

CAROLINA SERENESKI DE LIMA

**MORFOLOGIA FOLIAR E FENOLOGIA DO COMPONENTE ARBÓREO DE
MANGUEZAIS DAS BAÍAS DE GUARATUBA E ANTONINA, PARANÁ, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial de avaliação para obtenção do título de mestre.

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

Curitiba

2012

Meu manguezal...

*“ Vivo no mundo da lama, alguns chamam de
maternidade,
albergue de minhas plantas, santuário da
prosperidade... ”*

Adaptado de Carlinhos de Tote.

*Á minha amada família e aos meus
queridos amigos.
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço pelas oportunidades que surgiram durante a caminhada e fizeram com que esse trabalho fosse concretizado.

À minha orientadora, Prof. Dr^a Maria Regina Torres Boeger, pela orientação, conhecimento, apoio, confiança e paciência. Por todo o processo e etapas para conclusão do mestrado, disciplinas, relatórios, coletas, mosquitos e brincadeiras, que foram fundamentais para a evolução profissional, assim como a pessoal.

À minha família, que foram e são as peças fundamentais para a realização e conclusão de diversas metas e sonhos. Por todo apoio, amor, cumplicidade e paciência.

À todos o integrantes do projeto Olapa, por todas as árduas coletas, atoleiros, processamentos de laboratório, horas de barco, pelas risadas, pela cumplicidade e ajuda.

À Fundação Araucária e a Petrobrás pelo financiamento da pesquisa.

À todos os colegas de curso, companheiros de laboratório, funcionários do Departamento de Botânica, professores do Programa de Pós-Graduação em Botânica e à coordenadora do curso, Prof. Dr^a Cleusa Bona.

À Prof. Dr^a Leila Teresinha Maranhão, por despertar o amor às plantas e principalmente aos manguezais.

Ao REUNI pela concessão de bolsa de estudos.

À todos os amigos que participaram indiretamente do processo de concretização deste trabalho.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	01
REFERÊNCIAS	04
CAPÍTULO I	
Esclerofilia em espécies arbóreas de manguezais do sul do Brasil.....	07
Resumo	08
Abstract	08
Introdução	09
Material e Métodos	10
Resultados	12
Discussão	13
Conclusão	16
Referências	17
Lista de Tabelas	22
Lista de Figuras	26
CAPÍTULO II	
Fenologia do componente arbóreo de Manguezais do Paraná, Brasil	28
Resumo	29
Abstract	29
Introdução	30
Material e Métodos	31
Resultados	32
Discussão	34
Conclusão	36
Referências	37
Lista de Tabelas	41
Lista de Figuras	44
CONSIDERAÇÕES FINAIS	48

INTRODUÇÃO GERAL

O manguezal é um ecossistema de transição entre os ambientes terrestre e marinho, localizado em regiões costeiras abrigadas, como margens de rios, barras, lagoas, linhas de costa, ilhas e complexos estuarinos (Schaeffer-Novelli 1995). Os manguezais estão restritos a regiões tropicais e subtropicais, com latitudes que variam entre 30°N e 30°S (Giri *et al.* 2011). A distribuição global do ambiente é delimitada por grandes correntes oceânicas, além da temperatura mínima de 20°C da água oceânica (Alongi 2009). Hogarth (2007) sugere uma limitação pela temperatura atmosférica, relatando a intolerância das espécies vegetais de mangue a baixas temperaturas.

O termo mangue é utilizado para designar um grupo florístico específico de árvores e arbustos tropicais, que possuem características em comum e compõe a cobertura vegetal do ambiente, enquanto que o termo manguezal é utilizado para designar a comunidade ecológica ou o ecossistema (Schaeffer-Novelli *et al.* 2000; Vannucci 2003; Feller & Sitnik 1996).

Cerca de 0,7% das florestas tropicais são ocupadas por manguezais, compreendendo aproximadamente 137,760 Km² em 118 países e territórios. O Brasil é o terceiro país com maior riqueza de florestas de manguezal no mundo, sendo 7% do total global (Giri *et al.* 2011). Os manguezais brasileiros 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; Souza *et al.* 2006).

As florestas de manguezais estão submetidas constantemente a diversos fatores ambientais considerados limitantes como alta salinidade, variação extrema das marés, baixa oxigenação e solo não consolidado (Silva *et al.* 2005; Kathiresan & Bingham, 2001; Schaeffer-Novelli *et al.* 2000; Feller & Sitnik 1996). Em detrimento a tais condições ambientais extremas, a vegetação possui características morfológicas, biológicas, fisiológicas e ecológicas comuns, para sobreviverem e se reproduzirem em tal ambiente (Kathiresan & Bingham 2001).

As espécies arbóreas de manguezais possuem similaridades óbvias e peculiares, que as tornam endêmicas de tais ambientes (Alongi 2009). As espécies vegetais presentes exibem distintos mecanismos adaptativos, os quais incluem raízes aéreas e de sustentação, glândulas de sal nas folhas, estratégias de exclusão e compartimentalização de sais, produção de propágulos e alta eficiência para retenção de nutrientes (Tomlinson 1986; Duke 1992).

Apesar da vegetação de manguezal apresentar alto grau de especialização, a diversidade de espécies é extremamente baixa, quando comparada com outras florestas tropicais (Kathiresan 2008). Existem no mundo cerca de 65 espécies distribuídas em 20 gêneros e 16 famílias (Duke 1992; Tomlinson 1986; Kathiresan & Bingham 2001). A diversidade diminui consideravelmente nos manguezais sul-americanos, sendo encontrados somente oito espécies pertencentes a cinco gêneros. No Brasil, são encontradas três famílias, *Rhizophoraceae*, *Verbenaceae*, *Combretaceae*, quatro gêneros e sete espécies (Cintrón & Schaeffer-Novelli 1983; Schaeffer-Novelli *et al.* 1990).

Mesmo o ambiente possuindo baixa diversidade de plantas, desempenha um papel ecológico fundamental para as zonas costeiras (Kauffman *et al.* 2011), pois são considerados um dos ambientes mais produtivos, devido à elevada produção de matéria orgânica (Fromard *et al.* 1998; Feller & Sitnik 1996). O manguezal atua como uma unidade integrada, sendo a vegetação a principal responsável pela dinâmica dos estuários tropicais e áreas adjacentes (Souza & Sampaio 2001).

Os manguezais desempenham ainda o papel de formador e estabilizador dos solos da região costeira, disponibilizam habitat para o desenvolvimento, reprodução e alimentação de diversos animais, realizam a proteção da linha da costa contra desastres ambientais, funcionam como filtro de poluentes, além de gerar bens e serviços, associados à subsistência de comunidades tradicionais que vivem em áreas adjacentes aos manguezais (Kauffman 2011; Dittmar *et al.* 2006; Coelho Junior & Schaeffer-Novelli 2000; Feller & Sitnik 1996).

A fenologia é o estudo da ocorrência de eventos biológicos repetitivos e das causas de sua ocorrência em relação às forças seletivas bióticas e abióticas (Lieth 1974). O estudo desses eventos (fenofases) contribuem para o entendimento da regeneração e reprodução das plantas, da organização temporal dos recursos dentro das comunidades, das interações planta-animal e da evolução da história (Morellato & Leitão-Filho 1996).

Os fatores que influenciam as fenofases podem ser bióticos e abióticos. Os fatores bióticos incluem adaptações morfológicas e fisiológicas, além da interação com polinizadores e dispersores (Liebsch & Mikich, 2009; Van Schaik *et al.* 1993), enquanto que os fatores abióticos, como precipitação, temperatura e o comprimento do dia são considerados os mais relevantes (Liebsch & Mikich, 2009; Morellato *et al.* 2000).

A sazonalidade climática a que as florestas estão sujeitas parece determinar em maior ou menor grau os ritmos fenológicos das plantas (Peñuelas & Filela 2001), apesar dessas evidências, existe pouca informação disponível na literatura sobre os eventos fenológicos destas formações florestais no sul do Brasil, e especialmente para os manguezais (Liebsch & Mikich 2009).

Assim como os processos de brotação e/ou frutificação, a morfologia das folhas também pode ser influenciada pelos fatores ambientais como os nutrientes disponíveis no solo. De acordo com a teoria do oligotrofismo, a baixa disponibilidade de nitrogênio e fósforo no sistema pode gerar características morfológicas nas plantas, como alto investimento em tecido estrutural em detrimento de tecido fotossintético (folhas esclerófilas), produção de compostos fenólicos contra herbívora e longevidade das folhas (Edwards *et al.* 2000). A esclerofilia pode ser interpretada como uma resposta adaptativa a agentes estressantes como a baixa disponibilidade de nutrientes, alta salinidade, baixa disponibilidade hídrica no solo, entre outros.

Cerca de 25% da área total de florestas de manguezais do Brasil vem sendo perdidas em função de atividades antropogênicas (Nascimento *et al.*, 2007). Devido à grande expansão das áreas urbanas na

região costeira ocorrem conseqüentes atividades como desmatamento, aterro, lançamento de esgoto e lixo, derramamento de petróleo e metais pesados (Krug *et al.* 2007; Noernberg & Lana 2002).

A avaliação dos diferentes processos biológicos que ocorrem nos ecossistemas em geral, em especial os manguezais, podem gerar subsídios para definir áreas prioritárias de preservação (Nascimento *et al.* 2007). De acordo com Soares (1999) e Silva *et al.* (2005), a caracterização estrutural e alterações morfológicas na vegetação de manguezal constituem valiosa ferramenta no que concerne à resposta desse ecossistema às condições ambientais existentes, possíveis impactos, bem como aos estudos e ações que levam à conservação do ambiente para gerar um refinamento e maior detalhamento das florestas de manguezais.

Este estudo faz parte de um projeto maior sobre a estrutura e dinâmica da comunidade arbórea dos manguezais da Baía de Antonina e Baía de Guaratuba. O projeto maior inclui diferentes subprojetos (Fig. 1) sobre a estrutura dos manguezais (levantamento fitossociológico do componente arbóreo e regeneração natural), e a dinâmica dos manguezais (teores de nutrientes foliares, caracterização física e fertilidade do solo, fenologia das espécies arbóreas, anatomia da madeira de espécies arbóreas, análise de serapilheira e taxas fotossintéticas do componente arbóreo).

Sendo assim, este estudo teve como objetivo avaliar o padrão morfológico e fenológico das espécies do componente arbóreo de manguezais do Paraná (Antonina e Guaratuba), e esclarecer as seguintes questões: (1) Qual o padrão fenológico das espécies do componente arbóreo dos manguezais de Antonina e Guaratuba? (2) Qual a relação entre os eventos fenológicos e os fatores ambientais? (3) De acordo com o padrão morfológico e os índices de esclerofilia, a vegetação de manguezal pode ser definida como esclerófilas?

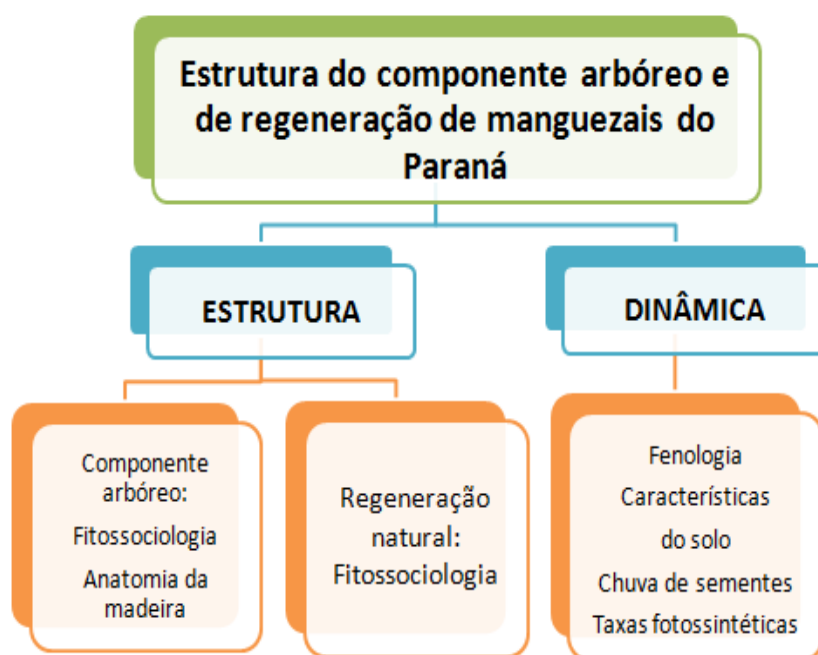


Figura 1 – Fluxograma dos subprojetos do Projeto Manguezal.

REFERÊNCIAS

- Alongi, D.M. 2009. **The energetics of mangrove forests**. Springer Science and Business, New York.
- Bernini, E. 2008. Estrutura da cobertura vegetal e produção de serapilheira da floresta de mangue do estuário do rio Paraíba do Sul, estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Tese de Doutorado**, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes. 134 p.
- Citrón, G. & Schaeffer-Novelli, Y. 1983. **Introducción a la ecología del manglar**. San Juan, Rostlac, 109 p.
- Coelho Junior, C. & Schaeffer-Novelli, Y. 2000. Considerações teóricas e práticas sobre o impacto da carcinicultura nos ecossistemas costeiros, com ênfase no ecossistema de manguezal. In: **Anais da Conferência Internacional Mangrove; Sustentabilidade de Estuários e Manguezais: desafios e perspectivas**, Recife.
- Dittmar, T.; Hertkorn, N.; Kattner, R.J. & Lara, R.J. 2006. Mangroves, a major source of dissolved organic carbon to the oceans. **Global biogeochemical cycles** 20:1-7.
- Duke, N. C. 1992. Mangrove floristics and biogeography. **Tropical mangrove ecosystems, Coastal and estuarine series**. American Geophysical Union, Washington. P: 63-100.
- Edwards, C.; Read, J. & Sanson, G. 2000. Characterising sclerophylly: some mechanical properties of leaves from heath and forest. **Oecologia** 123:158-167.
- Feller, I.C. & Sitnik, M. 1996. **Mangrove Ecology: A Manuel for a Field Course**. Smithsonian Intitution.
- Fromard, F.; Puig, H.; Mougín, E.; Marty, G.; Betoulle, J. L. & Cadamuro, L. 1998. Structure, above-ground biomass and dynamics of mangrove ecosystems: New data from French Guiana. **Oecologia** 115:39-53.
- Giri, C.; Ochieng, E.; Tieszen, L.L.; Zhu, Z.; Singh, A.; Loveland, T.; Masek, J. & Duke, N. 2011. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. **Global Ecology and Biogeography** 20:154-159.

- Hogarth, P. 2007. **The biology of mangroves and sea grasses**. Oxford University Press, Oxford, UK.
- 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: **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia. P: 979-986
- Kathiresan, K. & Bingham, B.L. 2001. Biology of mangroves and mangrove ecosystems. **Advances in Marine Biology** 40:81-251.
- Kathiresan, K. 2008. Methods of study mangroves. **Handout of Training Course On Mangroves And Biodiversity**. Disponível em: < <http://ocw.unu.edu/international-network-on-water-environment-and-health/unu-inweh-course-1-mangroves/unu-inweh-course-1-mangroves.zip/view> >.
- Kauffman, J.B.; Heider, C.; Cole, T.G.; Dwire, K.A. & Donato, D.C. 2011. Ecosystem carbon stocks of Micronesian mangrove forests. **Wetlands** 31:343-353.
- 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. In: **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis.
- Liebsch, D. & Mikich, S.B. 2009. Fenologia reprodutiva de espécies vegetais da Floresta Ombrófila Mista do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** 32:375-391.
- Lieth, H. 1974. Introduction to phenology and the modeling of seasonality. Phenology and seasonality modeling. **Ecological Studies**, Springer-Verlag 8:3-19.
- Morellato, L.P.C. & Leitão-Filho, H.F. 1996. Reproductive phenology of climbers in a Southeastern Brazilian Forest. **Biotropica** 28:180-191.
- Morellato, L.P.C.; Romera, E.C.; Talora, D.C.; Takahashi, A.; Bencke, C.C. & Zipparro, V.B. 2000. Phenology of Atlantic Rain Forest trees: a comparative study. **Biotropica** 32:811-823.
- Nascimento, I.A.; Solange, A.P. & Dória, E.L.V. 2007. Identificação e prevenção de impactos em manguezais: relação com atividades de carcinicultura. **Diálogos e Ciência** 11:1-11.

Noernberg, M.A. & Lana, P.C. 2002. A sensibilidade de manguezais e marismas a impactos por óleo: fato ou mito? Uma ferramenta para a avaliação da vulnerabilidade de sistemas costeiros a derrames de óleo. **Geografares** 3:1-14

Peñuelas, J. & Filella, I. 2001. Perspectives: Phenology, Responses to a warming world. **Science** 294:793-795.

Schaeffer-Novelli, Y. 1995. **Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar**. São Paulo, Caribbean Ecological Research 65 pp.

Schaeffer-Novelli, Y.; Cintrón-Molero, G. & Adaime, R.R. 1990. Variability of mangrove ecosystems along the brazilian coast. **Estuaries** 13:204-218.

Schaeffer-Novelli, Y.; Cintrón-Molero, G.; Soares, M.L.G & De-Rosa, T. 2000. Brazilian mangroves. **Aquatic Ecosystem Health and Management** 3:561-570.

Silva, M.A.B.; Bernini, E. & Carmo, T.M.C. 2005. Características estruturais de bosques de mangue do estuário do rio São Mateus, ES, Brasil. **Acta Botânica Brasílica** 19:465-471.

Soares, M.L.G. 1999. Estrutura vegetal e grau de perturbação dos manguezais da Lagoa da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Revista Brasileira de Biologia** 59:503-515.

Souza, M.M.A. & Sampaio, E.V.S.B. 2001. Variação temporal da estrutura dos bosques de mangue de Suape-PE após a construção do porto. **Acta Botânica Brasílica** 15:1-12.

Souza, T.A.B.; Clemente, G.; Moura, F.; Garcia, F. & Flynn, M. 2006. Mapeamento de manguezal em Cananéia, São Paulo – Brasil. In: **Anais do Environmental and Health World Congress**, Santos.

Tomlinson, P.B. 1986. **The botany of mangroves**. Cambridge University Press, New York 413 pp.

Van Schaik, C.P.; Terborgh, J.W. & Wrigth, S.J. 1993. The phenology of tropical forests: adaptative significance and consequences for primary consumers. **Annual Review of Ecology and Systematics** 24:353-377.

Vanucci, M. 2003. **Os manguezais e nós**. Edus, São Paulo. P: 29-75.

Esclerofilia em espécies arbóreas de manguezais do sul do Brasil¹

(Preparado de acordo com as normas da revista *Acta Botanica Brasilica*)

Carolina Sereneski de Lima^{2,3}

Maria Regina Torres Boeger²

Andressa Pelozzo²

Patricia Soffiatti²

-
1. Parte da dissertação de mestrado de C.S. Lima vinculada ao programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal do Paraná
 2. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, Caixa Postal 19031, 81531-990 Curitiba, PR, Brasil
 3. Autor para correspondência: sereneskilima@gmail.com

RESUMO – (Esclerofilia em espécies arbóreas de manguezais do sul do Brasil). A esclerofilia, característica morfológica que define folhas duras e coriáceas, é atualmente aceita como uma resposta não específica das plantas a ambientes com múltiplos estresses atuantes. Em florestas de manguezais, fatores como solo inconsolidado e regularmente inundado, baixa disponibilidade de oxigênio e alta salinidade caracterizam esse ambiente com agentes estressantes. Em duas áreas de manguezal no litoral do Paraná, Antonina e Guaratuba, as folhas de espécies arbóreas de bosques de mangues (*Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana*) foram coletadas para análise morfológica e de nutrientes foliares. Ambos índices de esclerofilia (índice de Rizzini e a área específica foliar) indicaram que as três espécies são esclerófilas. Em relação às características morfológicas e nutricionais, apenas a espessura da folha de todas as espécies e a presença de camada subepidérmica em *Rhizophora mangle* e *Avicennia schaueriana* e esclereídes em *Rhizophora mangle* podem ser consideradas indicadoras de esclerofilia. Comparativamente, as folhas apresentaram diferentes graus de esclerofilia, na seguinte ordem: *R. mangle* > *L. racemosa* > *A. schaueriana*, considerando todas as características analisadas. Esse gradiente de esclerofilia parece ser consequência das diferentes estratégias que as espécies desenvolveram em relação às condições abióticas estressantes dos manguezais, em especial aos mecanismos de tolerância à salinidade.

Palavras-chave: área foliar específica, índice de esclerofilia, morfologia foliar, salinidade, Paraná.

ABSTRACT – (Sclerophylly in tree species from mangroves of South Brazil). Sclerophylly, a morphological trait that defines coriaceous and hard leaves, is actually accepted as a non specific response to environments with acting multiple stress. In mangroves, features such as inundated and unconsolidated soil, low disponibility of oxygen and high salinity characterize this stressful environment. From two mangroves areas of the coast of Paraná state, leaves of tree species (*Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* and *Avicennia schaueriana*) were collected and analyzed nutritionally and morphologically. Both sclerophylly indexes (Rizzini index and specific leaf area) indicated that all species are sclerophyllous. Considering nutritional and morphological traits, only total leaf thickness in all species, the presence of subepidermal layer in *Rhizophora mangle* and *Avicennia schaueriana* and sclereids in *Rhizophora mangle* can indicate sclerophylly. Comparatively, the leaves presented different degrees of sclerophylly, in the following order: *R. mangle* > *L. racemosa* > *A. schaueriana*, considering all analyzed characteristics. This gradient of sclerophylly appears to be consequence of different strategies that species developed in relation to stressful abiotic conditions in mangroves, specially the mechanisms for salinity tolerance.

Key-words: leaf morphology, salinity, sclerophylly index, specific leaf area, Paraná.

Introdução

O termo esclerofilia, criado por Schimper (1903), foi utilizado primeiramente para um tipo especial de folhas de xerófitas, para distinguir as folhas rígidas e coriáceas das folhas suculentas ou de plantas áfilas de ambientes xéricos. Em função da ocorrência de plantas esclerófilas em diversas formações florestais úmidas com baixa fertilidade, a esclerofilia foi posteriormente associada à ambientes com baixa concentração de nutrientes no solo, principalmente nitrogênio e fósforo (Loveless 1962) e à defesa contra herbívoros (Choong *et al.* 1992). Atualmente, a esclerofilia é aceita como uma resposta não específica a ambientes com múltiplos estresses atuantes (Read & Sanson 2003). Essa resposta não específica pode ser adaptativa, tornando a folha mais longeva e mais eficiente fotossinteticamente, ou ainda, não adaptativa, resultante da combinação de características que tornam a folha mais resistente ao estresse (Read *et al.* 2006).

A esclerofilia foi primeiramente relacionada com a rigidez foliar, devido à presença de tecidos mecânicos na folha (Shimper 1903). No entanto, estudos posteriores mostraram que a rigidez foliar poderia ser resultado de uma combinação de características morfológicas e anatômicas como lâmina foliar, cutícula e epiderme espessas, presença de hipoderme, razão parênquima paliçádico/esponjoso > 1 , mesofilo compactado e alta razão de fibras brutas/proteínas brutas (Turner 1994; Read & Sanson 2003).

A esclerofilia também pode ser avaliada por meio da utilização de índices como a área específica foliar (AEF), (Camerik & Werger 1981; Marin & Medina 1981; Bongers & Popma 1990; Witkoswski *et al.* 1991) e o índice de esclerofilia (Rizzini 1976). A AEF representa o investimento na formação de tecido fotossintético por unidade de área e pode ser utilizada como uma medida das taxas de crescimento relativo das espécies (Vendramini *et al.* 2002). Folhas que apresentam baixos valores de AEF possuem um maior investimento em material mecânico em detrimento do tecido fotossintético, o que torna as folhas mais coriáceas e duras. A dureza das folhas parece decorrer da alta relação C:N do solo, onde o excesso de carbono é convertido em lignina (Marin & Medina 1981). O índice de esclerofilia de Rizzini (1976) relaciona a massa seca com a superfície foliar, classificando as folhas como esclerófilas, aquelas com valores acima de 0,6.

Os manguezais estão localizados em áreas costeiras abrigadas, nos trópicos e sub-trópicos (Shaeffer-Novelli 1995). Esses ambientes são caracterizados por solos com sedimentos principalmente argilosos e ricos em nutrientes. As florestas de manguezais estão constantemente submetidas às condições ambientais limitantes, como alta salinidade, substrato não consolidado, baixa oxigenação e frequente submersão pelas marés (Schaeffer-Novelli *et al.* 2000; Kampel *et al.* 2005; Paraguassu & Silva 2007).

As espécies vegetais presentes em manguezais apresentam uma série de adaptações morfológicas, fisiológicas e reprodutivas, que as permitem desenvolverem-se nesses ambientes em condições estressantes (Cunha-Lignon 2006). As plantas exibem distintos mecanismos adaptativos, como raízes aéreas e de sustentação, produção de propágulos, glândulas de sal nas folhas e estratégias de exclusão e

compartimentalização de sais (Duke 1992; Bernini 2008). Além disso, as folhas caracterizam-se por serem bastante espessas e coriáceas.

Utilizando os índices de esclerofilia e as características morfológicas que caracterizam as folhas esclerófilas, e que os manguezais são um ecossistema com múltiplos estresses ambientais, o presente estudo pretendeu responder as seguintes questões:

- a) As folhas das espécies arbóreas dos manguezais estudados são esclerófilas, considerando os índices de esclerofilia de Rizzini e AEF e as características morfológicas e nutricionais propostas por Turner (1994)?
- b) As espécies apresentam o mesmo grau de esclerofilia?

Material e métodos

Área de Estudo – O estudo foi conduzido na Baía de Antonina, no estado do Paraná, parte do Complexo Estuarino de Paranaguá, que abrange um grande corpo aquoso de forma irregular que se projeta continente adentro, com 3.882 km² de extensão (Fávaro *et al.* 2007). Três subáreas amostrais semelhantes e próximas foram selecionadas (subárea 1 – 25°29'57''S/48°42'44''W, subárea 2 – 25°29'51''S/48°42'43''W e subárea 3 – 25°29'50''S/48°41'29''W).

O clima da região, de acordo com a classificação climática de Köppen, é do tipo subtropical-Cfa, com verões quentes, úmidos e com precipitação ao longo de todo ano. A temperatura média é de 20,5°C, sendo 16,7°C e 26,4°C as temperaturas mínima e máxima, respectivamente. A média da precipitação anual da região é de 617,4 mm; a salinidade da água intersticial variou de 19% a 16,9% e o potencial redox variou de -294,8 a -347,8 mV. O solo foi classificado como Organossolo tiomórfico sáprico sálico/sódico.

Metodologia – Nos locais de estudo, três espécies lenhosas foram identificadas: *Rhizophora mangle* L. (Rhizophoraceae); *Avicennia schaueriana* Stapf & Leachman (Acanthaceae) e *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn (Combretaceae). Quinze indivíduos de cada espécie, por subárea amostral, totalizando 45 indivíduos, foram selecionados mantendo uma distância mínima de 10m entre os indivíduos, de modo a evitar a seleção de clones. Os indivíduos foram padronizados com altura mínima de 8 m. De cada indivíduo, 30 folhas, entre o terceiro e o sexto nó, no sentido ápice-base, foram coletadas, na mesma condição de luz.

A espessura da folha foi estimada logo após a sua coleta, na parte mediana da lâmina, com o auxílio de um paquímetro digital, para o cálculo da densidade foliar. Posteriormente, cada folha foi prensada entre jornal e seca em estufa com ventilação forçada, até atingir massa constante. A massa seca foi estimada com auxílio de balança digital analítica. A área de cada folha foi estimada pela imagem digitalizada em scanner de mesa acoplado ao computador com o auxílio do programa SIGMA SCAN-PRO Versão 5.0 (SPS Inc., Chicago, IL, USA). Com base nesses dados, a Área Foliar Específica (AEF) =

área foliar (cm^2)/massa foliar (g) e o Índice de Esclerofilia (IE) = massa seca (g)/2 x área foliar (dm^2), segundo Rizzini (1976) foram calculados. Esse último índice define que plantas esclerófilas apresentam $\text{IE} > 0,6$ e plantas mesófilas $\text{IE} < 0,6$. A densidade foliar (DF, g.cm^{-3}) foi estimada pela razão massa específica foliar (massa foliar/área foliar*1/espessura).

A densidade das estruturas secretoras de sal nas folhas previamente desidratadas foi estimada a partir da modelagem com esmalte de unha incolor em ambas as faces epidérmicas, pela contagem de glândulas situadas em uma área de $1,0 \text{ mm}^2$, utilizando-se um campo por folha, por espécie, com o auxílio de microscópio de luz e câmara clara acoplada.

Quinze folhas, por espécie, foram utilizadas para as análises anatômicas. As folhas foram fixadas em FAA 70 e, posteriormente, conservadas em etanol 70%. Para a montagem de lâminas semipermanentes, o material previamente fixado foi seccionado transversalmente com lâmina de barbear, clarificado em hipoclorito de sódio 10%, corado com Azul de Toluidina 1% e montado em gelatina glicerizada. Nas secções transversais da região mediana dos limbos foliares, as espessuras da epiderme, em ambas as faces, adaxial e abaxial, da camada subepidérmica, do parênquima paliçádico, do esponjoso e a espessura total da lâmina foliar foram mensuradas. A razão da espessura dos parênquimas paliçádico e esponjoso foi estimada. As medições foram realizadas em microscópio óptico Olympus CBB, com auxílio de ocular micrometrada.

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 a vácuo com uma película de ouro em equipamento Balzers Union FL9496 SCD-030. As observações e as imagens foram analisadas em Microscópio Eletrônico de Varredura JEOL JSM-6360LV.

Dos mesmos indivíduos selecionados para a análise morfológica, quarenta e cinco folhas entre o terceiro e o quinto nó, no sentido ápice-base, por indivíduo, por espécie, foram coletadas para a análise de nutrientes. A digestão nítrico-perclórica foi utilizada para as análises de Fósforo (P); Potássio (K) e Sódio (Na). Para o nitrogênio (N), a determinação foi feita pelo método Kjeldahl. As determinações de todos os elementos foram realizadas por espectrometria de emissão óptica de plasma de argônio (ICP OES).

Para todas as variáveis quantitativas, as médias e respectivos desvios-padrão foram calculadas. As médias foram comparadas pela one-way ANOVA e os índices de esclerofilia foram correlacionados (correlação de Pearson) com as características morfológicas e os nutrientes foliares (Nitrogênio, Fósforo, Potássio e Sódio), no programa Statistica versão 7.0, (Statsoft, Inc., Tulsa, OK, USA).

Resultados

As três espécies avaliadas apresentaram diferenças quantitativas em relação à morfologia foliar. As folhas de *R. mangle* apresentaram maiores valores de área foliar e massa seca e os menores valores de espessura total quando comparadas com *A. schaueriana* e *L. racemosa* (Tab. 1).

Avicennia schaueriana apresentou os menores valores de área foliar, massa seca e espessura do limbo, entretanto, foi a espécie com maior área foliar específica média (Tab. 1), seguida de *R. mangle* e *L. racemosa*. Para o índice de esclerofilia (sensu Rizzini), os maiores valores médios ocorreram em *L. racemosa*, seguida de *R. mangle* e *A. schaueriana*. Apesar das diferenças significativas ($P < 0,05$) entre as espécies, todas foram classificadas como esclerófilas, de acordo com o índice de esclerofilia de Rizzini (Tab. 1). A densidade foliar foi a única variável que se manteve constante entre as espécies (Tab. 1).

Avicennia schaueriana é a espécie que apresentou maior densidade de estruturas secretoras de sal por mm^2 , em ambas as faces da epiderme, seguida por *L. racemosa* e *R. mangle* (Tab. 1). Em relação à face da folha, não foi observado um padrão entre as espécies. *Avicennia schaueriana* possui maior densidade de estruturas secretoras de sal na face adaxial, enquanto que *L. racemosa* apresentou maior densidade na face abaxial. *Rhizophora mangle* apresentou estruturas secretoras de sal apenas na face abaxial.

As três espécies apresentaram valores distintos de concentração de nutrientes (Tab. 2). *Avicennia schaueriana* apresentou as maiores concentrações de N, K, P e Na, quando comparado com *L. racemosa* e *R. mangle*. Menores concentrações de N, K e Na foram encontradas em *L. racemosa*. Os valores médios da concentração de nutrientes das espécies estudadas apresentaram-se na seguinte ordem: *Avicennia schaueriana*: $\text{N} > \text{K} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{Ca} > \text{P}$; *Laguncularia racemosa*: $\text{Ca} > \text{N} > \text{K} > \text{Na} > \text{Mg} > \text{P}$ e *Rhizophora mangle*: $\text{N} > \text{Ca} > \text{K} > \text{Na} > \text{Mg} > \text{P}$ (Tab. 2). Nas três espécies, o P apresentou a última posição em relação a concentração dos demais nutrientes, enquanto que o Na manteve-se na quarta posição, nas três espécies. Os demais nutrientes variaram de posição entre as três espécies.

A AEF foi diretamente correlacionada com as concentrações de N, K e Na e inversamente correlacionada com a massa seca foliar e a espessura total da folha (Tab. 3). O índice de esclerofilia (sensu Rizzini) apresentou as mesmas correlações, porém inversas da AFE, como esperado, uma vez que esse índice (massa seca/área foliar) é inverso à AEF (área foliar/massa seca) (Tab. 3).

A lâmina foliar das três espécies apresenta epiderme unisseriada com células isodiamétricas arredondadas e paredes periclinais externas convexas, recobertas por uma camada de cutícula (Fig. 1-a, 1-c e 1-e). A folha é hipostomática em *A. schaueriana* (Fig. 1-a) e *R. mangle* (Fig. 1-c) e anfiestomática em *L. racemosa* (Figura 1-e). Glândulas de sal (Fig. 1-d) ocorrem em ambas as faces de *A. schaueriana* e *L. racemosa* e na face adaxial da epiderme de *R. mangle*. Em *A. schaueriana*, também se observou na face abaxial, tricomas glandulares (Fig. 1-b) presentes em grande quantidade, que na maioria das vezes recobrem totalmente esta face.

Internamente à epiderme, ocorre um estrato subepidérmico, em *A. schaueriana*, formado por três a quatro camadas de células com formato isodiamétrico levemente achatado, na face adaxial (Fig. 1-a). Em *R. mangle*, esse estrato é composto por cinco a sete camadas, com células que variam de achatadas à alongadas (Fig. 1-e). A camada subepidérmica, nessa espécie, também está presente na face abaxial, com duas a três camadas de células cúbicas.

O mesofilo é dorsiventral nas três espécies. O parênquima paliçádico varia de três a cinco camadas em *A. schaueriana* (Fig. 1-a), duas a três camadas em *L. racemosa* (Fig. 1-c) e uma a duas camadas em *R. mangle* (Fig. 1-e). O parênquima esponjoso varia de seis a oito camadas em *A. schaueriana* (Fig. 1-a), doze a quatorze camadas em *L. racemosa* (Fig. 1-c) e nove a dez camadas em *R. mangle* (Fig. 1-e). Dispersos no mesofilo, encontram-se os feixes vasculares do tipo colateral, de diferentes portes. Em *R. mangle*, esclereídes foram observadas imersos no mesofilo (Fig. 1-f).

Discussão

As folhas das espécies estudadas foram classificadas como esclerófilas de acordo com os dois índices utilizados. Os valores de AFE como os de índices de esclerofilia foram significativamente diferentes entre as espécies, sendo que *L. racemosa* é a espécie mais esclerófila entre as três.

Considerando o índice de esclerofilia (sensu Rizzini), os valores obtidos são maiores do que os encontrados para as 21 espécies consideradas esclerófilas ($0,61 \pm 0,02 \text{ g.dm}^2$) da Floresta Atlântica do Tabuleiro (Garay & Rizzini 2004), para as plantas expostas ao sol ($0,3 \text{ g.dm}^2$) das florestas primárias da Amazônia Central (Camargo 2009) e menores que os índices obtidos para *A. germinans* em diferentes manguezais do estado do Maranhão (Gonçalves-Alvim *et al.* 2001).

Em relação à AEF, os valores encontrados nesse estudo foram similares aos encontrados em *Byrsonima crassifolia* e *Curatella americana*, duas espécies esclerófilas perenes das savanas da Venezuela, com valores respectivos de AEF de 57 e $69 \text{ cm}^2.\text{g}^{-1}$ (Montes & Medina 1977), da vegetação esclerófila na alta região do Rio Negro (Amazônia), com AEF média em torno de $50 \text{ cm}^2.\text{g}^{-1}$ (Medina *et al.* 1990), para espécies arbóreas do estágio inicial de sucessão (AEF = $58,7 \text{ cm}^2.\text{g}^{-1}$) das florestas litorâneas do sul do Brasil (Boeger & Wisniewski 2003) e maiores que os valores de uma vegetação muito seca na Venezuela ($35,3 \text{ cm}^2.\text{g}^{-1}$) (Marin & Medina, 1981), reforçando o caráter esclerófilo das espécies de manguezais estudadas.

Os estudos que utilizaram a AFE como índice de esclerofilia relacionam essa condição com diferentes tipos de estresse como o hídrico, baixa fertilidade do solo (Sobrado & Medina 1980; Medina *et al.* 1990, Boeger & Wisniewski 2003) e altas intensidades luminosas (Groom & Lamont 1997; Mendes *et al.* 2001). Baixos valores de AFE indicaram que as folhas apresentaram maior investimento de massa seca por unidade de área, principalmente no tecido mecânico. Segundo Wilson *et al.* (1999), folhas com baixos

valores de AFE ocorrem em ambientes com baixa disponibilidade de recursos, onde a economia desses recursos é de alta prioridade.

Uma das dificuldades de se utilizar a AFE como índice de esclerofilia é a falta de parâmetros para comparação. Apesar da literatura indicar que baixos valores de AFE indicam esclerofilia, não existem valores limites entre esclerofilia e mesofilia, como os estipulados para o índice de Rizzini. Adicionalmente, o uso da AFE como índice de esclerofilia tem sido questionado porque esse índice ignora o fato de que diferentes materiais podem compor os tecidos vegetais e assim gerar diferentes propriedades mecânicas, o que interfere no cálculo da AFE (Edwards *et al.* 2000). A esclerofilia pode ser resultado de processos de lignificação, cutinização e/ou silicificação que poderiam ocorrer isolada ou conjuntamente na folha, influenciando nos valores de AFE (Beadle 1966; Balsamo *et al.* 2003).

A AFE é fortemente e inversamente correlacionada com a espessura total da folha (Tab. 3), mostrando que pequenas diferenças na espessura foliar podem influenciar na estimativa da AFE (Wilson *et al.* 1999). Isso se torna evidente, quando se compara os valores médios da densidade foliar das espécies estudadas, que leva em consideração a espessura no seu cálculo. Apesar das diferenças da AFE entre as espécies, os valores de densidade foliar são semelhantes (Tab. 1). Esse fato indica que cada espécie parece ajustar a morfologia das suas folhas de acordo com as condições ambientais, sem alterar grandemente o seu volume, reduzindo a sua área e compensando com o aumento da espessura. Apesar da densidade ser uma característica morfológica mais informativa que a AFE, ela é pouco utilizada como parâmetro ecológico o que dificulta a comparação com outros estudos.

As espécies estudadas apresentaram apenas três das características (Tab. 4) indicadoras de esclerofilia propostas por Turner (1994): folhas espessas ($> 450 \mu\text{m}$) em todas as espécies, presença de hipoderme em *R. mangle* e *A. schaueriana* e de esclereídes em *R. mangle*. A esclerofilia, no seu conceito mais restrito, considera esclerófilas apenas as folhas com grande quantidade de tecido lignificado, o qual confere as folhas um aspecto coriáceo (Roth 1984). Nesse sentido, apenas *R. mangle* pode ser considerada esclerófila pela presença de esclereídes imersos no mesofilo. As esclereídes presentes em *R. mangle* são atribuídas a suporte mecânico e barreira à herbívora (Tomlinson 1986; Kathiresan & Bingham 2001). Porém, num sentido mais amplo, a esclerofilia ainda pode resultar da redução da razão área/volume foliar, compactação do mesofilo pela diminuição de espaços intercelulares, maior espessura do parênquima paliádico em relação ao parênquima esponjoso e a presença de hipoderme (Balsamo *et al.* 2003). Considerando esse conjunto de características, apenas *A. schaueriana* e *R. mangle* podem ser consideradas esclerófilas (Tab. 4). *Laguncularia racemosa* pode ser considerada esclerófila apenas considerando-se os índices de esclerofilia.

Um dos poucos estudos que considerou previamente *R. mangle* como esclerófila é o de Feller (1996), com árvores anãs de *R. mangle* em Twin Cays (Belize), devido à oligotrofia do solo, pela deficiência de P. Neste estudo, experimentos com enriquecimento de P no solo demonstraram uma diminuição no caráter esclerófilo das folhas dessa espécie, pela redução da espessura da hipoderme e

consequentemente da espessura total da folha, corroborando a hipótese da relação da esclerofilia com a deficiência de P no solo (Loveless 1962; Feller 1996). No entanto, tanto as folhas das plantas anãs estudadas por Feller (1996), consideradas esclerófilas, que apresentaram uma espessura em torno de 1100 μm e as folhas enriquecidas com P, não esclerófilas, em torno de 600 μm , foram mais espessas do que as folhas de *R. mangle* (450 μm) avaliadas nesse estudo.

A maior espessura das folhas das espécies de mangue, causada pela presença das camadas subepidérmicas e parênquima paliçádico induz à suculência nessas folhas (Suarez & Sobrado 2000). Em condições de alta salinidade, a suculência foliar tende a aumentar pelo incremento do número de camadas dos tecidos foliares mencionados anteriormente (Metcalf & Chalk 1965; Feller 1996; Sobrado 2005), considerado um mecanismo de diluição do sal nos tecidos. As folhas deste estudo apresentaram pouco desenvolvimento desses tecidos, evidenciado pela menor espessura, quando comparado com outros estudos (Feller 1996; Naidoo 2010) provavelmente em função da menor salinidade da água intersticial nas áreas de estudo.

As concentrações médias dos nutrientes, de uma maneira geral, foram maiores ou similares aos valores encontrados para as demais espécies de mangues estudados (Cuzzuol & Campos 2001; Bernini & Rezende 2010; Bernini *et al.* 2010). Os valores de N e P estão acima dos valores médios indicados para as folhas das espécies esclerófilas de ambientes oligotróficos como a caatinga do baixo Amazonas “bana vegetation” (Medina *et al.* 1990) e savana da região central da Venezuela (Montes & Medina 1977), indicando que a esclerofilia observada nas folhas desse estudo não é determinada pelo oligotrofismo, uma vez que esses elementos (N e P) não são limitantes no sistema.

Os valores médios de Na variaram entre as espécies estudadas e em relação as espécies de outros manguezais. A concentração média de Na foliar de *L. racemosa* e *R. mangle*, nas espécies estudadas, foi menor do que a concentração média das folhas das mesmas espécies dos manguezais do norte do estado do Rio de Janeiro. Por sua vez, a concentração média de Na das folhas de *A. schaueriana* foi similar a concentração média foliar de *A. germinans* para o mesmo manguezal (Bernini & Rezende 2010). No entanto, os valores de Na encontrados referem-se apenas a concentração no interior da folha, não incluindo a quantidade de sódio depositada sobre a superfície da folha, pelas glândulas de sal. As concentrações médias de Na no tecido foliar podem ser consideradas dentro dos limites esperados (0,5 a 30 g.kg^{-1} ; Finck, 1969) provavelmente devido aos mecanismos de secreção e ou excreção de sal desenvolvidos por essas espécies e pelos baixos valores de salinidade da água intersticial, quando comparada com outros manguezais (Feller 1996; Naidoo 2010). Estudos em ambientes com alta salinidade (50%) reportam folhas de *A. marina* com maiores concentrações de Na, o que compromete a aquisição de outros nutrientes, tais como K, Ca e Mg (Naidoo, 2010). Nestas condições, a capacidade de secreção de sal é excedida.

