturbação dos manguezais da Lagoa da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Revista Brasileira de Biologia** **59**: 503-515.
- Soares, M.L.G., Chaves, F.O.; Corrêa, F.M. & Silva Jr, C.M.G. 2003. Diversidade Estrutural de Bosques de Mangue e sua Relação com Distúrbios de Origem Antrópica, o caso da Baía de Guanabara (Rio de Janeiro). **Anuário do Instituto de Geociências** **26**: 101-116.
- Souza, M.M.A. & Sampaio, E.V.S.B. 2001. Variação temporal da estrutura dos bosques de mangue de Suape – PE após a construção do porto. **Acta Botanica Brasilica** **15**: 1-12.
- Street, H.E. & Opik, H. 1983. *The physiology of flowering plants, their growth and development*. Editora Edward Arnold, USA. 210 p.
- Tambelini, M. & Perez, S.C.J.G. 1998. Efeitos do estresse hídrico simulado com PEG (6000) ou manitol na germinação de sementes de barbatimão (*Stryphnodendron polyphyllum* Mart.). **Revista Brasileira de sementes** **20**: 226-232.
- Tomlinson, P. B. 1986. *The Botany of Mangroves*. Cambridge University Press. 413p.
- Ungar, I.A. 1978. Halophyte seed germination. **The Botanical Review** **44**: 233-264.
- Ungar, I.A. 1995. Seed germination and seed-bank ecology in halophytes. In: Kigel, J. & Galili, G. *Seed development and seed germination..* Marcel Dekker, New York, p.599-628.
- Vilela, F.A., Doni-Filho, L., Sequeira, E.L. 1991. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietilenoglicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **26**: 1957-1968.
- Weishaupl, L. 1981. Plantas de mangue, contribuição ao conhecimento de *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. F. (Combretaceae). Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo. 156p.
- Yoon, Y., Lang, H.J. & Cobb, B.G. 1997. Priming with salt solutions improves germination of pansy seed at high temperatures. **Hortscience** **32**: 248-250.
- Zar, J. H. *Biostatistical Analysis*. 1996. Prentice Hall, New Jersey. 662p.
- Zeng, W.J., Wang, W.Q., Lin, P. 1999. Dynamics of elements contents during the development of hypocotyles and leaves of certain mangrove species. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology** **233**: 247-257.

VARIAÇÕES INTRA-ESPECÍFICAS NA GERMINAÇÃO DE PROPÁGULOS DE *Avicennia schaueriana* Stapf e Leechman ex Moldenke e *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f.: UM ENFOQUE SOBRE TIPOS FISIOGRAFICOS DE FLORESTAS DE MANGUE.

Viviane Fernandez de Oliveira^{1,3}; Antônio Carlos Silva de Andrade^{2,3}; Mário Luiz Gomes Soares⁴; Catarina da Fonseca Lira de Medeiros⁵; Mônica Aires Cardoso^{2,5}

RESUMO – (Variações intra-específicas na germinação de propágulos de *Avicennia schaueriana* Stapf e Leechman ex Moldenke e *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f.: um enfoque sobre tipos fisiográficos de florestas de mangue). Foram realizadas análises biométricas e da germinação de propágulos coletados em florestas de dois tipos fisiográficos distintos (franja e bacia com porte arbustivo), que representam os extremos de um mercado gradiente de frequência de inundação pelas marés, de um rio até uma planície hipersalina. Os testes de germinação foram desenvolvidos em condições controle (água pura e sem qualquer adição de água) e em soluções de NaCl ou Polietilenoglicol 6000, equivalentes aos potenciais hídricos de -0,4; -0,8; -1,6 e -2,4 MPa. A possibilidade das florestas representarem populações distintas de cada espécie foi avaliada através de marcadores moleculares dominantes. Os resultados mostraram (1) redução no tamanho e na germinabilidade de propágulos, de ambas espécies, provenientes da floresta arbustiva, o que deve estar associado às condições de estresse dos indivíduos na interface entre o manguezal e a planície hipersalina, (2) maior vigor dos propágulos de *L. racemosa* da floresta de porte arbustivo, em relação aos da floresta de franja (3) maior vulnerabilidade dos propágulos de *A. schaueriana* (em relação a *L. racemosa*) aos efeitos tóxicos das soluções salinas e (4) nenhuma (*L. racemosa*) ou moderada (*A. schaueriana*) variação genética entre as florestas de mangue.

Palavras-chave - germinação, manguezal, estresse, variação intra-específica.

ABSTRACT – (Two mangrove stands with contrasting environmental stress: germination response of *Avicennia schaueriana* Stapf e Leechman ex Moldenke and *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f. Propagules). Experiments were conducted to determine and compare the effects of salt and water stress (NaCl and polyethyleneglycol solutions in water potentials: 0,0; -0,4; -0,8; -1,6; -2,4 MPa and with no solution or water) on germination of propagules collected from two mangrove stands. These mangrove stands (fringe and basin/scrub) are developed under the extremes conditions of a flooding gradient profile, from river to salt flat. The possibility of these mangrove stands represente two populations of each species were avaliated from dominant molecular markers. The results showed (1) reduction in size and germinability of scrub stand propagules related to stress conditions at mangrove/salt flat interface, (2) more vigour of *L. racemosa* propagules from scrub stand, in relation to those from fringe stand, (3) more vulnerability of *A. schaueriana* propagules to salinity stress, in relation to *L. racemosa* and (4) none (*L. racemosa*) or moderate (*A. schaueriana*) genetic variation between mangrove stands.

Keywords - germination, mangrove, stress, intra-specific variation.

1 Pós-graduanda Escola Nacional de Botânica Tropical (viviane@jbrj.gov.br)

2 Pesquisador Adjunto. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro.

3 Laboratório de Sementes - JBRJ. Rua Pacheco Leão, 915. CEP: 22460-030, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

4 Prof. Coord. Núcleo de Estudos em Manguezais, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (NEMA-UERJ)

5 Laboratório de Biologia Molecular - JBRJ

INTRODUÇÃO

Manguezais são ecossistemas costeiros localizados na zona entremarés das regiões tropicais e subtropicais do mundo (Tomlinson, 1986). Suas florestas caracterizam-se por espécies vegetais típicas que sobrevivem em condições de hipoxia do substrato, inundações periódicas e diferentes níveis de salinidade, sobrepostas à intensa radiação solar (Medina, 1999). No Brasil, os manguezais distribuem-se desde o extremo norte do Amapá (04°20'N) até o Município de Laguna-SC (28°30'S) (Schaeffer-Novelli, 1989), ocupando uma área estimada em 25.000 Km² (Saenger *et al.*, 1983). Segundo Schaeffer-Novelli & Cintrón (1986), estas florestas apresentam seis espécies típicas de mangue: *Avicennia germinans*, *A. schaueriana*, *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora mangle*, *R. harrisonii* e *R. racemosa*.

Em determinada latitude, o desenvolvimento estrutural e o nível de complexidade das florestas de mangue relacionam-se fortemente com o conjunto de forçantes energéticas que atuam localmente, como aporte fluvial e de nutrientes, precipitação, amplitude de marés e temperatura, os quais regulam e mantêm os processos de produção primária, respiração, ciclagem de nutrientes e troca de matéria orgânica com ecossistemas adjacentes (Schaeffer-Novelli *et al.*, 1990). Lugo & Snedaker (1974) identificaram seis possibilidades de assinatura energética (*sensu* Odum, 1968) das florestas de mangue, denominando-as de tipos fisiográficos. Posteriormente Schaeffer-Novelli *et al.* (2000) reconheceram dois tipos principais: (1) floresta de franja, que se encontra no limite com o corpo d'água adjacente (estuários, baías, rios) sendo freqüentemente inundada pelas marés, no que resulta maior lavagem do substrato, exportação de matéria orgânica e desenvolvimento estrutural e (2) floresta de bacia, que ocupa áreas sujeitas a uma menor freqüência de inundação pelas marés, onde pode haver acúmulo de matéria orgânica e anoxia no sedimento. Nestas florestas o desenvolvimento estrutural poderá ser favorecido pelo aporte de água doce (fluvial e/ou pluvial), porém, onde as condições de estresse limitam o crescimento da vegetação, a floresta assume fisionomia arbustiva, que caracteriza um sub-tipo da floresta de bacia.

As diferenças observadas entre florestas de mangue resultam da interação de um grande número de fatores e processos ambientais que atuam primeiramente sobre os processos fisiológicos dos indivíduos (Jimenez, 1999). Experimentos demonstraram reduções na taxa de crescimento em função da salinidade (Ball, 1988), anoxia e inundação (McKee & Mendelsohn, 1987; Jimenez & Sauter, 1991; McKee, 1996), concentração de sulfetos (McKee, 1993) e deficiência de nutrientes (McKee, 1995), evidenciando a interferência de níveis de estresse sobre os indivíduos. Entretanto, pouco se conhece sobre como o efeito das

condições ambientais as quais as árvores estão submetidas se manifesta na reprodução das espécies de mangue.

Assim, este estudo teve por objetivo investigar a biometria, viabilidade e o vigor de propágulos de *Avicennia schaueriana* e *Laguncularia racemosa* oriundos de dois tipos fisiográficos (floresta de franja e floresta de bacia com porte arbustivo) identificados ao longo de um gradiente de frequência de inundação pelas marés. Para tanto, optou-se por avaliar a resposta germinativa dos propágulos frente aos estresses hídrico e salino, que representam fatores característicos das florestas de origem. A possibilidade dos tipos fisiográficos considerados representarem populações diferentes de cada espécie foi verificada através de análise com marcadores moleculares dominantes.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo, Coleta e Triagem dos Propágulos

Os propágulos de *A. schaueriana* e *L. racemosa* foram coletados de pelo menos 20 indivíduos de cada espécie, em cada uma das duas áreas do manguezal associado ao rio Piracão (figura 1), na Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba.

A Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba, de aproximadamente 3.600 hectares, está localizada na Zona Oeste do município do Rio de Janeiro, litoral nordeste da Baía de Sepetiba (23°00'S – 23°05'S e 43°30'W – 43°35'W). O clima na porção mais baixa da região é Aw - tropical quente e úmido com estação seca no inverno, segundo classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 23,5°C e precipitação anual média, de 1032 mm, sendo janeiro e março os meses de maior pluviosidade (Soares, 1997).

As áreas escolhidas para coleta dos propágulos podem ser caracterizadas como dois tipos fisiográficos distintos: uma floresta de franja, desenvolvida às margens do rio Piracão, e uma floresta de bacia com porte arbustivo, localizada na interface com uma planície hipersalina (apicum), cujas características abióticas e de estrutura vegetal foram apresentadas na tabela 1 e na figura 1.

Dispostas ao longo de um perfil perpendicular ao rio Piracão, as florestas representam os extremos de uma marcada zonação estrutural (figura 1), que está associada principalmente aos níveis de estresse físico-químico promovidos pelo gradiente de frequência de inundação pelas marés (tabela 1). No sentido rio-apicum a redução do desenvolvimento estrutural das florestas pode ser explicada por: (1) menor frequência de inundação pelas marés (Pellegrini, 2000), (2) aumento da salinidade da água intersticial (Pellegrini, *op cit.*) e (3) redução da

concentração de nitrogênio no sedimento (Corrêa, 2003). Cabe ressaltar que na transição com a planície hipersalina os indivíduos de porte arbustivo apresentam-se com inúmeros troncos ramificados na base, em estrutura característica de ambientes submetidos a distúrbios severos e freqüentes (Bellingham & Sparrow, 2000).

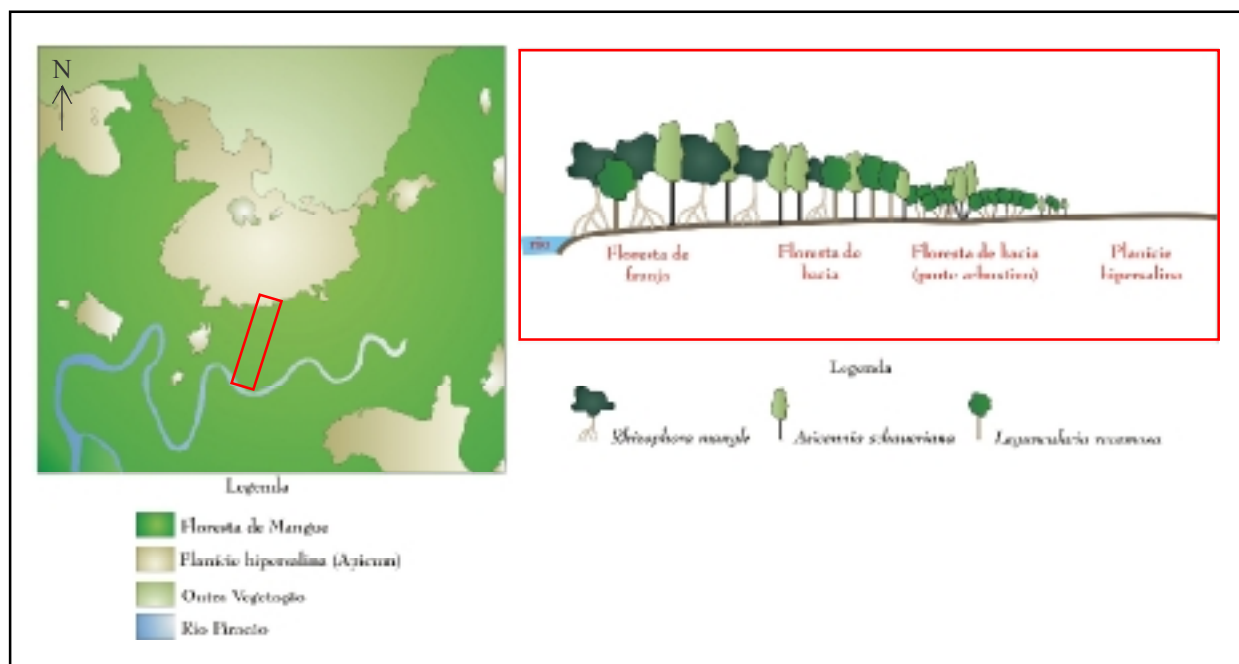


Figura 1. Desenho esquemático da área de estudo (escala 1: 25000), baseado em fotografia aérea. O retângulo marca o perfil (detalhado em desenho ao lado), no qual estão incluídas as florestas de mangue amostradas: franja, às margens do rio Piracão e baía com porte arbustivo, na transição com o apicum. As árvores desenhadas não estão apresentadas em escala.

Segundo Pellegrini (2000), os altos níveis de salinidade no apicum (máximo de 113 ups – unidade prática de salinidade) são mantidos porque este terreno, ocupando áreas mais distantes do corpo d’água e topograficamente mais altas em relação à área ocupada pela floresta, é inundado somente pelas marés de sizígia. Este fato, associado à ocorrência de estação seca bem definida, onde a evaporação excede a precipitação, promove um *déficit* hídrico com acúmulo de sais no sedimento.

O regime de marés na região é de micromarés, com amplitude inferior a 2 metros (Brasil, 2003). No entanto, existe uma forte componente meteorológica, principalmente no período de passagem de frentes frias (Soares, 1997). Em períodos do ciclo de maré, onde a floresta é completamente inundada, a salinidade da água superficial é praticamente homogênea ao longo de todo perfil. Silva Júnior (em preparação) monitorou um canal de maré adjacente ao perfil transversal ao rio Piracão durante 14 horas e encontrou valores entre 31,2 e 35,8 ups na primavera e entre 29,1 e 32,3 ups no verão, período de dispersão dos propágulos.

Os propágulos foram coletados (de janeiro à março de 2004) diretamente dos ramos nas árvores, utilizando-se como critério de maturidade o simples destaque do mesmo ao toque do coletor.

Tabela 1. Características dos dois tipos de floresta de mangue considerados para coleta dos propágulos e análise de diferenças intra-específicas. Dados de Pellegrini (2000), Corrêa (2003) e Portugal (2002).

Características	Floresta de franja	Floresta de bacia com porte arbustivo
Localização	margem do Rio Piracão	interface com apicum, a 280m da margem do rio
nível micro-topográfico		
Referência: nível do mar	100 cm	115 cm
freqüência de inundação*	718 inundações/ano	649 inundações/ano
salinidade água intersticial**		
máximo	34	52
média ± desv. pad.	26,4 ± 5,2 ups	37,8 ± 8,9 ups
mínimo	17	21
sedimento (superfície)		
fração grosseira	47,7 %	18,73 %
fração fina	52,3 %	81,27 %
teor de nitrogênio	1,27 ± 0,19 g/Kg	0,41 ± 0,03 g/Kg
teor de fósforo	0,44 ± 0,01 g/Kg	0,40 ± 0,40 g/Kg
estrutura vegetal		
densidade	2.867 troncos. vivos.ha ⁻¹	12.667 troncos. vivos.ha ⁻¹
altura média ± desv. pad.	7,39 ± 3,87 m	1,24 ± 0,19 m
<u>DAP</u>	9,33 cm	1,61 a 3,15 cm

* estimada a partir das Tábuas de Maré da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil, Ilha Guaíba, Baía de Sepetiba, período 1995-2001.

** dados obtidos mensalmente de março de 1996 a fevereiro de 1998.

Segundo Pellegrini (2000), os altos níveis de salinidade no apicum (máximo de 113 ups – unidade prática de salinidade) são mantidos porque este terreno, ocupando áreas mais distantes do corpo d'água e topograficamente mais altas em relação à área ocupada pela floresta, é inundado somente pelas marés de sizígia. Este fato, associado à ocorrência de estação seca bem definida, onde a evaporação excede a precipitação, promove um *déficit* hídrico com acúmulo de sais no sedimento.

O regime de marés na região é de micromarés, com amplitude inferior a 2 metros (Brasil, 2003). No entanto, existe uma forte componente meteorológica, principalmente no

período de passagem de frentes frias (Soares, 1997). Em períodos do ciclo de maré, onde a floresta é completamente inundada, a salinidade da água superficial é praticamente homogênea ao longo de todo perfil. Silva Júnior (em preparação) monitorou um canal de maré adjacente ao perfil transversal ao rio Piracão durante 14 horas e encontrou valores entre 31,2 e 35,8 ups na primavera e entre 29,1 e 32,3 ups no verão, período de dispersão dos propágulos.

Os propágulos foram coletados (de janeiro à março de 2004) diretamente dos ramos nas árvores, utilizando-se como critério de maturidade o simples destaque do mesmo ao toque do coletor.

Após a coleta, os propágulos foram imediatamente transportados até o Laboratório de Sementes do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro em embalagens impermeáveis de polietileno, visando evitar a sua desidratação. Em laboratório, os propágulos foram submetidos à seleção visual, eliminando-se os mal formados e danificados por animais. Posteriormente, os propágulos permaneceram armazenados a 20 °C por aproximadamente 15 horas, até iniciarem-se os estudos descritos a seguir.

Biometria e germinação dos propágulos

Os propágulos foram avaliados quanto as variáveis: massa seca (mg), teor de água (% base úmida), comprimento e largura (mm).

As determinações de massa seca e do teor de água foram feitas com auxílio de balança analítica (0,0001 g). Para o cálculo do teor de água realizou-se secagem em estufa pré-aquecida na temperatura de $70^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$, durante 48 horas, utilizando 10 repetições de 10 propágulos. As medidas de comprimento e largura dos propágulos foram determinadas através de paquímetro digital.

O comportamento germinativo dos propágulos foi avaliado nas seguintes condições controle: em 30 mL de água destilada (potencial hídrico de 0 MPa) e sem qualquer adição de água ou solução, ou seja, apenas com o “teor de água intrínseco” (T.A.I.) aos propágulos.

A temperatura utilizada para o cálculo e montagem dos experimentos foi 30 °C, sob fotoperíodo de 8 horas, de acordo com Oliveira & Andrade (submetido a e b).

Antes da semeadura, os propágulos foram lavados em água corrente, imersos em NaClO (1%) durante 1 minuto e lavados em água destilada, para evitar a proliferação de fungos durante o experimento. No experimento com propágulos de *A. schaueriana* os mesmos foram semeados sem o pericarpo, que se destacou do fruto após alguns minutos em contato com a água, durante o processo de assepsia.

Para *Laguncularia racemosa* foram consideradas quatro repetições de 40 propágulos e, para *Avicennia schaueriana*, sete repetições de 20 propágulos em cada tratamento, para cada tipo fisiográfico.

A germinação foi avaliada diariamente, durante 15 dias, utilizando os critérios de germinação: protrusão do eixo hipocótilo-radícula (> 3 mm) com geotropismo positivo, para *Laguncularia racemosa*, e protrusão de raízes primárias e hipocótilo com geotropismo positivo, para *Avicennia schaueriana*.

As variáveis analisadas para estimar a viabilidade e o vigor (AOSA, 1983) dos propágulos foram, respectivamente, a (1) germinabilidade (G; %), calculada pela razão entre o número de propágulos germinados e o número total de propágulos postos para germinar, e o (2) tempo médio de germinação (\bar{t} ; dias), calculado como a média ponderada dos tempos de germinação, utilizando-se como pesos de ponderação o número de propágulos germinados nos intervalos diários; conforme sugerido por Santana & Ranal (2004).

Para comparação entre tipos fisiográficos a partir das médias de biometria, massa seca, teor de água e germinação (G e \bar{t}) nos tratamentos 0 MPa e T.A.I, utilizou-se o teste “t”, conforme número amostral e a variância das amostras (Zar, 1996).

Influência dos estresses hídrico e salino na germinação dos propágulos

Para estudar a influência dos estresses hídrico e salino sobre os propágulos provenientes das duas florestas consideradas, estes foram colocados para embeber e germinar em recipientes do tipo “gerbox”, diretamente em soluções de Polietilenoglicol 6000 (PEG) e NaCl, respectivamente, com concentrações representativas dos potenciais hídricos de -0,4, -0,8, -1,6 e -2,4 MPa. As soluções salinas foram preparadas a partir da equação de Van't Hoff, segundo Salisbury & Ross (1992) e as soluções de PEG, da equação de Michel & Kaufmann (1973), citada por Villela *et al.* (1991).

Os íons Na^+ e Cl^- representam 86% dos principais íons presentes na água do mar (Cl^- , Na^+ , Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} e SO_4^-) (Libes, 1992) e por isso optou-se por utilizar soluções de NaCl para simular níveis de salinidade. Os níveis de potencial hídrico foram determinados tendo-se como referência o potencial hídrico da água do mar, de aproximadamente -2,5 MPa (35 ups – unidade prática de salinidade) (Tomlinson, 1986). A tabela 2 informa a relação entre os potenciais hídricos e a salinidade das soluções, medida com refratômetro American Optical modelo A366ATC, com precisão de 01 ups.

Soluções de polietilenoglicol 6000 podem ser usadas para simular níveis de estresse hídrico porque suas moléculas, não sendo capazes de penetrar as paredes celulares, restringem a disponibilidade de água para as sementes e apresentam-se quimicamente inertes (Carpita *et al.*, 1979). Por outro lado, nas soluções salinas, a mobilidade dos sais diminui o gradiente osmótico entre a solução e a semente, ao mesmo tempo em que pode causar efeitos tóxicos sobre os componentes celulares (Bradford, 1995).

Tabela 2. Relação entre potenciais hídricos calculados para soluções de NaCl e salinidade medida através de refratômetro.

Potencial hídrico (MPa)	Salinidade (ups)
0,0	0,0
-0,4	5,0
-0,8	10,0
-1,6	20,0
-2,4	29,0

O volume de solução em cada repetição (30 mL) foi trocado a cada cinco dias para garantir a manutenção do potencial hídrico. Os recipientes foram protegidos por sacos plásticos de polietileno para evitar a evaporação das soluções e não foi utilizado qualquer tipo de substrato.

Os experimentos foram esquematizados em delineamento inteiramente casualizado, no sistema fatorial, considerando o mesmo número de repetições descritos anteriormente (0 MPa e T.A.I), em cada potencial hídrico, para cada tipo fisiográfico. As condições e os procedimentos experimentais, bem como as variáveis analisadas também seguiram como descrito.

Na análise estatística dos resultados, realizada através do *software* Statistica 6.0, foi utilizado o teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparação entre as médias, quando houve significância pelo teste F ($p < 0,05$) (Zar, 1996). Avaliaram-se os efeitos isolados dos potenciais hídricos e dos dois tipos fisiográficos (franja e porte arbustivo), além das interações entre os fatores.

Variabilidade genética entre as florestas de mangue

Para determinar a variabilidade genética entre cada uma das áreas estudadas, coletou-se folhas jovens de 22 indivíduos adultos de *Avicennia schaueriana* e 21 indivíduos de

Laguncularia racemosa, distribuídos igualmente entre a floresta de franja, às margens do rio Piracão, e a floresta de porte arbustivo, na interface com a planície hipersalina.

As folhas foram desidratadas para a extração do DNA, conforme descrito por Cardoso *et al.* (1998). A técnica de AFLP (*amplified fragment length polymorphism*) foi executada segundo o protocolo de Vos *et al.* (1995), utilizando o conjunto AFLP Analysis System I (Life Technologies, Inc.), com pequenas modificações. Amplificou-se o DNA dos indivíduos de cada espécie através de 3 pares de *primers*.

A partir da leitura dos produtos de amplificação gerou-se uma matriz binária onde os indivíduos foram genotipados quanto à presença (1) e ausência (0) de bandas. A análise da variância de dados moleculares (AMOVA) foi realizada em dois níveis hierárquicos: dentro das áreas e entre elas (Excoffier *et al.*, 1992), utilizando o software Arlequin (versão 1.1; Scheneider *et al.*, 1997).

O índice de fixação ou coeficiente de endogamia entre populações (F_{ST}) (Wright, 1965) foi avaliado conforme Hartl & Clarck (1997). Estes autores consideram que valores de F_{ST} de 0 a 0,05 representam pequena diferenciação genética; de 0,05 a 0,15, moderada; de 0,15 a 0,25, alta e, maior que 0,25, muito alta.

RESULTADOS

Biometria e germinação dos propágulos

Foram observadas diferenças significativas nas características biométricas, massa fresca e umidade, entre os propágulos coletados na floresta de franja e aqueles coletados na floresta de porte arbustivo (tabelas 3 e 4). De forma geral, as duas espécies apresentaram propágulos maiores na franja, porém diferiram quanto ao comportamento da massa seca e do teor de água. Em *L. racemosa*, maior massa seca e menor teor de água foram observados nos propágulos da floresta de franja. Em *A. schaueriana*, não houve diferença significativa na massa seca, mas o teor de água dos propágulos da floresta de porte arbustivo foi menor.

Quanto à germinação, tanto em água destilada (0 MPa), como apenas com o “teor de água inrínseco” (T.A.I), os propágulos, de ambas espécies, provenientes da franja apresentaram germinabilidade significativamente maior do que aqueles da floresta de porte arbustivo. As observações no tratamento T.A.I. não parecem estar relacionadas ao teor de água inicial dos propágulos, pois apesar dos propágulos de *A. schaueriana* da franja terem apresentado maior teor de água, o inverso ocorreu nos propágulos de *L. racemosa*. Pelo mesmo motivo, a massa seca também não explicaria as diferenças observadas. Apenas as

medidas de comprimento concordam com as maiores germinabilidades na franja (tabelas 3 e 4).

A variável \bar{t} indicou diferença intra-específica significativa apenas em propágulos de *L. racemosa* submetidos ao tratamento T.A.I. Notou-se maior velocidade do processo germinativo nos propágulos oriundos da floresta de porte arbustivo (tabela 4). Tal fato pode estar relacionado ao maior teor de água destes propágulos, pois em *A. schaueriana* o menor valor de \bar{t} (franja) correspondeu ao maior teor de água dos propágulos, apesar de não representar diferença significativa (tabelas 3 e 4).

Tabela 3. Biometria, massa fresca (10 propágulos), teor de água e germinação, no tratamento teor de água intrínseco (T.A.I), de propágulos de *Avicennia schaueriana* oriundos das duas florestas consideradas: de porte arbustivo e de franja. G = germinabilidade e \bar{t} = tempo médio de germinação.

<i>A. schaueriana</i>	arbustivo	franja	gl	t	p
Comprimento (mm)	29,62 ± 2,42	31,29 ± 2,82	198	4,513	**
Largura (mm)	18,77 ± 1,53	19,62 ± 1,92	188	3,472	**
Massa seca (g)	13,14 ± 1,01	12,97 ± 1,47	18	0,3052	ns
teor de água (% b.u.)	59,49 ± 0,85	75,376 ± 2,13	11	28,939	**
Germinação em 0 MPa					
G (%)	17,14 ± 19,12	48,57 ± 11,07	12	3,764	**
\bar{t} (dias)	5,38 ± 1,41	5,30 ± 0,32	4	0,122	ns
Germinação em T.A.I.					
G (%)	3,57 ± 3,78	35,71 ± 7,32	12	10,324	**
\bar{t} (dias)	7,87 ± 1,75	6,46 ± 0,71	3	0,219	ns

gl – graus de liberdade; t – valores calculados de teste t; p – nível de significância: * = p<0,05; ** = p<0,01.

Tabela 4. Biometria, massa fresca (10 propágulos), teor de água e germinação, no tratamento teor de água intrínseco (T.A.I), de propágulos de *Laguncularia racemosa* oriundos das duas florestas consideradas: de porte arbustivo e de franja. G = germinabilidade e \bar{t} = tempo médio de germinação.

<i>L. racemosa</i>	Arbustivo	franja	gl	t	p
Comprimento (mm)	15,32 ± 1,06	16,53 ± 1,05	198	8,114	**
Largura (mm)	9,00 ± 1,15	8,74 ± 0,67	161	1,985	*
Massa seca (g)	1,11 ± 0,07	1,45 ± 0,05	18	12,561	**
teor de água (% b.u.)	65,98 ± 0,90	59,98 ± 0,62	18	18,756	**
Germinação em 0 MPa					
G (%)	53,13 ± 8,26	93,13 ± 3,75	6	8,819	**
\bar{t} (dias)	5,94 ± 0,59	6,33 ± 0,48	6	1,033	ns
Germinação em T.A.I.					
G (%)	9,38 ± 5,15	46,88 ± 10,48	6	6,420	**
\bar{t} (dias)	9,45 ± 1,71	12,29 ± 0,38	3	3,249	*

gl – graus de liberdade; t – valores calculados de teste t; p – nível de significância: * = p<0,05; ** = p<0,01.

Influência dos estresses hídrico e salino na germinação dos propágulos

Nos experimentos de estresse hídrico e salino, propágulos de *A. schaueriana* provenientes de florestas distintas apresentaram diferentes germinabilidades (tabela 5). Nos potenciais hídricos simulados por PEG, a média da germinabilidade dos propágulos da floresta de franja foi superior àquela da floresta de porte arbustivo (tabela 6). Com a solução de NaCl verificou-se o mesmo apenas no potencial de -0,4 MPa (tabela 6).

Variações no tempo médio de germinação dos propágulos de *A. schaueriana* foram promovidas somente pelos potenciais hídricos (PEG ou NaCl) (tabela 5). Notou-se pequena diferença entre os potenciais simulados por PEG e um atraso significativo na germinação conforme o aumento do estresse salino, até o ponto (-1,6 MPa) em que este processo não pôde ser finalizado (germinabilidade igual a zero) (tabela 6). O efeito tóxico da solução salina sobre os propágulos foi comprovado através da deterioração dos mesmos ao final do experimento e da ocorrência de germinação em soluções de PEG, até -2,4 MPa (tabela 6).

Tabela 5. Análise de variância dos efeitos da floresta de origem dos propágulos e potenciais hídricos, simulados por PEG e por NaCl, sobre a germinabilidade e tempo médio de germinação dos propágulos de *Avicennia schaueriana*. * = p<0,05.

PEG		
FV	gl	QM

		G (%)	t (dias)
Tipo fisiográfico	1	26144,64*	2,773 ^{ns}
Potenciais hídricos (PEG)	3	63,10 ^{ns}	4,293*
Tf x Ph	3	238,69 ^{ns}	3,511 ^{ns}
Resíduo	48/37	87,95	1,375
NaCl			
FV	gl	QM	
		G (%)	t (dias)
Tipo fisiográfico	1	14858,04*	6,73760 ^{ns}
Potenciais hídricos (NaCl)	1	1808,04*	39,00259*
Tf x Ph	1	2322,32*	0,00624 ^{ns}
Resíduo	24/23	233,04	1,70117

Nos experimentos com propágulos de *L. racemosa* tanto a germinabilidade, quanto o tempo médio de germinação, responderam à interação entre os fatores origem dos propágulos (tipo fisiográfico) e potenciais hídricos, em soluções de PEG ou NaCl (tabela 7).

Propágulos de *L. racemosa* provenientes da floresta de porte arbustivo apresentaram germinabilidade menor do que propágulos da floresta de franja, nos tratamentos em que houve diferença significativa entre áreas: -0,4 MPa (PEG ou NaCl) e -0,8 MPa (PEG) (tabela 8). Entretanto, o processo germinativo dos propágulos de franja foi mais lento em -0,4 MPa (PEG), -0,8 MPa (PEG e NaCl) e -2,4 MPa (NaCl) (tabela 8).

Observou-se também, somente nos propágulos de *L. racemosa* de franja, que o aumento do estresse hídrico (PEG) ocasionou redução da germinabilidade e que o aumento do estresse salino (NaCl) ocasionou aumento do tempo médio de germinação (tabela 8).

Entre as espécies existe nítida diferença em termos de germinabilidade, sendo que os valores de *L. racemosa* foram evidentemente superiores aos de *A. schaueriana*, considerando as duas florestas de origem e os potenciais hídricos (PEG ou NaCl) testados (tabelas 6 e 8). Cabe destacar que as diferenças entre as florestas de origem e o efeito do estresse salino foram mais marcadas na germinabilidade de *A. schaueriana*, em relação à *L. racemosa*.

Tabela 6. Efeito dos potenciais hídricos, simulados por PEG e por NaCl, sobre a germinabilidade e o tempo médio de germinação de propágulos de *Avicennia schaueriana* provenientes das duas florestas consideradas: de porte arbustivo e de franja. Diferenças significativas ($p < 0,05$) entre potenciais são representadas por letras minúsculas diferentes nas colunas ao lado das médias e, entre áreas de origem, são representadas por * nas colunas de potenciais hídricos.

PEG						
Ψ (MPa)	G (%)		Ψ (MPa)	\bar{t} (dias)		
	arbustivo	franja		arbustivo	franja	\bar{X}
-0,4	2,86 ± 3,93	47,14 ± 16,80	-0,4	5,67 ± 1,53	6,51 ± 0,97	6,26 ± 1,15 ab
-0,8	2,14 ± 2,67	54,29 ± 12,39	-0,8	7,00 ± 0,00	5,48 ± 0,35	5,93 ± 0,79 b
-1,6	7,14 ± 6,36	39,29 ± 8,86	-1,6	7,08 ± 1,56	7,21 ± 1,18	7,15 ± 1,31 ab
-2,4	4,29 ± 3,45	48,57 ± 10,69	-2,4	8,20 ± 2,05	6,64 ± 0,64	7,29 ± 1,55 a
\bar{X} *	4,11 ± 4,52	47,32 ± 13,02				

NaCl						
Ψ (MPa)	G (%)		Ψ (MPa)	\bar{t} (dias)		
	arbustivo	franja		arbustivo	franja	\bar{X}
-0,4*	42,14 ± 22,89 a	76,43 ± 14,64 a	-0,4	6,04 ± 1,05	5,03 ± 0,49	5,53 ± 0,95 b
-0,8 ^{ns}	14,29 ± 10,18 b	12,14 ± 9,51 b	-0,8	8,37 ± 2,06	7,42 ± 0,95	7,89 ± 1,62 a
-1,6	0,00	0,71 ± 1,89	-1,6			
-2,4	0,00	0,00	-2,4			

Tabela 7. Análise de variância dos efeitos da floresta de origem dos propágulos e potenciais hídricos, simulados por PEG e por NaCl, sobre a germinabilidade e tempo médio de germinação dos propágulos de *Laguncularia racemosa*. * = p<0,05.

PEG			
FV	gl	QM	
		G (%)	t (dias)
Tipo fisiográfico	1	544,49*	8,87*
Potenciais hídricos	3	1689,26*	0,17 ^{ns}
Tf x Ph	3	507,49*	2,97*
Resíduo	24	72,33	0,84

NaCl			
FV	gl	QM	
		G (%)	t (dias)
Tipo fisiográfico	1	395,50*	1,978*
Potenciais hídricos	3	47,60 ^{ns}	4,755*
Tf x Ph	3	224,70*	1,547*
Resíduo	24	24,90	0,348

Tabela 8. Efeito dos potenciais hídricos, simulados por PEG e por NaCl, sobre a germinabilidade e o tempo médio de germinação de propágulos de *Laguncularia racemosa* provenientes das duas florestas consideradas: de porte arbustivo e de franja. Diferenças significativas ($p < 0,05$) entre potenciais são representadas por letras minúsculas diferentes nas colunas ao lado das médias e, entre áreas de origem, são representadas por * nas colunas de potenciais hídricos.

PEG							
Ψ (MPa)	G (%)				Ψ (MPa)	\bar{t} (dias)	
	arbustivo		franja			arbustivo	franja
-0,4*	45,00 ± 15,14	a	79,38 ± 6,88	a	-0,4*	6,73 ± 0,80	8,86 ± 0,58
-0,8*	49,38 ± 7,47	a	65,63 ± 6,25	ab	-0,8*	6,86 ± 0,83	8,83 ± 0,71
-1,6 ^{ns}	48,13 ± 11,25	a	60,00 ± 7,36	b	-1,6 ^{ns}	7,26 ± 0,76	7,79 ± 0,53
-2,4 ^{ns}	45,00 ± 4,08	a	40,63 ± 3,15	c	-2,4 ^{ns}	8,01 ± 1,71	7,59 ± 0,86
NaCl							
Ψ (MPa)	G (%)				Ψ (MPa)	\bar{t} (dias)	
	arbustivo		franja			arbustivo	franja
-0,4*	76,25 ± 4,79		97,50 ± 2,04		-0,4 ^{ns}	7,29 ± 0,56	ab 6,77 ± 0,37 b
-0,8 ^{ns}	86,88 ± 2,39		95,63 ± 4,27		-0,8*	6,09 ± 0,61	b 7,21 ± 0,72 b
-1,6 ^{ns}	90,63 ± 4,27		91,25 ± 6,29		-1,6 ^{ns}	7,72 ± 0,95	a 7,78 ± 0,18 b
-2,4 ^{ns}	88,13 ± 3,15		85,63 ± 8,98		-2,4*	7,72 ± 0,63	a 9,05 ± 0,34 a

Variabilidade genética entre as florestas de mangue

A análise de variância molecular em *A. schaueriana* mostrou que 13,98 % ($p = 0,001$) da variabilidade genética observada é explicada por diferenças entre as florestas de mangue (tabela 9). O índice de fixação calculado, $F_{ST} = 0,14$ ($p = 0,03$), confirmou uma diferenciação genética moderada entre as florestas.

Os indivíduos de *L. racemosa* amostrados nas duas florestas de mangue consideradas representaram uma única população, pois não houve variabilidade genética significativa entre as áreas (0,89 %, $p = 0,29$; $F_{ST} = 0,009$, $p = 0,26$) (tabela 10).

Tabela 9. Análise de variância molecular (AMOVA; Excoffier *et al.* 1992) baseada em 212 produtos de amplificação de AFLP para *Avicennia schaueriana*.

Fonte de variação	gl	SQ	Variação	
			variância	%
Entre áreas	1	64,615	3,78692	13,98
Entre indivíduos	20	466,067	23,30333	86,02
Total	21	530,602		

Tabela 10. Análise de variância molecular (AMOVA; Excoffier *et al.* 1992) baseada em 262 produtos de amplificação de AFLP para *Laguncularia racemosa*.

Fonte de variação	gl	SQ	Variação	
			variância	%
Entre áreas	1	53,147	0,43657	0,89
Entre indivíduos	19	924,472	48,65643	99,11
Total	20	977,619		

DISCUSSÃO

Espécies de uma ampla variedade de famílias, tipos de ciclo de vida e comunidades vegetais, exibem diferenças nas características morfológicas (tamanho, cor, forma, estrutura, tipos e quantidades de compostos de reserva) e no comportamento germinativo de sementes coletadas em localidades distintas quanto à latitude, altitude, umidade, nutrientes do solo, temperatura, tipo e densidade da cobertura vegetal, ou grau de distúrbio. Nos estudos realizados, as explicações para tais diferenças intra-específicas são associadas à herança genética e às condições ambientais às quais a planta mãe foi submetida durante a maturação das sementes (Baskin & Baskin, 1998).

A configuração de uma moderada estruturação genética de *A. schaueriana*, entre as florestas de mangue de Guaratiba (tabela 9), indica possível sobreposição deste fator com as condicionantes ambientais (regidas pela frequência de inundação pelas marés) sobre as características e respostas germinativas dos propágulos. Entretanto, considerando que os propágulos de *L. racemosa* provêm de uma única população (tabela 10), tal hipótese não pode ser formulada para esta espécie.

A redução de tamanho dos propágulos de *Avicennia schaueriana* e *Laguncularia racemosa* na floresta de porte arbustivo, em relação à floresta de franja (tabelas 3 e 4), também é citada para arbustos de *Rhizophora mangle* em áreas hipersalinas (Jimenez, 1985). A menor frequência de inundação pelas marés na floresta de porte arbustivo pode ser uma das explicações para redução da massa seca de propágulos de *L. racemosa*, pois condições de estresse hídrico causaram redução da massa de sementes de *Lupinus albus* (Withers & Forbe, 1979), *Triticum aestivum* (Brocklehurst *et al.*, 1978), *Glycine max* (cv. Williams) (Meckel *et al.*, 1984) e *Erodium brachycarpum* (Stamp, 1990). Entretanto, o mesmo não foi observado nos propágulos de *A. schaueriana*.

Segundo Baskin & Baskin (1998), existe relação inversa entre tamanho e número de sementes produzidas quando os recursos energéticos da planta-mãe são limitados. Em Guaratiba, não foram realizados quaisquer estudos fenológicos com as espécies de mangue, mas observações realizadas durante a coleta dos propágulos aparentemente não indicaram menor produção dos mesmos na floresta de porte arbustivo. Portanto, o maior custo energético de manutenção das árvores na transição com a planície hipersalina (Medina, 1999), além da menor disponibilidade de nitrogênio para as plantas (tabela 1), podem vir a explicar os resultados de biometria obtidos (tabelas 3 e 4). Larcher (2000) afirmou que para os vegetais superiores, o estado nutricional da planta-mãe afeta diretamente a quantidade de nutrientes disponíveis para a translocação até as sementes, podendo interferir na abundância e vitalidade das mesmas. Apontou ainda casos em que plantas sem vigor, senescentes ou estressadas pelo ambiente podem se tornar incapazes de desenvolver sementes normais.

Sob condições de estresse térmico, Banus & Kolehmainen (1976) observaram propágulos de *R. mangle* com tamanho reduzido, perda de flutuabilidade e maior tempo para emissão de raízes e folhas, porém não descreveram uma menor produção dos mesmos pelas árvores adultas sobreviventes.

Propágulos de *A. schaueriana* e *L. racemosa*, apresentaram teor de água suficiente para promover a germinação, mesmo sem qualquer embebição (tratamento T.A.I) (tabelas 3 e 4). Esta característica pode ter sua importância para o estabelecimento durante a maré baixa, principalmente em áreas com baixa frequência de inundação. No caso de *L. racemosa*, o fato do teor de água dos propágulos da floresta de porte arbustivo ter sido maior, do que o dos provenientes da floresta de franja, pode estar relacionado ao mecanismo de aumento da suculência para manutenção do equilíbrio osmótico do órgão. Este mecanismo foi descrito para folhas desta espécie, sendo comum em áreas hipersalinas (Biebl & Kinzel, 1965; Medina, 1999). *A. schaueriana*, ao contrário, conta com um mecanismo de excreção de sais

através de glândulas foliares específicas e não apresenta um acentuado aumento da suculência (Smith *et al.*, 1989).

Tanto nas condições controle (0 MPa e T.A.I.) (tabelas 3 e 4), quanto nos níveis mais baixos de estresse dos experimentos com PEG e NaCl (tabelas 6 e 8), foram observados menores valores de germinabilidade dos propágulos, de *A. schaueriana* e *L. racemosa*, oriundos da floresta de porte arbustivo, indicando uma menor viabilidade dos mesmos em relação àqueles da floresta de franja.

Segundo Smith & Snedaker (1995), a atuação de baixos níveis estresse, durante a germinação, possibilitam que diferenças genéticas ou de qualidade fisiológica dos propágulos sejam expressas em maior grau. Ao contrário, altos níveis de estresse podem ser mais efetivos do que quaisquer processos compensatórios associados aos fatores internos dos propágulos, o que os torna mais similares entre si, em sua habilidade de competir e sobreviver.

Analisando a germinabilidade frente ao estresse salino, apesar da relevância dos demais fatores ambientais que atuam nas florestas de mangue, não houve qualquer tendência de adaptação dos propágulos de *Avicennia schaueriana* e *Laguncularia racemosa* à salinidade das áreas de origem.

Os resultados apresentados por Elster (1997) em áreas hipersalinas na Colômbia concordam com o observado em Guaratiba: não se comprovou a existência de ecótipos adaptados à salinidade e ocorreram elevados índices de mortalidade de propágulos provenientes de árvores de *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa* submetidas a um severo estresse salino. Considerou-se ainda que, independente da procedência, propágulos de maior tamanho apresentaram maior germinabilidade. Khan & Ungar (1984) observaram que a tolerância de sementes da halófita *Atriplex triangularis* aumenta, durante a germinação, conforme o maior tamanho das mesmas. Assim, ainda que a influência do tamanho dos propágulos na germinação não tenha sido avaliada no presente trabalho, é possível que as diferenças biométricas obtidas (tabelas 3 e 4) tenham interferido na maior germinabilidade dos propágulos da floresta de franja.

Khatri *et al.* (1991), em estudo com a espécie halófita *Kochia indica*, observaram que sementes de populações submetidas ao estresse salino apresentavam menor tolerância aos níveis de potencial hídrico e pH testados, do que sementes de populações que cresceram em condições classificadas como normais. Os autores chegaram a esta conclusão através da análise da germinabilidade.

Quanto ao tempo médio de germinação, aspecto relevante foi observado em *L. racemosa*, pois apesar da redução na viabilidade, os resultados de diversos tratamentos

indicaram maior vigor dos propágulos provenientes da floresta de porte arbustivo (tabelas 4 e 8).

Smith & Snedaker (1995) compararam o crescimento de plântulas de *R. mangle* provenientes de duas florestas de franja com diferentes níveis de salinidade (5 e 36 ups) e não encontraram correlação positiva entre crescimento e salinidade da área de origem. Entretanto, as plântulas oriundas da floresta de maior salinidade (36 ups) apresentaram maior crescimento, quando os dois grupos foram irrigados com salinidade 5 ups. Os autores concluíram que provavelmente existe um envigorecimento dos propágulos relacionado ao processo, comum nas halófitas, de ativação de algumas enzimas e reações metabólicas por íons salinos (Cowan & Rose, 1991).

De fato, muitas halófitas exibem um desenvolvimento ótimo em níveis de salinidade moderados, que são definidos conforme a capacidade de acumulação de íons nos vacúolos, onde estes contribuem com o potencial osmótico da célula sem causar danos às enzimas sensíveis ao sal (Taiz e Zeiger, 2002). Experimentos demonstram que o nível de salinidade ótimo, para as espécies de mangue, é bastante inferior à água do mar (Clough, 1993). Além desse ótimo, níveis crescentes de salinidade podem atingir um limite de tolerância, no qual os mecanismos de aclimação e adaptação ao estresse são superados e podem levar a morte da planta (Larcher, 2000). Assim, segundo o conceito de estresse proposto por Lichtenthaler (1996) a salinidade no manguezal pode ser considerada um fator de eustresse (estresse estimulante) em baixas concentrações e diestresse (estresse negativo) até além do limite de tolerância das espécies. Cabe ressaltar que a dificuldade de isolar o efeito de um único fator de estresse em estudos ecológicos, devido à interação com outros fatores, permite apenas comparações relativas (Larcher, 2000).

