

**Universidade Federal de Pernambuco – UFPE
Centro de Tecnologia e Geociências – CTG
Departamento de Oceanografia – DOCEAN**

Andrei Figueiredo Prates Longo

**Produtividade primária em bosque de franja
e bacia no manguezal do Rio Ariquindá
(Tamandaré – Pernambuco, Brasil).**

Recife, 2009

**Universidade Federal de Pernambuco – UFPE
Centro de Tecnologia e Geociências – CTG
Departamento de Oceanografia – DOCEAN**

Andrei Figueiredo Prates Longo

**Produtividade primária em bosque de franja
e bacia no manguezal do Rio Ariquindá
(Tamandaré – Pernambuco, Brasil).**

Dissertação apresentada ao Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências, na área de Oceanografia Biológica.

Orientador: **Prof. Dr. Fernando Antônio do N. Feitosa**
Co-Orientador: **Prof. Dr. Clemente Coelho Júnior**

Recife, 2009

L856p**Longo, Andrei Figueiredo Prates**

Produtividade primária em bosque de franja e bacia no manguezal do Rio Ariquindá (Tamandaré – