

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANDRESSA PELOZO

**REGENERAÇÃO NATURAL DAS ESPÉCIES ARBÓREAS DOS
MANGUEZAIS DO PARANÁ: ESTRUTURA E MORFOLOGIA
FUNCIONAL**

CURITIBA

2012

ANDRESSA PELOZO

**REGENERAÇÃO NATURAL DAS ESPÉCIES ARBÓREAS DOS
MANGUEZAIS DO PARANÁ: ESTRUTURA E MORFOLOGIA
FUNCIONAL**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Botânica, Área de concentração em Estrutura e Fisiologia do Desenvolvimento Vegetal, Departamento de Botânica, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Botânica.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Regina Torres Boeger

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Patricia Soffiatti

CURITIBA

2012



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
Setor de Ciências Biológicas
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
BOTÂNICA



**“REGENERAÇÃO NATURAL DAS ESPÉCIES
ARBÓREAS DOS MANGUEZAIS DO PARANÁ:
ESTRUTURA E MORFOLOGIA FUNCIONAL”**

por

ANDRESSA PELOZO

Dissertação aprovada como requisito parcial
para obtenção do grau de Mestre no Programa
de Pós-Graduação em Botânica, pela Comissão
formada pelos Professores

Prof. Dra. Maria Regina Torres Boeger (UFPR) - PRESIDENTE

Prof. Dr. Moacyr Eurípedes Medri (UEL)

Prof. Dr. Luiz Antonio de Souza (UEM)

Curitiba, 28 de março de 2012.

*Dedico aos meus pais pelo apoio que sempre
me foi dado ao longo de toda minha vida, aos
meus irmãos, e ao meu noivo por toda
paciência.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por me dar força em todos os momentos.

À toda minha família, pelo amparo e carinho. Aos meus pais, Edvaldo e Isabel, e irmãos.

Ao meu noivo pelo amor, carinho, incentivo e principalmente pela compreensão da ausência durante estes dois anos. Viu como passou rápido!.

Agradeço à Prof^ª Dr. Maria Regina Boeger, minha orientadora, pela oportunidade que me deu e pela confiança em mim depositada na realização deste estudo. À Prof^ª Dr. Patrícia Soffiatti, co-orientadora desta dissertação, pelas correções e sugestões, e que sem hesitar aceitou me orientar.

Aos Prof. Dr. Moacyr Eurípedes Medri (UEL-PR) e ao Prof. Dr. Luiz Antônio de Souza (UEM-PR), a suplente Prof^ª. Dr^ª. Cleusa Bona (UFR-PR), por aceitarem participar da Banca de Defesa desta Dissertação.

Aos meus colegas de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Botânica pelos momentos de aprendizado compartilhados e os momentos de descontração no R.U.

Aos meus companheiros de laboratório Carol cacto, Sikandra, Edimar, Maria Joaquina, Bianca, Ellen, Will, Carol mangue, Alessandra, Ana, Letícia e Gui. Pelo convívio diário que rendeu muitos momentos inesquecíveis.

Aos meus queridos amigos que sempre estiveram presentes me aconselhando e incentivando com carinho e dedicação, pelo grande apoio e por terem compartilhado momentos de vitórias, alegrias, angústias e dúvidas. Agradeço a Deus por ter a oportunidade de conhecê-los, e por ter colocado pessoas tão maravilhosas no meu caminho, sem vocês eu não teria conseguido!.

Aos coordenadores e professores do programa de Pós-Graduação em Botânica.

Aos funcionários Nilson e Beth pela ajuda em diversos momentos. Aos técnicos do centro de microscopia eletrônica de varredura da UFPR pelo imenso auxílio na preparação e registro fotográfico do material.

Ao REUNI pela bolsa concedida.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho. Deixo aqui meu muito obrigada!.

RESUMO

O manguezal é um ecossistema costeiro, de transição entre os ambientes terrestre e marinho, característicos de regiões tropicais e subtropicais. Este ecossistema é marcado por inundações periódicas pela água do mar, variações de salinidade, escassez de oxigênio e solos lodosos, constituindo-se em importantes transformadores de nutrientes em matéria orgânica e produtores de bens e alimentos, o que evidencia seu papel sócio-econômico. Os manguezais são conhecidos mundialmente pela sua importância na produção de biomassa, sendo considerados um dos ecossistemas mais produtivos do mundo. Temperaturas tropicais, amplitude de marés, presença de água doce e relevos litorâneos protegidos da ação destrutiva das ondas, constituem os requisitos básicos necessários para o estabelecimento e manutenção do manguezal. A fase inicial do ciclo de vida de um vegetal constitui um período curto e muito crítico, onde as plantas se encontram mais vulneráveis a danos e injúrias. Sobreviver a essa fase é fundamental para garantir a manutenção das populações, influenciando a dinâmica de regeneração. Este estudo faz parte do projeto “Estrutura vegetal, status nutricional do componente arbóreo e do solo dos manguezais do Paraná”, e tem como objetivo estudar as três espécies mais comumente encontradas nos manguezais do Paraná: *Rhizophora mangle* L., *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn e *Avicennia schaueriana* Stapf & Leachman, focando no componente de regeneração natural de duas áreas de manguezais, Baía de Antonina e Baía de Guaratuba, com intuito de estudar comparativamente as espécies em seus estágios iniciais de crescimento e estabelecimento, abrangendo o estudo fitossociológico e morfoanatômico. *Rhizophora mangle* apresentou os maiores valores de altura e diâmetro, seguido de *A. schaueriana* e *L. racemosa*. Antonina apresentou maior densidade de plântulas que se encontram heterogeneamente distribuída entre as parcelas, enquanto que em Guaratuba observou-se menor densidade de plântulas, porém, uma distribuição relativamente homogênea. Esta distribuição pode estar relacionada a diversos fatores característicos daquele local, como tipo de solo, salinidade e disponibilidade de luz, além das características próprias das espécies. Em se tratando do estudo morfoanatômico, as espécies estudadas apresentaram características distintas entre si e entre os órgãos foliares, que podem ser interpretadas como de grande importância adaptativa para a sobrevivência destas neste ecossistema. A presença de células e tecidos armazenadores de água, estruturas acumuladoras e eliminadoras de sal, órgãos foliares espessos e densos, são fundamentais para o sucesso destas espécies na fase em que se encontram para sobreviverem aos diversos fatores estressantes atuantes. Estas características parecem representar os ajustes morfológicos dos órgãos foliares para reduzir a perda da água, auxiliar na eliminação do excesso de sal, aumentar a captação da luz difusa permitindo uma maior eficiência, ou ainda, a manutenção dos processos fisiológicos.

Palavras-chave: Manguezais, órgãos foliares, plântulas, regeneração.

ABSTRACT

The mangrove is an ecosystem occurring at the edge between land and marine environments, growing along tropical and subtropical coastlines. These ecosystems are directly influenced by tidal movements, occasioning periodic flooding, salinity variations, lack of oxygen and muddy soils, which makes it an important processor of organic matter and nutrients in food producers, playing an important role in local economies providing several natural products and ecological services. Mangroves are known worldwide for its importance in the production of biomass and are considered one of the most productive ecosystems in the world. Tropical temperatures, tidal range, presence of fresh water, coastal relief and protection from destructive action of the waves, are the basic requirements for the establishment and maintenance of the mangroves. The initial phase of the life cycle of a plant is short and very critical, where the plants are more vulnerable to damage and injuries. This study is part of the project: "Plant structure, nutritional status of the tree component and the soil and mangroves of Parana". This investigation's goal is the study of the three most common species found in the mangroves of Parana State: *Rhizophora mangle* L., *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn and *Avicennia schaueriana* Stapf & Leachman., focusing on the natural regeneration in two mangrove areas, Antonina Bay and Guaratuba Bay. This study compared the species in their initial developmental stages of growth and establishment, including a phytosociological survey and morphoanatomical analysis. *Rhizophora mangle* showed the highest values for height and diameter, followed by *A. schaueriana* and *L. racemosa*. Antonina had a higher density of seedlings heterogeneously distributed among the plots, while in Guaratuba was observed a lower density of seedlings in a relatively homogeneous distribution. This distribution can be related to several local factors such as soil type, salinity and light availability, in addition to the characteristics of the species. The morphological and anatomical study demonstrated that the species have distinct characteristics among the foliar organs, which may be interpreted as of great adaptive importance for their survival in this ecosystem. The presence water storage cells and tissues, salt accumulator and excluder structures, thick and dense leaf organs, are fundamental to the success of these species in this stage. These features seem to represent the morphological adjustments of foliar organs to reduce water loss, help eliminating salt excess, increase diffuse light capture, allowing for a greater efficiency, or even, the maintenance of physiological processes.

Key words: Mangrove, leaf organs, seedlings, regeneration.

LISTA DE FIGURAS

INTRODUÇÃO GERAL

FIGURA 1 – FLUXOGRAMA REPRESENTANDO A INTEGRAÇÃO DOS SUBPROJETOS QUE FAZEM PARTE DO PROJETO “ESTRUTURA VEGETAL, STATUS NUTRICIONAL DO COMPONENTE ARBÓREO E DO SOLO DOS MANGUEZAIS DO PARANÁ”	16
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

CAPÍTULO 1

FIGURA 1 – ÁREAS DE ESTUDO (FONTE: GOVERNO DO PARANÁ).....	25
------------------------------------------------------------	----

FIGURA 2 – NÚMERO DE INDIVÍDUOS, POR CLASSE DE ALTURA (cm), POR ESPÉCIE, ENCONTRADOS NAS SUBÁREAS DE ANTONINA (3A-C: SUBÁREAS 1, 2 E 3, RESPECTIVAMENTE) E GUARATUBA (3D-F: SUBÁREAS 1, 2 E 3, RESPECTIVAMENTE).....	31
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

FIGURA 3 – NÚMERO DE PLÂNTULAS E INDIVÍDUOS JOVENS, POR CLASSE DE ALTURA (cm), ENCONTRADOS NAS SUBÁREAS DE ANTONINA (A1, A2 E A3) E DE GUARATUBA (G1, G2, E G3)	32
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

FIGURA 4 – ANÁLISE DE AGRUPAMENTO (CLUSTER) DAS ESPÉCIES: A. <i>schaueriana</i> , <i>L. racemosa</i> e <i>R. mangle</i> (A, B e C, RESPECTIVAMENTE) E DAS TRÊS ESPÉCIES EM CONJUNTO (D), POR SUBÁREAS DE ANTONINA E DE GUARATUBA. ÍNDICE COFENÉTICO – A: 0,90; B: 0,94; C: 0,82; D: 0,84	35
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

CAPÍTULO 2

FIGURA 1 – ÁREA DE ESTUDO (FONTE: GOVERNO DO PARANÁ).....	44
-----------------------------------------------------------	----

FIGURA 2 – SEÇÕES TRANSVERSAIS DA LÂMINA DOS TIPOS FOLIARES DE <i>Avicennia schaueriana</i> (A, B, C, E e G), <i>Laguncularia racemosa</i> (D, F e H) E <i>Rhizophora mangle</i> (I e J) EM MICROSCOPIA ÓPTICA. A – C. DETALHE DA FACE ADAXIAL E ABAXIAL DO COTILÉDONE MOSTRANDO OS ESTÔMATOS (seta), GLÂNDULAS DE SAL (gs) E O MESOFILO COM PARÊNQUIMA HOMOGÊNEO (ph). D. COTILÉDONE ANFIESTOMÁTICO COM MESOFILO ASSIMÉTRICO. E. EOFILO HIPOESTOMÁTICO, COM GLÂNDULAS DE SAL EM AMBAS AS FACES EPIDÉRMICAS E CAMADAS SUBEPIDÉRMICAS (cse). F. EOFILO COM GLÂNDULAS DE SAL NA FACE ADAXIAL E MESOFILO ASSIMÉTRICO. G. NOMOFILO HIPOESTOMÁTICO COM GLÂNDULAS DE SAL, TRICOMAS NÃO GLANDULARES (tng) E CAMADAS SUBEPIDÉRMICAS. H. NOMOFILO ANFIESTOMÁTICO COM MESOFILO ASSIMÉTRICO. I E J. EOFILO E NOMOFILO HIPOESTOMÁTICOS, CAMADAS SUBEPIDÉRMICAS. DETALHE NA ESTRUTURA SUBEROSA (es).....	48
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

FIGURA 3 – DETALHES DA EPIDERME DOS TIPOS FOLIARES EM MICROSCOPIA ÓPTICA (A, C e E) E EM MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (B, D, F e G) DE *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle*. A-B. VISTA FRONTAL DA EPIDERME COM ESTÔMATOS E GLÂNDULAS DE SAL; TRICOMAS NÃO GLANDULARES (tng) DA FACE ABAXIAL DO NOMOFILO DE *Avicennia schaueriana*. C-D. VISTA FRONTAL DA EPIDERME COM ESTÔMATOS; DETALHE NA GLÂNDULA DE SAL (gs) E ESTÔMATOS DA FACE ADAXIAL DO EOFILO DE *Laguncularia racemosa*. E-F. VISTA FRONTAL DA EPIDERME COM ESTÔMATOS E DA ESTRUTURA SUBEROSA (seta) DE *Rhizophora mangle*. G. DETALHE NA ESCLEREIDE EM “FORMATO DE H” PRESENTE NO MESOFILO. 49

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

TABELA 1 – COORDENADAS GEOGRÁFICAS, CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS E CLIMÁTICAS DAS SUBÁREAS ESTUDADAS, NAS ÁREAS DE ANTONINA E GUARATUBA.....	24
TABELA 2 – NÚMERO DE PLÂNTULAS POR M ² DE CADA ESPÉCIE, POR SUBÁREA, DOS MANGUEZAIS DE ANTONINA E GUARATUBA (PARANÁ – BRASIL)	27
TABELA 3 – PARÂMETROS ESTRUTURAIS DAS PLÂNTULAS DA VEGETAÇÃO DE MANGUEZAL DE ANTONINA (PARANÁ – BRASIL), POR ESPÉCIE. DA: DENSIDADE ABSOLUTA (N° DE IND.M ⁻²), DR: DENSIDADE RELATIVA (%), FA: FREQUÊNCIA ABSOLUTA (%), FR: FREQUÊNCIA RELATIVA (%)	27
TABELA 4 – PARÂMETROS ESTRUTURAIS DAS PLÂNTULAS DA VEGETAÇÃO DE MANGUEZAL DE GUARATUBA (PARANÁ – BRASIL), POR ESPÉCIE. DA: DENSIDADE ABSOLUTA (N° DE IND. M ⁻²), DR: DENSIDADE RELATIVA (%), FA: FREQUÊNCIA ABSOLUTA (%), FR: FREQUÊNCIA RELATIVA (%)	27
TABELA 5 – PARÂMETROS ESTRUTURAIS DAS PLÂNTULAS DA VEGETAÇÃO DOS MANGUEZAIS DE ANTONINA E GUARATUBA (PARANÁ – BRASIL), POR ESPÉCIE	28
TABELA 6 – ALTURA MÉDIA EM (CM), DIÂMETRO DA BASE DO CAULE (DBC) EM (cm) E RESPECTIVOS DESVIOS-PADRÃO DAS PLÂNTULAS ENCONTRADAS NAS SUBÁREAS DE ANTONINA E GUARATUBA.....	30

CAPÍTULO 2

TABELA 1 – VALORES MÉDIOS E RESPECTIVOS DESVIOS-PADRÃO (ENTRE PARÊNTESES) DO DIÂMETRO DA BASE DO CAULE (DBC) E ALTURA DOS INDIVÍDUOS NAS FASES COM COTILÉDONE, EOFILO E NOMOFILO DE <i>Avicennia schaueriana</i> , <i>Laguncularia racemosa</i> e <i>Rhizophora mangle</i> . LETRAS DIFERENTES INDICAM VALORES ESTATISTICAMENTE SIGNIFICANTES ENTRE AS FASES (FISHER, P < 0,05, N = 30)	50
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

TABELA 2 – VALORES MÉDIOS E RESPECTIVOS DESVIOS-PADRÃO (ENTRE PARÊNTESES) DAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS: ÁREA FOLIAR (AF), MASSA SECA FOLIAR (MF), ÁREA ESPECÍFICA FOLIAR (AEF) E DENSIDADE FOLIAR (DF) DE *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle*. LETRAS DIFERENTES INDICAM VALORES ESTATISTICAMENTE SIGNIFICANTES ENTRE OS ÓRGÃOS (FISHER, $P < 0,05$; $N = 30$)..... 51

TABELA 3 – VALORES MÉDIOS E RESPECTIVOS DESVIO-PADRÃO DAS ESPESSURAS DOS TECIDOS FOLIARES (μm): ESPESSURA DA EPIDERME FACE ADAXIAL (EEAD), ESPESSURA DA EPIDERME FACE ABAXIAL (EEAB), ESPESSURA DA CAMADA SUBEPIDÉRMICA FACE ADAXIAL (ECSAD), ESPESSURA DA CAMADA SUBEPIDÉRMICA FACE ABAXIAL (ECSAB), ESPESSURA DO PARÊNQUIMA PALIÇÁDICO (EPP), ESPESSURA DO PARÊNQUIMA ESPONJOSO (EPE), ESPESSURA DO PARÊNQUIMA HOMOGÊNEO (EPH), ESPESSURA TOTAL DOS TECIDOS (ETT) E ESPESSURA PARÊNQUIMA PALIÇÁDICO/ PARÊNQUIMA ESPONJOSO (EPP/EPE) DAS ESPÉCIES ESTUDADAS. LETRAS DIFERENTES INDICAM VALORES ESTATISTICAMENTE SIGNIFICANTES ENTRE OS ÓRGÃOS (FISHER, $P < 0,05$; $N = 30$). NE: NÃO ENCONTRADO..... 53

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	ix
SUMÁRIO	xi
1 INTRODUÇÃO GERAL	12
2 REFERÊNCIAS	17
CAPÍTULO 1 – ESTRUTURA DO COMPONENTE DE REGENERAÇÃO DE DOIS MANGUEZAIS NO ESTADO DO PARANÁ	20
RESUMO E ABSTRACT	21
1. INTRODUÇÃO.....	22
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
CAPÍTULO 2 – MORFOLOGIA FUNCIONAL DE COTILÉDONES, EOFILOS E NOMOFILOS DE TRÊS ESPÉCIES DE MANGUEZAIS DO PARANÁ, BRASIL	40
RESUMO E ABSTRACT	41
1. INTRODUÇÃO.....	42
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	43
3. RESULTADOS	46
4. DISCUSSÃO.....	52
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
CONSIDERAÇÕES FINAIS	62

1 INTRODUÇÃO GERAL

O manguezal é um ecossistema costeiro, de transição entre o ambiente terrestre e o marinho, marcado por inundações periódicas pela água do mar, variações de salinidade, escassez de oxigênio e solos instáveis e lodosos (ANGULO, 1990). Ocorre em regiões costeiras abrigadas, como estuários, nas margens de baías, lagunas e enseadas (SILVA *et al.*, 2005), protegidos contra a ação das ondas, que poderiam impedir a fixação e o desenvolvimento adequado das plântulas, considerando-se a mobilidade do substrato onde o manguezal se instala (ALONGI, 1989). Os manguezais são ecossistemas característicos de regiões tropicais e subtropicais, estando representados em quatro continentes e seis regiões geográficas do planeta, sendo o Brasil umas das regiões de maior ocorrência (MATOS-FONSECA & ROCHA, 2004).

Os manguezais são conhecidos mundialmente pela sua relevante importância na produção de biomassa, transformando nutrientes em matéria orgânica e, também, por ser um dos ecossistemas mais produtivos do mundo. Além disso, esse ecossistema possui importante papel ecológico, funcionando como berçário natural para várias espécies de moluscos, crustáceos e peixes de interesse econômico (CARVALHO *et al.*, 2007).

No Brasil, os manguezais localizam-se desde o extremo norte no Amapá (Rio Oiapoque – 04° 20'N) até Laguna, em Santa Catarina (28° 30'S) (KAMPEL *et al.*, 2005), ocupando aproximadamente uma área de 25.000 Km² e constituindo-se em uma das maiores extensões de manguezais do mundo (SOUZA *et al.*, 2006). No Paraná, os manguezais estendem-se desde a Vila de Ararapira, ao norte (25°12'44"S e 48°01'15"W), até a barra do rio Saí-Guaçu, ao sul (25°28'38"S - 48°35'26"W).

Os manguezais brasileiros são caracterizados por espécies pertencentes apenas a quatro gêneros de plantas lenhosas: *Rhizophora*, *Avicennia*, *Laguncularia* e *Conocarpus*, às quais se associam a espécies herbáceas, epífitas, hemiparasitas e aquáticas típicas (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995; LOVELOCK *et al.*, 2003). As plantas de manguezais são bons exemplos de espécies tolerantes a solos permanentemente hidromórficos. Elas são caracterizadas pela habilidade de crescer em solos salinos, invariavelmente anóxicos e onde as condições climáticas fornecem uma combinação de altas temperaturas e radiação solar (ANGULO, 1990). Além dessas condições, a topografia, o tipo de substrato, a ação de ondas e as características de cada espécie, podem influenciar na distribuição, estrutura e desenvolvimento da vegetação característica que é altamente adaptada a essas variações das

condições ambientais (TOMLINSON, 1986; SCHAEFFER-NOVELLI & CINTRÓN, 1993; SCHAEFFER-NOVELLI, 1995; VANNUCCI, 1999). Essas espécies são caracterizadas por apresentarem respostas específicas à este habitat tais como, exclusão de sal pela ultrafiltração ocorrida na raiz, secreção de sal via glândulas de sal, acúmulo de íons nas células das folhas, suculência das folhas e acúmulo de compostos para conter o efeito tóxico do sal (PATEL *et al.*, 2010).

Os manguezais vêm sofrendo, nas últimas décadas, uma forte pressão pelo aumento da população na região costeira e consequentes atividades relacionadas. O desmatamento dos manguezais para a expansão urbana e industrial, a especulação imobiliária, a contaminação por petróleo, a extração madeireira e a contaminação por metais pesados são os principais impactos que comprometem a integridade destes biomas. As alterações ocorridas nos manguezais podem incluir mudanças em sua estrutura e composição, bem como no seu recrutamento (LANA, 2004; KRUG *et al.*, 2007).

A fase inicial do ciclo de vida de um vegetal constitui em um período muito crítico para este que se encontra vulnerável a qualquer tipo de dano e à taxas de mortalidade maiores. Dessa forma, a sobrevivência a essa fase é fundamental para garantir a manutenção de uma população, influenciando toda a dinâmica de regeneração (HARPER, 1977). Para transpor esta fase, o sucesso da planta depende de fatores como as adaptações morfológicas, anatômicas e funcionais, que poderiam favorecer o estabelecimento em determinadas situações ambientais (GARWOOD, 1996).

O termo plântula deve ser empregado em referência a uma fase inicial do desenvolvimento das plantas, para as Angiospermas (SOUZA, 2009). Segundo este mesmo autor, existe um consenso na literatura a respeito de quando começa a fase de plântula, que é a partir da germinação da semente. Entretanto, existem divergências entre os autores quanto ao término desse período. Assim, cada autor define seus próprios critérios sobre as fases e características conforme o objetivo de seus estudos (MONTORO, 2008). Souza (2003) sugere que esta fase compreende o momento da germinação até a completa expansão da primeira folha ou eofilos. A fase posterior é chamada de *tirodendro* (tiro = principiante; dendro = planta), a qual se caracteriza pela formação do segundo nó que libera novos eofilos (protofilos) ou nomofilos (metafilos).

Menezes *et al.* (2005), em estudos de regeneração de manguezais na baixada santista, utilizaram como critério de classificação de plântulas de *R. mangle* aquelas que apresentavam entre 0,3 a 0,5 m de altura, sem presença de ramificações ou rizóforos (“raízes-aéreas”), possuindo um par de folhas, no mínimo. Para plântulas de *L. racemosa*, foram utilizadas

aquelas que apresentavam propágulos em média com 5,3 cm de altura e dois pares de folhas (MENEZES *et al.*, 2005). Silva *et al.* (2007), ao estudar a dinâmica de plântulas e indivíduos jovens no manguezal do estuário do rio Paraíba do Sul, utilizaram plântulas de *L. racemosa* que tinham aproximadamente 10 cm e plântulas de *A. germinans* com 28 cm. Jayatissa *et al.* (2008), estudando as taxas de crescimento de sete espécies de plantas em manguezais, consideraram como sendo plântulas, aquelas que apresentavam as primeiras duas folhas expostas.

A colonização em bosques de manguezais dá-se por meio da dispersão de propágulos, que ao se desprenderem da planta-mãe, podem fixar-se no solo ou serem levados pelas marés, fixando-se em locais mais distantes. Para continuarem seu desenvolvimento, necessitam de condições propícias referentes à imersão, salinidade, tipo de solo, insolação, vento, ação de herbívoros entre outros fatores, que podem levar à morte das plântulas ou ao seu sucesso no estabelecimento no substrato (SCHMIDT, 2000; FRUEHAUF, 2005).

A viviparidade é um processo pelo qual o embrião se desenvolve ainda preso à planta-mãe e não apresenta dormência nem germinação propriamente ditas. Nesses casos, o termo semente é substituído por propágulo (FRUEHAUF, 2005). Estes acumulam grande quantidade de reservas nutritivas, permitindo sua sobrevivência enquanto flutuam por longos períodos, até encontrarem ambiente adequado à fixação (FRUEHAUF, 2005). Os propágulos também possuem um rápido estabelecimento, caracterizando certa vantagem para evitar as possíveis condições desfavoráveis do ambiente (PERGENTINO & LANDIM, 2005). Além desta estratégia adaptativa para a dispersão, a viviparidade aumenta a resistência das plântulas à salinidade, proporcionando proteção aos embriões contra o meio salino, tendo o zigoto um desenvolvimento contínuo até formar um novo descendente, antes de desprender-se da planta-mãe e permitindo maior probabilidade de sobrevivência. A viviparidade, a localização dos tecidos de flutuação, o tamanho do propágulo e, sobretudo, o peso do propágulo são atributos determinantes no processo de dispersão, estabelecimento e taxa de sobrevivência das plântulas (Rodrigues *et al.*, 1989). Além disso, Fruehauf (2005) evidencia em seu estudo com plântulas de manguezais a importância de se observar também os fatores extrínsecos aos propágulos que podem atuar como causas preponderantes à mortalidade.

O tamanho e o peso dos propágulos são importantes atributos na zonação dos bosques de manguezal. *Rhizophora mangle* ocupa as zonas mais próximas do mar onde as inundações são mais frequentes, devido ao peso dos seus propágulos que oferecem maior resistência às perturbações da maré. Os pequenos propágulos das espécies de *Avicennia* flutuam e necessitam de um período livre da ação da maré para se fixarem ao substrato,

ocorrendo, deste modo, em locais mais afastados do mar, onde a frequência de inundações é menor. Os propágulos de *Laguncularia*, também pequenos, mas com menor poder de flutuação, afundam e também necessitam de um período livre de perturbações da maré para se fixar, ocupando áreas mais afastadas da influência de maré (RABINOWITZ, 1978a; FRUEHAUF, 2005). Além disso, a presença de grande quantidade de plântulas de *L. racemosa* em área de regeneração evidencia seu papel de pioneira (FRUEHAUF, 2005).

O conhecimento da dinâmica dos estágios iniciais de desenvolvimento das espécies arbóreas é fundamental para a compreensão dos processos que regulam a estabilidade deste ecossistema, bem como do seu potencial intrínseco de regeneração natural frente aos fatores estressantes (OLIVEIRA, 1999b). A morfologia dos estágios iniciais de desenvolvimento das plantas é pouco conhecida, comparando-se com a estrutura dos órgãos vegetativos adultos. Entender esta fase constitui uma ferramenta muito importante para estudos ecológicos, especialmente de recuperação de áreas degradadas. Em se tratando da análise comparativa da sequência de tipos foliares de plantas jovens, como cotilédones, eófilos e metafilos, o que se encontra disponível na literatura são apenas descrições morfológicas de determinadas espécies (RICARDI *et al.*, 1977, OLIVEIRA & BELTRATI, 1992; GARWOOD, 1996; OLIVEIRA, 1999b). O estudo da morfologia e anatomia das plantas jovens permite a descoberta de estruturas transitórias, as quais podem desaparecer ou serem substituídas com o desenvolvimento do indivíduo, mas que são importantes para o reconhecimento das relações entre estas e os órgãos adultos (RICARDI *et al.*, 1977).

Esse estudo faz parte de um projeto intitulado “Estrutura vegetal, status nutricional do componente arbóreo e do solo dos manguezais do Paraná”, financiado pela Fundação Araucária (convênio 412/09), englobando vários subprojetos que se complementam (Fig.1). Especificamente, o presente estudo objetivou estudar as três espécies mais comumente encontradas nos manguezais do Paraná: *Rhizophora mangle* L., *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn e *Avicennia schaueriana* Stapf & Leachman, focando no componente de regeneração natural de duas áreas de manguezais, Baía de Antonina e Baía de Guaratuba, com intuito de estudar comparativamente as espécies em seus estágios iniciais de crescimento e estabelecimento, abrangendo o estudo fitossociológico e morfoanatômico.

Os dados produzidos nesse estudo estão apresentados na forma de artigos científicos, representados pelos capítulos I e II. O capítulo I trata do estudo fitossociológico da regeneração natural e o capítulo II trata do estudo de morfologia funcional dos cotilédones, eófilos e nomofilos das três espécies arbóreas ocorrentes nos manguezais estudados. Os artigos encontram-se nas normas da *Acta Botanica Brasilica*.

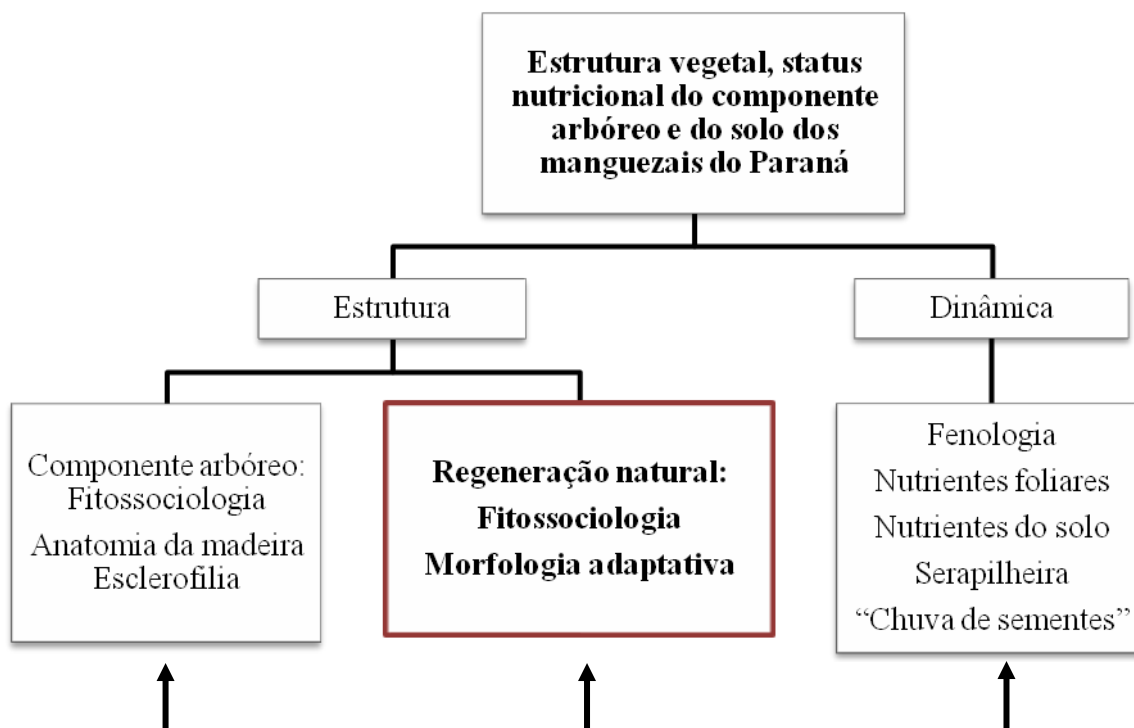


Figura 1 - FLUXOGRAMA REPRESENTANDO A INTEGRAÇÃO DOS SUBPROJETOS QUE FAZEM PARTE DO PROJETO “ESTRUTURA VEGETAL, STATUS NUTRICIONAL DO COMPONENTE ARBÓREO E DO SOLO DOS MANGUEZAIS DO PARANÁ”.

2 REFERÊNCIAS

- ALONGI, D. M. The role of soft-bottom benthic communities in Tropical Mangrove and Coral Reef Ecosystems. **Critical Reviews in Aquatic Sciences**, v. 1, n. 2, p. 243-280, 1989.
- ANGULO, R. J. O manguezal como unidade dos mapas geológicos. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA, 2, 1990, Águas de Lindóia. **Resumos Expandidos**. São Paulo, ACIESP. 1990. v. 2, p. 54-62.
- CARVALHO, E. V. T.; ZAGAGLIA, C. R.; FERREIRA, E. Avaliação de áreas de mangues e apicuns, nos anos de 1938 e 2004, localizadas na Ilha de Santa Catarina. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. XIII, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2007. p. 3805-3811.
- RODRIGUES, F.O.; LAMPARELLI, C.C.; MOURA, D.O. **Avaliação dos efeitos de um derramamento de óleo em áreas de manguezal, Bertioga – SP**. São Paulo, 1989. 118p. Relatório Final, Relatório CETESB.
- FRUEHAUF, S. P. **Rhizophora mangle (Mangue vermelho) em áreas contaminadas de manguezais na Baixada Santista**. 223 f. Tese (Doutorado em Ecologia de Agroecossistemas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2005.
- GARWOOD, D. C. Functional morphology of tropical tree seedlings. In: SWAINE, M. D. (ed.), **The ecology of tropical forest tree seedlings**. UNESCO - Parthenon Publish Group, Paris. 1996. p. 59-129.
- HARPER, J.L. **Population biology of plants**. London: Academic Press. 892p. 1977.
- JAYATISSA, L.P.; WICKRAMASINGHE, W.A.A.D.L.; DAHDOUH-GUEBAS, F.; HUXHAM, M. Interspecific Variations in Responses of Mangrove Seedlings to Two Contrasting Salinities. **International Review of Hydrobiology**. v. 93, n. 6, p. 700-710, 2008.
- KAMPEL, M.; AMARAL, S. & SOARES, M. L. G. Imagens CCD/CBERS e TM/Landsat para análise multi-temporal de manguezais no Nordeste brasileiro. Um estudo no litoral do Estado do Ceará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. XII, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005.
- KRUG, L. A.; LEÃO, C.; AMARAL, S. Dinâmica espaço-temporal de manguezais no Complexo Estuarino de Paranaguá e relação entre decréscimo de áreas de manguezal e dados sócio-econômicos da região urbana do município de Paranaguá – Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. XIII, 2007, Florianópolis. **Anais...** 2007. p. 2753-2760.
- LANA, P. C. **Novas formas de gestão dos manguezais brasileiros: a Baía de Paranaguá como estudo de caso**. Desenvolvimento e Meio Ambiente. Curitiba: Editora UFPR, 2004.

- LOVELOCK, C. E.; FELLER, I. C. Photosynthetic performance and resource utilization of two mangrove species coexisting in a hypersaline scrub forest. **Oecologia**, v. 134, n. 4, p. 455-462, 2003.
- MATTOS-FONSECA, S., ROCHA, M. T. O M.D.L. e as Florestas de Manguezal. In: SEMINÁRIOS EM ADMINISTRAÇÃO, FEA - USP, 7, São Paulo. Trabalho Científico Gestão Sócioambiental, 2004. p. 1-13,
- MENEZES, G.V.; SHAEFFER-NOVELLI, Y.; POFFO, I.R.F. & EYSINK, G.G.J. Mangrove recovering: a case study at Baixada Santista of São Paulo, Brazil. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**. v. 9, n. 1, p. 67-74, 2005.
- MONTORO, G. R. **Morfologia de plântulas de espécies lenhosas do Cerrado**. 104 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade de Brasília, Brasília. 2008.
- OLIVEIRA, D.M.T. & BELTRATI, C.M. Morfologia e desenvolvimento das plântulas de *Inga fagifolia* e *I. urugüensis*. **Turrialba**, v. 42, p. 306-313. 1992.
- OLIVEIRA, D.M.T. Morfologia de plântulas e plantas jovens de 30 espécies arbóreas de Leguminosae. **Acta Botanica Brasílica**, v. 13, p. 263-269. 1999b.
- PATEL, N.T.; GUPTA, A.; PANDEY, A.N. Salinity tolerance of *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. from Gujarat coasts of India. **Aquatic Botany**, v. 93, p. 9–16. 2010.
- PERGENTINO, T.C; LANDIM, M.F. Distribuição espacial de plântulas de espécies arbóreas de manguezais. In: VII CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, MG, 2005, Minas Gerais. **Anais...Minas Gerais**, 2005.
- RABINOWITZ, D. Dispersal properties of mangrove propagules. **Biotropica**, v.10, n. 1, p. 47-57. 1978a.
- RICARDI, M., TORRES, F., HERNÁNDEZ, C. & QUINTERO, R. Morfologia de plantulas de arboles venezolanos. I. **Revista Florestal Venezolana**, v. 27, p. 15-56. 1977.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN, G.M. Mangroves of arid environments of Latin America. In: H. Lieth and A. Al Masoom (eds), Towards the rational use of righ salinity tolerant plants. **Kluwer Academic Publishers**, Netherlands, v.1, p. 107 - 116, 1993.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezal**: Ecosistema entre a terra e o mar, São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1995. 64 p.
- SILVA, Maria Amélia Bonfante da; BERNINI, Elaine; CARMO, Tania Mara Simões do. Características estruturais de bosques de manguê do estuário do rio São Mateus, ES, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, v. 19, n. 3, p. 465-471. 2005.
- SILVA, E.G.; BERNINI, E.; REZENDE, C.E.. Dinâmica de plântulas e indivíduos jovens no manguezal do estuário do Rio Paraíba do Sul. In: XII CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS DO MAR – XII COLACMAR. 2007. Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis. 2007.

SCHMIDT, L. **Guide to handling of tropical and subtropical forest seed**. Danida Forest Seed Centre. 2000.

SOUZA, L. A. **Morfologia e anatomia vegetal (célula, tecidos, órgãos e plântula)**. Ponta Grossa: Ed. UEPG, 2003. 259 p.

SOUZA, T. A. B.; CLEMENTE, G.; MOURA, F.; GARCIA, F. & FLYNN, M. Mapeamento de manguezal em Cananéia, São Paulo – Brasil. In: ENVIRONMENTAL AND HEALTH WORLD CONGRESS, 2006, Santos. **Anais...** Santos, 2006.

SOUZA, L. A. (Org.). **Sementes e plântulas: germinação, estrutura e adaptação**. Ponta Grossa: Ed. TODAPALAVRA, 2009. 280 p.

TOMLINSON, P. B. **The botany of mangroves**. Cambridge: Cambridge University Press, 1986. 419 p.

VANNUCCI, M. **Os manguezais e nós**, São Paulo: Edusp, 1999. 233 p.

Estrutura do componente de regeneração de dois manguezais no estado do Paraná¹

Andressa Pelozo^{2,3}, Maria Regina Torres Boeger² e Patricia Soffiatti²

¹ Parte da dissertação de Mestrado da primeira autora, Programa de Pós Graduação em Botânica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

² Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, Caixa Postal 19031, 81531 990 Curitiba, PR, Brasil.

³ Autor para correspondência: pelozo.andressab@gmail.com

RESUMO - (Estrutura do componente de regeneração de dois manguezais no estado do Paraná). A fase inicial do ciclo de vida de um vegetal constitui um período curto e muito crítico, onde as plantas se encontram mais vulneráveis a danos e injúrias. Sobreviver a essa fase é fundamental para garantir a manutenção das populações, influenciando a dinâmica de regeneração. O conhecimento da dinâmica dos estágios iniciais de desenvolvimento das espécies arbóreas é fundamental para a compreensão dos processos que regulam a estabilidade deste ecossistema. Esse estudo teve como objetivo comparar o componente de regeneração natural de duas áreas de manguezais do Paraná. As áreas amostrais localizaram-se em Antonina e Guaratuba. Nas duas áreas foram encontradas plântulas das três espécies: *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana*. *Rhizophora mangle* apresentou os maiores valores de altura e diâmetro, seguido de *A. schaueriana* e *L. racemosa*. Antonina apresentou maior densidade de plântulas que se encontram heterogeneamente distribuída entre as parcelas, enquanto que em Guaratuba observou-se menor densidade de plântulas, porém, uma distribuição relativamente homogênea. Essa distribuição pode estar relacionada a diversos fatores característicos daquele local como tipo de solo, salinidade e disponibilidade de luz, além das características próprias das espécies.

Palavras-chave: fitossociologia, mangue, plantas jovens, plântulas, recrutamento, restauração.

ABSTRACT - (Structure of regeneration of two mangroves in the state of Paraná). The initial phase of the life cycle of a plant is short and very critical, where the plants are more vulnerable to damage and injuries. Surviving this phase is critical to ensure the maintenance of a population, influencing the dynamics of regeneration. The knowledge of the early developmental stages dynamics of tree species is fundamental to the understanding of the regulating processes of the stability of this ecosystem. This study aimed to compare the natural regeneration of mangroves in the two areas of Paraná State. The study areas were located in Antonina and Guaratuba. In both areas were found seedlings of three species: *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* and *Avicennia schaueriana*. *Rhizophora mangle* showed the highest values of height and diameter, followed by *A. schaueriana* and *L. racemosa*. Antonina had a higher density of seedlings heterogeneously distributed among the plots, while in Guaratuba it was observed lower density of seedlings in a relatively homogeneous distribution. This distribution can be related to several factors characteristic to that location such as soil type, salinity and light availability, in addition to the characteristics of the species.

Keywords: mangrove, phytosociology, recruitment, restoration, seedlings.

INTRODUÇÃO

A regeneração natural é um processo que favorece a reconstrução ou perpetuação de uma floresta, podendo ocorrer pela disseminação natural de sementes ou reprodução vegetativa, por meio de brotação de troncos, raízes ou partes do vegetal senescente (Inoue 1979). Nas florestas, o processo dinâmico de regeneração natural pode ser favorecido pela ocorrência de distúrbios no habitat, decorrentes da queda de galhos ou de árvores mais velhas, tempestades, chuvas, desabamento de terra, queimadas, entre outros. Dessa forma, a abertura de clareiras no dossel da floresta propicia condições adequadas à germinação das sementes e estabelecimento de plântulas, iniciando o processo natural de sucessão (Whitmore 1978). Entretanto, diversos fatores podem limitar o processo de regeneração natural, como a baixa produção de sementes, a ausência de dispersores de sementes, a predação de plântulas, a concorrência radicial, além de mudanças nas condições ambientais e na composição nutricional do solo (Stevens 1999).

A fase inicial do ciclo de vida de um vegetal constitui em um período curto e muito crítico, onde as plantas se encontram mais vulneráveis a danos e injúrias. Dessa forma, a sobrevivência a essa fase é fundamental para garantir a manutenção de uma população, influenciando a dinâmica de regeneração (Harper 1977). Para transpor esta fase, o sucesso da planta depende de fatores como adaptações morfológicas, anatômicas e funcionais, que poderiam favorecer o estabelecimento em determinadas situações ambientais (Garwood 1996).

Nos manguezais, principalmente, o estabelecimento das plântulas está sujeito a fatores que dificultam esse processo como o substrato instável e variável e a influência da maré, além do estresse típico de sistemas florestais como sombreamento e herbivoria (Fruehauf 2005).

A colonização em bosques de manguezais dá-se por meio da dispersão de propágulos, que ao se desprenderem da planta-mãe, podem fixar-se no solo ou serem levados pelas marés, fixando-se em locais mais distantes. Para continuarem seu desenvolvimento, necessitam de condições propícias relacionadas à imersão, salinidade, tipo de solo, insolação, vento, ação de herbívoros entre outros fatores, que podem levar à morte das plântulas ou ao seu sucesso no estabelecimento no substrato (Schmidt 2000; Fruehauf 2005).

Uma estratégia adaptativa para a dispersão comum em espécies de manguezais é a viviparidade. Esta constitui em um processo pelo qual o embrião se desenvolve ainda preso à planta-mãe e não apresenta dormência nem germinação propriamente dita. Nesses casos, o termo semente é substituído por propágulo (Fruehauf 2005). Estes acumulam grande quantidade de reservas nutritivas, permitindo a sua sobrevivência, enquanto flutuam por longos períodos até encontrarem ambiente adequado à fixação (Fruehauf 2005), além de propiciar um rápido estabelecimento caracterizando certa vantagem por evitar as possíveis condições desfavoráveis do ambiente (Pergentino & Landim 2005). Além disso, a viviparidade aumenta a resistência das plântulas à salinidade, proporcionando proteção

aos embriões contra o meio salino, tendo o zigoto um desenvolvimento contínuo até formar um novo descendente antes de desprender-se da planta-mãe e permitindo maior probabilidade de sobrevivência. A viviparidade, a localização dos tecidos de flutuação, o tamanho do propágulo e, sobretudo, o peso do propágulo são atributos determinantes no processo de dispersão, estabelecimento e taxa de sobrevivência das plântulas (Rodrigues *et al.* 1989). Além disso, Fruehauf (2005) evidencia a importância de se observar também os fatores extrínsecos aos propágulos que podem atuar como causas preponderantes à mortalidade.

O tamanho e o peso dos propágulos são importantes atributos na zonation dos bosques de manguezais. *Rhizophora mangle* ocupa as zonas mais próximas do mar onde as inundações são mais frequentes, devido ao peso dos seus propágulos que oferecem maior resistência às perturbações da maré. Os pequenos propágulos das espécies de *Avicennia* flutuam e necessitam de um período livre da ação da maré para se fixarem ao substrato, ocorrendo, deste modo, em locais mais afastados do mar onde a frequência de inundações é menor. Os propágulos de *Laguncularia*, também pequenos, mas com menor poder de flutuação, afundam e também necessitam de um período livre de perturbações da maré para se fixar, ocupando áreas mais afastadas da zona de maré (Rabinowitz 1978a; Fruehauf 2005). Além disso, a presença de grande quantidade de plântulas de *L. racemosa* em área de regeneração evidencia seu papel como pioneira (Fruehauf 2005).

A expressão “regeneração natural” é um conceito muito amplo, de maneira que existem diversas metodologias que podem ser utilizadas para a sua caracterização. Geralmente, a regeneração natural é identificada por meio de classes de tamanho, sendo a padronização dos limites determinada pelo objetivo do estudo e das características da floresta estudada (Chami 2008).

Estudos sobre a regeneração natural de manguezais abrangem a distribuição espacial das plântulas (Pergentino & Landim 2005; Munari 2008), a recuperação de manguezais degradados utilizando propágulos ou plântulas transplantadas (Orge 1998; Abraão 1998; Menezes *et al.* 2005) e o padrão de colonização por espécies de mangue (Almeida *et al.* 2008). Nos manguezais de Angra dos Reis (RJ), estudos de mortalidade e crescimento das plântulas de *R. mangle* foram relacionadas com a disposição, grau de exposição ao mar e diferenças estruturais associadas ao período de plantio, espaçamento e manejo de mudas arbóreas (Moscatelli & Almeida 1994).

A avaliação da dinâmica de plântulas e indivíduos jovens no manguezal do Rio Paraíba do Sul, mostrou que inicialmente houve uma grande densidade de plântulas de *L. racemosa* e *Avicennia germinans*. Após dois meses do início do estudo, houve uma redução significativa na densidade destas duas espécies (Silva *et al.* 2007). Os autores consideraram a luz como a principal causa de morte das espécies, devido ao esgotamento das reservas de fotoassimilados dos cotilédones dos indivíduos, mas não descartaram a possibilidade de competição com jovens e adultos por espaço e luz.

O conhecimento da dinâmica dos estágios iniciais de desenvolvimento das espécies arbóreas é fundamental para a compreensão dos processos que regulam a estabilidade deste ecossistema, bem

como do seu potencial intrínseco de regeneração natural frente aos fatores estressantes (Oliveira 1999b). Dessa forma, este estudo tem como objetivo comparar os parâmetros fitossociológicos da regeneração natural entre duas áreas de manguezais no estado do Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo - para o estudo duas áreas de amostragem foram definidas (Fig. 1) a Baía de Antonina-PR e a Baía de Guaratuba-PR, ambas com três subáreas. As coordenadas geográficas, características edáficas e climáticas das subáreas estudadas (dados fornecidos pelo Simepar para os anos de 2010/2011; Embrapa 1999), estão sumarizadas na Tabela 1. Esta região litorânea engloba principalmente as bacias hidrográficas de Paranaguá e de Guaratuba e são consideradas sistemas acoplados com grandes estuários com predomínio da ação das correntes de maré sobre o fluxo fluvial (Maack 1947).

Tabela 1. Coordenadas geográficas, características edáficas e climáticas das subáreas estudadas, nas áreas de Antonina e Guaratuba.

	Antonina			Guaratuba		
	Subárea 1	Subárea 2	Subárea 3	Subárea 1	Subárea 2	Subárea 3
Posição Geográfica	25°29'57''S 48°42'44''W	25°29'51''S 48°42'43''W	25°29'50''S 48°41'29''W	25°50'00''S 48°34'52''W	25°49'43''S 48°34'52''W	25°49'43''S 48°34'57''W
Temperatura média (°C)	20,5	20,5	20,5	20,8	20,8	20,8
Mínima/máxima	(16,7 – 26,4)	(16,7 – 26,4)	(16,7 – 26,4)	(18,0 -24,2)	(18,0 -24,2)	(18,0 -24,2)
Precipitação anual (mm)	617,4	617,4	617,4	719,8	719,8	719,8
Tipo de solo	Organossolo tiomórfico sáprico sálico/sódico	Organossolo tiomórfico sáprico sálico/sódico	Organossolo tiomórfico sáprico sálico/sódico	Gleissolo tiomórfico húmico/sáprico, sálico/sódico	Organossolo tiomórfico sáprico, sálico/sódico	Gleissolo tiomórfico húmico/sáprico, sálico/sódico
Salinidade da água intersticial (%)	18,6	13,2	19	27,6	22,2	23,4
Potencial redox (mV)	-339	-347,8	-294,8	-318,6	-308,2	-323,8

A Baía de Antonina faz parte do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP), que abrange um grande corpo aquoso de forma irregular que se projeta continente adentro (Fávaro *et al.* 2007), além de ser considerado o terceiro maior estuário do mundo em termos de produção primária de carbono (CEM 2010; Krug *et al.* 2007). O CEP é formado pelas Baías de Antonina e Paranaguá, situadas no eixo leste-oeste, e pelas Baías de Laranjeiras, Pinheiros e Guaraqueçaba, no eixo norte-sul (CEM 2010).

A Baía de Guaratuba é o segundo maior sistema estuarino do litoral do estado do Paraná. Comunica-se com o Oceano Atlântico por uma abertura de aproximadamente 500 metros e prolonga-se para dentro do continente por cerca de 15 quilômetros (Chaves & Corrêa 1998), além de apresentar área superficial de 50,19 km² (Noernberg *et al.* 2008).

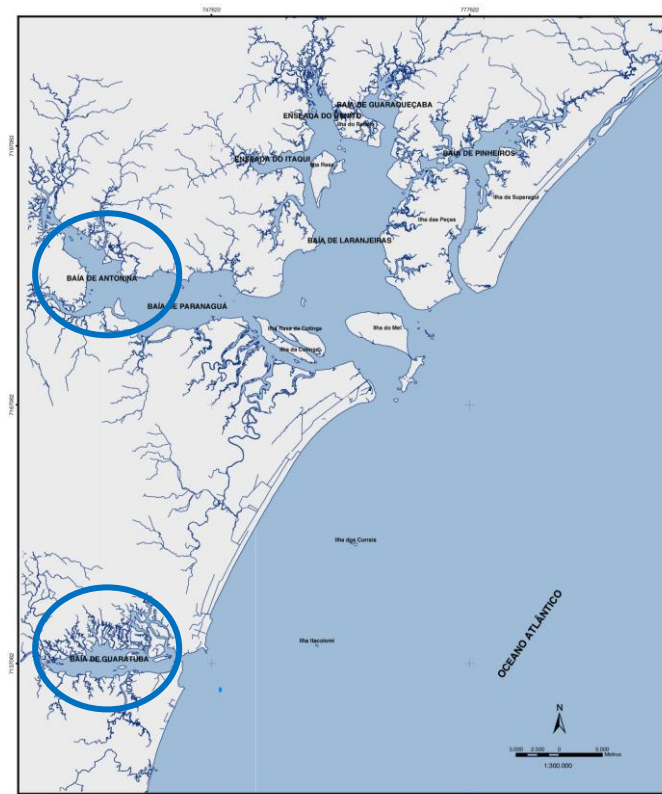


Figura 1 – Áreas de estudo (Fonte: Governo do Paraná).

Espécies estudadas - no local de estudo, três espécies lenhosas típicas dos manguezais paranaenses foram identificadas: *Rhizophora mangle* L. (Rhizophoraceae), *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn (Combretaceae) e *Avicennia schaueriana* Stapf & Leachman (Acanthaceae). Para o estudo da regeneração destas espécies, foi classificado como plântula aquelas que apresentavam até o primeiro par de eófilos. Os demais indivíduos encontrados que apresentavam até um metro, foram classificados como jovens e também foram incluídos no componente de regeneração.

Parâmetros fitossociológicos - em cada subárea, quinze parcelas com 1m² (1m x 1m) foram estabelecidas e dispostas aleatoriamente. O levantamento da regeneração natural foi realizado em abril de 2010. Em cada uma das parcelas foi realizado o levantamento florístico, onde todos os indivíduos com até um metro de altura foram identificados. Para cada indivíduo foi mensurado o comprimento total e o diâmetro da base do caule, com o auxílio de uma fita métrica e um paquímetro digital, respectivamente.

Com base nos dados levantados, os seguintes parâmetros fitossociológicos foram calculados: densidade (absoluta e relativa) e frequência (absoluta e relativa), conforme descritos por Mueller-

Dombois & Ellenberg (1974). Para o cálculo dos parâmetros mencionados foram utilizadas as seguintes definições e fórmulas:

- Densidade: Absoluta (DA): número de indivíduos de uma espécie na amostra; Densidade Relativa (DR): número de indivíduos de uma espécie em relação ao número total de indivíduos.

$$DA_i = \frac{n_i}{A} \qquad DR_i = \frac{n_i}{N} \times 100$$

Onde: A – área amostrada; n_i – número de indivíduos da espécie i ; N – número total de indivíduos de todas as espécies.

- Frequência: evidencia o número de parcelas em que determinada espécie ocorre dentro da amostras; Frequência Absoluta (FA); Frequência Relativa (FR): número de indivíduos de uma espécie em relação a somatória de todas as espécies.

$$FA_i = \frac{P_i}{P} \times 100 \qquad FR_i = \frac{FA_i}{\sum FA} \times 100$$

Onde: P_i – parcelas onde ocorre a espécie i ; P – número total de parcelas.

A análise de agrupamento foi aplicada aos dados de altura, DBC, densidade absoluta e frequência absoluta (dados transformados em \log_{10}) de cada uma das três espécies de manguezais, utilizando-se como coeficiente de semelhança entre pares de locais a distância euclidiana. A estratégia de agrupamento adotada foi a Average Linkage (UPGMA Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Averages) e o dendograma gerado foi obtido utilizando o programa PAST, versão 2.10 (Hammer & Harper 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Parâmetros fitossociológicos - nas duas áreas de manguezais, Antonina e Guaratuba, foram encontradas plântulas das três espécies estudadas: *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana*. Considerando todas as subáreas de Antonina, 966 plântulas foram amostradas, sendo 108 de *R. mangle*, 857 de *L. racemosa* e apenas uma de *A. schaueriana*. Em Guaratuba, foram amostradas 521 plântulas, sendo 137 de *R. mangle*, 200 de *L. racemosa* e 184 de *A. schaueriana*.

A ocorrência de plântulas, por espécie, entre as subáreas de Antonina e Guaratuba não foi homogênea (Tab.2). Plântulas de *A. schaueriana* foram observadas em Antonina apenas uma na subárea 3, enquanto que em Guaratuba observou-se em todas as subáreas, sendo encontrado na subárea 1 de Guaratuba o maior número de plântulas por m^2 dessa espécie. Para *L. racemosa*, o número de plântulas por m^2 foi maior em todas as subáreas de Antonina e na subárea 3 de Guaratuba. Para *R. mangle*, o maior número de plântulas por m^2 foi observado na subárea 1 de Antonina e na subárea 2 de Guaratuba (Tab.2). Comparando as duas áreas, *L. racemosa* foi a espécie com maior densidade,

seguida por *R. mangle* e por último, *A. schaueriana*, cuja densidade foi próxima a zero em Antonina (Tab.5).

Tabela 2. Número de plântulas.m⁻² de cada espécie, por subárea, dos manguezais de Antonina e Guaratuba (Paraná – Brasil).

Espécie	Antonina			Guaratuba		
	Subáreas			Subáreas		
	1	2	3	1	2	3
<i>Avicennia schaueriana</i>	0	0	0,06	9,60	0,60	2,06
<i>Laguncularia racemosa</i>	9,00	20,54	27,60	0,20	2,06	10,93
<i>Rhizophora mangle</i>	4,13	0,86	2,20	0,67	7,27	1,20
Total	13,14	21,40	29,87	10,60	9,93	14,20

A frequência absoluta das espécies nas subáreas e entre as áreas também não foi homogênea, variando de zero para *A. schaueriana* na subárea 1 de Antonina até 100% para *L. racemosa* na subárea 3 de Antonina e de *A. schaueriana* na subárea 1 de Guaratuba (Tabs.3-4).

Tabela 3. Parâmetros estruturais das plântulas da vegetação de manguezal de Antonina (Paraná – Brasil), por espécie. DA: Densidade absoluta (n° ind.m⁻²), DR: Densidade Relativa (%), FA: Frequência absoluta (%), FR: Frequência relativa (%).

Espécie	DA (n.m ²)	DR (%)	Subárea 1	
			FA	FR (%)
<i>Avicennia schaueriana</i>	0	0	0	0
<i>Laguncularia racemosa</i>	9	68,53	60,0	38,10
<i>Rhizophora mangle</i>	4,13	31,47	86,66	61,90
Subárea 2				
<i>Avicennia schaueriana</i>	0	0	0	0
<i>Laguncularia racemosa</i>	20,53	95,95	86,66	68,42
<i>Rhizophora mangle</i>	0,86	4,05	40,00	31,58
Subárea 3				
<i>Avicennia schaueriana</i>	0,06	0,22	6,67	4,55
<i>Laguncularia racemosa</i>	27,60	92,41	100,0	68,18
<i>Rhizophora mangle</i>	2,20	7,37	40,00	27,27

Tabela 4. Parâmetros estruturais das plântulas da vegetação de manguezal de Guaratuba (Paraná – Brasil), por espécie. DA: Densidade absoluta (n° ind. m⁻²), DR: Densidade Relativa (%), FA: Frequência absoluta (%), FR: Frequência relativa (%).

Espécie	DA (n.m ²)	DR (%)	Subárea 1	
			FA	FR (%)
<i>Avicennia schaueriana</i>	9,6	90,57	100,0	62,50
<i>Laguncularia racemosa</i>	0,2	1,89	13,33	8,33
<i>Rhizophora mangle</i>	0,67	6,32	46,67	29,17
Subárea 2				
<i>Avicennia schaueriana</i>	0,6	6,04	33,33	16,67
<i>Laguncularia racemosa</i>	2,06	20,75	80,0	40,00
<i>Rhizophora mangle</i>	7,27	73,21	86,67	43,33
Subárea 3				
<i>Avicennia schaueriana</i>	2,06	14,51	66,67	30,30
<i>Laguncularia racemosa</i>	10,93	76,97	66,67	39,39
<i>Rhizophora mangle</i>	1,2	8,45	86,67	30,30

A espécie com maior frequência absoluta e relativa foi *L. racemosa* nas subáreas 2 e 3, em Antonina, seguida de *A. schaueriana* na subárea 1, em Guaratuba. A menor frequência foi de *A. schaueriana*, na subárea 1, em Antonina e de *L. racemosa*, na subárea 1, em Guaratuba. A única subárea que apresentou uma frequência mais homogênea de plântulas foi a subárea 3 de Guaratuba (Tab.4).

Comparando as áreas (Antonina e Guaratuba), *L. racemosa* apresentou os maiores valores de densidade e frequência, tanto absoluta quanto relativa na área de Antonina, seguido dos valores de densidade e frequência absolutas de *R. mangle*, em Guaratuba (Tab.5).

Tabela 5. Parâmetros estruturais das plântulas da vegetação dos manguezais de Antonina e Guaratuba (Paraná – Brasil), por espécie.

Espécie	Antonina	Guaratuba
		Densidade Asoluta (N.m⁻²)
<i>Avicennia schaueriana</i>	0,07	12,27
<i>Laguncularia racemosa</i>	57,13	13,33
<i>Rhizophora mangle</i>	7,20	9,13
	Densidade Relativa (%)	
<i>Avicennia schaueriana</i>	0,10	35,32
<i>Laguncularia racemosa</i>	88,72	38,39
<i>Rhizophora mangle</i>	11,18	26,30
	Frequência Absoluta (%)	
<i>Avicennia schaueriana</i>	0,02	0,67
<i>Laguncularia racemosa</i>	0,80	0,60
<i>Rhizophora mangle</i>	0,56	0,67
	Frequência Relativa (%)	
<i>Avicennia schaueriana</i>	1,15	34,48
<i>Laguncularia racemosa</i>	58,06	31,03
<i>Rhizophora mangle</i>	40,32	34,48

A distribuição diferenciada das espécies entre as subáreas e entre as áreas deste estudo também foi observada em outros estudos sobre distribuição espacial de plântulas (Pergentino & Landim 2005; Soares *et al.* 2006; Barcellos *et al.* 2009). Vários fatores determinam a distribuição de plântulas nos bosques de mangues, como a sazonalidade na produção de propágulos, salinidade, sedimento, quantidade de matéria orgânica, ação direta das ondas, entre outros. O sucesso ecológico dos manguezais em condições adversas é explicado por vários fatores morfológicos, anatômicos, fisiológicos, bioquímicos e moleculares. As espécies dos manguezais desenvolveram ao longo da evolução uma infinidade de mecanismos capazes de amenizar o estresse salino, sendo que cada espécie pode apresentar estratégias diferentes para sobreviver neste ambiente. Dessa forma, algumas espécies podem ter mais sucesso em relação às outras (Parida & Jha 2010).

A competição entre as espécies por espaço e luz pode influenciar na distribuição das plântulas, uma vez que parte do investimento energético que poderia ser destinado à produção de raízes escoras, incremento de diâmetro, extensão lateral dos ramos e diminuição da altura, é

direcionado para a sobrevivência destas plântulas, ficando estas mais vulneráveis aos fatores estressantes dos manguezais (Moscatelli & Almeida 1994). Segundo estes autores, plântulas mais expostas aos movimentos das marés, ou seja, as dispostas na borda do manguezal podem ser fortemente influenciadas pelo movimento das marés, bem como pelo arraste de resíduos sólidos que podem vir junto com esta.

Apesar dos vários estudos já realizados no Brasil e no mundo, não existe um padrão para a distribuição espacial de plântulas de manguezais. A hipótese de Rabinowitz (1978a) preconiza que os propágulos pequenos são carregados para o interior dos bosques de mangues, sendo que os propágulos mais pesados ficam limitados à franja do bosque. Saifullah *et al.* (1994) consideram que os aglomerados de *Avicennia* podem ocorrer ao redor de árvores e em depressões protegidas do movimento de água devido a maior flutuabilidade do propágulo dessa espécie e pelo efeito da água no seu ancoramento, limitando seu estabelecimento em regiões com menor influência a ação da maré (Delgado *et al.* 2001). Já a abundância de *L. racemosa* em bosques de mangues é relacionada com a facilidade de enraizamento e baixa sensibilidade à ação da maré (Delgado *et al.* 2001).

Estudos de regeneração em manguezais reportam maior número de plântulas em ambientes mais impactados, como no caso dos manguezais de Antonina, os quais possuem histórico de intervenção antrópica como as atividades portuárias, derramamento de óleo, dragagem, esgoto doméstico, entre outros (Lana 2004; Noernberg *et al.* 2008), considerando a maior densidade como uma estratégia de regeneração dos mangues (Duke 2001). Dados referentes aos indivíduos adultos nestas mesmas áreas corroboram com esse padrão de distribuição, onde há uma correspondência entre a densidade de indivíduos adultos e plântulas da mesma espécie (Lang comunicação pessoal).