A hipersalinidade provavelmente também induziu o desenvolvimento da espessura da folha e cutícula e redução da área específica foliar (maior grau de esclerofilia) em *A. marina*. Essas modificações

na estrutura da folha são interpretadas como estratégias para minimizar a perda e incrementar a eficiência do uso da água (Naidoo, 2010). Porém, experimentos em diferentes salinidades com *Bruguiera parviflora* (uma halófita sem estruturas secretoras, muito comum nos manguezais da Índia) constataram que a espessura da folha foi inversamente proporcional à salinidade, devido à redução do comprimento das células do parênquima paliçádico e do número de camadas do parênquima esponjoso (Parida *et al.* 2004), o que indica a existência de diferentes estratégias das plantas frente ao gradiente de salinidade.

Todas as espécies apresentaram estruturas secretoras de sal, com variações tanto na densidade dessas estruturas assim como a posição das mesmas na superfície foliar. Apesar dessas serem bem conhecidas anatomicamente (Fahn 1988), a habilidade secretora de sal dessas estruturas ainda não foi precisamente demonstrada (Parida & Jha 2010). A espécie com maior densidade de estruturas secretoras de sal, em ambas epidermes, foi *A. schaueriana*. A densidade de estruturas secretoras de sal é pouco explorada na literatura, o que dificulta a comparação com outros estudos. Investigações com *A. marina* mostraram que a densidade de glândulas de sal varia com a salinidade, sendo que em ambientes de maior salinidade, a densidade é menor (Naidoo 2010). A densidade de glândulas de sal de *A. schaueriana*, desse estudo, foi cerca de 50% maior que a encontrada para *A. marina*, no tratamento de menor salinidade. Em *L. racemosa* de manguezais do litoral de São Paulo, a densidade de glândulas de sal foi < 1 glândulas.mm⁻², em ambas as faces epidérmicas (Silva *et al.* 2010), valor bem menor do que encontrado nesse estudo (Tab. 1). A variação de densidade de estruturas secretoras de sal entre as espécies parece ser influenciada pela tolerância de cada espécie a salinidade e pelos mecanismos de eliminação que variam entre as espécies (Tomlinson 1986; Parida & Jha 2010). Segundo diferentes autores, as espécies de *Laguncularia* são secretoras de sal, as de *Rhizophora* são “salt excluders” e acumuladoras de sal e as de *Avicennia* são concomitantemente secretoras, “excluders” e acumuladoras (vide Parida & Jha 2010).

Conclusão

Apesar dos índices utilizados (AFE e índice de Rizzini) indicarem que as folhas das espécies estudadas são esclerófilas, as características morfológicas e nutricionais não suportam essa premissa. A única característica morfológica foliar que suporta a esclerofilia para as três espécies é a espessura, devido à presença de várias camadas e da combinação de tecidos como parênquima paliçádico e/ou tecido subepidérmico (hipoderme). No sentido estrito do conceito de esclerofilia, apenas *R. mangle* pode ser considerada esclerófila.

Comparativamente, nesse estudo, as folhas apresentaram diferentes graus de esclerofilia, na seguinte ordem decrescente: *R. mangle* > *L. racemosa* > *A. schaueriana*, considerando todas as características analisadas. Esse gradiente de esclerofilia parece ser consequência das diferentes estratégias que as espécies desenvolveram em relação às condições abióticas estressantes dos manguezais, em especial aos mecanismos desenvolvidos à tolerância à salinidade. No entanto, é importante salientar que

devido a alta plasticidade das características morfológicas avaliadas, que são muito dependentes das condições ambientais atuantes, especialmente a salinidade, podem se formar populações com diferentes graus de esclerofilia. Assim, apesar da vegetação de mangue ser classificada como esclerófila, a esclerofilia nessas plantas ainda necessita de estudos mais aprofundados, devido a complexidade dos fatores abióticos envolvidos. Nesse contexto, outros atributos morfológicos como a densidade foliar podem adicionar informações sobre a estrutura foliar as plantas de mangue.

Referências

- Balsamo, R.A.; Bauer, A.M.; Davis, S.D. & Rice, B.M. 2003. Leaf biomechanics, morphology, and anatomy of the deciduous mesophyte *Prunus serrulata* (Rosaceae) and the evergreen sclerophyllous shrub *Heteromeles arbutifolia* (Rosaceae). **American Journal of Botany** 90:72-77.
- Beadle, N.C.W. 1966. Soil phosphate and its role in molding segments of the Australian flora and vegetation, with special reference to xeromorphy and sclerophylly. **Ecology** 47:992-1007.
- Bernini, E. & Rezende, C.E. 2010. Concentração de nutrientes das folhas e sedimentos em um manguezal do norte do estado do Rio de Janeiro. **Gestão Costeira Integrada** (in process/prelo).
- Bernini, E. 2008. Estrutura da cobertura vegetal e produção de serapilheira da floresta de mangue do estuário do rio Paraíba do Sul, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Tese de Doutorado**, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Brasil. 134 p.
- Bernini, E.; Silva, M.A.B.; Carmo, T.M.S. & Cuzzuol, G.R.F. 2010. Spatial and temporal variation of the nutrients in the sediment and leaves of two Brazilian mangrove species and their role in the retention of environmental heavy metals. **Brazilian Journal of Plant Physiology** 22:177-187.
- Boeger, M.R.T. & Wisniewski, C. 2003. Comparação da morfologia foliar de espécies arbóreas de três estágios sucessionais distintos de floresta ombrófila densa (Floresta Atlântica) no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** 26: 61-72.
- Bongers, F.J. & Popma, J. 1990. Leaf characteristics of the tropical rain forest flora of Los Tuxtlas, Mexico. **Botanical Gazette** 151: 354-365.
- Camargo, M.A.B. 2009. Características estomáticas em espécies arbóreas da Amazônia Central. **Dissertação de Mestrado**, INPA e Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 17p.

Camerik, A.M. & Werger, M.J.A. 1981. Leaf characteristics of the flora of the high plateau of Itatiaia, Brazil. **Biotropica** 13: 39-48.

Choong, M.F.; Lucas, P.W.; Ong, J.S.Y.; Pereira, B.; Tan, H.T.W. & Turner, I.M. 1992. Leaf fracture toughness and sclerophylly: their correlations and ecological implications. **New Phytologist** 121: 597-610.

Cunha-Lignon, M. 2006. Variação espaço-temporal de bosques de mangue. In: **Anais do III Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto**, Aracajú. http://www.cpatc.embrapa.br/labgeo/srgsr3/artigos_pdf/Palestra/002_p.pdf.

Cuzzuol, G.R.F. & Campos, A. 2001. Aspectos nutricionais na vegetação de manguezal do estuário do Rio Mucuri, Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** 24: 227-234.

Duke, N.C. 1992. **Mangrove floristics and biogeography**. p. 63-100. In: Robertson, A.I. & Alongi, D.M. Tropical mangrove ecosystems. Coastal and estuarine series. American Geophysical Union, Washington, USA.

Edwards, C.; Read, J. & Sanson, G. 2000. Characterising sclerophylly: some mechanical properties of leaves from heath and forest. **Oecologia** 123: 158-167.

Fanh, A. 1988. Secretory tissues in vascular plants. **New Phytologist** 108: 229-257.

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: 1150-1156.

Feller, I.C. 1996. Effects of nutrient enrichment on leaf anatomy of dwarf *Rhizophora mangle* L. (red mangrove). **Biotropica** 28: 13-22.

Finck, A. 1969. **Pflanzen-ernährung in sticaworten**. Kiel: Verlag Ferdinand Hirt.

Garay, I.G. & Rizzini, C.M. 2004. **A Floresta Atlântica do Tabuleiro – Diversidade funcional da cobertura vegetal**. Petropolis, v. 1, ed. 2. 256 p.

Gonçalves–Alvim, S.J.; Santos, M.C.F.; Fernandes, G.W. 2001. Leaf gall abundance on *Avicennia germinans* (Avicenniaceae) along an interstitial salinity gradient. **Biotropica** 33: 69-77.

Groom, P.K. & Lamont, B.B. 1997. Xerophytic implications of increased sclerophylly: interactions with water and light in *Hakea psilorrhyncha* seedlings. **New Phytologist** 136: 231-237.

Janzen, D.H. 1971. **Euglossine Bees as Long-distance Pollinators of Tropical Plants**. *Science* 171:203-205.

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: **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia. 979-986 p.

Kathiresan, K. & Bingham, B.L. 2001. Biology of Mangroves and Mangrove Ecosystems. **Advances in Marine Biology** 40: 81-251.

Loveless, A.R. 1962. Further evidences to support a nutritional interpretation of sclerophyll. **Annals of Botany** 26:549-561.

Marin, D. & Medina, E. 1981. Duracion foliar, contenido de nutrientes y esclerofilia em arboles de un bosque muy seco tropical. **Acta Cientifica Venezoelana** 32: 508-514.

Mendes, M.M.; Gazarini, L.C. & Rodrigues, M.L. 2001. Acclimation of *Myrtus communis* to contrasting Mediterranean light environments – effects on structure and chemical composition of foliage and plant water relations. **Environmental and Experimental Botany** 45:165-178.

Metcalf, C.R. & Chalk, L. 1965. **Anatomy of the dicotyledons, leaves, steam and wood in relations to taxonomy whit notes on economic uses**. Clarendon Press, Oxford, UK. 285 p.

Medina, E.; Garcia, V. & Cuevas, E. 1990. Sclerophylly and oligotrophic environments: relationships between leaf structure, mineral nutrient content, and drought resistance in tropical rainforests of the upper Rio Negro region. **Biotropica** 22: 51-64.

Montes, R. & Medina, E. 1977. Seasonal changes in nutrient content of leaves of savanna trees with different ecological behavior. **Geografia y Ecologia Tropical** 4: 295-307.

Naidoo, G. 2010. Ecophysiological differences between fringe and dwarf *Avicennia marina* mangroves. **Trees** 24: 667-673.

Paraguassu, L.A.A. & Silva, M.N. 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, B. 2010. Salt tolerance mechanisms in mangroves: a review. **Trees** 24: 199–217.

Read, J. & Sanson, G.D. 2003. Characterizing sclerophylly: the mechanical properties of a diverse range of leaf types. **The Phytologist** 160: 81-99.

Read, J.; Sanson, G.D.; Garine-Wichatitsky, M. & Jaffré, T. 2006. Sclerophylly in two contrasting tropical environments: low nutrients vs. low rainfall. **American Journal of Botany** 93: 1601-1604.

Rizzini, C.T. 1976. **Tratado de Fitogeografia do Brasil**. São Paulo, v. 1. 317 p.

Roth, I. 1984. **S Stratification of tropical forest as seen in leaf structure (Tasks for Vegetation Science)**. Junk, The Hague. 507 p.

Schaeffer-Novelli, Y. 1995. **Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar**. São Paulo, Caribbean Ecological Research. 150 p.

Schaeffer-Novelli, Y.; Cintrón-Molero, G.; Soares, M.L.G & De-Rosa, T. 2000. Brazilian mangroves. **Aquatic Ecosystem Health and Management** 3: 561-570.

Schimper, A.F.W. 1903. **Plant-geography upon a physiological basis**. Clarendon Press, Oxford, UK. 159 p.

Silva, J.M.; Martins, M.B.G & Cavalheiro, A.J. 2010. Caracterização anatômica e perfil químico da lâmina foliar de *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn, de manguezais impactados e não impactados do litoral de São Paulo. **Iheringia** 65: 123-132.

Sobrado, M.A. 2005. Leaf characteristics and gas Exchange of the mangrove *Laguncularia racemosa* as affected by salinity. **Photosynthetica** 43: 217-221.

Sobrado, M.A. & Medina, E. 1980. General morphology, anatomical structure and nutrient content of sclerophyllous leaves of the 'Bana' vegetation of Amazonas. **Oecologia** 45: 341-345.

Suarez, N. & Sobrado, M.A. 2000. Adjustments in leaf water relations of mangrove (*Avicennia germinans*) seedlings grown in a salinity gradient. **Tree Physiology** 20: 277-282.

Tomlinson, P.B. 1986. **Family: Avicenniaceae.** In: *The Botany of Mangroves*. Cambridge: Cambridge University Press. P:186-207.

Turner, I.M. 1994. A quantitative analysis of leaf form in woody plants from the world's major broad leaved forest types. **Journal of Biogeography** 21: 413-419.

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.

Wilson, P.J.; Thompson, K. & Hodgson, J.G. 1999. Specific leaf area and leaf density and thickness. **Oecologia** 88: 486-493.

Witkoswski, E.T. F.; Lamont; B.B.; Walton, C.S. & Radford, S. 1992. Leaf demography, sclerophylly and ecophysiology of two banksias with contrasting leaf life spans. **Australian Journal of Botany** 40: 849–892.

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Valores médios e respectivos desvios-padrão das características morfológicas foliares. Legenda: (Ne) não encontrado. Valores com letras sobrescritas diferentes indicam diferença estatística entre espécies, pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

Table 1 - Mean values and respective standard deviation of leaf morphological characteristics. Legend: (Ne) not found. Values with different superscript letters indicate statistical differences between species, Fisher's test ($P < 0.05$).

	<i>A. schaueriana</i>	<i>L. racemosa</i>	<i>R. mangle</i>
Área foliar (cm ²)	18,9±4,1 ^a	26,4±2,4 ^b	31,1±3,1 ^c
Massa seca (g)	0,28±0,005 ^b	0,50±0,06 ^a	0,51±0,04 ^a
Espessura total da lâmina (µm)	512,39± 62,94 ^b	592,07±126,01 ^a	450,7±42,9 ^c
Espessura da epiderme adaxial + cutícula (µm)	17,1±2,1 ^b	23,5±3,8 ^a	17,7±2,9 ^b
Espessura da camada subepidérmica (µm)	104,3±19,6 ^b	Ne	138,1±27,5 ^a
Espessura do parênquima paliçádico (µm)	183,4±21,9 ^a	193,9±33,4 ^a	128,4±16,1 ^b
Espessura do parênquima esponjoso (µm)	182,6±45,5 ^b	331,72±78,2 ^a	187,3±39,9 ^b
Área específica foliar (cm ² .g ⁻¹)	68,7±8,3 ^a	53,3±4,9 ^c	61,4±3,9 ^b
Índice de esclerofilia (g.dm ⁻²)	0,75±0,09 ^c	0,96±0,10 ^a	0,83±0,06 ^b
Densidade foliar (mg.mm ⁻³)	0,41±0,01 ^a	0,41±0,01 ^a	0,40±0,07 ^a
Densidade de estruturas secretoras de sal da face adaxial (no. mm ⁻²)	71,8±32,6 ^a	2,7±0,9 ^b	Ne
Densidade de estruturas secretoras de sal da face abaxial (no. mm ⁻²)	33,1±14,6 ^a	4,2±0,8 ^b	1,64±0,77 ^c

Tabela 2. Valores médios e respectivos desvios-padrão das concentrações de nutrientes foliares das espécies estudadas. Valores com letras sobrescritas diferentes indicam diferença estatística pelo teste de Fisher ($P < 0,05$), entre espécies.