Seguindo o mesmo raciocínio, o gradiente de frequência de inundação pelas marés estudado em Guaratiba pode representar um *continuum* de atuação de fatores de estresse, dentre os quais destaca-se a salinidade, cujos efeitos sobre os propágulos é diferenciado entre as espécies de mangue. Na franja, onde as condições possibilitam maior desenvolvimento estrutural, a viabilidade dos propágulos de *A. schaueriana* e de *L. racemosa* é maior do que na transição com a planície hipersalina, onde as restrições ambientais mantêm indivíduos em situação de equilíbrio frente ao estresse contínuo (*steady strain*, conforme conceito de Lichtenthaler, 1996) (tabelas 6 e 8). Além disso, ainda que a origem dos propágulos de *A. schaueriana* não tenha interferido no tempo médio de germinação, os maiores valores foram sempre associados à floresta de porte arbustivo (tabela 6). No entanto, o maior vigor dos propágulos de *L. racemosa* na floresta de porte arbustivo pode indicar que, pelo menos sob o

aspecto da qualidade fisiológica final dos propágulos, o efeito do estresse ambiental ainda atua numa faixa de estímulo ao desenvolvimento desta espécie.

Cintrón *et al.* (1978) e Soto & Jimenez (1982) explicam que altos níveis de estresse sobre as espécies de mangue são refletidos pela pequena estatura e diâmetro das árvores, baixa produtividade e redução da capacidade reprodutiva.

Analisando a atuação dos fatores de estresse na escala de comunidade, Tomlinson (1986) explica que é a plasticidade das espécies de mangue e sua habilidade para colonizar uma ampla faixa de variação de *habitats* que se expressa na alta diversidade de tipos vegetacionais (variabilidade de tipos fisiográficos) do manguezal. Determinados níveis de salinidade permitem que as espécies de mangue vençam a competição com espécies terrestres, porém altos níveis de salinidade, como os encontrados em apicuns, excluem a vegetação por completo. A redução da viabilidade dos propágulos na floresta de porte arbustivo em Guaratiba indica que em áreas sob estresse severo, nos limites daquela plasticidade, a manutenção de populações viáveis deve receber contribuição de propágulos trazidos de outras áreas pela maré. Desta forma, a menos que o fluxo de propágulos seja impedido (Ensminger, 1996), a atuação das marés é um dos fatores que possibilitam a manutenção do *fitness* das populações. Em Guaratiba, esse processo é corroborado para *L. racemosa* através das análises moleculares, que indicam haver intenso fluxo gênico entre as áreas estudadas.

Com relação à *A. schaueriana*, algumas características podem explicar a moderada estruturação genética observada entre as florestas: (1) o maior tamanho dos propágulos (cerca de duas vezes maior do que *L. racemosa*) pode dificultar o transporte dos mesmos, a partir de outras florestas, pela maré (Rabinowitz, 1978; Ensminger, 1996); (2) a elevada frequência de predação sobre os propágulos, antes e após a dispersão, pode interferir no recrutamento de plântulas (Clarke & Myerscough, 1993; Clarke & Kerrigan, 2002) e (3) a ocorrência de germinação somente em condições de baixa concentração salina e em período de tempo restrito, pode representar dificuldade de estabelecimento nos substratos do manguezal (Oliveira & Andrade submetido a).

Além disso, esta variação genética entre florestas pouco distantes pode ter como, ou ser, consequência de eventos de endocruzamento, conforme Giang *et al.* (2003) sugerem em seu estudo com *A. marina* no Vietnã. Segundo Baskin & Baskin (1998), uma das consequências do endocruzamento é um aumento na frequência de genótipos homozigóticos, alguns dos quais podem ser deletérios, levando a um declínio no *fitness* das espécies, denominado depressão por endocruzamento. A depressão por endocruzamento pode causar redução no (1) número de sementes viáveis produzidas, (2) tamanho das sementes, (3)

percentuais de germinação, (4) velocidade de germinação (Baskin & Baskin, 1998). Portanto, futuras investigações utilizando marcadores moleculares codominantes permitirão determinar o fluxo gênico entre as áreas e esclarecer como as diferenças fisiológicas, observadas na germinação dos propágulos, poderiam interferir na manutenção de populações de *Avicennia schaueriana*.

Diferenças observadas entre a germinação de propágulos de *Avicennia schaueriana* e *Laguncularia racemosa* suscitam discussão a respeito das estratégias de colonização no manguezal. A primeira espécie germinou em condições salinas muito mais restritas, apenas entre 0,0 e -0,8 MPa, e com menor germinabilidade que *L. racemosa* (tabelas 6 e 8). Ou seja, os propágulos de *L. racemosa* mostraram-se com maior habilidade para germinar na heterogeneidade espacial e temporal de disponibilidade de água, e salinidade, encontrada no manguezal. Oliveira & Andrade (submetido b) descreveram a ocorrência de germinação de propágulos de *L. racemosa* até potenciais de -4,0 MPa (NaCl). Além disso, enquanto *L. racemosa* germina em temperaturas de até 40 °C, *A. schaueriana* germina somente até 35°C (Oliveira e Andrade, submetido a e b).

Em Guaratiba, Oliveira (2001) avaliou um processo de colonização da planície hipersalina aqui considerada, iniciado em 1996. *L. racemosa* foi descrita como espécie pioneira desse processo, que atualmente (Estrada *et al.*, 2003) consolida-se com uma maior densidade de juvenis de *A. schaueriana*. Desta forma, embora plantas adultas do gênero *Avicennia* sejam consideradas mais tolerantes à salinidade do que *Rhizophora* e *Laguncularia* (Ball, 1988; Clough, 1993), é possível que o estabelecimento de seus propágulos em áreas mais salinas dependa da interação com outras espécies facilitadoras. No caso de Guaratiba, o estabelecimento de *L. racemosa* pode promover maior retenção de umidade e reduzir a temperatura do solo, proporcionando assim condições mais favoráveis à germinação dos propágulos de *A. schaueriana*. Entretanto, cabe ressaltar que outros fatores ambientais, como disponibilidade de luz, concentração de nutrientes e características físico-químicas do substrato, também podem interferir no processo de estabelecimento das espécies. Mckee (1995) encontrou que em condições de alta disponibilidade de luz e nutrientes *L. racemosa* apresentou maior crescimento que *A. germinans*, enquanto Chen & Twilley (1998) confirmaram que *A. germinans* sucede *L. racemosa* durante a regeneração de clareiras.

CONCLUSÃO

Existe grande dificuldade de isolar um único fator de estresse em florestas de mangue para avaliar seu efeito sobre a reprodução das espécies. O enfoque sobre níveis de estresse observados ao longo de gradiente de frequência de inundação pelas marés, na configuração de diferentes tipos fisiográficos, foi útil para análise proposta. É possível concluir que existem diferenças intra-específicas na qualidade fisiológica dos propágulos, em função das condições ambientais as quais a planta mãe foi submetida durante a maturação dos mesmos. Maiores níveis de estresse são refletidos em perda de viabilidade dos propágulos de *A. schaueriana* e *L. racemosa*, porém maior vigor dos propágulos de *L. racemosa*.

Permanecem como questões a influência da idade fisiológica dos indivíduos sobre os propágulos produzidos e a influência da variabilidade intra-específica de tamanho dos propágulos sobre a germinação. Sugere-se ainda que estudos com enfoque similar ao presente sejam realizados em outras áreas, para confirmar o efeito dos níveis de estresse sobre a reprodução das espécies de mangue.

AGRADECIMENTOS

À FAPERJ (proc. E-26/ 150.670/2003), pela bolsa de mestrado concedida à primeira autora. À Embrapa CTAA, pelo apoio logístico. Às técnicas do Laboratório de Sementes, Marina Fernandes e Ana Paula Cruz; aos coletores Ricardo Matheus e Rafael Ribeiro; aos estagiários, Camila Mata, Francisco de O. Filho, Amanda Carvalho, Amanda Areias e Isabella Vargas e aos oceanógrafos, Ana Portugal, Carlos da Silva Jr. e Gustavo Estrada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Association of Official Seed Analysts – AOSA. *Seed Vigour testing handbook*. 93p.
- Ball, M. C. 1988. Ecophysiology of mangroves. **Trees** 2: 129-142.
- Banus, M.D. & Kolehmainen, S.E. 1976. Rooting and growth of red mangrove seedlings from thermally estressed trees. *In: Esch, G.W. and McFarlane, R.W. Thermal Ecology*. Technical Information Center, Energy Research and Development Administration, Oak Ridge, Tennessee, p.46-53
- Baskin, C.C. & Baskin J.M. 1998. Germination ecology of plants with specialized life cycles and/or habitats. *In: Seeds, ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. Academic Press, San Diego, p.459-534.
- Bellingham, P.J. & Sparrow, A.D. 2000. Resprouting as a life history strategy in wody plant communities. **Oikos** 89(2): 409-416.