Segundo Pergentino & Landim (2005), a grande quantidade de plântulas de *L. racemosa* encontrada nos manguezais mais antropizados parece ser consequência do aporte extra de matéria orgânica, que beneficia o seu desenvolvimento e também pelo fato dos propágulos desta espécie apresentarem rápido enraizamento e baixa sensibilidade à ação da maré (Delgado *et al.* 2001). A presença de muitas plântulas de *L. racemosa*, também pode ser explicada por uma característica da espécie, que é a elevada produção de propágulos e, conseqüentemente, elevada densidade de plântulas (Soares *et al.* 2006).

Cada espécie utiliza os diferentes recursos para sobreviver ao estresse salino; *L. racemosa* têm como mecanismo o aumento da espessura da folha (suculência) com o acúmulo de sal excedente nas células do mesofilo e glândulas de sal (Sobrado 2004), enquanto *R. mangle* não apresenta glândulas de sal características, mas mantêm a seiva do xilema livre de NaCl por ultrafiltração nas membranas das células das raízes (Parida & Jha 2010), podendo assim, sobreviver em ambientes com níveis relativamente altos de salinidade e luminosidade (Krauss & Allen 2003). Além disso, as plântulas de *R. mangle* possuem a capacidade de se “auto plantarem” dependendo da posição em que estas caem no substrato, fato este que evidencia a importância da viviparidade nesta espécie proporcionando maior

sobrevivência neste período de redirecionamento da plântula para a posição vertical (Tomlinson & Cox 2000), além do eficiente sistema de raízes aéreas que esta espécie possui (FEEMA 1979). Plântulas de *R. mangle* foram encontradas durante todo o ano, principalmente em clareiras, observações que também foram constatadas por Rabinowitz (1978b).

A baixa frequência de plântulas de *A. schaueriana*, em Antonina, pode estar relacionada ao baixo número de indivíduos adultos encontrados neste local (Lang comunicação pessoal) e ao padrão de dispersão da espécie. Além disso, estudos com plântulas de *A. schaueriana* reportam que estas tendem crescer de maneira agregada em torno das árvores ou em depressões protegidas do movimento da água (Saifullah *et al.* 1994). Segundo Ha *et al.* (2003), os propágulos das espécies de *Avicennia* são sempre mais predados que os de outras espécies, enquanto aqueles, por exemplo, de *Rhizophora* são geralmente menos predados. A intensidade de herbivoria pode variar muito entre diferentes locais, dependendo de vários fatores, tais como teor de nutrientes, disponibilidade de propágulos de outras espécies mais preferidas, a posição das marés e abundância de predadores. Assim, a herbivoria poderia reduzir o crescimento e a sobrevivência das plântulas e também determinar a distribuição espacial das árvores adultas (Ha *et al.* 2003).

Com relação à altura das plântulas e o diâmetro da base do caule (Tab.6), as plântulas de *R. mangle* apresentaram o maior diâmetro e maior altura nas duas áreas, exceto na subárea 3 de Guaratuba. Nessa subárea, as plântulas de *A. schaueriana* apresentaram os maiores valores de altura, mas não de diâmetro. Plântulas de *L. racemosa* apresentaram os menores valores médios, em ambas as áreas de estudo.

Tabela 6. Altura média em (cm), diâmetro da base do caule (DBC) em (cm) e respectivos desvios-padrão das plântulas encontradas nas subáreas de Antonina e Guaratuba.

Espécie	Antonina		Guaratuba	
	Altura	DBC	Altura	DBC
	Subárea 1			
<i>Avicennia schaueriana</i>	0	0	22 ± 8	0,45 ± 0,13
<i>Laguncularia racemosa</i>	10 ± 11,96	0,24 ± 0,25	8 ± 3	0,22 ± 0,04
<i>Rhizophora mangle</i>	50,62 ± 19,96	1,43 ± 0,36	52 ± 11	1,41 ± 0,19
	Subárea 2			
<i>Avicennia schaueriana</i>	0	0	16 ± 4	0,37 ± 0,06
<i>Laguncularia racemosa</i>	10 ± 10	0,22 ± 0,15	10 ± 5	0,20 ± 0,05
<i>Rhizophora mangle</i>	54 ± 22,56	1,33 ± 0,28	47 ± 13	1,4 ± 1,19
	Subárea 3			
<i>Avicennia schaueriana</i>	20 ± 0	0,3 ± 0	55 ± 19	0,81 ± 0,26
<i>Laguncularia racemosa</i>	13 ± 7	0,21 ± 0,08	12 ± 6	0,21 ± 0,09
<i>Rhizophora mangle</i>	39 ± 18	1,28 ± 0,17	54 ± 19	1,38 ± 0,26

A distribuição das plântulas por classe de altura está representada na Figura 2, mostrando que ocorre um número maior de indivíduos na classe de 0 a 20 cm, em ambas as áreas, especialmente de *L. racemosa*. Nas demais classes de altura, as plântulas dessa espécie estão ausentes (subárea 2 de

Antonina e subárea 1 de Guaratuba) ou em número reduzido (subáreas 1 e 3 de Antonina e subáreas 2 e 3 de Guaratuba).

O padrão inverso é observado em *R. mangle*, onde o número de plântulas aumenta proporcionalmente com as classes de altura, até 60 cm, apresentando posteriormente um declínio do número de indivíduos, observado especialmente na subárea 1 de Antonina e em todas as subáreas de Guaratuba. *Avicennia schaueriana* apresentou um padrão diferenciado das demais espécies. Apenas um indivíduo desta espécie ocorreu na classe de 0-20 cm em Antonina. Em Guaratuba, as plântulas concentraram-se nas classes de 0-20 e 21-40 cm, declinando nas demais classes (Fig.2).

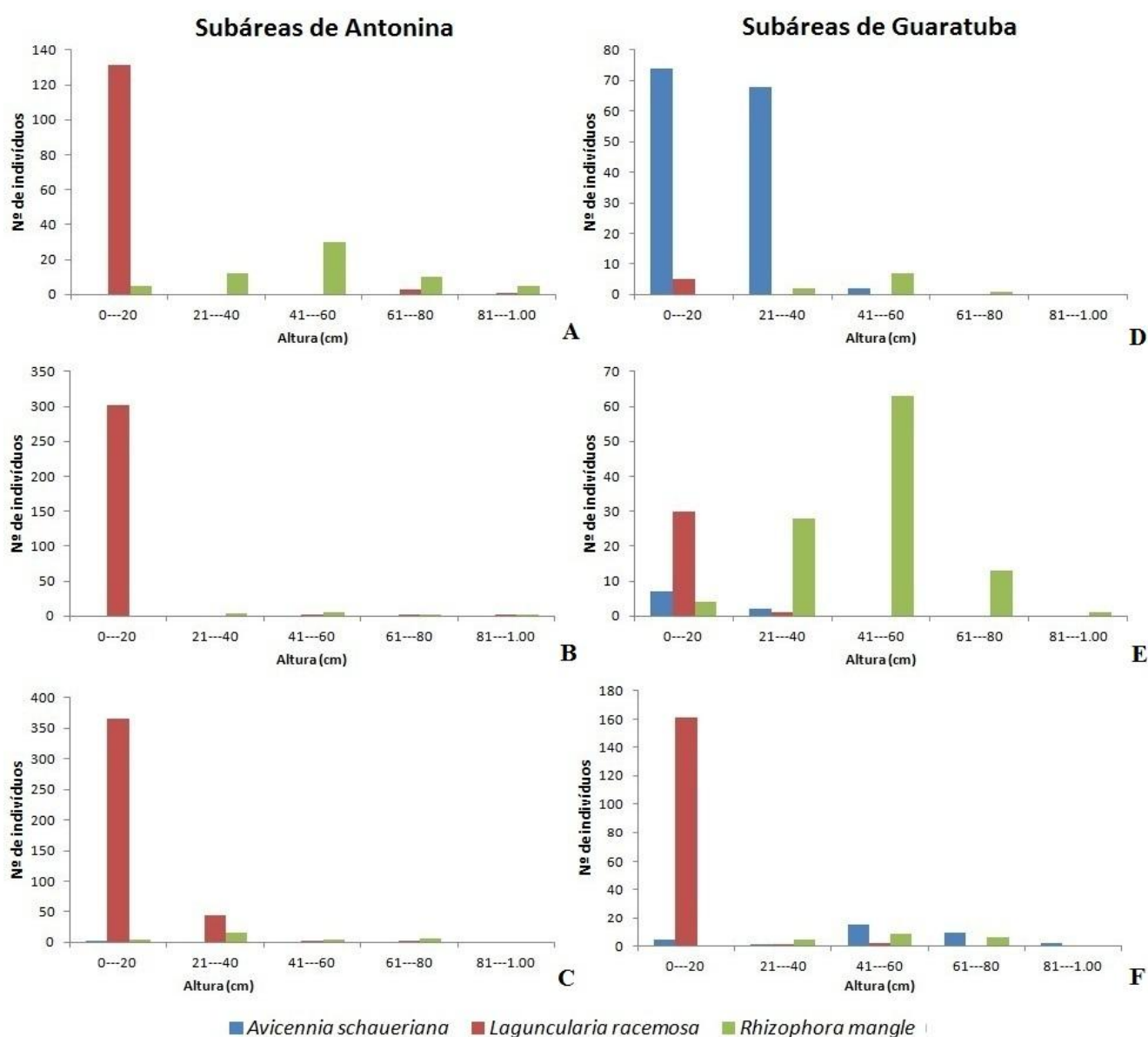


Figura 2– Número de indivíduos, por classe de altura (cm), por espécie, encontrados nas subáreas de Antonina (3A-C: subáreas 1, 2 e 3, respectivamente) e Guaratuba (3D-F: subáreas 1, 2 e 3, respectivamente).

As maiores alturas dos indivíduos jovens foram registradas para *R. mangle*, em Antonina e Guaratuba, em todas as subáreas. Em Antonina, os indivíduos adultos de *R. mangle* também apresentaram maior altura, enquanto que em Guaratuba, os indivíduos mais altos foram de *A. schaueriana* (Lang comunicação pessoal).

Estudos sobre a estrutura da vegetação em duas áreas de manguezais em Anchieta-ES, mostraram que os manguezais mais conservados são aqueles que apresentam indivíduos com maiores valores de alturas e diâmetros (Pereira *et al.* 2009), como observado em ambas as áreas, quando se leva em consideração todos os indivíduos amostrados. Paludo & Klonowski (1999) compararam a sobrevivência do plantio direto de propágulos de *R. mangle*, *L. racemosa* e *A. schaueriana* em áreas úmidas e secas e constataram que os maiores valores de altura e diâmetro médio, bem como o aparecimento de rizóforos mais cedo, foram obtidos em terrenos mais úmidos para *R. mangle*. Para *L. racemosa* e *A. schaueriana*, o maior desenvolvimento ocorreu em áreas mais secas. Dessa forma, é importante considerar que vários fatores abióticos como topografia, tipo de substrato, influência das marés, disponibilidade de água doce e nutrientes podem ser responsáveis pela heterogeneidade das características estruturais das florestas de mangue (Schaeffer-Novelli *et al.* 1990; Carmo *et al.* 1995; Soares 1999; Soares *et al.* 2003; Bernini & Rezende 2004; Silva *et al.* 2005).

Comparando as subáreas (Fig.3) de Antonina e Guaratuba, a maioria das plântulas concentra-se na primeira classe de altura (0-20 cm). Nota-se um grande investimento observado pela elevada densidade de indivíduos nas fases iniciais, seguido por uma alta mortalidade, observado nas demais classes de altura, onde o número de plântulas encontradas é bem menor.

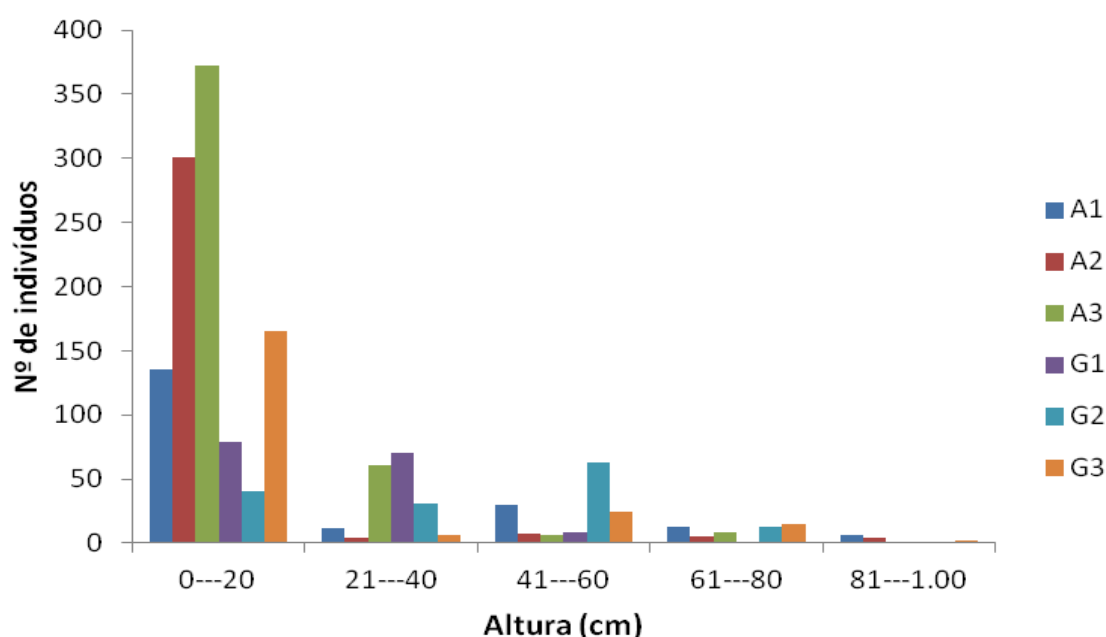


Figura 3 – Número de plântulas e indivíduos jovens, por classe de altura (cm), encontrados nas subáreas de Antonina (A1, A2 e A3) e de Guaratuba (G1, G2, e G3).

Gonçalves (2009), em estudos com bancos de plântulas no manguezal de Sergipe, observou que *R. mangle* esteve presente em quatro de seis transectos e apresentou altura e diâmetro médio de 50 cm e 15 mm, respectivamente. Já *L. racemosa* esteve presente em apenas um transecto com apenas um indivíduo de 66 cm de altura e 22 mm de diâmetro. A espécie *A. schaueriana* obteve os menores valores de altura e diâmetro. Esta mesma autora considerou o grande fluxo diário de água e de matéria orgânica, a intensidade de luz e as características de cada espécie, como sendo os fatores de maior importância para o estabelecimento das plântulas, principalmente para aquelas que estão abaixo do dossel no interior do bosque, e seu ganho em altura.

Estudos na Baía da Guanabara sobre a regeneração de manguezais impactados com óleo mostraram que o estabelecimento dos propágulos seguiu o seguinte padrão: crescente na fase inicial (dois anos); estável (dois anos) e decrescente (um ano), num período de cinco anos de monitoramento. A densidade de *L. racemosa* oscilou no período, sendo crescente nos primeiros três anos, para depois apresentar uma queda brusca. Na fase final do monitoramento, a densidade de indivíduos jovens de *L. racemosa* foi similar a de *A. schaueriana*. *Rhizophora mangle* apresentou as menores densidades de indivíduos jovens, mas foi observado um aumento gradativo dessa espécie (0,76 ind.m⁻²), com pequenas oscilações (Soares *et al.* 2006).

Segundo Rabinowitz (1978b) espécies com propágulos pequenos (*A. schaueriana* e *L. racemosa*) estabelecem novas populações anualmente, com um alto índice de mortalidade. Isso pode ser observado pela concentração do número de indivíduos na classe de altura de 0-20, tanto em Antonina quanto em Guaratuba, principalmente para *L. racemosa*. Para *R. mangle*, que apresentou propágulos de maior tamanho, esse padrão não é evidenciado, pois observa-se indivíduos dessa espécie distribuídos nas diferentes classes de tamanho.

A densidade diferenciada de *R. mangle* para as demais espécies parece ser consequência da estratégia de conservação de recursos, por meio da redução da taxa de crescimento e flexibilidade morfológica, nos estágios iniciais de desenvolvimento, como a pouca variação na altura média de indivíduos jovens (Soares *et al.* 2006) e também pela própria característica da espécie, que possui estratégias que possibilitam a reorientação vertical de seus propágulos quando estes caem e permanecem horizontais ao solo (Tomlinson & Cox 2000).

Rabinowitz (1978b), ao estudar a mortalidade e o tamanho inicial de algumas espécies de manguezal no Panamá, como *Pelliciera rhizophorae*, *Avicennia bicolor*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle*, observou que, após 45 dias, os propágulos de *L. racemosa* desapareceram; a espécie *P. rhizophorae* cresceu cerca de 32 a 83 cm/ano e a largura da folha aumentou de 8 a 30 cm²; em *R. mangle* a altura de 34 a 36 cm se manteve ao longo do ano todo e a média da área da folha declinou. Além disso, para essa última espécie observou-se uma lenta produção de nódulos e o número de folhas por planta declinou durante a estação seca do ano. Esta mesma autora observou que plântulas que crescem de pequenos propágulos têm alta taxa de

mortalidade, sugerindo que a assimilação fotossintética esteja sendo ultrapassada pela respiração levando à morte das plântulas por gradual exaustão das reservas embrionárias.

Outros fatores devem ser considerados sobre a densidade de propágulos das espécies de mangue. O pico de recrutamento dos propágulos responde diretamente a produção de propágulos das espécies e varia de espécie para espécie e entre locais. Por exemplo, o pico de recrutamento de *L. racemosa* num manguezal da Baía da Guanabara ocorre nos meses de fevereiro a maio, nos períodos de maior pluviosidade. Já *A. schaueriana* possui picos intermitentes de produção de propágulos, com maior intensidade em setembro (Soares *et al.* 2006). Outro fator importante é a variação intraespecífica dos propágulos no que se refere à biometria, viabilidade e vigor. Essas diferenças residem nas condições ambientais em que a árvore-mãe esteve submetida durante a maturação dos propágulos. Condições severas de inundação das marés e alta salinidade podem ser fatores que explicam a variação intraespecífica encontrada (Cavalcanti *et al.* 2007).

As manchas de luz que alcançam o solo dos manguezais são fatores importantes na distribuição e estabelecimento das plântulas, devido a uma relação desfavorável entre fotossíntese e respiração que podem levar a exaustão das reservas do embrião (Davis 1940). Segundo este autor, existe uma possível correlação entre o peso do propágulo e a taxa de mortalidade da espécie, à medida que o peso diminui a mortalidade aumenta.

A análise de agrupamento baseada na altura, DBC, densidade absoluta e frequência absoluta geraram resultados distintos tanto entre as espécies (Fig.4A-C) como para a análise em conjunto (Fig.4D). Em relação à estrutura das subáreas estudadas, *A. Schaueriana* formou três grupos, sendo o primeiro, com dissimilaridade de aproximadamente 11%, composto pelas subáreas G1, G2 e G3, com G1 e G3 apresentando a menor dissimilaridade entre si. O segundo grupo formado pela subárea A3 com dissimilaridade de 19%, e o terceiro grupo formado pelas subáreas A1 e A2 com dissimilaridade nula em relação às demais áreas (Fig.4A).

Para *L. racemosa*, formaram-se três grupos, sendo o primeiro, com dissimilaridade próxima de 0,4%, composto pelas subáreas G3, A1, A2 e A3, tendo A1 e G3 formando um subgrupo e A2 e A3 formando outro subgrupo, ambos com dissimilaridade inferior a 0,2%. O segundo grupo é representado pela subárea G2 e A3 com distância de aproximadamente 0,9%. Isolado dos demais grupos, a subárea G1 apresentou distância maior que 1,8%, mostrando a maior dissimilaridade dessa subárea em relação às demais (Fig.4B).

A figura 4C indica o agrupamento de *R. mangle*, que é formado por três grupos, sendo o primeiro grupo composto pelas subáreas A2, G1 e G3, com dissimilaridade de aproximadamente 0,4%, o segundo composto pela subárea A3, com dissimilaridade de aproximadamente 0,5%, e o terceiro grupo composto pelas subáreas A1 e G2, com distância aproximada de 0,3%.

A análise de agrupamento, incluindo as três espécies em relação às subáreas (Fig.4D), mostrou a formação de dois grupos. O primeiro composto pelas subáreas A2 e A3, com

dissimilaridade próxima a 0,2%, e o segundo grupo composto pelas subáreas G1 e G2, com dissimilaridade de aproximadamente 0,1%. As subáreas A1 e G3 formaram grupos isolados com dissimilaridades próximas à 0,2 e 0,3%, respectivamente. Dessa forma, com base nos parâmetros estruturais estudados, as três subáreas de Guaratuba são mais similares à subárea 1 de Antonina (A1), enquanto que esta última, é mais dissimilar em relação as demais subáreas de Antonina (A2 e A3).

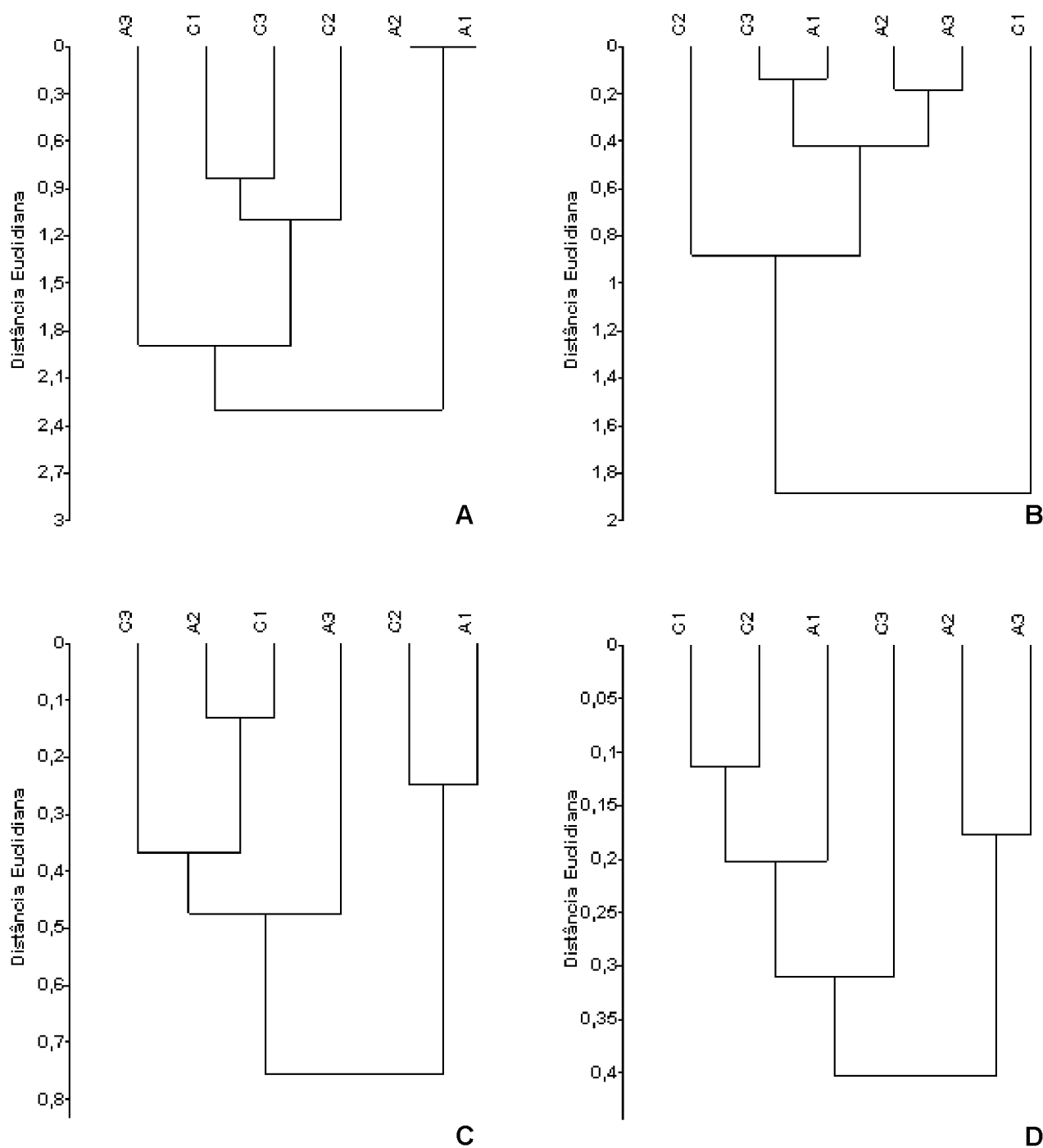


Figura 4 – Análise de agrupamento (Cluster) das espécies: *A. schaueriana*, *L. racemosa* e *R. mangle* (A, B e C, respectivamente) e das três espécies em conjunto (D), por subáreas de Antonina e de Guaratuba. Índice Cofenético - A: 0,90; B: 0,94; C: 0,82; D: 0,84.

As espécies *A. schaueriana* e *L. racemosa* mesmo apresentando propágulos pequenos, não apresentaram o mesmo padrão estrutural de agrupamento (Fig.4A-B) proposto pela hipótese de Rabinowitz (1978a), que relaciona o tamanho e o peso do propágulo das espécies e a distribuição destas no manguezal. Além disso, as características estruturais de cada espécie podem interferir na distribuição das mesmas (Saifullah *et al.* 1994; Tomlinson & Cox 2000; Delgado *et al.* 2001; Pergentino & Landim 2005; Soares *et al.* 2006; Parida & Jha 2010).

A estrutura da regeneração natural apresentou diferenças entre as duas áreas de manguezais estudadas. Essa distribuição pode ser explicada pela combinação de diversos fatores característicos daquele local como tipo de solo, salinidade e disponibilidade de luz, além das características próprias das espécies. É importante considerar que o censo de plântulas foi realizado apenas em maio de 2010, sem o acompanhamento nos demais meses do ano. Provavelmente, à medida que os frutos se dispersaram da planta-mãe ocorreram maior recrutamento de propágulos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abraão, G.R. 1998. Técnicas para implantação de espécies nativas de manguezal em aterro hidráulico visando a recomposição de ecossistemas costeiros (Via expresso Sul-Ilha de Santa Catarina-Brasil). **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Santa Catarina. 52p.
- Almeida, P.M.M.; Campos, N.S.; Chaves, F.O.; Estrada, G.C.D.; Rosado, B.B.; Silva, J.E.S. & Soares, M.L.G. 2008. Análise do padrão de colonização de uma planície hipersalina por espécies de mangue na região do rio Piraquê, Baía de Sepetiba (Rio de Janeiro). In: **Anais do III Congresso Brasileiro de Oceanografia**. Fortaleza.
http://urutau.proderj.rj.gov.br/inea_imagens/downloads/pesquisas/RB_Guaratiba/Almeida_etal_2008.pdf (acesso em 03/07/2010).
- Barcellos, J.; Costa, S. M. & Landim, M. F. 2009. Análise do recrutamento em bosques de mangue na Foz do Rio São Francisco, Sergipe, Brasil. In: **Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil**. São Lourenço, MG. http://www.seb-ecologia.org.br/2009/resumos_ixceb/1550.pdf (acesso em 04/05/2010).
- Bernini, E. & Rezende, C.E. 2004. Estrutura da vegetação em florestas de mangue do estuário do rio Paraíba do Sul, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 18(3): 491-502.
- Carmo, T.M.S.; Góes, P.; Almeida, A.P.L.S.; Sampaio, F.D.F. & ASSIS, A.M. 1995. Caracterização do manguezal do rio Reis Magos, Fundão, Espírito Santo. Pp.17-29. In: **Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros**. São Paulo, ACIESP Ed. v.I.
- Cavalcanti, D. R.; Carvalho, E. V. T.; Zagaglia, C. R.; Barreto, R. & Santos, R. N. de A. 2007. Detecção de viveiros de carcinicultura e de salinas com imagens CBERS-2 e Landsat, localizados na APA Delta do Parnaíba. Pp. 3813-3819. In: **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Florianópolis 2007. São José dos Campos, INPE Ed. v.I.
- Chami, L. B. Vegetação e mecanismos de regeneração natural em diferentes ambientes da Floresta Ombrófila Mista na Flona de São Francisco de Paula, RS. 2008. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Santa Maria. 86p.

- Chaves, P. T. C. & Corrêa, M. F. M. 1998. Composição ictiofaunística da área de manguezal da Baía de Guaratuba, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** 15(1): 195-202.
- Rodrigues, F.O.; Lamparelli, C.C.; Moura, D.O. **Avaliação dos efeitos de um derramamento de óleo em áreas de manguezal, Bertioga – SP**. São Paulo, 1989. 118p. Relatório Final, Relatório CETESB.
- Davis, J. H. 1940. **The ecology and geologic role of mangrove in Florida**. Washington: Carnegie Institute Washington Publication, 303-412p.
- Delgado, P.; Hensel, P.F.; Jiménez, J.A. & Day, J.W. 2001. The importance of propagule establishment and physical factors in mangrove distributional patterns in a Costa Rican estuary. **Aquatic Botany** 71(3): 157–178.
- Duke, C. N. 2001. Gap creation and regeneration processes driving diversity and structure of mangrove ecosystems. **Wetlands and Ecology Management**. 9: 257-269.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1999. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Produção de Informação. 412p.
- Fávaro, L. F.; Oliveira, E. C. & Verani, N. F. 2007. Estrutura da população e aspectos reprodutivos do peixe-rei *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard) (Atheriniformes, Atherinopsidae) em áreas rasas do complexo estuarino de Paranaguá, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**. 24(4): 1150-1156.
- Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente. 1979. Os manguezais do Recôncavo da Baía de Guanabara. Rio de Janeiro: DECAM-DEPOL/FEEMA, 107p. (Cadernos FEEMA. **Série técnica** 10/79).
- Fruehauf, S. P. 2005. *Rhizophora mangle* (Mangue vermelho) em áreas contaminadas de manguezais na Baixada Santista. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo, Piracicaba. 223p.
- Garwood, D. C. 1996. Functional morphology of tropical tree seedlings. In: SWAINE, M. D. **The ecology of tropical forest tree seedlings**. Paris: UNESCO/Parthenon Publish Group.
- Gonçalves, F. B. 2009. Florística, fitossociologia e banco de plântulas em área de manguezal, na Floresta Nacional do Ibura, Nossa Senhora do Socorro – SE. **Monografia** apresentada ao Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Sergipe.
- Ha, H. T.; Duarte, C. M.; Tri, N. H.; Terrados, J. & Borum, J. 2003. Growth and population dynamics during early stages of the mangrove *Kandelia candel* in Halong Bay, North Viet Nam. **Estuarines, Coastal and Shelf Science** 58 (3): 435-444.
- Hammer, O. & Harper, D. A. T. **Past**, versão 2.1. Copyright Hammer e Harper, <http://folk.uio.no/ohammer/past>, 2003 (acesso em 25/04/2011).
- Harper, J.L. 1977. **Population Biology of Plants**. London: Academic Press. 892p.
- Inoue, M.T. 1979. **Regeneração natural: seus problemas e perspectivas para as florestas brasileiras**. Curitiba: FUPEF. 22 p. (Serie Técnica, 1).

- Krauss, K. W. & Allen, J. A. 2003. Influences of salinity and shade on seedling photosynthesis and growth of two mangrove species, *Rhizophora mangle* and *Bruguiera sexangula*, introduced to Hawaii. **Aquatic Botany** 77(4): 311-324.
- Krug, L. A.; Leão, C. & Amaral, S. 2007. Dinâmica espaço-temporal de manguezais no Complexo Estuarino de Paranaguá e relação entre decréscimo de áreas de manguezal e dados sócio-econômicos da região urbana do município de Paranaguá – Paraná. Pp. 2753-2760. In: **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Florianópolis 2007. São José dos Campos, INPE Ed. v.I.
- Lana, P. C. 2004. **Novas formas de gestão dos manguezais brasileiros: a Baía de Paranaguá como estudo de caso**. Desenvolvimento e Meio Ambiente. Editora UFPR. 10: 169-174.
- Maack, R. 1947. Breves notícias sobre a geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. **Arquivos de Biologia e Tecnologia** 2: 63-154.
- Menezes, G.V.; Shaeffer-Novelli, Y.; Poffo, I.R.F. & Eysink, G.G.J. 2005. Mangrove recovering: a case study at Baixada Santista of São Paulo, Brazil. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology** 9 (1): 67-74.
- Moscatelli, M. & Almeida, J.R. 1994. Avaliação de crescimento e sobrevivência de *Rhizophora mangle* em restauração de manguezais no município de Angra dos Reis, RJ. Pp. 487-499. In: **I Simpósio Sul Americano de recuperação de áreas degradadas**. Foz do Iguaçu 1994. Curitiba: FUPEF, 1994.
- Mueller-Dombois, D. & Ellenberg, H. 1974. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons.
- Munari, L.C. 2008. **Ocorrência de Juvenis e adultos de mangue na Ilha do Cardoso, São Paulo**. Prática de pesquisa em Ecologia da Mata Atlântica.
- Noernberg, M.A.; Angelotti, R.; Caldeira, G.A. & Ribeiro de Sousa, A.F. 2008. Determinação da sensibilidade do litoral paranaense à contaminação por óleo. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology** 12: 49-59.
- Oliveira, D.M.T. 1999b. Morfologia de plântulas e plantas jovens de 30 espécies arbóreas de Leguminosae. **Acta Botanica Brasilica** 13: 263-269.
- Orge, M.D.R. 1998. Cresciemnto de *Rhizophora mangle* L. em manguezais sob influencia de atividades petroleiras na Baía de todos os Santos. **Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia**. 96p.
- Paludo, D. & Klonowski, V. S. 1999. Estudo do impacto do uso da madeira de manguezal pela população extrativista e da possibilidade de reflorestamento e manejo dos recursos madeireiros. Barra do Mamanguape, PB. **Série cadernos da Reserva da Biosfera**. São Paulo: UNESCO, v. 16, p. 7-54.
- Parida, A.K. & Jha. 2010. Salt tolerance mechanisms in mangroves: A review. **Trees**. 24(2): 199-217.
- Pereira, F.V.; Foletto, F.; Moreira, T.M.; Gomes, J.M.L. & Bernini, E. 2009. Estrutura da vegetação em duas áreas com diferentes históricos de antropização no manguezal de Anchieta, ES. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia** 22: 01-08.

- Pergentino, T.C; Landim, M.F. 2005. **Distribuição espacial de plântulas de espécies arbóreas de manguezais**. In: VII Congresso de Ecologia do Brasil, MG. <http://www.seb-ecologia.org.br/viiceb/listaresumo.html> (acesso em 10/04/2010).
- Rabinowitz, D. 1978a. Dispersal properties of mangrove propagules. **Biotropica** **10**(1): 47-57.
- Rabinowitz, D. 1978b. Mortality and initial propagule size in mangrove seedlings in Panama. *Journal of Ecology* **66**(1):45- 51.
- Saifullah, S.M., Shaukat, S.S., Shams, S. 1994. Population, structure and dispersion pattern in mangroves of Karachi, Pakistan. **Aquatic Botany** **47**: 329–340.
- Schaeffer-novelli, Y.; Cintrón-Molero, G. & Adaime, R.R. 1990. Variability of mangrove ecosystems along the Brazilian coast. **Estuaries** **13**(2): 201-218.
- Schmidt, L. 2000. **Guide to Handling of Tropical and Subtropical Forest Seed**. Danida Forest Seed Centre. 511p.
- Silva, M. A. B.; Bernini, E. & Carmo, T. M. S. 2005. Características estruturais de bosques de mangue do estuário do rio São Mateus, ES, Brasil. **Acta Botanica Brasílica** **19**(3): 465-471.
- Silva, E.G.; Bernini, E. & Rezende, C.E. 2007. Dinâmica de plântulas e indivíduos jovens no manguezal do estuário do Rio Paraíba do Sul. Pp.3. In: **Anais do XII Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar, COLACMAR**. Florianópolis. v.1
- 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**(3): 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 – UFRJ**. 26: 101-116.
- Soares, M.L.G.; Silva JR, C.M.G.; Cavalcanti, V.F; Almeida, P.M.M.; Monteiro, A.S.; Chaves, F.O.; Estrada, G.C.D. & Barbosa, B. 2006. Regeneração de floresta de mangue atingida por óleo na Bahia de Guanabara (Rio de Janeiro, Brasil): Resultado de 5 anos de monitoramento. **Geochemica Brasiliensis**. **20**(1): 38-61.
- Sobrado M. A. 2004. Influence of external salinity on the osmolality of xylem sap. leaf tissue and leaf gland secretion of the mangrove *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. **Trees** **18**(4): 422–427.
- Stevens, A. D. 1999. **Influência da agricultura itinerante na regeneração da vegetação de pouso no leste da Amazônia**. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. 68 p.
- Tomlinson, P. B. & Cox, P. A. 2000. Systematic and functional anatomy of seedlings in mangrove Rhizophoraceae: vivipary explained? **Botanical Journal of the Linnean Society**. 134: 215-231.
- Universidade Federal do Paraná. 2010. Centro De Estudos Do Mar. <http://www.cem.ufpr.br/ecoturismo/textos.htm> (acesso em 26/06/2010).
- Whitmore, T. C. 1978. Gaps in the forest canopy. In: TOMLINSON, P. B.; ZIMMERMANN, M. H. (eds.) **Tropical trees as living systems**. New York: Cambridge University Press. 639-655 p.

**Morfologia funcional de cotilédones, eofilos e nomofilos de três espécies de manguezais do
Paraná, Brasil¹**

Andressa Pelozo^{2,3}, Maria Regina Torres Boeger² e Patricia Soffiatti²

¹ Parte da dissertação de Mestrado da primeira autora, Programa de Pós Graduação em Botânica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

² Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, Caixa Postal 19031, 81531 990 Curitiba, PR, Brasil.

³ Autor para correspondência: pelozo.andressab@gmail.com

RESUMO - (Morfologia funcional de cotilédones, eofilos e nomofilos de três espécies de manguezais do Paraná, Brasil). A fase inicial do ciclo de vida de um vegetal constitui um período curto e muito crítico, onde as plantas se encontram mais vulneráveis a danos e injúrias. Nos manguezais, especialmente, diversos fatores podem levar à morte das plântulas ou ao seu sucesso no estabelecimento no substrato. O estudo da morfologia e anatomia dos órgãos foliares das plantas jovens permite a descoberta de estruturas transitórias, as quais podem desaparecer ou serem substituídas com o desenvolvimento do indivíduo, mas que são importantes para o reconhecimento das relações entre estas e os órgãos adultos, e também com o ambiente em que se encontra. Este estudo teve como objetivo analisar, morfoanatomicamente, os órgãos foliares do componente de regeneração de três espécies de manguezais da Baía de Guaratuba, visando compreender as estratégias adaptativas de cada espécie. Observaram-se diferenças morfoanatômicas significativas entre as espécies e entre os órgãos foliares. As características morfoanatômicas relevantes observadas em todas as espécies, como a presença de células e tecidos armazenadores de água no mesofilo, estruturas acumuladoras e eliminadoras de sal, órgão foliares espessos e densos, são fundamentais para o sucesso destas espécies na fase em que se encontram para sobreviverem aos diversos fatores estressantes atuantes. Apesar da grande influência das variáveis abióticas, é possível identificar entre as características morfoanatômicas, padrões diferentes referentes a cada tipo de estratégia de estabelecimento adotado por cada uma das espécies.

Palavras-chave: *Avicennia*, glândula de sal, *Laguncularia*, plântulas, *Rhizophora*.

ABSTRACT - (Functional morphology of cotyledons, eophylls and nomophylls of three mangrove species of Parana, Brazil). The initial phase of the life cycle of a plant is a short and very critical period, where the plants are more vulnerable to damage and injuries. Especially in mangroves, several factors may lead to seedling death or their success in establishing in the substrate. The morphological and anatomical studies of young plants leaf organs enable the discovery of transitional structures, which may disappear or be replaced along the individual's development, but are important for the recognition of the relationships between them and the adult organs, and with the environment in which it is. This study aimed to analyze the morphoanatomy of seedlings leaf organs of three mangrove species in the Bay of Guaratuba in order to understand the adaptive strategies of each species. We observed significant structural differences among species and leaf organs. Relevant morpho-anatomical features observed in all species such as the presence of water storage cells and tissues, salt accumulator and excluder structures, thick and dense leaves. These traits are fundamental for the success of these species in this developmental stage to thrive under several stressing factors. Despite the great influence of abiotic variables, it was possible to identify within the morpho-anatomical features different patterns for each type of establishment strategy adopted by each species.

Keywords: *Avicennia*, *Laguncularia*, *Rhizophora*, salt gland, seedlings.

INTRODUÇÃO

O manguezal é um ecossistema costeiro, de transição entre o ambiente terrestre e o marinho, marcado por inundações periódicas pela água do mar, variações de salinidade, aporte de sedimentos da bacia, escassez de oxigênio e solos instáveis e lodosos (Ângulo 1990; Schaeffer-Novelli *et al.* 2000; Kampel *et al.* 2005; Paraguassu *et al.* 2007). São ecossistemas característicos de regiões tropicais e subtropicais (Matos-Fonseca & Rocha 2004).

A flora dos manguezais é composta por halófitas, cujas espécies são adaptadas a ambientes salinos, com pouco oxigênio e frequentemente inundados pelas marés (Silva *et al.* 2010b). Estas espécies são caracterizadas por apresentarem respostas específicas à este habitat, tais como a exclusão de sal pela ultrafiltração que ocorre nas células da raiz, a secreção de sal via glândulas de sal, o acúmulo de íons nas células das folhas, a suculência das folhas e o acúmulo de metabólitos compatíveis (osmoprotetores), como a prolina, a betaína, o sorbitol, entre outros, que podem conter o efeito tóxico do sal sob condições adversas (Patel *et al.* 2010).

As halófitas muitas vezes são classificadas como um subgrupo das xerófitas, devido à absorção de água ser dificultada pela concentração de sal no solo e por apresentarem algumas características morfológicas típicas de xerófitas, como a presença do parênquima aquífero (Fahn & Cuttler 1992). As espécies de *Rhizophora*, *Avicennia* e *Laguncularia*, observadas neste estudo, apresentam adaptações que possibilitam competirem nesses ambientes, como estruturas especializadas para se fixar no solo inconsolidado, aerênquima nas raízes para garantir o suprimento de oxigênio no solo anóxico, viviparidade dos propágulos, o que garante a dispersão em solo lodoso (Vannucci 1999), dentre outras.

A morfologia dos estágios iniciais de desenvolvimento das plantas é pouco conhecida, comparando-se com a estrutura dos órgãos vegetativos adultos e o entendimento desta fase constitui uma ferramenta importante para estudos autoecológicos das espécies. Em se tratando da análise comparativa da sequência de tipos foliares de plantas jovens como cotilédones, eófilos e metafílos, o que se encontra disponível na literatura são apenas descrições morfológicas de determinadas espécies (Ricardi *et al.* 1977; Oliveira & Beltrati 1992; Garwood 1995; Oliveira 1999b). O estudo da morfologia e anatomia das plantas jovens permite a descoberta de estruturas transitórias, as quais podem desaparecer ou serem substituídas com o desenvolvimento do indivíduo, mas que são importantes para o reconhecimento das relações entre estas e os órgãos adultos (Ricardi *et al.* 1977).