Table 2. Mean values and respective standard deviations of foliar nutrient concentrations of the species studied. Values with different superscript letters indicate statistical differences by Fisher's test ($P < 0.05$) among species.

	<i>A. shaueriana</i>	<i>L. racemosa</i>	<i>R. mangle</i>
N (g.kg ⁻¹)	25,45±2,60 ^a	13,29±1,24 ^c	17,93±1,14 ^b
K (g.kg ⁻¹)	13,81±4,28 ^a	6,55±1,51 ^b	7,67±1,20 ^b
P (g.kg ⁻¹)	1,91±0,37 ^a	1,57±0,31 ^b	1,33±0,11 ^c
Na (g.kg ⁻¹)	8,20±0,77 ^a	6,02±0,35 ^b	6,21±0,59 ^b
Ca (g.Kg ⁻¹)	4,41±0,64 ^a	15,40±3,76 ^b	10,83±2,02 ^c
Mg (g.Kg ⁻¹)	9,35±1,65 ^a	4,29±0,51 ^b	4,65±0,89 ^b

Tabela 3. Valores de correlação de Pearson. (*) valores não significativos para $p < 0,05$.

Table 3. Pearson correlation values. () Values are not significant at $p < 0,05$.*

Característica	AEF	IE
Área foliar	-0,22*	0,17*
Massa Foliar	-0,65	0,62
Espessura Total	-0,76	0,75
Densidade de estruturas secretoras de sal – face adaxial	0,42	-0,40
Densidade de estruturas secretoras de sal – face abaxial	0,55	-0,50
N	0,70	-0,68
P	0,38	-0,32
K	0,60	-0,53
Ca	-0,59	0,56
Mg	0,47	-0,45
Na	0,70	-0,66

Tabela 4. Valores médios e presença e ausência das características morfológicas consideradas indicadoras de esclerofilia (*sensu* Turner 1994). Valores em negrito indicam esclerofilia.

Table 4. Mean values and the presence and absence of morphological features considered indicative of sclerophylly (sensu Turner 1994). Values in bold indicate sclerophylly.

Características esclerófilas	<i>A. schaueriana</i>	<i>L. racemosa</i>	<i>R. mangle</i>
Espessura da lâmina foliar (> 300µm)	512,39	592,07	450,7
Presença de hipoderme	presente	ausente	presente
Razão parênquima paliçádico/esponjoso > 1	1,00	0,60	0,72
Presença de tecido esclerenquimático (tipo)	ausente	ausente	esclereídes
Área específica foliar < 70,0	68,7	53,3	61,4
Índice de esclerofilia > 0,6	0,75	0,96	0,83
Concentração de N (g.Kg ⁻¹) < 11,0	25,45	13,29	17,93
Concentração de P (g.Kg ⁻¹) < 0,21	13,81	6,55	7,67

Lista de Figuras

Figura 1 – Lâmina foliar de *Avicennia schaueriana* (A e B), *Laguncularia racemosa* (C e D) e *Rhizophora mangle* (E e F). Microscopia óptica em A, C e E e Microscopia Eletrônica de Varredura em B, D e F. Secção transversal, com glândulas de sal e tricomas glandulares, camada subepidérmica na face adaxial e mesofilo assimétrico. B. Vista frontal da face abaxial da epiderme, com detalhe nos tricomas glandulares. C. Secção transversal, com camada subepidérmica em ambas as faces epidérmicas e mesofilo assimétrico. D. Vista frontal da face adaxial da epiderme, com detalhe nas glândulas secretoras de sal e nos estômatos. E. Secção transversal, com mesofilo simétrico. F. Vista frontal da face adaxial da epiderme, com detalhe da estrutura secretora de sal. Legenda: cc = célula coletora. cp = célula do pedúnculo. cs = célula secretora. cse = camada subepidérmica. e = estômato. eb = epiderme da face abaxial. ed = epiderme da face adaxial. es = esclereide. fv. Feixe vascular. gs = glândula de sal. pe = parênquima esponjoso. ph = parênquima clorofiliano homogêneo. pp = parênquima paliçádico. tg = tricoma glandular. Barras: A, C e E = 50 μm . B = 270 μm ; D e F = 100 μm .

Figure 1 – Leaf lamina of Avicennia schaueriana (A and B), Laguncularia racemosa (C and D) and Rhizophora mangle (E and F). A. Light microscope in A, C and E and Scanning Electron Microscope in B, D and F. Transverse section of leaf lamina, with salt glands and glandular trichomes, subepidermal layer on adaxial face and assymetric mesophyll. B. Abaxial Surface view of the leaf, with glandular trichomes. C. Transverse section of leaf lamina, with subepidermal layer in both leaf surfaces and assymetric mesophyll. D. Adaxial surface view, with sal glands and stomata. E. Transverse section of leaf lamina, with simetric mesophyll. F. Adaxial surface view, with salt secretion structure. Legend: cc = collector cell. cp = célula do pedúnculo. cs = secretion cell. cse = subepidermal layer. e = estomata. eb = abaxial epidermis. ed = adaxial epidermis. es = sclereids. fv = Vascular bundle. gs = salt gland. pe = spongy parenchyma. ph = homogeneous clorofiliano parenchyma. pp = palisade parenchyma. tg = glandular trichomes Bars: A, C and E = 50 μm . B = 270 μm ; D and F = 100 μm .

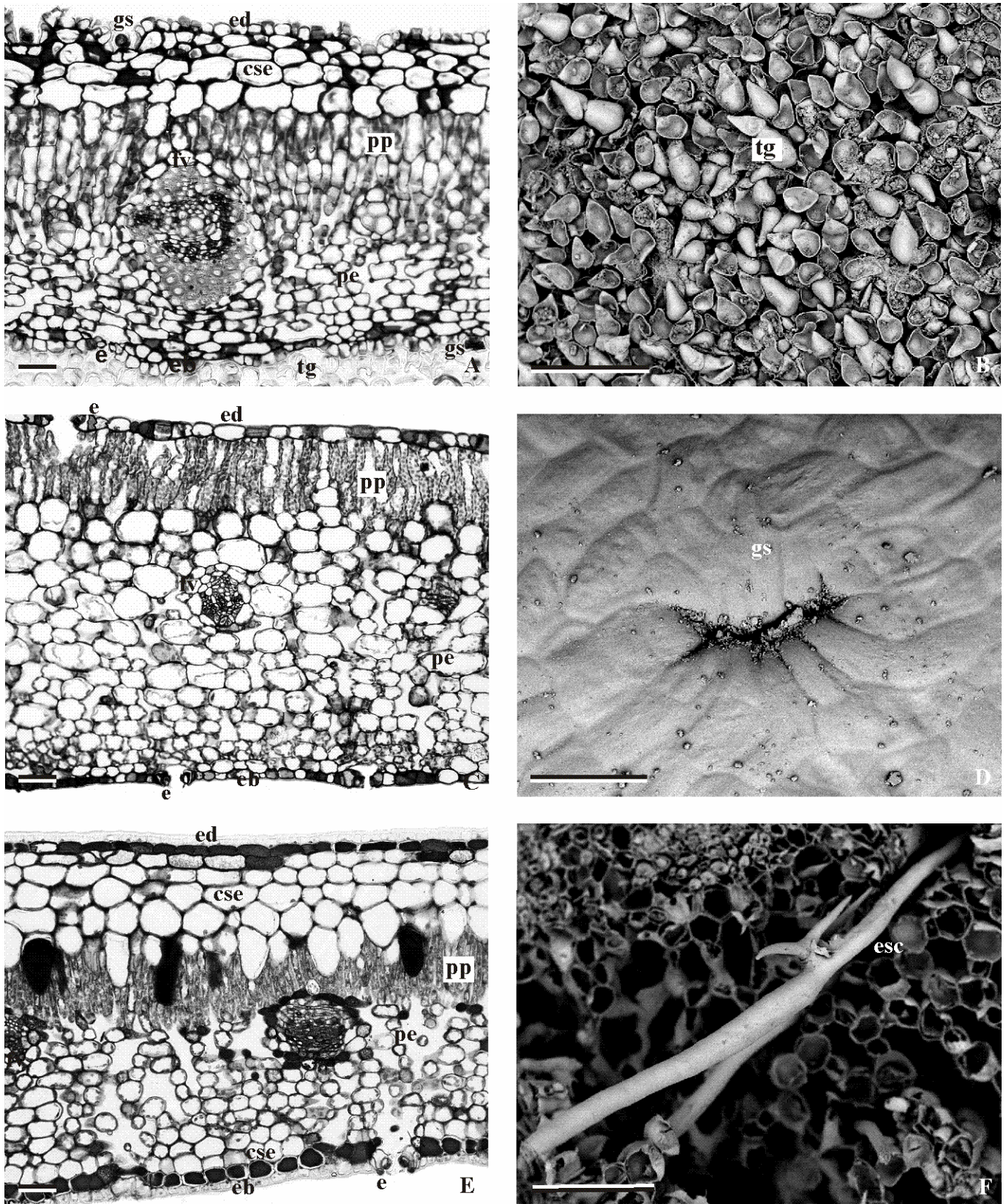


Figura 1 – Lâmina foliar de *Avicennia schaueriana* (A e B), *Laguncularia racemosa* (C e D) e *Rhizophora mangle* (E e F). Microscopia óptica em A, C e E e Microscopia Eletrônica de Varredura em B, D e F.

Fenologia do componente arbóreo de Manguezais do Paraná, Brasil¹

(Preparado de acordo com as normas da revista *Acta Botanica Brasilica*)

Carolina Sereneski de Lima^{2,3}**Maria Regina Torres Boeger²**

1. Parte da dissertação de mestrado de C.S. Lima vinculada ao programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal do Paraná

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

3. Autor para correspondência: sereneskilima@gmail.com

RESUMO – (Fenologia do componente arbóreo de Manguezais do Paraná, Brasil). A fenologia é o estudo da ocorrência de eventos biológicos repetitivos e das causas de sua ocorrência. Os eventos fenológicos (floração, frutificação, brotação e senescência foliar) são resultados imediatos às características do meio ambiente, variando intensamente de acordo com o ambiente em que as comunidades estão inseridas. Duas áreas de manguezal no litoral do Paraná foram demarcadas, onde indivíduos arbóreos de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana*, foram monitorados quanto aos eventos fenológicos pelo período de um ano. Os fenogramas foram posteriormente relacionados com as condições abióticas locais. As espécies arbóreas de manguezal apresentaram alternância de produção de flores e frutos, entre *A. schaueriana*/*R. mangle* e *L. racemosa*, enquanto que a produção de folhas e senescência foi contínua para as três espécies. A produção de órgãos reprodutivos ocorre nos meses com temperaturas mais elevadas e maior pluviosidade. Não foram observadas diferenças significativas na produção de flores e frutos entre as áreas avaliadas.

Palavras-chave: Antonina, Guaratuba, floração, frutificação, mangue, padrões fenológicos

ABSTRACT – (Phenology of the tree component of mangroves in Paraná, Brazil). Phenology is the study of repetitive occurrence of biological events and causes of its occurrence. The phenological events (flowering, fruiting, leaf emergence, and senescence) are immediate results to the characteristics of the environment, varying intensity according to the environment in which communities are inserted. Two areas of mangroves on the coast of Paraná were selected and individuals of *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* and *Avicennia schaueriana* were marked. The phenological events were monitored for one year. After that, the phenograms were related to local abiotic conditions. The mangrove tree species showed alternation in the production of flowers and fruits, between *A. schaueriana*/*R. mangle* and *L. racemosa*, while the leaf production and senescence were continuous along the year. The production of reproductive organs occurred in the months with higher temperatures and rainfall.

Key-words: Antonina, Guaratuba, phenological pattern, flowering, fruiting, mangrove.

Introdução

A fenologia é o estudo da ocorrência de eventos biológicos repetitivos e das relações desses eventos com os fatores bióticos e abióticos, a fim de descrever tendências fenológicas gerais ou particulares (Lieth 1974; Fernandes 1999). Os fatores bióticos incluem adaptações morfológicas e fisiológicas, além da interação com agentes polinizadores e dispersores (Liebsch & Mikich 2009; Van Schaik *et al.* 1993), enquanto que os fatores abióticos, como precipitação, temperatura e o comprimento do dia são considerados os mais relevantes (Liebsch & Mikich 2009; Morellato *et al.* 2000).

A sazonalidade climática a que as florestas estão sujeitas parece determinar em maior ou menor grau os ritmos fenológicos das plantas (Peñuelas & Filela 2001). Os eventos fenológicos são resultados imediatos às características do meio, variando intensamente de acordo com o ambiente em que as comunidades estão inseridas (Rathcke & Lacey 1985). O estudo desses eventos contribui para o entendimento da regeneração e reprodução das plantas, da organização temporal dos recursos dentro das comunidades, das interações planta-animal e história evolutiva das espécies (Morellato & Leitão-Filho 1996).

Nas regiões temperadas, as estações do ano são bem definidas e a vegetação apresenta um sincronismo com a sazonalidade, sendo que as baixas temperaturas e precipitação são os fatores mais importantes para o desenvolvimento das fenofases (Morellato *et al.* 2000; Van Schaik *et al.* 1993). Em florestas tropicais, onde a sazonalidade não é tão pronunciada, caracterizando-se por altas temperaturas e precipitação durante todo o ano, algumas espécies apresentam sincronismo entre as fenofases, sendo que o comprimento do dia e a intensidade luminosa são as condições ambientais que mais influenciam os padrões fenológicos (Van Schaik *et al.* 1993).

Os manguezais, por estarem localizados em regiões tropicais e sub-tropicais apresentam pouca variação sazonal durante o ano. Os padrões fenológicos em manguezais além de sofrer da influencia dos fatores climáticos, são também influenciados pela variação da salinidade da água intersticial do solo, disponibilidade hídrica, aeração do solo e potencial redox (Seghieri *et al.* 1995; Fernandes 1999; Gwada *et al.* 2000).

Outro fator que desempenha forte influência sobre o desenvolvimento das fenofases em manguezais é a variação latitudinal, principalmente no desenvolvimento de flores e frutos. Clark & Myerscough (1991) observaram a sincronia no desenvolvimento reprodutivo entre árvores localizadas em latitudes próximas, enquanto que Duke (1990) observou a variação na intensidade e início do desenvolvimento de floração e frutificação em ambientes com latitudes diferentes. A precipitação também pode influenciar o desenvolvimento das fenofases, onde pode haver maior formação de folhas durante períodos mais chuvosos e intensificação da queda foliar nos períodos mais secos (Ochieng & Erftemeijer 2002).

Em manguezais, as relações dos eventos fenológicos com os fatores abióticos e bióticos ainda são pouco elucidativas, especialmente para os manguezais do sul do Brasil. Em termos mundiais, destacam-se os estudos de Christensen & Wium-Andersen (1976), Clark & Myerscough (1991), Steinke & Rajh, (1995), Hegazi (1998), Gwada *et al.* (1999), Ochieng & Erfemeijer (2002), Wang'ondou *et al.* (2010) e Upadhyay & Mishra (2010), onde tais estudos descrevem a ocorrência das fases fenológicas, relacionando a fenologia com fatores climáticos locais. Para o Brasil, destacam-se os estudos de Fernandes (1999), sobre os manguezais da região amazônica e Mehlig (2005), sobre a fenologia de *Rhizophora mangle*, no Pará. Para a região sul, em especial para os manguezais, não existem estudos fenológicos.