- Biebl, R.; Kinzel, H. 1965. Blattbau und Salzhaushalt Von *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f. Und andere Mangrovebäume auf Puerto Rico. **Österreichische Botanische Zeitschrift** **112**: 56-93.
- Bradford, K.J. 1995. Water relations in seed germination. *In*: Kigel, J. & Galili, G. *Seed Development and germination*. Marcel Dekker, New York, p.351-396.
- Brasil, 2003. *Tábua de marés para o ano de 2003, costa do Brasil e portos estrangeiros*. Diretoria de Hidrografia e Navegação. Ministério da Marinha.
- Brocklehurst, P.A.; Moos, J.P.; Willians, W. 1978. Effects of irradiance and water supply on grain development in wheat. **Annals of Applied Biology** **90**: 265-276.
- Cardoso, M.A.; Provan, J.; Powell, W.; Ferreira, P.C.G.; de Oliveira, D.E. 1998. High genetic differentiation among remnant populations of endangered *Caesalpinia echinata* Lam. (Leguminosae – Caesalpinioideae). **Molecular Ecology** **7**: 601-608.
- Carpita, N., Sabularse, D., Montezinos, D., Delmer, D.P. 1979. Determination of the pore size of cell walls of living plant cells. **Science** **205**:1144-1147.
- Chen, R. & Twilley, R.R. 1998. A gap dynamic model of mangrove forest development along gradients of soil salinity and nutrient resources. **Journal of Ecology** **86**: 37-51.
- Cintrón, G.; Lugo, A.E.; Pool, D.J.; Morris, G. 1978. Mangroves of arid environments in Puerto Rico and adjacent islands. **Biotropica** **10**: 110-121.
- Clarke, P. J. & Myerscough, P. J. 1993. The intertidal distribution of the grey mangrove (*Avicennia marina*) in southeastern Australia: The effects of physical conditions, interespecific competition, and predation on propagule establishment and survival. **Australian Journal of Ecology** **18**: 307-315.
- Clarke, P. J. & Kerrigan, R. A. 2002. The effects of seed predators on the recruitment of mangroves. **Journal of Ecology** **90**: 728-736.
- Clough, B.F. 1993. Constraints on the growth, propagation and utilization of mangroves in arid regions. *In*: Lietg, H. & Masson, A.A. *Towards the rational use of high salinity tolerant plants*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, p.341-352.
- Corrêa, F.M. 2003. Retranslocação e teores totais de macronutrientes em folhas das espécies de mangue de Guaratiba, Rio de Janeiro. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 259 p.
- Cowan, A.K. & Rose, P.D. 1991. Abscisic acid metabolism in salt stressed cells of *Dunnaliella salina*: possible interrelationship with β -carotene accumulation. **Plant Physiology** **97**:798-803.
- Elster, C. 1997. Beziehung zwischen ökologischen faktoren und der regeneratin dreier mangrovenarten im Gebiet der Ciénega Grande de Santa Marta, Kolumbien. Dissertation, Justus – Liebig – Universität, Giessen. 220p.
- Ensminger, L. 1996. Hydrologische Veränderungen am Canal Clarín und ihre Bedeutung für die Regeneration salzgeschädigter Mangrove. Diploma thesis, Justus – Liebig – Universität, Giessen. 137p.

- Estrada, G.C.D.; Oliveira, V.F.; Soares, M.L.G.; Chaves, F.O.; Silva Jr. C.M.G.; Pellegrini, J.A.C.; Corrêa, F.M.; Barbosa, B.; Passos, E.S. 2003. Processo de colonização de uma planície hipersalina (apicum) por *Avicennia schaueriana* e *Laguncularia racemosa*: 4 anos de monitoramento do manguezal de Guaratiba – RJ. In: *MAGROVE 2003*. Universidade Federal da Bahia, Salvador – BA. p.337.
- Excoffier L., Smouse P., Quattro J. 1992. Analysis of molecular variance inferred from metric distances among DNA haplotypes: application to human mitochondrial DNA restriction data. **Genetics** **131**: 479-491.
- Giang, L.H.; Hong, P.N.; Tuan, M.S.; Harada, K. 2003. Genetic variation of *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. (Avicenniaceae) in Vietnam revealed by microsatellite and AFLP markers. **Genes Genetic and Systems** **78**: 399-407.
- Hartl, D.L. & Clark, A.G. 1997. *Principles of Population Genetics*. Sinauer Associates, inc Publishers, Sunderland, Massachusetts. 542p.
- Jimenez, J.A. 1985. *Rhizophora mangle* – red mangrove. SO-IFT-SM-2. U.S. Dept. Of Agriculture, forest Service, Inst. of Trop. Forestry, Southern Forest Experiment Station. New Orleans, Louisiana. 6 p.
- Jimenez, J. A. & Sauter, K. 1991. Structure and Dynamics of Mangrove Forests Along a Flooding Gradient. **Estuaries** **14**(1):49-56.
- Jimenez, J. 1999. Ambiente, distribución y características estructurales en los manglares del Pacífico de Centro América: contrastes climáticos. In: Yáñez-Arancibia, A. y Lara-Domínguez, A.L. *Ecosistemas de Manglar en América Tropical*. Instituto de Ecología, A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA. p.51-70.
- Khan, M.A., Ungar, I.A., Showalter, A.M. 2000. Effects of salinity on growth, water relations and ion accumulation of the subtropical perennial halophyte, *Atriplex griffithii* var. *stocksii*. **Annals of Botany** **85**:225-232.
- Khatri, R., Sethi, V. & Kaushik, A. 1991. Inter-populations variations of *Kochia indica* during germination under different stresses. **Annals of Botany** **67**:413-415.
- Larcher, W. 2000. *Ecofisiologia Vegetal*. Rima Artes e Textos. 518p.
- Libes, S. M. 1992. *Introduction to marine biogeochemistry*. John Willey & Sons. New York. 532 p.
- Lichtenthaler, H.K. 1996. Vegetation stress: An introduction to the stress concept in plants. **Journal of Plant Physiology** **148**: 4-14.
- Lugo, A.E. & Snedaker, S.C. 1974. The ecology of mangroves. **Annual Review of Ecology and Systematics** **5**: 39-64.
- McKee, K.L. 1993 Soil physicochemical patterns and mangrove species distribution: reciprocal effects? **Journal of ecology** **81**: 477-487.
- McKee, K.L. 1995. Interspecific variations in growth, biomass, partitioning, and defensive characteristics of neotropical mangrove seedlings: Response to light and nutrient availability. **American Journal of Botany** **82** (3): 299-307.

- McKee, K.L. 1996. Growth and physiological responses of neotropical mangrove seedlings to root zone hypoxia. **Tree Physiology** 16: 883, 889.
- McKee, K.L. & Mendelssohn, I.A. 1987. Root metabolism in the black mangrove, *Avicennia germinans* (L.) L.: response to hypoxia. **Environmental and Experimental Botany** 27: 147-156.
- Meckel, L.; Egli, D.B.; Phillips, R.E.; Radcliffe, D.; Leggett, J.E. 1984. Effect of moisture stress on seed growth in soybeans. **Agronomy Journal** 76: 647-650.
- Medina, E. 1999. Mangrove physiology: the challenge of salt, heat, and light stress under recurrent flooding. In: Yáñez-Arancibia, A. y Lara-Domínguez, A.L. *Ecosistemas de Manglar en América Tropical*. Instituto de Ecología, A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA. p.109-126.
- Oliveira, V.C. 2001. Monitoramento do ecossistema manguezal visando sua utilização como indicador das variações do nível médio relativo do mar (Guaratiba – RJ). Monografia de Bacharelado. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Departamento de Oceanografia, 88 p.
- Oliveira, V.F.; Andrade, A.C.S. (submetido a). Influência da temperatura e do estresse hídrico e salino na germinação de propágulos de *Avicennia schaueriana* Stapf e Leechman ex Moldenke. **Acta Botanica Brasilica**.
- Oliveira, V.F.; Andrade, A.C.S. (submetido b). Influência da temperatura e do estresse hídrico e salino na germinação de propágulos de *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f. **Revista Brasileira de Botânica**.
- Odum, H.T. 1968. Work circuits and systems stress. In: Young, H. *Mineral cycling and productivity of forest*. University of Maine, Oromo, p: 81-146.
- Pellegrini, J.A.C. 2000. Caracterização da planície hipersalina (apicum) associado a um bosque de mangue em Guaratiba, Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, RJ. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 101p.
- Portugal, A.M.M. 2002. Manguezais de Guaratiba frente à perspectiva de elevação do nível médio relativo do mar, Baía de Sepetiba, Estado do Rio de Janeiro – Brasil. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 163 p.
- Rabinowitz, D. 1978. Dispersal properties of mangrove propagules. **Biotropica** 10:47-57
- Saenger, P.; Hegerl, E.J. & Davie, J.D.S. 1983. Global Status of Mangrove Ecosystems. **The Environment** 3 (3): 1-88.
- Santana, D.G. & Ranal, M.A. 2004. *Análise de germinação: um enfoque estatístico*. Editora da Universidade de Brasília, Brasília. 247p.
- Schaeffer-Novelli, Y. 1989. Perfil dos ecossistemas Litorâneos Brasileiros, com especial ênfase sobre o ecossistema manguezal. **Publicação Especial do Instituto Oceanográfico** 7:1-16.
- Schaeffer-Novelli, y. & Cintrón, G. 1986. *Guia para estudo de área de manguezais: estrutura, função e flora*. Caribbean Ecological Research, São Paulo, 150p.

- Schaeffer-Novelli, Y., Cintrón, G.M. & Adaime, R.R. 1990, Variability of mangroves ecosystems along brazilian coast. **Estuaries** **13**:204-218.
- Schaeffer-Novelli, Y., Cintrón, G.; Soares, M.L.G.; Tognella-de-Rosa, M. M. P. 2000. Brazilian mangroves. **Aquatic Ecosystem Health and Management** **3**: 561-570.
- Schneider, S. Excoffier, L.; Kueffer, J-M; Roessli, D. 1997. *ARLEQUIN, version 1.1: A software for population genetic data analysis*. Genetics and Biometry Laboratory, University of Geneva, Switzerland.
- Silva Jr, C.M.G. (em preparação). Fluxo de materiais em uma gambôa no manguezal de Guaratiba, Baía de Sepetiba, RJ. Dissertação de Mestrado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Smith, J.A.C.; Popp, M.; Lütge, U.; Cram, W.J.; Díaz, M.; Griffiths, H.; Lee, H.S.J.; Medina, E.; Schäfer, C.; Stimmel, K.H.; Thonke, B. 1989. Ecophysiology of xerophytic and halophytic vegetation of a coastal alluvial plain in northern Venezuela. VI. Water relations and gas exchange of mangroves. **New Phytologist** **111**: 293-307.
- Smith, S.M. & Snedaker, S.C. 1995. Salinity responses in two populations of viviparous *Rhizophora mangle* L. seedlings. **Biotropica** **27**:435-440.
- Soares, M.L.G. 1997. Estudo da biomassa aérea de manguezais do sudeste do Brasil – Análise de modelos. Tese de doutorado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2 vol, 560p.
- Soto, R. & Jimenéz, J. 1982. Análisis fisionômico estructural Del manglar de Puerto Soley, La Cruz, Guanacaste, Costa Rica. **Revista de Biología Tropical** **30**: 161-168.
- Stamp, N.E. 1990. Production and effect of seed size in a grassland annual (*Erodium brachycarpum*, geraniaceae). **American Journal of Botany** **77**:874-882.
- Taiz, L. & Zeiger, E. 2002. Stress physiology. *In: Plant physiology*. Sinauer Associates, Massachusetts, p.591-620.
- Tomlinson, P. B. 1986. *The Botany of Mangroves*. Cambridge University Press. 413 p.
- Vos, P.; Hogers, R.; Blecker, M. 1995. AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. **Nucleic Acids Research** **23**: 4407-4417.
- Withers, N.J. & Forde, B.J. 1979. Effects of water stress on *Lupinus albus*. **New Zealand Journal of Agriculture Research** **22**, 263-474.
- Wright, S. 1965. The interpretation of population structure by F- statistic with special regard to system of mating. **Evolution** **19**: 395-420.
- Zar, J. H. *Biostatistical Analysis*. 1996. Prentice Hall, New Jersey. 662 p.

CONCLUSÕES GERAIS

O estudo realizado gerou informações relevantes acerca da resposta germinativa dos propágulos de *Avicennia schaueriana* e *Laguncularia racemosa* frente ao estresse hídrico e salino, que promovem melhor entendimento dos processos de colonização e regeneração de florestas de mangue. Neste sentido, cabe ressaltar o pioneirismo do estudo da espécie *A. schaueriana*, de ocorrência restrita à costa leste da América do Sul e sul das Antilhas. Destacam-se as seguintes conclusões:

- Propágulos de *L. racemosa* apresentam elevada germinabilidade em ampla faixa de variação de potenciais hídricos, principalmente quando promovida por soluções salinas, indicando grande tolerância à variabilidade temporal e espacial da salinidade no ecossistema manguezal. Este comportamento vai ao encontro de sua caracterização como espécie pioneira em florestas de mangue;
- Propágulos de *A. schaueriana* mostram-se mais vulneráveis aos efeitos tóxicos das soluções salinas, germinando apenas em potenciais hídricos (promovidos por NaCl) bem inferiores àqueles relativos à salinidade da água do mar;
- A germinação de propágulos de *L. racemosa* apresenta-se mais distribuída no tempo, do que a observada para *A. schaueriana*, além de haver recuperação do processo germinativo após o alívio dos níveis de estresse. Nesta última espécie, o processo concentra-se em poucos dias, além dos quais torna-se evidente a deterioração daqueles não germinados. A consequência disso pode ser uma menor habilidade desta espécie para germinar no manguezal.
- Verificou-se que plantas submetidas à múltiplos estresses produzem propágulos com menor viabilidade do que plantas que crescem sob condições ambientais mais amenas, sendo este efeito marcante para *Avicennia schaueriana*. Apesar da perda de viabilidade, notou-se maior vigor dos propágulos de *L. racemosa* coletados na floresta sob estresse. Esta característica pode representar maior habilidade desta espécie, em relação à *A. schaueriana*, de colonizar áreas de transição entre a floresta de mangue e planícies hipersalinas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ball, M. C. 1988. Ecophysiology of mangroves. **Trees** 2: 129-142.
- Bhosale, L.J. & Shinde, L.S. 1983. Significance of cryptovivipary in *Aegiceras corniculatum* (L.) Blanco. In: Teas, H.J. *Biology and ecology of mangroves*. W. Junk Publishers, The Hague, p.123-129.
- Borges E.E.L. & Rena, A.B. 1993. Germinação de Sementes. In: Aguiar, I.B.; Pina-Rodrigues, F.C.M.; Figliolia, M.B. *Sementes Florestais Tropicais*. Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, Comitê Técnico de Sementes Florestais, Brasília – DF, 350 p.
- Bradford, K.J. 1995. Water relations in seed germination. In: Kigel, J.; Galili, G. *Seed Development and germination*. Marcel Dekker, Inc, New York, p: 351-396.
- Bewley, J.D. & Black, M. 1994. *Seeds – physiology of development and germination*. Plenum Press. New York, 275p.
- Carvalho, N.M. & Nakagawa, J. 2000. *Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção*. 3ª edição. Rev. Campinas, Fundação Cargill, 153p.
- Chapman, V.J. 1966. Some factors involved in mangrove establishment. In: *Scientific problems of humid tropical zone deltas and their implications*. Unesco, Paris, p. 219-225.
- Chapman, V.J. 1977. *Ecosystems of the world. 1: Wet ecosystems*. Elsevier, Amsterdam, 225p.
- Cintrón, G. & Schaeffer–Novelli, Y. 1983. *Introducción a la ecología del manglar*. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe – ROSTLAC, Montevideo, Uruguay, 109p.
- Ellison, A. M. & Farnsworth, E.J. 1993. Seedling survivorship, growth, and response to disturbance in Belizean mangal. **American Journal of Botany** 80:1137-1145.
- Farnsworth, E.J. 2000. The ecology and physiology of viviparous and recalcitrant seeds. **Annual Review of Ecology and Systematics** 31:107-138.
- Ghowail, S. I.; Abdel-Monem, A. M.; El-Ghamry, W. M. & Saber, N. E. 1993. Preliminary studies on the effect of different salinity levels on germination, growth and anatomy of mangrove (*Avicennia marina*). In: Lieth, H. & Al Masoon, A. *Towards the rational use of high salinity tolerant plants*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, p. 237-244.
- Karim, J. & Karim, A. 1993. Effect of salinity on the growth of some mangrove plants in Bangladesh. In: Lieth, H. & Al Masoon, A. *Towards the rational use of high salinity tolerant plants*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, p. 187-192.

- Laboriau, L.G. 1983. *A germinação de sementes*. OEA, Washington. 174p.
- Larcher, W. 2000. *Ecofisiologia Vegetal*. Rima Artes e Textos. 518p.
- Lugo, A. 1980. Mangrove ecosystems: successional or steady state? **Tropical Succession**: 65-72
- McKee, K.L. 1996. Growth and physiological responses of neotropical mangrove seedlings to root zone hypoxia. **Tree Physiology** **16**: 883-889.
- McKee, K.L. 1995. Interspecific variations in growth, biomass, partitioning, and defensive characteristics of neotropical mangrove seedlings: Response to light and nutrient availability. **American Journal of Botany** **82** (3): 299-307.
- Pannier, F. 1962. Estudio fisiológico sobre la viviparidad de *Rhizophora mangle* L. **Acta Científica Venezolana (Botanical Series)** **13**: 184-197.
- Pezeshki, S.R.; DeLaune, R.D. & Meeder, J.F. 1997. Carbon assimilation and biomass partitioning in *Avicennia germinans* and *Rhizophora mangle* seedlings in response to soil redox conditions. **Environmental and Experimental Botany**. **37**: 161-171.
- Rose, A.H. & Harrison, J.S. 1987. *The yeasts*. Academic Press. London. 2nd. Vol 1. 123p.
- Saenger, P.; Hegerl, E.J. & Davie, J.D.S. 1983. Global Status of Mangrove Ecosystems. **The Environment** **3** (3): 1-88.
- Schaeffer-Novelli, Y. 1989. Perfil dos ecossistemas Litorâneos Brasileiros, com especial ênfase sobre o ecossistema manguezal. **Publicação Especial do Instituto Oceanográfico** **7**:1-16.
- Schaeffer-Novelli, Y. 1995. *Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar*. Caribbean Ecological Research, São Paulo, 64p.
- Schaeffer-Novelli, Y. & Cintrón, G. 1986. *Guia para estudo de área de manguezais: estrutura, função e flora*. Caribbean Ecological Research, São Paulo, 150p.
- Schaeffer-Novelli, Y., Cintrón-Molero, G.; Soares, M.L.G.; Tognella-de-Rosa, M.M.P. 2000. Brazilian mangroves. **Aquatic Ecosystem Health and Management** **3**: 561-570.
- Shi, S.; Huang, Y.; Zeng, K.; Tan, F.; He, H.; Huang, J.; Fu, Y. 2005. Molecular phylogenetic analysis of mangroves: independent evolutionary origins of viviparity and salt secretion. **Molecular Phylogenetics and Evolution** **34**: 159-166.
- Smith, S.M. & Snedaker, S.C. 1995. Salinity responses in two populations of viviparous *Rhizophora mangle* L. seedlings. **Biotropica** **27** (4): 435-440.
- Soares, M.L.G. 1997. **Estudo da biomassa aérea de manguezais do sudeste do Brasil – Análise de modelos**. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 2 vol, 560p.
- Tomlinson, P. B. 1986. *The Botany of Mangroves*. Cambridge University Press, 413p.

- Ungar, I.A. 1978. Halophyte seed germination. **The Botanical Review** **44**:233-264.
- Ungar, I.A. 1995. Seed germination and seed-bank ecology in halophytes. *In*: Kigel, J.& Galili, G. *Seed development and seed germination..* Marcel Dekker, New York, p.599-628.
- Walsh, G.E. 1974. Mangroves: a review. *In*: Reinold, R.J. & Queen, W.H. *Ecology of halophytes*. Academic Press, New York, p.51-174.
- Wakushima, S.; Kuraishi, S. & Sakurai, N. 1994. Soil salinity and pH in Japanese mangrove forests and growth of cultivated mangrove plants in different soil conditions. **Journal of Plant Research** **107**: 39-46.