No crescimento inicial das plântulas, os cotilédones, as folhas mais jovens da planta, são fundamentais na absorção dos recursos maternos antes da germinação e na transferência de substâncias para manutenção do aparato fotossintético, quando esta é a sua função, ou até mesmo pode servir como cotilédone de reserva (Marshall & Kozłowski 1976; Kitajima 1992). Segundo Vogel (1980) os cotilédones podem ser classificados em três tipos quanto a sua funcionalidade: haustoriais

(relativamente finos de coloração opaca), de reserva (normalmente suculento, com coloração verde ou escura), ou fotossintético (sempre verdes). Já os eofilos, primeira folha de uma plântula desenvolvida após os cotilédones, tendem a apresentar limbos com maior complexidade estrutural quando comparados aos limbos cotiledonares, uma vez que a função atribuída aos eofilos pode justificar tal característica (Moreira-Coneglian & Oliveira 2006). Em geral, os eofilos são bem diferentes tanto em forma quanto em textura dos cotilédones, sejam estes foliáceos ou armazenadores (Vogel 1980).

Entre os órgãos vegetais, as folhas apresentam uma resposta direta em relação às variações ambientais, ajustando a sua morfologia e anatomia para a condição onde esta folha se desenvolve (Givnish 1988; Smith *et al.* 1998; Brites & Valadares 2005). Essas adaptações são o reflexo do desenvolvimento de mudanças em características funcionais e estruturais dos indivíduos associadas aos fatores ambientais a que estão expostos (Grime & Mackey 2002). Apesar da importância de tais estruturas para o estabelecimento das plantas, poucos são os estudos morfológicos que enfocam o desenvolvimento foliar das plântulas (Moreira-Coneglian & Oliveira 2006).

Neste sentido, este estudo tem como objetivo responder às seguintes perguntas: Existe um padrão morfológico para os órgãos foliares das plântulas de *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle*? Quais características variam entre os órgãos foliares? Quais as características morfológicas foliares que variam entre as espécies? Quais as características foliares que podem ser consideradas adaptativas as condições abióticas estressantes desse ecossistema?

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo - para este estudo, a área de amostragem definida foi a Baía de Guaratuba-PR, (25°50'00"S e 48°34'52"W) (Fig.1). A Baía de Guaratuba é o segundo maior sistema estuarino do litoral do estado do Paraná. Comunica-se com o Oceano Atlântico por uma abertura de aproximadamente 500 metros, e prolonga-se para dentro do continente por cerca de 15 quilômetros (Chaves & Corrêa 1998), além de apresentar área superficial de 50,19 km² (Noernberg *et al.* 2008). A temperatura média anual para essa região é de 20,8 °C, com mínima e máxima de 18,0 e 24,2 °C, respectivamente, além de apresentar precipitação anual média de 719,8 mm (dados fornecidos pelo Simepar para os anos de 2010/2011). O solo da Baía de Guaratuba é predominantemente do tipo Gleissolo, tiomórfico, húmico/sáprico, sálico/sódico (Embrapa 1999). A salinidade da água intersticial (%) e o potencial redox (mV) apresentaram os valores de 27,6 e -318,6, respectivamente.

Espécies estudadas - no local de estudo, foram identificadas três espécies lenhosas típicas nos manguezais paranaenses: *Rhizophora mangle* L. (Rhizophoraceae), *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn (Combretaceae) e *Avicennia schaueriana* Stapf & Leachman (Acanthaceae). Para o estudo da regeneração destas espécies, foram classificadas como plântulas àquelas que apresentavam até o primeiro par de eofilos. Os demais indivíduos encontrados que apresentavam até um metro (Cintrón, &

Schaeffer-Novelli 1984), foram classificados como plantas jovens e também foram incluídos como componentes da regeneração.

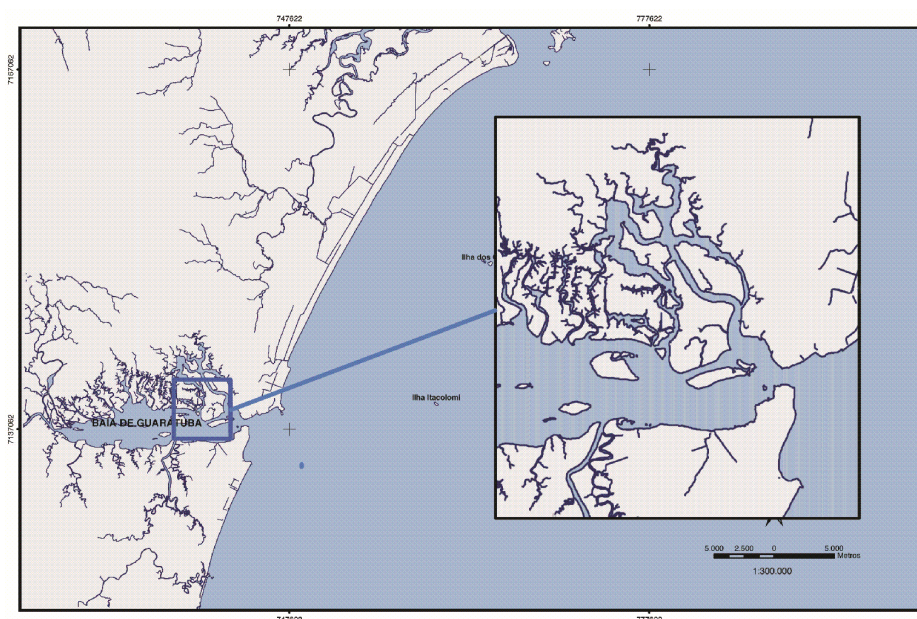


Figura 1 – Área de estudo (Fonte: Governo do Paraná).

O estudo foi baseado na coleta de dados morfoanatômicos dos cotilédones (quando presentes), eofilos e nomofilos (de indivíduos com altura próxima a um metro). Além disso, dados referentes à altura e ao diâmetro na base do caule (DBC) das três espécies foram obtidos no momento em que os cotilédones, eofilos e nomofilos foram coletados para estudos morfoanatômicos. A coleta dos órgãos foliares das plântulas e dos indivíduos jovens de todas as espécies foi realizada quando estes já estavam fixados no solo.

Em relação ao estudo do cotilédone, apenas plântulas de *A. schaueriana* e *L. racemosa* foram analisadas. As plântulas de *A. schaueriana* possuem um par de cotilédones foliáceos, espessos, verdes, de tamanhos diferentes e conduplicados, ou seja, se apresentam dobrados em torno do hipocótilo por sua nervura mediana. Plântulas de *L. racemosa* apresentaram um par de cotilédones foliáceos. Para as plântulas de *R. mangle* a análise do cotilédone não foi possível ser realizada, uma vez que o cotilédone desta espécie permanece preso à planta-mãe pelo fruto. Assim, o propágulo que alcança o solo é formado por um grande hipocótilo e pela plúmula.

Análises morfoanatômicas - trinta plântulas de cada espécie foram coletadas, totalizando 90 plântulas. Essas foram desidratadas em estufa de ventilação forçada a 50°C até atingirem massa constante. Posteriormente, de cada plântula, os cotilédones e o primeiro par de folhas (eofilos) previamente desidratados, foram retirados para o cálculo da área, massa seca e espessura, com exceção de *R. mangle*, para os cotilédones. Além disso, o nomofilo de 30 indivíduos de cada uma das três espécies, totalizando 90 nomofilos, localizados entre 3° e 5° nó a partir do ápice, foi coletado e também submetido aos procedimentos previamente descritos. A área (cm²) do cotilédone, eofilo e nomofilo foi estimada pela imagem digitalizada em “scanner” de mesa acoplado ao computador com o auxílio do

programa SIGMASCAN-PRO Versão 5.0 (SPS Inc., Chicago, IL, USA). A massa seca (g) de cada cotilédone, eofilo e nomofilo, que foi previamente prensado entre jornal e seco em estufa, foi obtida em balança analítica de precisão. A área específica foliar (AEF, $\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$) foi calculada pela relação área foliar/massa seca (Witkowski & Lamont 1991) e a espessura (mm) foi estimada com paquímetro digital em material fresco, após a coleta, para obtenção da densidade foliar (massa seca foliar/área foliar x 1/espessura; $\text{mm}^3 \cdot \text{mg}^{-1}$).

Nos cotilédones, eofilos e nomofilos secos previamente, a densidade de glândulas foi estimada a partir da modelagem com esmalte de unha incolor de ambas as faces epidérmicas, pela contagem de glândulas situadas em uma área de $1,0 \text{ mm}^2$, utilizando-se 30 campos para cada tipo foliar, por espécie, por meio de microscópio óptico com escala micrometrada e câmara clara. Para determinar o tipo de estômato, utilizou-se a técnica de dissociação da epiderme com peróxido de hidrogênio e ácido acético (Franklin 1945). O material foi posteriormente corado com safranina 1% e montado em lâminas semipermanentes.

Para a análise anatômica, parte do material vegetal foi fixado em FAA 70 (Johansen 1940) e, posteriormente, conservado em etanol 70% (Jensen 1962). Para o estudo anatômico dos cotilédones, eofilos e nomofilos, duas amostras provenientes das porções medianas dos mesmos, por espécie, foram incluídos em resina sintética (Leica®). Secções transversais das amostras, com cerca de sete μm de espessura, foram obtidas em micrótomo rotativo, coradas com azul de toluidina 0,05% em solução aquosa e montadas entre lâmina e lamínula em Entelan®. Além disso, cortes a mão livre foram realizados com auxílio de lâmina de barbear, para confecção de lâminas semipermanentes, seguindo as técnicas usuais para este procedimento, para análise de 30 amostras das porções medianas dos cotilédones, eofilos e nomofilos, por espécie. Para cada secção transversal, a espessura dos tecidos constituintes da lâmina foliar como epiderme das faces adaxial e abaxial, camadas subepidérmicas adaxial e abaxial, parênquimas paliçádico e esponjoso, parênquima homogêneo e espessura total da lâmina foram mensuradas, utilizando-se microscópio fotônico com auxílio de ocular micrometrada. O registro fotográfico do material foi feito com microscópio óptico Olympus BX51, acoplado à câmera digital Canon Power Shot F50.

Parte do material fixado e conservado em etanol 70% foi destinado à análise em microscopia eletrônica de varredura (MEV). Para tal, o material foi desidratado em série etanólica ascendente e posteriormente seco via ponto crítico com CO_2 em equipamento Bal-Tec CPD-030. As amostras foram montadas em “stubs” e metalizadas com ouro em equipamento Balzers Union FL9496 SCD-030. As observações e as imagens foram analisadas em Microscópio Eletrônico de Varredura JEOL JSM-6360LV.

Análise estatística - para todas as variáveis quantitativas, foram calculadas a média e o desvio padrão. Para avaliação das variáveis morfoanatômicas entre os órgãos foliares das espécies utilizou-se one-way ANOVA pelo programa Statistica versão 7.0 (Stat. Soft., Inc., Tulsa, OK, USA) e as médias

foram comparadas através do Teste de Comparação Múltipla de Fisher, com um nível de significância de 5%.

RESULTADOS

Aspectos morfoanatômicos dos órgãos foliares - *Avicennia schaueriana* - em secção transversal, a lâmina dos cotilédones apresenta epiderme unisseriada com células de contorno arredondado e paredes periclinais externas convexas recobertas por uma fina cutícula (Fig.2A-C). A lâmina é anfiestomática e os estômatos, em vista paradérmica, são diacíticos (Fig.3A). Glândulas de sal esparsas encontram-se situadas em pequenas depressões das duas faces epidérmicas (Fig.2A e C). A glândula de sal é formada pela célula coletora, uma célula peduncular e células revestidas por cutícula. O mesofilo é homogêneo, formado por aproximadamente 60 camadas de parênquima clorofiliano regular (Fig.2A-C). Feixes vasculares colaterais de pequeno porte encontram-se dispersos no mesofilo.

O eofilo e o nomofilo dessa espécie apresentam estrutura anatômica similar, com variações no número, tamanho e na presença de tipos celulares (Fig.2E-G). Esses órgãos apresentam epiderme unisseriada com células de contorno arredondado e paredes periclinais externas retas, como observado no eofilo (Fig.2E), ou paredes periclinais convexas, como observado no nomofilo (Fig.2G), recobertos por uma fina cutícula. Os eofilos e os nomofilos são hipoestomáticos, com estômatos diacíticos (Fig.3A), em vista paradérmica. Além disso, o eofilo possui glândulas de sal (Fig.3A) em ambas as faces e tricomas tectores apenas na face adaxial. Nessa espécie, ainda, observa-se na face abaxial do nomofilo, glândulas de sal comuns e tricomas não glandulares, sendo estes últimos presentes em grande densidade, e na maioria das vezes, recobrem totalmente a face abaxial do nomofilo (Fig.3B).

Internamente à epiderme, ocorrem de três a quatro camadas de células subepidérmicas aclorofiladas com formato levemente achatado, na face adaxial do eofilo e do nomofilo (Fig.2E-G). Subsequente à camada subepidérmica, o eofilo possui de quatro a cinco camadas de parênquima paliçádico e parênquima esponjoso constituído por dez a onze camadas de pequenas células (Fig.2E). Os nomofilos apresentam de três a cinco camadas de parênquima paliçádico e de seis a oito camadas de parênquima esponjoso (Fig.2G), caracterizando o mesofilo dos órgãos foliares desta espécie como assimétrico. Dispersos no mesofilo encontram-se os feixes vasculares do tipo colateral e também drusas.

Laguncularia racemosa - a lâmina do cotilédone, em secção transversal (Fig.2D), apresenta epiderme unisseriada com células de contorno arredondado com paredes periclinais externas retas, recoberta por uma fina cutícula. Em vista paradérmica os estômatos são anomocíticos (Fig.3C), e ocorrem em ambas as faces epidérmicas, caracterizando o cotilédone como anfiestomático. O mesofilo é dorsiventral, composto por duas a três camadas de células retangulares alongadas, próximo à

epiderme da face adaxial, e de quinze a dezessete camadas de parênquima esponjoso com pequenos espaços intercelulares (Fig.2D).

O mesofilo dos eofilos e dos nomofilos é anatomicamente muito semelhante apresentando algumas variações referentes a alguns tipos celulares, ao tamanho e ao número de camadas de células. Em secção transversal, o eofilo possui epiderme unisseriada com células de contorno retangular (Fig.2F), enquanto o nomofilo apresenta epiderme unisseriada com células de contorno arredondado e paredes periclinais convexas (Fig.2H), além de apresentar tricomas tectores na face abaxial. Cobrindo as células epidérmicas ocorre uma cutícula fina. O eofilo e o nomofilo são anfiestomáticos, sendo os estômatos, em vista paradérmica, classificados como anomocíticos (Fig.3C). Glândulas secretoras de sal estão localizadas em depressões (Fig.2F e 3D), ocorrendo apenas na face adaxial do eofilo e nomofilo.

O mesofilo assimétrico do eofilo possui cerca de duas camadas de células de parênquima paliçádico e de nove a onze camadas de células de parênquima esponjoso, sendo as células do parênquima esponjoso da região mediana do mesofilo mais volumosas do que as próximas a epiderme da face abaxial (Fig.2F). No nomofilo, o mesofilo é dorsiventral, apresentando de duas a três camadas de parênquima paliçádico na face adaxial, seguido do parênquima esponjoso, com doze a quatorze camadas de células, mais volumosas na região mediana do mesofilo, e de duas a quatro camadas de células menos volumosas, próximas a epiderme da face abaxial (Fig.2H). Dispersos no mesofilo, do tanto do eofilo como do nomofilo, encontram-se feixes vasculares colaterais de diferentes portes, além de drusas.

Rhizophora mangle - o eofilo e o nomofilo desta espécie possuem estruturas anatômicas muito semelhantes, variando apenas em número, tamanho e na presença de tipos celulares. Esses órgãos apresentam epiderme unisseriada com células de contorno arredondado e paredes periclinais externas convexas cobertas por cutícula espessa (Fig.2I-J). Ambos, eofilos e nomofilos são hipoestomáticos sendo os estômatos classificados como ciclocíticos, em vista paradérmica (Fig.3E). Estruturas suberosas ocorrem em ambas as faces epidérmicas dos nomofilos (Fig.3E-F). Em vista frontal, essas estruturas são caracterizadas pela suberização de uma ou mais células formando uma estrutura que quando desenvolvida apresenta um arranjo concêntrico consequente das divisões tangenciais sofridas pelas células periféricas que se mostram dispostas radialmente (Fig.3E).

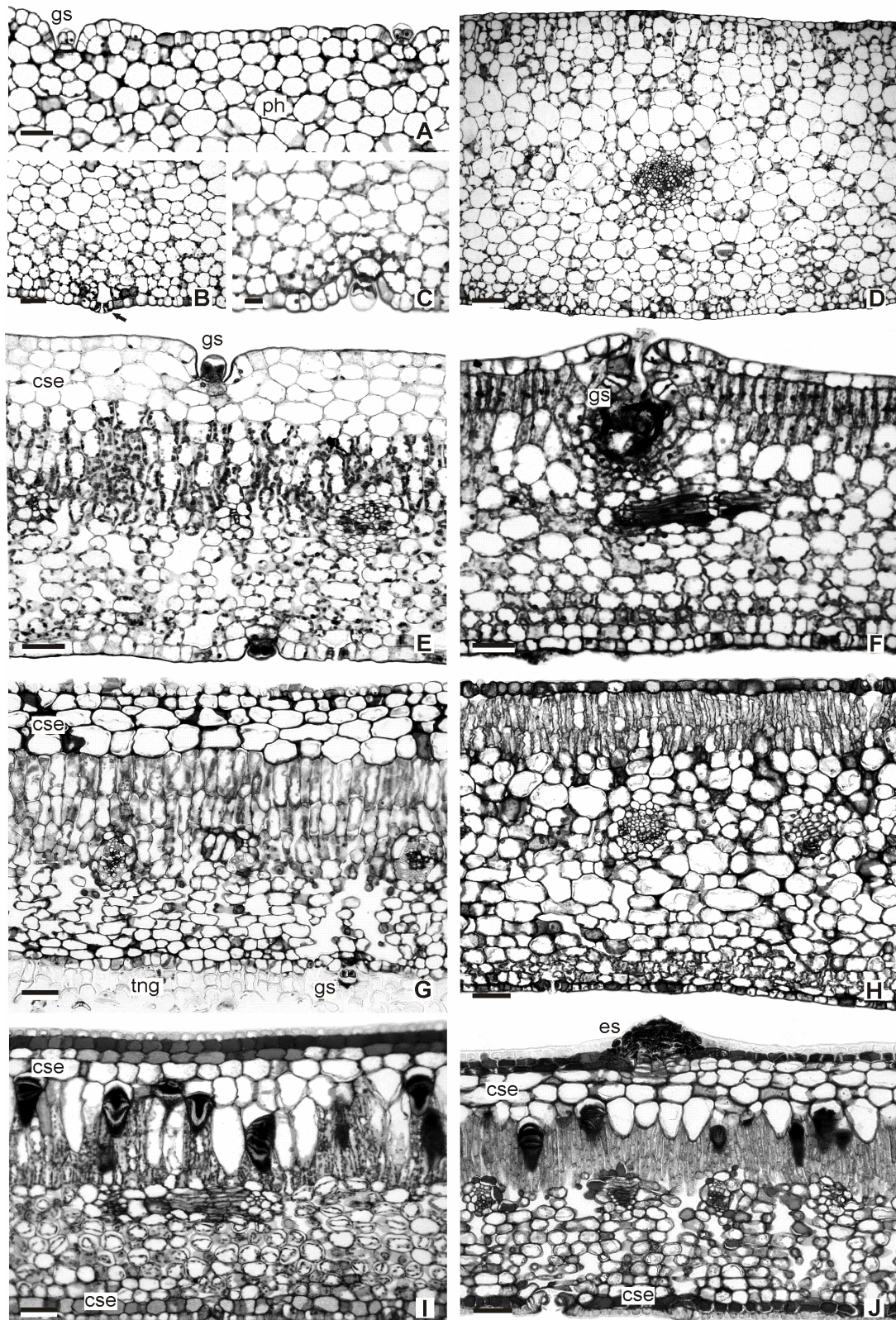


Figura 2 – Seções transversais da lâmina dos tipos foliares de *Avicennia schaueriana* (A, B, C, E e G), *Laguncularia racemosa* (D, F e H) e *Rhizophora mangle* (I e J) em Microscopia óptica. A – C. Detalhe da face adaxial e abaxial do cotilédone mostrando os estômatos (seta), glândulas de sal (gs) e o mesofilo com parênquima homogêneo (ph). D. Cotilédone anfiestomático com mesofilo assimétrico. E. Eofilo hipostomático, com glândulas de sal em ambas as faces epidérmicas e camadas subepidérmicas (cse). F. Eofilo com glândulas de sal na face adaxial e mesofilo assimétrico. G. Nomofilo hipostomático com glândulas de sal, tricomas não glandulares (tng) e camadas subepidérmicas. H. Nomofilo anfiestomático com mesofilo assimétrico. I e J. Eofilo e nomofilo hipostomáticos, camadas subepidérmicas (cse) e mesofilo assimétrico. Detalhe na estrutura suberosa (es). Barras. D = 100 μm . A, B, E – J = 50 μm . C = 20 μm .