Os padrões fenológicos das espécies arbóreas de mangue, assim como de outras florestas tropicais, são afetados diretamente pelas condições ambientais locais. Sendo assim, a documentação e o estudo da fenologia são de extrema importância para maior conhecimento, compreensão e detalhamento sobre a dinâmica dessas espécies nos manguezais sul-brasileiros. De acordo com o exposto, este estudo teve como objetivo avaliar: 1) o padrão fenológico das espécies arbóreas de duas áreas de manguezal no Paraná (Antonina e Guaratuba); 2) se as espécies possuem padrões fenológicos similares, bem como relacionar as fenofases com os fatores ambientais locais; 3) a relação da fenologia dos manguezais da área de estudo com outras regiões do Brasil e do mundo.

Material e Métodos

Área de Estudo – A área de estudo está localizada na costa sul brasileira, no litoral do Paraná. A planície da costa é profundamente recortada pelos complexos estuarinos das baías de Paranaguá, Antonina, Laranjeiras, Pinheiros e Guaratuba, resultando em inúmeras ilhas (Angulo 1992). Esta região litorânea engloba principalmente duas bacias hidrográficas: a de Paranaguá, com aproximadamente 3.882 km² de extensão e a de Guaratuba, com uma área de 1.886 km² (Surehma 1987)

A Baía de Antonina faz parte do Complexo Estuarino de Paranaguá que abrange um grande corpo aquoso de forma irregular que se projeta continente adentro, com 3.882 km² de extensão (Fávaro *et al.* 2007).

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).

O local de estudo esta dividido em duas áreas (Fig. 1), Baía de Antonina (Área 1) com três subáreas de coleta; Antonina 1, Antonina 2 e Antonina 3, e Baía de Guaratuba (Área 2) com três subáreas de coleta: Guaratuba 1, Guaratuba 2 e Guaratuba 3. As coordenadas geográficas e as características edáficas e climáticas das subáreas estudadas estão sumarizadas na Tabela 1 (dados obtidos no SIMEPAR para os anos de 2010 e 2011). Nessas áreas, três espécies lenhosas foram identificadas: *Rhizophora*

mangle L. (Rhizophoraceae) *Avicennia schaueriana* Stapf & Leachman (Acanthaceae) e *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn (Combretaceae).

Metodologia – Em cada subárea amostral, dez indivíduos de cada espécie foram marcados com fita impermeabilizante colorida, totalizando 90 indivíduos por área e 180 indivíduos no total. O monitoramento foi realizado mensalmente no período de treze meses (maio/2010 à maio/2011).

Os eventos fenológicos foram avaliados de acordo com o método de observação proposto por Fournier (1974). Com o auxílio de um binóculo, foram registradas as fenofases de floração (flores em botão e antese), frutificação (frutos imaturos e maduros) e brotação e senescência foliar.

Paralelamente aos eventos fenológicos, dados mensais de temperatura, umidade, pluviosidade, comprimento do dia e radiação foram obtidos junto ao SIMEPAR – Unidade Paranaguá. Os dados de salinidade foram obtidos mensalmente nos locais de coleta, com um refratômetro. Ao final do período de monitoramento, os fenogramas foram construídos, os quais serviram para verificar a relação entre fenologia e as variáveis climáticas. As fenofases floração e frutificação foram correlacionadas com os fatores ambientais (temperatura mínima, temperatura média, temperatura máxima, precipitação, radiação, comprimento do dia e salinidade) pela correlação de Spearman (r_s), no programa Statistica 7.0, de acordo com Zar (1999).

Resultados

Dados meteorológicos: as temperaturas mais baixas ocorreram no inverno, ($12,23^\circ$ e $13,54^\circ$), nos meses de junho à agosto, em ambas as áreas, enquanto que as temperaturas mais altas ($32,15^\circ$ e $29,78^\circ$) ocorreram no verão, nos meses de janeiro e fevereiro em ambas as áreas (Tab. 1).

A precipitação foi fortemente relacionada à temperatura (Fig. 2-a), sendo que o período com menores índices de chuva ocorreram no inverno, onde as temperaturas são mais baixas e o período com maiores índices de chuva ocorreram no verão, onde as temperaturas são mais altas. O período mais seco ocorreu em agosto e setembro, em Antonina e Guaratuba, respectivamente. O período mais chuvoso em janeiro e fevereiro para Antonina e Guaratuba, respectivamente (Tab. 1).

Os valores de radiação solar foram similares entre Antonina e Guaratuba, sendo os meses de novembro e janeiro com maior incidência solar (Tab. 1). Diferentemente da radiação, a salinidade da água é consideravelmente maior em Guaratuba (Fig. 2-b). A diferença de salinidade pode estar relacionada com a localização das áreas, onde a área de Antonina encontra-se mais afastada do oceano e mais interna à Baía de Paranaguá e enquanto que a área de Guaratuba encontra-se mais próxima do oceano, quando comparada a Baía de Antonina (Tab. 1).

Padrões fenológicos: a queda de folhas e presença de primórdios foliares nas três espécies ocorreram continuamente ao longo do período avaliado nas áreas estudadas, indicando que as espécies são perenes. A produção de folhas ocorre ininterruptamente, ao longo de todo o ano. O período com

maior produção de folhas está relacionado com os meses mais chuvosos (dezembro/janeiro) e a maior senescência foliar está relacionada com os meses mais secos (julho/agosto). As subáreas de Antonina e Guaratuba em relação à produção de folhas jovens e senescência foliar não apresentaram diferenças entre si.

Os padrões fenológicos de floração e frutificação também foram observados nas três espécies, variando na época de produção de órgãos reprodutivos durante o ano (Tab. 2), intensidade da fenofase e diferenças pontuais entre as áreas avaliadas. *Avicennia schaueriana* e *R. mangle* seguiram o mesmo padrão na produção de botões florais e flores na área de Antonina (Fig. 2-c), não apresentando somente um pico de produção de frutos durante o ano, mas uma variação da intensidade da fenofase reprodutiva, ao contrário de *L. racemosa* (Fig. 2-c). Os picos de produção de flores em *A. schaueriana* e *R. mangle* ocorreram em janeiro, abril, agosto, setembro e outubro, enquanto que *Laguncularia racemosa* apresentou somente um pico de produção de flores durante o ano, nos meses de janeiro e fevereiro, em Antonina.

Para a área de Guaratuba, *A. schaueriana* apresentou um padrão semelhante ao observado em Antonina, com picos de produção de flores nos meses de janeiro, abril, agosto e setembro (Fig. 2-d). Na mesma área, *Rhizophora mangle* e *L. racemosa* apresentaram padrões similares de produção de flores, com picos de produção de flores nos meses de janeiro, fevereiro e outubro (Fig. 2-d).

Em relação à fenofase frutificação, o padrão fenológico geral foi semelhante entre Antonina e Guaratuba para a produção de frutos imaturos e maduros, entretanto, ocorreram padrões distintos entre as espécies. *Avicennia schaueriana* apresentou dois picos de produção de frutos durante o ano, nos meses de setembro à dezembro e no mês de abril (Fig. 2-e e 2-f). *Rhizophora mangle* apresentou uma produção de frutos contínua, nos meses de julho a janeiro e no mês de abril (Fig. 2-e e 2-f) enquanto que *L. racemosa* teve somente um pico de produção de frutos durante o ano, nos meses de março e abril (Fig. 2-e e 2-f).

As fenofases floração e frutificação apresentaram correlação com o comprimento do dia, temperatura, precipitação e radiação (Tab. 3). A floração foi positivamente correlacionada com a temperatura média para *Rhizophora mangle*, enquanto que a frutificação foi correlacionada positivamente com comprimento do dia em *A. schaueriana* e *R. mangle*. *Laguncularia racemosa* foi a espécie que apresentou um maior número de correlações entre os fatores abióticos e a floração e frutificação. A temperatura média foi correlacionada positivamente com floração e frutificação, enquanto que a floração foi correlacionada positivamente com precipitação, radiação e comprimento do dia. Apesar dos valores da correlação serem estatisticamente significantes ($p < 0,05$), eles foram baixos.

A comparação das curvas dos fatores abióticos com os fenogramas mostrou padrões semelhantes entre a temperatura e a floração das três espécies em Antonina (Fig. 3-a) e Guaratuba (Fig. 3-b). Picos de produção de flores ocorreram nos meses de maior temperatura (janeiro/fevereiro), para as três espécies. *Rhizophora mangle* teve picos de produção de flores nos meses de temperaturas mais baixas, em

Antonina (Fig. 3-a), enquanto que *A. schaueriana* teve pico de floração nos meses de temperaturas mais baixas em ambas as áreas (Fig. 3-a e 3-b).

A produção de flores também sofreu influência da precipitação, tanto para as espécies de Antonina (Fig. 3-e), como de Guaratuba (Fig. 3-f). Os picos de produção de flores nas três espécies ocorreram nos meses com maior precipitação, dezembro, janeiro e fevereiro.

Picos de frutificação estão relacionados com a temperatura (Fig. 3-c e 3-d) e principalmente com a precipitação (Fig. 3-g e 3-h). *Laguncularia racemosa* apresentou picos de frutificação em temperaturas mais altas em ambas as áreas (Fig. 3-c e 3-d), enquanto que *A. schaueriana* e *R. mangle* apresentaram maior produção de frutos nos meses com temperaturas mais baixas e tiveram diminuição na frutificação a medida que a temperatura aumentou, em ambas as áreas (Fig. 3-c e 3-d).

Discussão

As espécies arbóreas dos manguezais do Paraná apresentaram eventos fenológicos durante todo o ano e possuem padrões fenológicos distintos. *Avicennia schaueriana* e *Rhizophora mangle* apresentaram eventos fenológicos reprodutivos ao longo de todo o ano, apresentando picos reprodutivos com diferentes intensidades, enquanto que *L. racemosa* apresenta somente um período reprodutivo ao ano.

A diferença que ocorre entre as espécies, no que diz respeito ao período de ocorrência e duração da fenofase, parece estar relacionada com particularidades e estratégias de cada espécie. Apesar das plantas estarem submetidas ao mesmo ambiente e às mesmas condições, respondem de maneira distinta aos fatores que influenciam no desenvolvimento das fases reprodutivas (Gwada *et al.* 2000; Ochieng & Erfteimeijer 2002; Upadhyay & Misshra 2010).

Durante o verão (dezembro, janeiro e fevereiro) ocorreu maior precipitação, dias mais longos e temperatura mais elevada, coincidindo com a maior produção de folhas nas espécies. No inverno (junho, julho e agosto), onde as temperaturas e a precipitação são mais baixas e os dias mais curtos, ocorre o inverso, com maior senescência foliar nas espécies.

Existe uma relação entre o desencadeamento da queda e produção de folhas com mudanças na temperatura. Resultados similares foram observados por Gwada *et al.* (2000), onde os autores observaram a maior produção de folhas em *Kandelia candel* (Rhizophoraceae) durante o verão e maior senescência foliar durante o inverno. May (1999) também observou um padrão semelhante para *Avicennia marina* e Gill & Thomlinson (1971) em *Rhizophora mangle*.

Além da temperatura, existem evidências de que a queda e produção de folhas jovens de espécies de regiões tropicais sejam influenciadas pelo comprimento do dia e ao estado hídrico da planta (Wright & Van Schail 1994; Reich & Borchert 1984). Marques & Oliveira (2004) em um estudo com espécies de Restinga (vegetação submetida a condições semelhantes) na Ilha do Mel – Paraná, verificaram que a

produção de folhas coincidiu com a época em que os dias são mais longos (verão), uma vez que com maior fotoperíodo, a fotossíntese é otimizada pela expansão foliar.

Assim como a produção de folhas, a produção de flores também está relacionada com os meses de verão. O início da estação mais úmida apresenta temperaturas mais elevadas e aumento gradativo do fotoperíodo, o que parece refletir no aumento na produção de botões florais, evidenciado pelos picos de produção de flores nessa época (janeiro/fevereiro). Upadhyay & Misshra (2010), nos manguezais da Índia e Fernandes *et al.* (2005) em manguezais do Pará, também observaram elevada produção de flores em espécies locais. Porém, Carvalho (2002), relatou a ocorrência de picos de produção de flores nos meses mais secos, assim como Steinke & Rajh (1995), Fernandes (1999) e Mehlig (2001) para os manguezais da Índia e Pará, respectivamente.

Os picos reprodutivos nas três espécies ocorreram em maior intensidade nos meses com temperaturas mais elevadas, maior pluviosidade e maior fotoperíodo. Picos reprodutivos menos intensos foram observados em *A. schaueriana* e *R. mangle* no período mais seco. Ambientes tropicais em que a sazonalidade na precipitação é bem demarcada apresentam limitação de crescimento e reprodução nas plantas em épocas secas (Morellato *et al.* 1989). Em um gradiente latitudinal, plantas de regiões tropicais e sub-tropicais podem apresentar diferentes padrões fenológicos. Por exemplo, a relação fenológica de plantas tropicais com fotoperíodo tende a aumentar a medida em que afasta-se da linha do equador (Marques *et al.* 2004).

Outro fator que influencia a produção de flores e de frutos nessas espécies é a latitude. Upadhyay & Misshra (2010), em um estudo no leste da Índia (20° 4' N e 85° 45'), em uma área de clima tropical e com três períodos bem pronunciadas (inverno, verão e período chuvoso), observaram que as espécies dos gêneros *Rhizophora* e *Avicennia* apresentaram produção de flores e frutos contínuas ao longo do ano, enquanto que espécies do gênero *Laguncularia* apresentaram somente um período reprodutivo ao ano. Os dados relatados assemelham-se com os encontrados no presente estudo, onde ambas as áreas apresentam clima semelhante e localizam-se à praticamente a mesma distância da linha do equador. Isso poderia explicar a similaridade no padrão fenológico que ocorre entre as áreas estudadas.

O fato das áreas avaliadas apresentarem certas tendências fenológicas, pode estar intimamente ligado a sua distribuição geográfica, distância da linha do equador e pela diferença nas condições ambientais locais. Gwada *et al.* (2000) relatou a ocorrência sazonal de eventos fenológicos em *Kandelia candel* (Rhizophoraceae), paralelamente similares à plantas localizadas em latitudes norte e sul, sugerindo a existência de alguma estratégia adaptativa atrelada com gradientes ambientais, limites de distribuição e espectros latitudinais.

As espécies avaliadas apresentaram diferenças pontuais em relação à fenofase floração. *Avicennia schaueriana* e *R. mangle* apresentam picos reprodutivos tanto em épocas chuvosas quanto em épocas consideradas secas, o mesmo observado por Menezes *et al.* (2008). A ocorrência de apenas um pico reprodutivo ao ano em *L. racemosa*, relacionado com o verão, onde ocorre no período de maior

pluviosidade, maiores temperaturas e maior incidência luminosa, vem a corroborar o estudo de Fernandes *et al.* (2005), onde *L. racemosa* apresenta pico de produção de flores nos meses com maior pluviosidade.

Ao contrário da produção de flores, onde picos estão relacionados com épocas mais chuvosas, os picos de produção de frutos estão concentrados em épocas mais secas, com exceção de *L. racemosa*, onde o único pico de produção de frutos ocorreu na época com maior precipitação. *Avicennia schaueriana* começou a produzir frutos logo após o fim da época mais úmida e início da época seca. Carvalho (2002) relatou picos de produção de frutos para *A. germinans* na estação chuvosa, o mesmo constatado por Mehlig (2001). Contudo, Fernandes (1999) observou produção de frutos no fim da estação seca, padrão semelhante ao observado no monitoramento de *L. racemosa* das áreas de Antonina e Guaratuba.

A diferença na época de produção de flores entre as espécies pode ser parcialmente explicada pela diferença entre as síndromes de polinização. As espécies do gênero *Rhizophora* apresentam polinização pelo vento, enquanto que as espécies dos gêneros *Avicennia* e *Laguncularia* apresentam polinização por insetos (Tomlinson 1986; Nadia 2010). Segundo Janzen (1971) o período em que ocorre a floração é uma estratégia desenvolvida pela espécie como uma adaptação ao comportamento de forrageamento apresentado pelos polinizadores. Além de fatores ambientais, que influenciam nos padrões de cada espécie, a periodicidade de visita dos polinizadores pode influenciar não só na produção de flores, como também na dispersão dos frutos.

Conclusão

Em linhas gerais, os resultados do presente estudo mostraram que existe uma tendência das espécies dos manguezais no Paraná a apresentar picos reprodutivos em épocas de alta precipitação, temperaturas mais elevadas e maior intensidade luminosa. O verão apresenta, aparentemente, melhores condições para a reprodução dessas espécies, tanto no que diz respeito à produção de flores devido à atividade dos polinizadores, como a produção e dispersão de frutos. Outros fatores como a salinidade e a composição do solo parece não ser tão influente no desencadeamento das fenofases reprodutivas, como a temperatura, pluviosidade e comprimento do dia. Para as áreas avaliadas, Antonina e Guaratuba, não foram observadas diferenças pontuais nos padrões fenológicos entre as áreas de estudo.

Padrões fenológicos similares foram encontrados também para espécies de outras formações florestais, na mesma latitude. Um exemplo são as florestas de restinga, que é considerada uma vegetação associada aos manguezais.

As espécies apresentaram uma tendência à reprodução durante o período do verão, onde as condições ambientais são aparentemente mais favoráveis. A localização das áreas de estudo é considerada um ambiente subtropical, em que as estações do ano são bem demarcadas, quando comparadas a ambientes tropicais próximos a linha do equador. Essa localização provavelmente seja um dos fatores cruciais para a resposta do padrão encontrado nessas espécies.

Referências

- Carvalho, M. 2002. Aspectos da produtividade primária dos bosques de mangue do furo grande, Bragança-Pará. **Dissertação de mestrado**, Programa de Pós-Graduação em Biologia Ambiental, Universidade Federal do Pará. 55p.
- 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** 15:195-202.
- Christensen, B. & Wium-Andersen, S. 1977. Seasonal growth of mangrove trees in Southern Thailand. I. The phenology of *Rhizophora apiculata* Bl. **Aquatic Botany** 3:281-286.
- Clark, P.J. & Myerscough, P.J. 1991. Floral biology and reproductive phenology of *Avicennia marina* in South Eastern Australia. **Australian Journal of Botany** 39: 283-293.
- Duke, N. C. 1990. Phenological trends with latitude in the mangrove tree *Avicennia marina*. **Journal of Ecology** 78:113-133.
- Fernandes, M.E.B. 1999. Phenological patterns of *Rhizophora* L., *Avicennia* L. and *Laguncularia* Gaertn. f. in Amazonian mangrove swamps. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia** 413:53-62.
- Fernandes, M. E. B.; Virgulino, A. R. C.; Nascimento, A. A. M. & Rodrigues, L. F. P. 2005. Padrões de floração e frutificação em *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn: uma avaliação metodológica. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia** 18:33-38.
- Gill, A.M. & Tomlinson, P.B, 1971. Studies on the growth of red mangrove (*Rhizophora mangle* L.), 3. Phenology of the shoot. **Biotropica** 3:109-124.
- Gwada, P.; Makoto, T. & Uezu, Y. 2000. Leaf phenological traits in the mangrove *Kandelia candel* (L.) Druce. **Aquatic Botany** 68:1-14.
- Hegazy, A.K. 1998. Perspectives on survival, phenology, litter fall and decomposition, and caloric content of *Avicennia marina* in the Arabian Gulf region. **Journal of Arid Environments** 40:417-429.
- Janzen, D.H. 1971. Euglossine Bees as Long-distance Pollinators of Tropical Plants. **Science** 171:203-205.

- Liebsch, D. & Mikich, S.B. 2009. Fenologia reprodutiva de espécies vegetais da Floresta Ombrófila Mista do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** 32:375-391.
- Lieth, H. 1974. Introduction to phenology and the modeling of seasonality. Phenology and seasonality modeling. **Ecological Studies**. 8:3-19.
- Lopez-Portillo, J. & Ezcurra, E. 1985. Litterfall of *Avicennia germinans* L. in one year cycle in a mudflat at the Laguna de Mecoanacan, Tabasco, Mexico. **Biotropica** 17:186-190.
- Marques, M.C.M.; Roper, J.J & Salvalaggio, A.P.B. 2004. Phenological patterns among plant life forms in a Subtropical Forest in Southern Brazil. **Plant Ecology** 173:203-213.
- Marques, M.C.M. & Oliveira, P.E.A.M. 2004. Fenologia de espécies do dossel e do sub-bosque de duas Florestas de Restinga na Ilha do Mel, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** 27:713-723.
- May, J.D. 1999. Spatial variation in litter production by the mangrove *Avicennia marina* var. *australasica* in Rangaunu Harbour, Northland, New Zealand. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research** 33:163-172.
- Mehlig, U. 2005. Phenology of the red mangrove, *Rhizophora mangle* L., in the Caeté Estuary, Pará, equatorial Brazil. **Aquatic Botany** 84:158-164.
- Mehlig, U. 2001. Aspects of tree primary production in an equatorial mangrove forest in Brazil. **Tese de doutorado**, Universität Bremen. 137 p.
- Morellato, L.P.C. & Leitão-Filho, H.F. 1996. Reproductive phenology of climbers in a Southeastern Brazilian Forest. **Biotropica** 28:180-191.
- Morellato, L.P.C.; Rodrigues, R.R.; Leitão Filho, H.F. & Joly, C.A. 1989. Estudo comparativo de espécies arbóreas de Floresta de Altitude e Floresta Mesófila Semi-decídua na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica** 12:85-98.
- Morellato, L.P.C.; Romera, E.C.; Talora, D.C.; Takahashi, A.; Bencke, C.C. & Zipparro, V.B. 2000. Phenology of Atlantic Rain Forest trees: a comparative study. **Biotropica** 32:811-823.

- Nadia, T.C.L. 2010. Fenologia, ecologia da polinização e reprodução de espécies de manguezal, no município de Goiana – PE. **Tese de doutorado**, Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Pernambuco.
- Ochieng, C.A. & Erftemeijer, P.L.A. 2002. Phenology, litterfall and nutrient resorption in *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh in Gazi Bay, Kenya. **Trees** 16:167-171.
- Peñuelas, J. & Filella, I. 2001. Perspectives: Phenology, Responses to a warming world. **Science** 294:793-795.
- Rathcke, B. & Lacey, E.P. 1985. Phenological Patterns of Terrestrial Plants. **Annual Review of Ecology and Systematics** 16:179-214.
- Reich, P.B. & Borchert, R. 1984. Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the lowlands of Costa Rica. **Journal of Ecology** 72:61-74.
- Siguiéri, J.; Floret, C. & Pontanier, R. 1995. Plant phenology in relation to water availability: herbaceous and woody species in the savanns of northern Cameroon. **Journal of Tropical Ecology** 11:237-254.
- Steinke, T. & Charles, L. 1984. Productivity and phenology of *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. and *Bruguiera gymnorhiza* (L.) Lam in Mgeni estuary, South Africa. In: Teas HJ, (ed) **Physiology and management of mangroves**. Dr. W. Junk, The Hague. P: 25-36.
- Steinke, T. D. & Rajh, A. 1995. Vegetative and floral phenology of the mangrove, *Ceriops tagal*, with observations on the reproductive behaviour of *Lumnitzera racemosa*, in the Mgeni Estuary. **South African Journal of Botany** 61:240-244.
- Tomlinson, P.B. 1986. **The botany of mangroves**. Cambridge University Press, Cambridge 419 p.
- Upadhyay, V.P. & Mishra, P.K. 2010. Phenology of mangroves tree species on Orissa coast, India. **Tropical ecology** 51:289-295.
- Van Schaik, C.P.; Terborgh, J.W. & Wriqth, S.J. 1993. The phenology of tropical forests: adaptative significance and consequences for primary consumers. **Annual Review of Ecology and Systematics** 24:353-377.

Wang'ondu, V.W.; Kairo, J.G.; Kinyamario, J.I.; Mwaura, F.B.; Bosire, J.O.; Dahdouh-Guebas, F. & Koedam, N. 2010. Phenology of *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. In a Disjunctly-zoned Mangrove Stand in Kenya. **Western Indian Ocean Journal of Marine Science** 9:135-144.

Wright, S.J. & Van Schaik, C.P. 1994. Light and the phenology of tropical trees. **The American Naturalist** 143:193-199.

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Coordenadas geográficas, características edáficas e climáticas das subáreas de Antonina e Guaratuba.

Table 1 – Geographical coordinates, climate and soil characteristics of subareas of Antonina and 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 (°C) Mínima/máxima	20,5 (16,7 – 26,4)	20,5 (16,7 – 26,4)	20,5 (16,7 – 26,4)	20,8 (18,0 -14,2)	20,8 (18,0 -14,2)	20,8 (18,0 -14,2)
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, álico/sódico	Organossolo tiomórfico sáprico sálico/sódico	Gleissolo tiomórfico húmico/sáprico sálico/sódico
Salinidade da água intersticial (%)	16,9	16,9	16,9	24,4	24,4	24,4
Potencial redox (mV)	-339	-347,8	-294,8	-318,6	-308,2	-323,8

Tabela 2 – Eventos fenológicos de *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle*, nos meses do ano com picos de produção de órgãos reprodutivos (floração e frutificação), nos manguezais de Antonina e Guaratuba.

Table 2 – Phenological events of Avicennia schaueriana, Laguncularia racemosa e Rhizophora mangle, in the months of the year with peak production of reproductive organs (flowering and fruiting), in the mangroves of Antonina e Guaratuba.

Espécie	Área	Floração	Frutificação
<i>A. schaueriana</i>	Antonina	ago, set, out, jan e abr	set, out, nov e dez
<i>A. schaueriana</i>	Guaratuba	ago, set, jan e abr	set, out, nov e dez
<i>L. racemosa</i>	Antonina	jan e fev	out, nov, dez e mar
<i>L. racemosa</i>	Guaratuba	jan e fev	mar, abri e mai
<i>R. mangle</i>	Antonina	set, out, jan e abr	ago, out e dez
<i>R. mangle</i>	Guaratuba	dez, jan, fev e abr	ago, jan e abr

Tabela 3 – Valores de correlação de Spermann de *A. schaueriana*, *L. racemosa* e *R. mangle*, de floração/frutificação versus dados abióticos. (*) Valores significativos para $P < 0,05$.

Table 3 – Spermann correlation values of A. schaueriana, L. racemosa e R. mangle, of flowering/fruiting versus abiotic data () Values are significant at $P < 0,05$.*

	<i>A. schaueriana</i>		<i>L. racemosa</i>		<i>R. mangle</i>	
	Floração	Frutificação	Floração	Frutificação	Floração	Frutificação
Temperatura Média	-0,12	0,18	0,81*	0,47*	0,52*	0,08
Precipitação	-0,90	0,04	0,62*	0,14	0,30	-0,06
Radiação	-0,05	0,22	0,60*	0,17	0,32	0,10
Comprimento do Dia	0,12	0,63*	0,75*	0,03	0,33	0,42*
Salinidade	-0,16	-0,13	-0,32	-0,23	-0,27	-0,32

Lista de Figuras

List of Figures

Figura 1 – Área de estudo – Litoral do Paraná, Baía de Antonina (Área 1) e Baía de Guaratuba (Área 2).

Figure 1 – Study area – Paraná Coast, Antonina Bay (Area 1), and Guaratuba Bay (Area 2).

Figura 2 – (a) Temperatura média (°C)/Precipitação (mm) em Antonina e Guaratuba, (b) Radiação (w/mm²)/Salinidade (%) em Antonina e Guaratuba, (c) Floração Antonina, (d) Floração Guaratuba, (e) Frutificação Antonina, (f) Frutificação Guaratuba. Legenda: (A) *Avicennia schaueriana*, (L) *Laguncularia racemosa* e (R) *Rhizophora mangle*. Meses: maio/2010 à maio/2011.

*Figure 2 – (a) Average temperature (°C)/Precipitation (mm) in Antonina e Guaratuba, (b) Radiation (w/mm²)/ Salinity (%) in Antonina and Guaratuba, (c) Flowering Antonina, (d) Flowering Guaratuba, (e) Fruiting Antonina, (f) Fruiting Guaratuba. Legend: (A) *Avicennia schaueriana*, (L) *Laguncularia racemosa* e (R) *Rhizophora mangle*. Months: may/2010 to may/2011.*

Figura 3 – (a) Fenograma Floração/Temperatura Média Antonina, (b) Fenograma Floração/Temperatura Média Guaratuba, (c) Fenograma Frutificação/Temperatura Média Antonina, (d) Fenograma Frutificação/Temperatura Média Guaratuba, (e) Fenograma Floração/Precipitação Antonina, (f) Fenograma Floração/Precipitação Guaratuba, (g) Fenograma Frutificação/Precipitação Antonina, (h) Fenograma Frutificação/Precipitação Guaratuba. Legenda: (A) *Avicennia schaueriana*, (L) *Laguncularia racemosa*, (R) *Rhizophora mangle*, (TM) Temperatura Média e (P) Precipitação. Meses: maio/2010 à maio/2011.