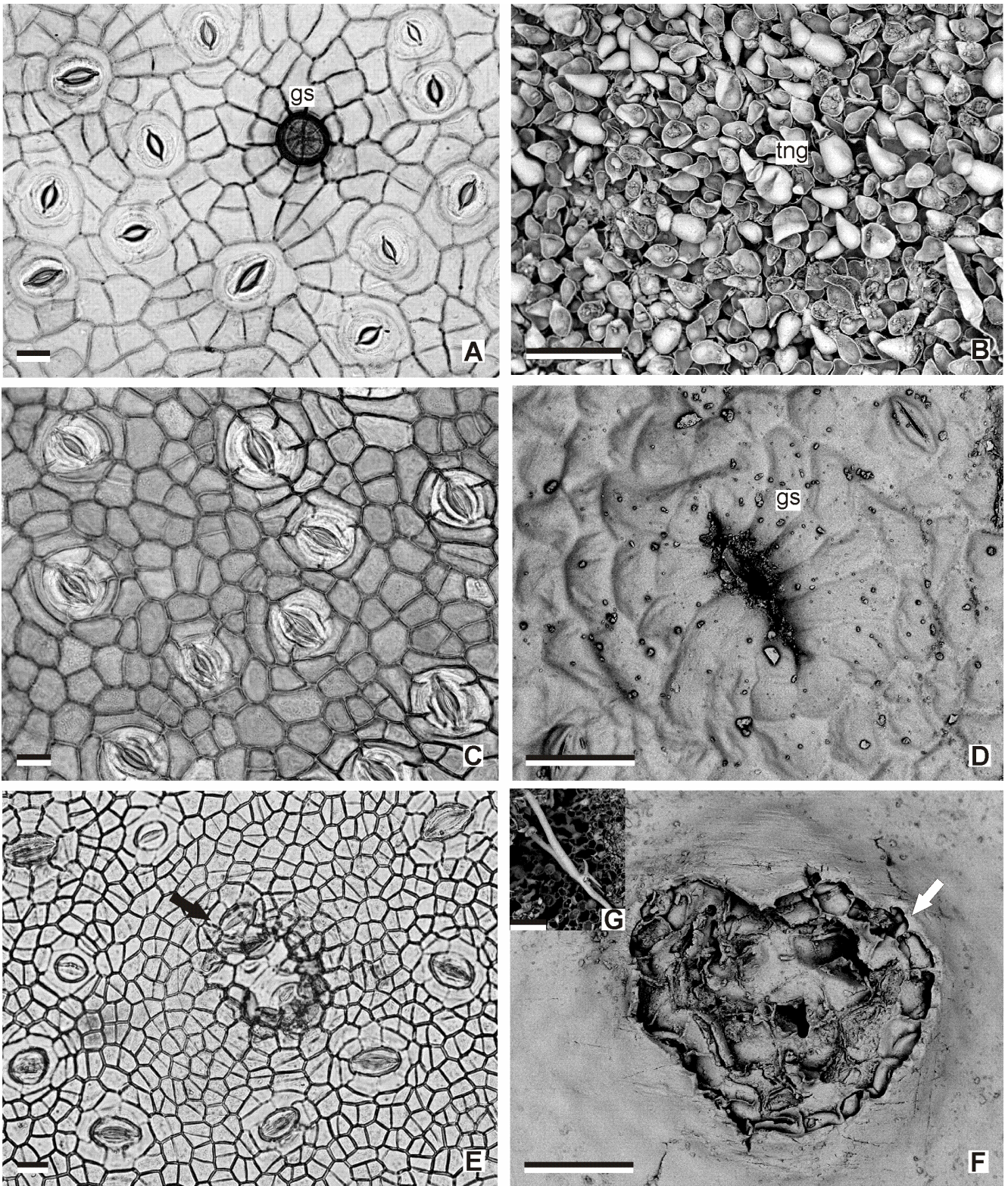


Figura 3 – Detalhes da epiderme dos tipos foliares em Microscopia óptica (A, C e E) e em Microscopia Eletrônica de Varredura (B, D, F e G) de *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle*. A-B. Vista frontal da epiderme com estômatos e glândulas de sal; tricomas não glandulares (tng) da face abaxial do nomofilo de *Avicennia schaueriana*. C-D. Vista frontal da epiderme com estômatos; detalhe na glândula de sal (gs) e estômatos da face adaxial do eofilo de *Laguncularia racemosa*. E-F. Vista frontal da epiderme com estômatos e da estrutura suberosa (seta) de *Rhizophora mangle*. G. Detalhe na esclereide em “formato de H” presente no mesofilo. Barras. B e G = 100 μm . D e F = 50 μm . A, C e E = 20 μm .

Internamente à epiderme da face adaxial do eofilo de *R. mangle* observa-se de quatro a cinco camadas celulares subepidérmicas aclorofiladas (Fig.2I) e de cinco a sete camadas no nomofilo com células que variam de achatadas à alongadas (Fig.2J). A camada subepidérmica, nessa espécie, também está presente na face abaxial do eofilo e do nomofilo, com duas a três camadas de células cúbicas (Fig.2I-J). O mesofilo dos órgãos foliares é assimétrico, formado por parênquima paliçádico com uma ou duas camadas de células e parênquima esponjoso constituído por nove ou dez camadas de pequenas células com muitos espaços intercelulares, tanto no eofilo como no nomofilo (Fig. 2I-J). No mesofilo, ocorrem feixes vasculares colaterais, esclereídes em “formato de H” (Fig.3G) e drusas.

Análise das variáveis morfoanatômicas dos órgãos foliares - Os valores médios das variáveis analisadas para cada espécie estão sumarizados nas Tabelas 1, 2 e 3. Como esperado, a altura dos indivíduos jovens, foi maior do que os indivíduos na fase em que apresentavam apenas os cotilédones e os eofilos, sendo a maior altura observada em *A. schaueriana* (Tab.1). Também como o esperado, os maiores valores de DBC foram observados nos indivíduos jovens, para as três espécies, sendo *L. racemosa* e *R. mangle* foram as espécies com o maior valor médio para essa característica.

Avicennia schaueriana e *L. racemosa* apresentaram valores muito próximos de DBC e altura nas fases cotilédone e eofilo e estes foram menores que os observados para os indivíduos jovens. Em *R. mangle*, o DBC nas diferentes fases foram estatisticamente diferentes; entretanto o aumento em diâmetro foi pequeno em relação ao aumento observado para as outras espécies, quando comparadas as fases cotilédones e eofilos com a fase nomofilo dos indivíduos jovens. A altura dos indivíduos jovens de *R. mangle* foi bem maior do que a observada para os indivíduos na fase eofilo.

Tabela 1. Valores médios e respectivos desvios-padrão (entre parênteses) do diâmetro da base do caule (DBC) e altura dos indivíduos nas fases com cotilédone, eofilo e nomofilo de *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle*. Letras diferentes indicam valores estatisticamente significantes entre as fases (Fisher, $p < 0,05$, $n = 30$).

Espécies	Fases	DBC (cm)	Altura (cm)
<i>A. schaueriana</i>	Cotilédone	0,37 (0,04) ^b	14,43 (3,73) ^b
	Eofilo	0,37 (0,04) ^b	14,43 (3,73) ^b
	Nomofilo	1,14 (0,21) ^a	80,67 (14,80) ^a
<i>L. racemosa</i>	Cotilédone	0,20 (0,01) ^b	8,10 (3,01) ^c
	Eofilo	0,22 (0,03) ^b	12,73 (1,80) ^b
	Nomofilo	1,40 (0,4) ^a	75,90 (13,82) ^a
<i>R. mangle</i>	Eofilo	1,22 (0,13) ^b	35,97 (6,46) ^b
	Nomofilo	1,40 (0,32) ^a	72,80 (16,88) ^a

O nomofilo das três espécies foi o que apresentou maior área quando comparada com a área dos eofilos e cotilédones, tendo *R. mangle* o maior valor médio para a área foliar (Tab.2). A massa seca apresentou o mesmo padrão, com exceção de *A. schaueriana*, a qual apresentou maior massa seca

para os cotilédones. A área específica foliar apresentou padrão diferenciado para as três espécies, sendo os maiores valores observados para os eofilos de *A. schaueriana*, para os cotilédones de *L. racemosa* e para os nomofilos de *R. mangle*. A densidade foliar não apresentou diferenças entre os cotilédones e eofilos em *A. schaueriana* e *L. racemosa*. Em *R. mangle*, os eofilos são mais densos que os nomofilos (Tab.2).

Tabela 2. Valores médios e respectivos desvios-padrão (entre parênteses) das características morfológicas: área foliar (AF), massa seca foliar (MF), área específica foliar (AEF) e densidade foliar (DF) de *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle*. Letras diferentes indicam valores estatisticamente significantes entre os órgãos (Fisher, $p < 0,05$, $n = 30$).

Espécies	Órgãos	AF (cm ²)	MF (g)	AEF (cm ² .g ⁻¹)	DF (mm ³ .mg ⁻¹)
<i>A. schaueriana</i>	Cotilédone	5,40 (1,74) ^b	0,44 (0,19) ^a	13,50 (5,99) ^c	0,80 (0,40) ^a
	Eofilo	2,56 (1,12) ^c	0,03 (0,01) ^c	87,96 (26,26) ^a	0,68 (0,21) ^a
	Nomofilo	13,73 (4,72) ^a	0,20 (0,07) ^b	69,48 (7,69) ^b	0,37 (0,08) ^b
<i>L. racemosa</i>	Cotilédone	2,80 (0,64) ^b	0,04 (0,01) ^b	76,85 (12,73) ^a	0,78 (0,19) ^a
	Eofilo	0,89 (0,50) ^b	0,01 (0) ^b	66,64 (24,44) ^b	0,82 (0,42) ^a
	Nomofilo	11,33 (6,56) ^a	0,25 (0,19) ^a	50,73 (11,86) ^c	0,63 (0,15) ^b
<i>R. mangle</i>	Eofilo	4,68 (1,32) ^b	0,09 (0,03) ^b	51,64 (12,65) ^b	0,72 (0,27) ^a
	Nomofilo	27,23 (8,95) ^a	0,46 (0,16) ^a	60,11 (11,99) ^a	0,46 (0,10) ^b

A espessura total foi maior nos cotilédones de *A. schaueriana* e *L. racemosa* e não apresentou diferenças significativas para o eofilo e nomofilo de *A. schaueriana* e *R. mangle*. A espessura média da epiderme na face adaxial foi maior para o eofilo de *A. schaueriana* e não apresentou diferenças significativas em *L. racemosa* e *R. mangle*. Já os valores médios de espessura para a epiderme na face abaxial foi maior no nomofilo de *A. schaueriana* e no eofilo de *L. racemosa*, não apresentando variações entre os cotilédones e eofilos de *A. schaueriana*, e nos cotilédones e nomofilos de *L. racemosa*. Para essa característica, *R. mangle* não apresentou diferenças significativas. A presença de camada subepidérmica foi constatada apenas na face adaxial de *A. schaueriana* e em ambas as faces de *R. mangle*. Os maiores valores médios para essa característica foi observado nos nomofilos destas duas espécies (Tab.3).

Os valores médios para a espessura do parênquima paliçádico foram maiores nos nomofilos de *A. schaueriana* e *L. racemosa* e no eofilo de *R. mangle*. Este tecido não foi observado nos cotilédones de *A. schaueriana*, mas sim um parênquima homogêneo bastante espesso. Os valores médios de espessura do parênquima esponjoso não diferiram entre os tipos foliares, eofilo e nomofilo, nas três espécies. Entretanto, o cotilédone de *L. racemosa* apresentou o maior valor médio para essa

característica. A razão entre a espessura do parênquima paliádico e o esponjoso nas três espécies foi < 1 , com exceção do nomofilo de *A. schaueriana* (Tab.3).

DISCUSSÃO

As três espécies estudadas apresentaram características morfoanatômicas variadas comparando os órgãos foliares dentro de cada uma e entre eles. A área foliar (AF) apresentou grande amplitude entre os tipos foliares e entre as espécies (Tab.2). Os nomofilos das três espécies foram os que apresentaram os maiores valores de área foliar em relação aos demais órgãos foliares estudados, indicando uma maior superfície para captação de luz, devido a condição de luz do sub-bosque que os órgãos foliares estavam submetidos (Boeger *et al.* 2006; Chiamolera *et al.* 2010). Os cotilédones e eofilos das espécies apresentaram as menores áreas foliares em relação aos nomofilos, indicando que estes tipos foliares são menores porque ainda não são as folhas definitivas com função fotossintetizantes.

Nas três espécies, os maiores valores de massa seca foram observados para os nomofilos, seguidos dos valores dos eofilos e cotilédones, com exceção de *A. schaueriana* que apresentou os maiores valores para os cotilédones, seguidos dos nomofilos e eofilos. Provavelmente, essa diferença na massa seca seja decorrente da maior espessura do limbo foliar de *L. racemosa* e *R. mangle* ou do limbo cotiledonar de *A. schaueriana*, quando comparado com os demais limbos foliares.

Considerando todas as variáveis morfológicas estudadas, a área específica foliar (AEF) e a espessura dos limbos são consideradas as principais características indicadoras de taxa de crescimento e das estratégias do uso de recursos pelas plantas (Vendramini *et al.* 2002). Neste estudo, a AEF variou consideravelmente entre as espécies e entre os tipos foliares (Tab.2). Plantas com tecido de reserva de água, como observado nos eofilos e nomofilos de *A. schaueriana* e *R. mangle*, geralmente apresentam pouco desenvolvimento de tecido lignificado, o que explica os baixos valores de massa seca e os maiores valores de AFE encontrados (Meziani & Shipley 1999).

A espessura é considerada como um dos elementos responsáveis pela variação da AFE e da densidade foliar, devido ao número e tamanho dos estratos celulares (Vendramini *et al.* 2002). Todos os órgãos foliares estudados podem ser considerados bem espessos quando comparados com outros estudos, variando entre 512 e 2297 μm nos nomofilos e cotilédones de *A. schaueriana*, respectivamente. Folhas de halófitas tendem a serem espessas em função da presença de tecidos como o parênquima aquífero, como em plantas fixadoras de dunas, onde a espessura foliar variou de 660 a 1960 μm (Boeger & Gluzezak 2006). A espessura das folhas de manguezais também é influenciada por fatores abióticos como a salinidade. Sobrado (2007) observou que as folhas de *L. racemosa* apresentaram espessura total variando entre 326 e 635 μm , quando submetidas à alta e baixa salinidade, respectivamente.

Tabela 3. Valores médios e respectivos desvio-padrão das espessuras dos tecidos foliares (μm): espessura da epiderme face adaxial (EEAD), espessura da epiderme face abaxial (EEAB), espessura da camada subepidérmica face adaxial (ECSAD), espessura da camada subepidérmica face abaxial (ECSAB), espessura do parênquima paliçádico (EPP), espessura do parênquima esponjoso (EPE), espessura do parênquima homogêneo (EPH), espessura total dos tecidos (ETT) e razão espessura parênquima paliçádico/esponjoso (Epp/Epe) das espécies estudadas. Letras diferentes indicam valores estatisticamente significantes entre os órgãos (Fisher, $p < 0,05$, $n = 30$). Ne – Não encontrado.

Espécies	Órgãos	EEAD	EEAB	ECSAD	ECSAB	EPP	EPE	EPH	ETT	Epp/Epe
<i>A. schaueriana</i>	Cotilédone	20,0 (0) ^b	20,0 (0) ^b	Ne	Ne	Ne	Ne	2257,33 (371,34)	2297,33 (371,34) ^a	ne
	Eofilo	21,86 (4,07) ^a	20,20 (4,18) ^b	90,19 (17,81) ^b	Ne	155,49 (34,53) ^b	182,60 (49,03) ^a	Ne	470,33 (62,77) ^b	0,87 (0,28) ^b
	Nomofilo	17,15 (2,11) ^c	25,18 (1,52) ^a	104,30 (19,58) ^a	Ne	183,43 (21,94) ^a	182,60 (45,51) ^a	Ne	512,39 (62,94) ^b	1,00 (0,20) ^a
<i>L. racemosa</i>	Cotilédone	23,24 (4,57) ^a	20,75 (4,23) ^b	Ne	Ne	54,50 (14,41) ^c	693,05 (95,10) ^a	Ne	790,71 (98,64) ^a	0,08 (0,03) ^c
	Eofilo	22,96 (4,18) ^a	23,79 (4,74) ^a	Ne	Ne	119,24 (29,36) ^b	354,41 (74,27) ^b	Ne	520,41 (74,75) ^c	0,36 (0,16) ^b
	Nomofilo	23,52 (3,83) ^a	19,09 (3,87) ^b	Ne	Ne	193,94 (33,45) ^a	331,72 (78,18) ^b	Ne	568,27 (101,27) ^b	0,60 (0,12) ^a
<i>R. mangle</i>	Eofilo	18,54 (3,57) ^a	17,71 (2,87) ^a	107,07 (23,00) ^b	24,07 (4,55) ^b	175,41 (52,21) ^a	192,84 (35,93) ^a	Ne	535,63 (77,79) ^a	0,94 (0,34) ^a
	Nomofilo	17,71 (2,87) ^a	16,88 (1,52) ^a	138,06 (27,53) ^a	26,28 (3,83) ^a	128,37 (16,13) ^b	187,30 (39,94) ^a	Ne	514,60 (58,45) ^a	0,72 (0,19) ^b

A maior espessura observada nos tipos foliares estudados é decorrente da presença de tecidos armazenadores de água localizados na posição subepidérmica nos eofilos e nomofilos de *A. schaueriana* e *R. mangle*, do parênquima esponjoso nos cotilédones, eofilos e nomofilos de *L. racemosa*, e à vários estratos de parênquima homogêneo nos cotilédones de *A. schaueriana*. O tecido aquífero e subepidérmico de *R. mangle* (Medina 1999; Kathiresan & Bingham 2001) e *A. schaueriana* (Borkar *et al.* 2011) ocupam aproximadamente 20% da espessura da lâmina dos eofilos e nomofilos, em secção transversal. As camadas subepidérmicas incrementaram consideravelmente a espessura da folha, mas por serem aclorofiladas, reduzem a quantidade de tecido fotossintetizante foliar e, de certa forma, podem influenciar nas taxas fotossintéticas (Tomlinson 1986).

O mesofilo assimétrico foi o mais comum entre os tipos foliares estudados, ocorrendo nos cotilédones de *L. racemosa* e nos eofilos e nomofilos das três espécies. A estrutura assimétrica observada parece estar voltada para a melhor captação de luz pelo limbo foliar. Esse padrão de mesofilo possui um maior número de camadas do parênquima esponjoso em relação ao parênquima paliçádico, podendo ser observado na razão parênquima paliçádico/esponjoso <1 , tanto entre as espécies e como entre os órgãos foliares estudados (Tab.3). Essa razão está relacionada com a qualidade da luz a qual estas plantas estão submetidas (Smith *et al.* 1997; Larcher 2000). Assim, a ocorrência de mais estratos celulares de parênquima esponjoso contribui na eficiência e distribuição da luz difusa no interior da folha (Vogelmann *et al.* 1996), predominante em locais mais sombreados como no interior de florestas.

Apenas os cotilédones de *A. schaueriana* apresentaram mesofilo homogêneo, com função de reserva (Kitajima 2002). Em *A. marina*, os cotilédones de reserva acumulam nutrientes durante o desenvolvimento dos propágulos e fornecem às plântulas os nutrientes e a energia necessária para seu crescimento precoce em condições de alta salinidade (Farrant *et al.* 1992.; Milberg & Lamont 1997; Wang *et al.* 2002.; Bezerra *et al.* 2007; Yan *et al.* 2007). O fato de *R. mangle* não apresentar cotilédones quando plântula, não impede seu estabelecimento e desenvolvimento, uma vez que grande parte da sua reserva de nutrientes, na forma de grãos de amido, encontra-se nas células do hipocótilo, que é bem desenvolvido (Tomlinson & Cox 2000).

Os tipos foliares dessas espécies exibiram diferentes padrões de localização dos estômatos, com órgão foliares hipoestomáticos e anfiestomáticos. A maior parte das plantas terrestres são hipoestomáticas e o hipoestomatismo encontrado nos cotilédones, eofilos e nomofilos de *A. schaueriana* e nos eofilos e nomofilos de *R. mangle*, correspondendo ao padrão mais comum entre as eudicotiledôneas (Pyykkö 1979; Dickson 2000). Além disso, em ambientes úmidos, o hipoestomatismo relaciona-se à prevenção do desenvolvimento de organismos epífilos que podem obliterar os poros estomáticos (Coley *et al.* 1993), bem como estar associado com a ocorrência da camada subepidérmica bem desenvolvida na face adaxial dos eofilos e nomofilos de *A. schaueriana* e nos eofilos e nomofilos de *R. mangle*.

Entretanto, esse padrão pode ser modificado nas folhas espessas, em geral anfiestomáticas (Smith *et al.* 1997), como observado nos cotilédones, eófilo e nomófilos de *L. racemosa*. O anfiestomatismo é considerado comum em espécies de ambientes ensolarados e xéricos (Fahn & Cutler 1992) e também em folhas espessas (> 0,5 mm) (Boeger *et al.*, 2006; 2007). A maior espessura das folhas impõe uma limitação na difusão interna de CO₂, devido à maior distância a ser percorrida pelos gases, dentro do mesófilo. A ocorrência de estômatos na face adaxial da folha permite que esta distância seja reduzida, otimizando a condutância foliar do CO₂ (Mott *et al.* 1982; Thompson *et al.* 1992).

Apesar de vários autores ressaltarem a diferença na organização dos tecidos e disposição de estômatos entre os limbos fotossintetizantes cotiledonares e eófilares para diversas plântulas (Souza 2003; Souza & Oliveira 2004; Moreira-Coneglian & Oliveira 2006), isto não foi observado em *L. racemosa*, sugerindo que os cotilédones por serem clorofilados podem contribuir tanto quanto os eófilos para a fotossíntese total da plântula.

A presença das camadas subepidérmicas pode ser considerada uma característica xeromórfica conspícua de folhas de mangue, cujas funções incluem o armazenamento de água, acúmulo de sal ou regulação osmótica, proteção do mesófilo via retroespalhamento de luz e/ou dissipação de calor e de conservação de nutrientes (Saenger 2002). No presente estudo, células armazenadoras de água ocorrem nas camadas subepidérmicas de *R. mangle* e *A. schaueriana* e em algumas células do parênquima esponjoso dos órgãos foliares de *L. racemosa* (Fig.2).