*Figure 3 – (a) Phenogram Flowering/Average Temperature Antonina, (b) Phenogram Flowering/Average Temperature Guaratuba, (c) Phenogram Fruiting/Average Temperature Antonina, (d) Phenogram Fruiting/Average Temperature Guaratuba, (e) Phenogram Flowering/Precipitation Antonina, (f) Phenogram Flowering/Precipitation Guaratuba, (g) Phenogram Fruiting/Precipitation Antonina, (h) Phenogram Fruiting/ Precipitation Guaratuba. Legend: (A) *Avicennia schaueriana*, (L) *Laguncularia racemosa*, (R) *Rhizophora mangle*, (TM) Average Temperature, and (P) Precipitation. Months: may/2010 to may/2011.*

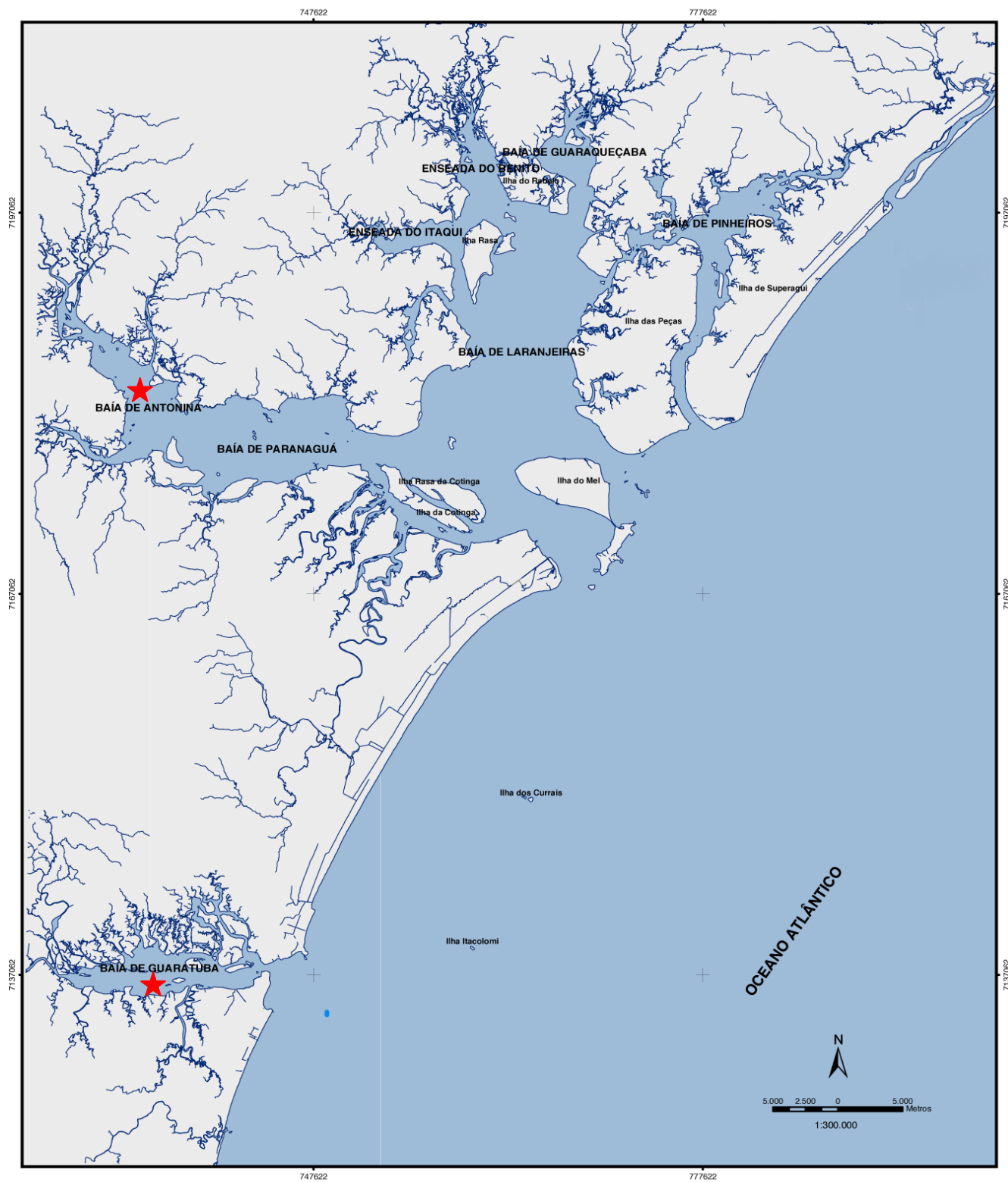


Figura 1 – Área de estudo – Litoral do Paraná, Baía de Antonina (Área 1) e Baía de Guaratuba (Área 2).

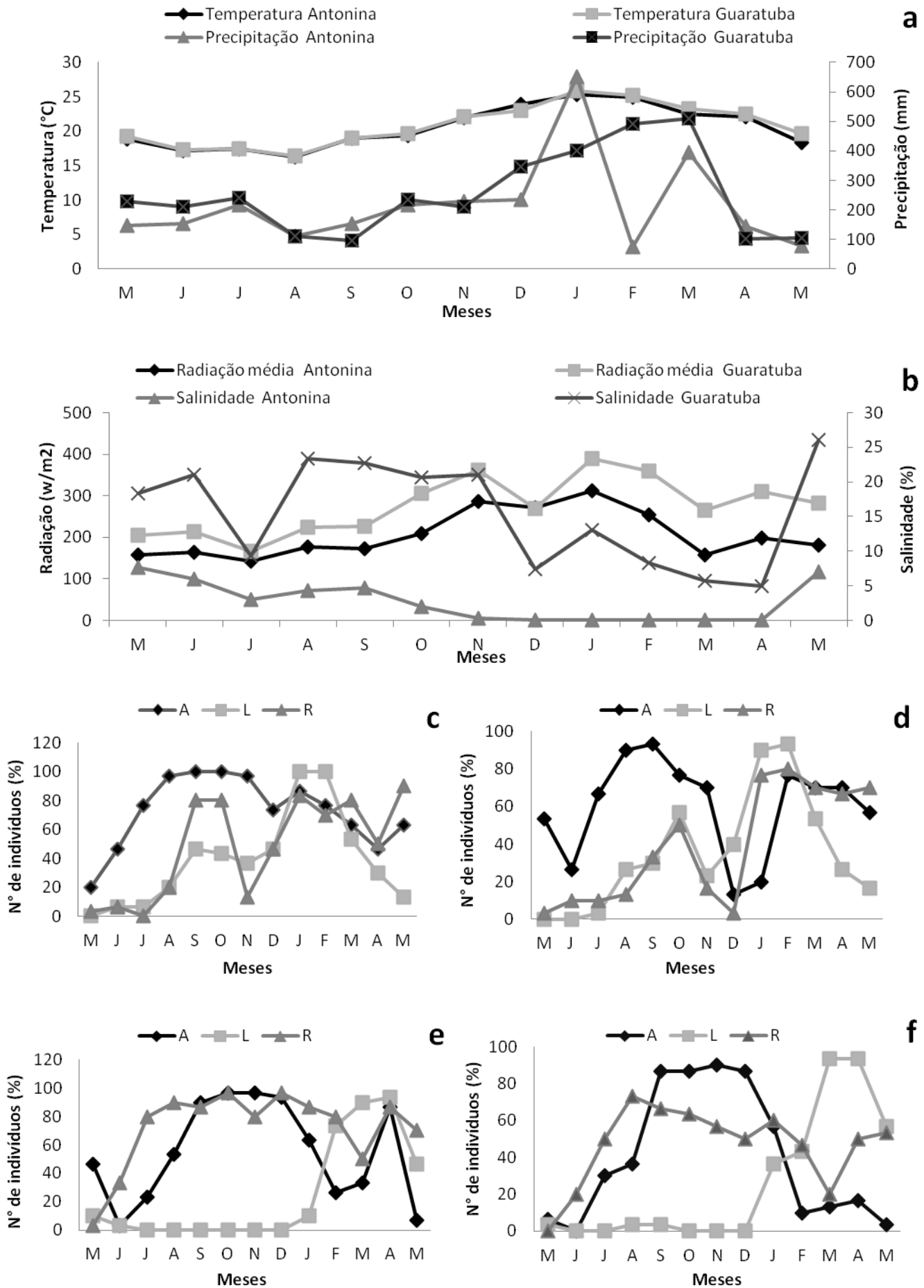


Figura 2 – (a) Temperatura média (°C)/Precipitação (mm) em Antonina e Guaratuba, (b) Radiação (w/mm^2)/Salinidade (%) em Antonina e Guaratuba, (c) Floração Antonina, (d) Floração Guaratuba, (e) Frutificação Antonina, (f) Frutificação Guaratuba.

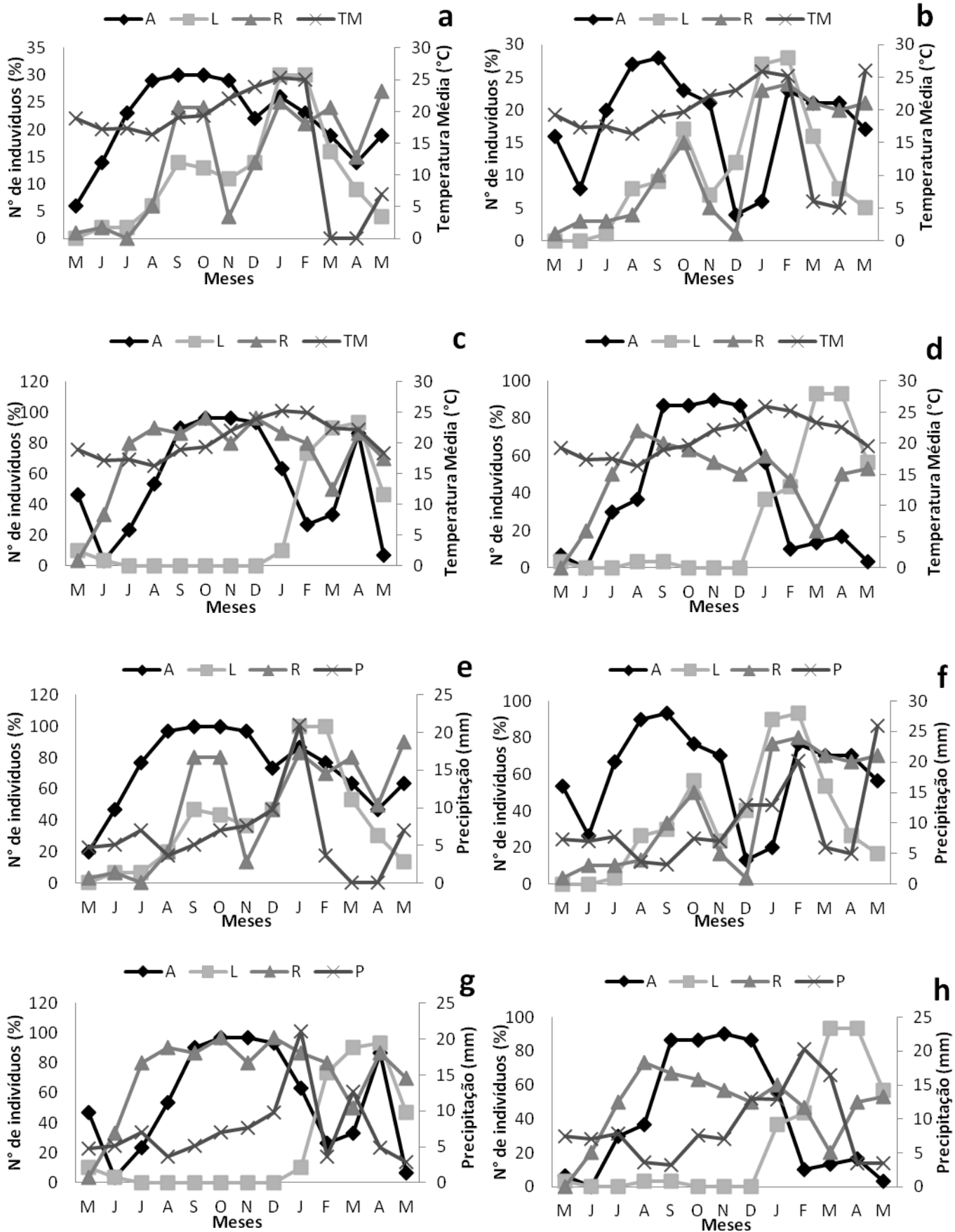


Figura 3 – (a) Fenograma Floração/Temperatura Média Antonina, (b) Fenograma Floração/Temperatura Média Guaratuba, (c) Fenograma Frutificação/Temperatura Média Antonina, (d) Fenograma Frutificação/Temperatura Média Guaratuba, (e) Fenograma Floração/Precipitação Antonina, (f) Fenograma Floração/Precipitação Guaratuba, (g) Fenograma Frutificação/Precipitação Antonina, (h) Fenograma Frutificação/Precipitação Guaratuba.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conceito de esclerofilia abrange a características de folhas “duras” atrelada a algum estresse evidente no ambiente. É de conhecimento que os manguezais estão submetidos a diversos fatores estressantes, o que levam as espécies a apresentarem mecanismos para adequarem-se à estas situações. A salinidade é um dos principais fatores abióticos que levam essas espécies a apresentaram mecanismos de tolerância. Conseqüentemente, os diferentes graus de esclerofilia encontrados, parecem ser consequência das diferentes estratégias que as espécies desenvolveram em relação às condições abióticas estressantes dos manguezais, em especial aos mecanismos desenvolvidos à salinidade.

Ao analisar separadamente os índices de esclerofilia utilizados neste estudo (AEF e índice de Rizzini), as espécies arbóreas de manguezais podem ser consideradas como esclerófilas. Entretanto quando analisam-se os índices propostos, juntamente com os dados de morfologia foliar e o status nutricional, conclui-se que as espécies apresentam diferentes graus de esclerofilia, sendo *R. mangle* a espécie mais esclerófila.

Em relação à fenologia das espécies arbóreas de manguezal, as plantas perdem e produzem folhas ao longo de todo ano, sendo consideradas espécies perenes. A produção e senescência foliar parecem ser diretamente influenciadas pela precipitação e temperatura.

As espécies apresentam diferenças nos padrões reprodutivos onde *Avicennia schaueriana* e *Rhizophora mangle* apresentaram um ciclo contínuo com mais de um pico reprodutivo ao ano e *Laguncularia racemosa* um ciclo sazonal com apenas um pico reprodutivo durante o ano.

As espécies apresentaram uma tendência à reprodução durante o período do verão, onde as condições ambientais são aparentemente mais favoráveis. A posição geográfica das áreas de estudo é considerada um ambiente subtropical, em que as estações do ano são bem demarcadas, quando comparadas á ambientes tropicais próximos a linha do equador. Essa localização provavelmente seja um dos fatores cruciais para a resposta do padrão encontrado nessas espécies. Juntamente com as síndromes de polinização e a atividade de forrageamento dos dispersores de frutos.

Para as áreas avaliadas, Antonina e Guaratuba, não foram observadas diferenças pontuais nos padrões fenológicos entre as áreas de estudo.