Idioblastos contendo drusas também foram observados nas três espécies entre as células da camada subepidérmica e em *R. mangle* entre as células do parênquima paliçádico. A maioria das plantas vasculares estoca algum tipo de material mineralizado, sendo a cristalização de oxalato de cálcio (drusa) a forma mais comum (Baran, 1995). Monje & Baran (2002) observaram que uma das funções atribuídas às drusas é regulação do pH intracelular, controle de íons, suporte mecânico e defesa contra herbivoria. Além disso, Ruiz & Mansfield (1994) sugerem que a deposição de oxalato de cálcio nas células da folha seria necessária para manter uma baixa concentração de cálcio nas adjacências das células-guarda dos estômatos, uma vez que este elemento é fundamental nos vários processos relacionados à abertura estomática.

A estrutura suberosa observada em ambas as faces epidérmicas do nomófilo de *R. mangle* (Fig.3C), segundo Tomlinson (1986), são conhecidas como “cork warts”, ou seja, “verrugas suberosas” provenientes de hidatódios não funcionais obliterados pela instalação da periderme e que formam pequenas lesões escuras na superfície foliar. Por sua vez, o estudo de Evans *et al.* (2005; 2008) relaciona estas estruturas à aeração da planta que está relacionada com a camada subepidérmica armazenadora de ar em *R. mangle* e *R. stylosa*, sendo responsáveis pela condução do oxigênio captado pelas folhas até as raízes. Entretanto, neste estudo não foi observado camada subepidérmica armazenadora de ar e sim aquífera, o que descarta a hipótese de Evans e colaboradores (2005; 2008).

Aparentemente, pela característica anatômica da estrutura suberosa, a sua presença pode estar relacionada à danos ou injúrias causadas por algum tipo de organismo ou patógeno que levariam à formação de áreas traumatizadas (Guimarães *et al.* 2011).

A presença de estruturas secretoras, como glândulas de sal, foi observada em todos os órgãos foliares de *L. racemosa* e *A. schaueriana*, com exceção dos cotilédones de *L. racemosa*. A análise dos órgãos foliares das três espécies evidenciou variações na posição destas estruturas na superfície desses órgãos e também na densidade das glândulas, que foi maior na face abaxial do nomofilo de *A. schaueriana*, sendo a contagem de glândulas de sal dessa face estimada visualmente, devido à densa cobertura de tricomas não glandulares observados na maioria dos nomofilos (Fig.3D). Tal observação também foi constatada no estudo de Silva *et al.* (2010b).

A densidade de estruturas secretoras de sal é pouco explorada na literatura, o que dificulta a comparação com outros estudos. Thompson (1975) atribui às glândulas de sal de plantas do gênero *Avicennia* a função de manutenção do equilíbrio osmótico e que a densidade destas variam de acordo com a salinidade do meio (Borkar *et al.* 2011). Estudos com *A. marina* mostraram que a densidade de glândulas de sal varia com a salinidade e com a idade da folha, sendo que em ambientes de maior salinidade e em folhas mais velhas, a densidade é menor (Drennan & Berjak 1982; Naidoo 2010). Em *L. racemosa*, as glândulas de sal estavam presentes apenas na face adaxial do eofilo e nomofilo.

Variações na densidade de estruturas secretoras de sal entre as espécies parecem ser influenciadas pela tolerância de cada espécie a salinidade e pelos diversos mecanismos de eliminação adotados pelas espécies (Tomlinson 1986; Parida & Jha 2010). Segundo diferentes autores, as espécies de *Laguncularia* são secretoras de sal, as de *Rhizophora* são exclusoras e acumuladoras de sal e as de *Avicennia* são concomitantemente secretoras, exclusoras e acumuladoras (vide Parida & Jha 2010).

As espécies estudadas apresentaram características distintivas entre si e entre os tipos foliares, que podem ser interpretadas como de grande importância adaptativa para a sobrevivência destas neste ecossistema. Neste sentido, as características morfoanatômicas relevantes observadas em todas as espécies, como a presença de células e tecidos armazenadores de água no mesofilo, estruturas acumuladoras e eliminadoras de sal, órgãos foliares espessos e densos, são fundamentais para o sucesso destas espécies na fase juvenil sobreviverem aos diversos fatores estressantes atuantes. Estas características, nas suas diversas combinações, parecem representar os ajustes morfológicos dos órgãos foliares para reduzir a perda da água, auxiliar na eliminação do excesso de sal, aumentar a captação da luz difusa, permitindo maior eficiência na manutenção dos processos fisiológicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angulo, R.J. 1990. O manguezal como unidade dos mapas geológicos. Pp. 54-62. In: **Simpósio de ecossistemas da costa sul e sudeste brasileira**, 2. 1990, Águas de Lindóia. Resumos Expandidos. São Paulo, ACIESP. v. 2.

- Baran, E.J. 1995. **Química Bioinorgânica**. Madrid: McGraw Hill. Pp.197-212.
- Bezerra, M.A.; de Lacerda, C.F.; Filho, E.G.; de Abreu, C.E.B. & Prisco, J.T., 2007. Physiology of cashew plants grown under adverse conditions. **Brazilian Journal of Plant Physiology** **19**: 449–461.
- Boeger, M.R.T & Gluzezak, R.M. 2006. Adaptações estruturais de sete espécies de plantas para as condições ambientais da área de dunas de Santa Catarina, Brasil. **Iheringia** **61**(12): 73-82.
- Boeger, M.R.T.; Cavichiolo, L.E.; Pil, M.W. & Labiak, P.H. 2007. Variabilidade fenotípica de *Rumohra adiantiformis* (G. Forst) Ching (Dryopteridaceae). **Hoehnea** **34**(4): 553-561.
- Boeger, M.R.T.; Kaehler, M.; Melo Jr., J.C.F. de; Gomes, M.Z.; Oliveira, L. da S.; Chaves, C.R.M. & Schottz, E. de S. 2006. Estrutura foliar de seis espécies do subosque de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista. **Hoehnea** **33**(4): 521-531.
- Borkar, M.U.; Athalye, R.P.; Goldin, Q. 2011. Salinity induced changes in the leaf anatomy of the mangrove *Avicennia marina* along the anthropogenically stressed tropical creek. **Journal of Coastal Development** **14**(3): 191-201.
- Brites, D. & Valladares, F. 2005. Implications of opposite phyllotaxis for light interception efficiency of Mediterranean woody plants. **Trees** **19**(6): 671-679.
- Chaves, P.T.C. & Corrêa, M.F.M. 1998. Composição ictiofaunística da área de manguezal da Baía de Guaratuba, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** **15**(1): 195-202.
- Chiamolera, L. B.; Angelo, A. C. & Boeger, M. R. T. 2010. Influência da luminosidade nos aspectos morfoanatômicos e fisiológicos de folhas de *Schinus terebinthifolius* Raddi (*Anacardiaceae*) implantadas em duas áreas com diferentes graus de sucessão, nas margens do Reservatório Iraí, Paraná, Brasil. **Iheringia** **65**(2): 171-181.
- Cintrón, G. & Schaeffer-Novelli, Y. 1984. Methods for studying mangrove structure. *In*: Snedaker, S.C. and J.G. Snedaker (eds.), **The Mangrove Ecosystem: Research Methods**. Unesco, Paris, pp. 91-113.
- Coley, P.D.; Kursar, T.A. & Machado, J.L. 1993. Colonization of tropical rain forest leaves by epiphylls: effects of site and host plant leaf lifetime. **Ecology** **74**(2): 619-623.
- Dickson, W.C. 2000. **Integrative plant anatomy**. San Diego: Harcourt Academic Press. 533p.
- Drennan, P.M. & Berjak, P. 1982. Degeneration of the salt glands accompanying foliar maturation in *Avicennia marina* (Forsskal) Vierh. **New phytologist** **90**(1): 165-176.
- Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1999. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, Produção de Informação. 412p.
- Evans, L.S.; Okawa, Y.; Searcy, D.G. 2005. Anatomy and morphology of red mangrove (*Rhizophora mangle*) plants in relation to internal airflow. **Journal of the Torrey Botanical Society** **132**(4): 537–550.

- Evans, L.S.; Leon, M.F.; Sai, E. 2008. Anatomy and morphology of *Rhizophora stylosa* in relation to internal airflow and Attim's plant architecture. **Journal of the Torrey Botanical Society** **135**(1): 114-125.
- Fahn, A. & Cutler, D.I. 1992. **Xerophytes**. Berlin: Gebrüder Broentaeger. 176 p.
- Farrant, J.M.; Pammenter, N.W.; Berjak, P. 1992. Development of the recalcitrant (Homoiohydrous) seeds of *Avicennia marina*: anatomical, ultra structural and biochemical events associated with development from histodifferentiation to maturation. **Annual Botany** **70**(1): 75–86.
- Franklin, G.L. 1945. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new macerating method for wood. **Nature** **155**(3924): 51.
- Garwood, N.C. 1995. Studies in Annonaceae. XX. Morphology and ecology of seedlings, fruits and seeds of selected Panamanian species. **Botanische Jahrbuecher fuer Systematik**. 117:1-152.
- Givnish, T.J. 1988. Adaptation to sun and shade: a whole-plant perspective. **Australian Journal of Plant Physiology** **15**: 63-92.
- Grime, J.P.; Mackey, J.M.L. 2002. The role of plasticity in resource capture by plants. **Evolutionary Ecology** **16**(3): 299-307.
- Guimarães, A.R.; Andreatta, R.H.P.; Costa, C.G. 2011. Stem and leaf morphoanatomy of two Atlantic Forest species of *Smilax* Linnaeus. **Revista de Biologia Neotropical** **8**(1): 1-14.
- Jensen, W.A. 1962. **Botanical histochemistry, principles and practice**. San Francisco, W.H. Freeman. 408p.
- Joffily, A. & Vieira, R.C. 2005. Anatomia foliar de *Maytenus* Mol. emend Mol. (*Celastraceae*), ocorrente no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **19**(3): 549-561.
- Johansen, D.A. 1940. **Plant microtechnique**. New York: McGraw Hill. 523 p.
- Kampel, M.; Amaral, S.; Soares, M.L.G. 2005. Imagens CCD/CBERS e TM/Landsat para análise multi-temporal de manguezais no Nordeste brasileiro. Um estudo no litoral do Estado do Ceará. *In*: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Anais... Goiânia: INPE.
- Kathiresan, K.; Bingham, B.L. 2001. **Biology of Mangroves and Mangrove Ecosystems**. Advances in marine biology 40: 81-251.
- Kitajima, K. 1992. Relationship between photosynthesis and thickness of cotyledons for tropical tree species. **Functional Ecology** **6**: 582–589.
- Marshall, P.E.; Kozłowski, T.T. 1976. Importance of photosynthetic cotyledons for early growth of woody angiosperms. **Physiologia Plantarum** **37**(4): 336–340.
- Mattos-Fonseca, S. & Rocha, M.T. 2004. O M.D.L. e as Florestas de Manguezal. Pp. 1-13. *In*: **Seminários em Administração FEA - USP**, 7, São Paulo. Trabalho Científico Gestão Sócioambiental.
- Medina, E. 1999. Mangrove physiology: the challenge of salt, heat, and light stress under recurrent flooding, p. 109-126. *In*: A. Yáñez-Arancibia y A. L. Lara-Domínguez (eds.). Ecosistemas de

- Manglar en América Tropical. Instituto de Ecología A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA. 380 p.
- Meziani, D. & Shipley, B. 1999. Interacting determinants of specific leaf area in 22 herbaceous species: effects of irradiance and nutrient availability. **Plant, Cell and Environment** **22**: 447-459.
- Milberg, P. & Lamont, B.B., 1997. Seed/cotyledon size and nutrient content play a major role in early performance of species on nutrient-poor soils. **New Phytologist** **137**: 665–672.
- Monje, P.G.; Baran, E.J. 2002. Characterization of calcium oxalates generated as biominerals in cacti. **Plant Physiology** **128**: 707-713.
- Moreira-Coneglian, I.R. & Oliveira, D.M.T. 2006. Anatomia comparada dos limbos cotiledonares e eofilares de dez espécies de Cesalpinioideae (Fabaceae). **Revista Brasileira de Botânica** **29**(2): 193-207.
- Mott, K.A., Gibson, A.C.; O' Leary, J. E. 1982. The adaptative significance of amphistomatic leaves. **Plant Cell and Environment** **5**(6):455-460.
- Naidoo, G. 2010. Ecophysiological differences between fringe and dwarf *Avicennia marina* mangroves. **Trees** **24**(4): 667-673.
- Noernberg, M.A.; Angelotti, R.; Caldeira, G.A. & Ribeiro De Sousa, A.F. 2008. Determinação da sensibilidade do litoral paranaense à contaminação por óleo. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology** **12**(2): 49-59.
- Oliveira, D.M.T. 1999b. Morfologia de plântulas e plantas jovens de 30 espécies arbóreas de Leguminosae. **Acta Botanica Brasilica** **13**(3):263-269.
- Oliveira, D.M.T. & Beltrati, C.M. 1992. Morfologia e desenvolvimento das plântulas de *Inga fagifolia* e *I. urugüensis*. **Turrialba** **42**(3):306-313.
- Paraguassu, L. A. A. & Silva, N. M. 2007. Caracterização fitossociológica do manguezal de Porto de Sauípe, Entre Rios, Bahia. **Diálogos & Ciência – Revista da Rede de Ensino FTC**, 12:1-11.
- Parida, A.K. & Jha. 2010. Salt tolerance mechanisms in mangroves: A review. **Trees**. **24**(2): 199-217.
- Patel, N.T., Gupta, A. & Pandey, A.N. 2010. Salinity tolerance of *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. from Gujarat coasts of India. **Aquatic Botany** **93**(1): 9–16.
- Pyykkö, M. 1979. Morphology and anatomy of leaves from some woody plants in a humid tropical forest of Venezuelan Guayana. **Acta Botanica Fennica** **112**: 1-41.
- Ricardi, M., Torres, F., Hernández, C. & Quintero, R. 1977. Morfologia de plantulas de arboles venezolanos. I. **Revista Florestal Venezolana** **27**:15-56.
- Ruiz, L.P.; Mansfield, T.A. 1994. A postulated role for calcium oxalate in the regulation of calcium ions in the vicinity of stomatal guard cells. **New Phytology** **127**(3): 473-481.
- Saenger P (1982) Morphological, anatomical and reproductive adaptations of Australian mangroves. *In*: Clough BF (ed), Mangrove ecosystems in Australia: structure, function and management. Australian Institute of Marine Science, Townsville, in association with Australian National University Press, Canberra, pp 153–191.

- Saenger, P., 2002. **Mangrove ecology, silviculture and conservation**. The Netherlands, Kluwer Academic Publishers. 360 p.
- Schaeffer-Novelli, Y.; Cintrón-Molero, G.; Soares, M. L. G. & De-Rosa, T. 2000. Brazilian mangroves. **Aquatic Ecosystem Health and Management** 3(4): 561-570.
- Silva, J.M.; Martins, M.B.G.; Cavalheiro, A.J. 2010b. Caracterização anatômica e perfis químicos de folhas de *Avicennia schaueriana* Stapf. & Leech. Ex Moldenke e *Rhizophora mangle* L. de manguezais impactados e não impactados do litoral paulista. **Insula** 39: 14-33.
- Smith, W. K., Bell, D. T. & Shepherd, K. A. 1998. Association between leaf structure, orientation, and sunlight exposure in sunlight in five western Australian communities. **American Journal of Botany** 85(1): 56-63.
- Smith, W. K.; Vogelmann, T. C.; Delucia, E. H.; Bell, D. T. & Shepherd, K. A. 1997. Leaf form and photosynthesis. **Bioscience** 46(1): 785-793.
- Sobrado, M.A. 2007. Relationship of water transport to anatomical features in the mangrove *Laguncularia racemosa* grown under contrasting salinities. **New Phytologist** 173(3): 584-591.
- Souza, L.A. 2003. **Morfologia e anatomia vegetal (célula, tecidos, órgãos e plântula)**. Ponta Grossa: Ed. Da Universidade Estadual de Ponta Grossa. 259 p.
- Souza, L.A.; Oliveira, J.H.G. 2004. Morfologia e anatomia das plântulas de *Tabebuia avellanadae* Lor. Ex Griseb e *T. chrysotricha* (Mart. ex Dc.) Standl. (Bignoniaceae). **Acta Scientiarum** 26(2): 217-226.
- Thompson, W.A.; Kriedemann, P.E.; Craig, I. E. 1992. Photosynthetic response to light and nutrients in sun-tolerant and shade-tolerant rainforest trees. I. Growth, leaf anatomy and nutrient content. **Australian Journal of Plant Physiology, Collingwood**, 19: 1-18.
- Thompson, W.W. 1975. The structure and function of salt glands. *In*: Poljakoff- Mayber. A. and Gale, J. (Ed). **Plants in Saline Environments**. New York: Springer, p. 118–146.
- Tomlinson, P. B.; Cox, P. A. 2000. Systematic and functional anatomy of seedlings in mangrove Rhizophoraceae: vivipary explained?. **Botanical Journal of the Linnean Society** 134: 215–231.
- Tomlinson, P.B. 1986. **The botany of mangroves**. Cambridge, Cambridge University Press. 413 p.
- Valladares, F. & Niinemets, U. 2008. Shade tolerance, a key plant feature of complex nature and consequences. **The Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**. 39(1): 237-257.
- Vannucci, M. 1999. **Os manguezais e nós**. São Paulo: Edusp, 233 p.
- Vendramini, F.; Díaz, S.; Gurvich, D.E.; Wilson, P.J.; Thompson, K.; Hodgson, J.G. 2002. Leaf traits as indicators of resource-use strategy in floras with succulent species. **New Phytologist** 154: 147-157.

- Vogel, E.F. 1980. **Seedlings of dicotyledons: structure, development, types**: descriptions of 150 woody Malesian taxa. Centre for Publishing and Documentation, Wageningen. 150p.
- Vogelmann, T.C., Nishio, J.N. & Smith, W.K. (1996). Leaves and light capture: light propagation and gradients of carbon fixation within leaves. **Trends in Plant Science** 1(2): 65-70.
- Wang, W.Q., Ke, L., Tam, N.F.Y., Wong, Y.S., 2002. Changes in the main osmotia during the development of *Kandelia candel* hypocotyls and after mature hypocotyls transplanted in solutions with different salinities. **Marine Biology** 141: 1029–1034.
- Witkowski, E.T.F. & Lamont, B.B. 1991. Leaf specific mass confounds leaf density and thickness. **Oecologia** 88: 486-493.
- Yan, Z., Wang, W., Tang, D., 2007. Effect of different time of salt stress on growth and some physiological processes of *Avicennia marina* seedlings. **Marine Biology** 152(3): 581–587.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A estrutura da regeneração natural apresentou diferenças entre as duas áreas de manguezais estudadas. Antonina apresentou maior densidade de plântulas que se encontrou heterogeneamente distribuída entre as parcelas, enquanto que em Guaratuba apresentou uma distribuição relativamente homogênea, com menor densidade de plântulas. Além disso, *L. racemosa* apresentou as maiores densidades de plântulas em Antonina, enquanto *A. schaueriana* apresentou as menores densidades nessa mesma área. Provavelmente o investimento em propágulos difere em cada espécie. Adicionalmente, a densidade de indivíduos arbóreos nas subáreas, bem como a frutificação dos mesmos ocorrendo em épocas diferentes, podem ter influenciado na densidade de plântulas observada.

Apesar de não apresentar as maiores densidades de propágulos, *R. mangle* apresentou os maiores valores médios de altura e distribuição mais homogênea nas classes de tamanho nas subáreas de Antonina e Guaratuba, representando a espécie com melhor recrutamento. Já *L. racemosa* e *A. schaueriana* apresentaram um maior número de propágulos nas classes iniciais de tamanho (0-20; 21-40 cm), tanto em Antonina quanto em Guaratuba. Provavelmente, a estratégia adotada pelas plântulas de *R. mangle* teve mais sucesso que as das demais espécies.

Essa distribuição pode ser explicada pela combinação de diversos fatores característicos daquele local como tipo de solo, salinidade e disponibilidade de luz, além das características próprias das espécies. É importante considerar que o censo de plântulas foi realizado apenas em abril de 2010, sem o acompanhamento nos demais meses do ano. Provavelmente, a medida que os frutos se dispersaram da planta-mãe ocorreram maior recrutamento de propágulos.

Em se tratando dos aspectos morfoanatômicos, as espécies estudadas apresentaram características distintas entre si e entre os órgãos foliares que podem ser interpretadas como estratégias adaptativas para a sobrevivência das três espécies neste ecossistema fortemente influenciado pela maré, variações da salinidade, solo inconsolidado, entre outros fatores. Neste sentido, as características morfoanatômicas relevantes observadas em todas as espécies com a presença de células e tecidos armazenadores de água no mesófilo, estruturas acumuladoras e eliminadoras de sal, órgãos foliares espessos e densos, são fundamentais para o sucesso destas espécies na fase em que se encontram para sobreviverem aos diversos fatores estressantes atuantes. Estas características, nas suas diversas combinações, parecem representar os ajustes morfológicos dos órgãos foliares resultando na redução da perda da

água, no auxílio na eliminação do excesso de sal, e no aumento da captação da luz difusa, permitindo uma maior eficiência, ou ainda, a manutenção dos processos fisiológicos.

Por fim, é importante ressaltar a necessidade da continuidade de mais estudos sobre o componente de regeneração com enfoque aprofundado quanto ao estabelecimento e recrutamento do banco de plântulas, buscando correlacionar com os períodos de frutificação das matrizes para, então, avaliar a distribuição e a densidade das plântulas nesse ambiente.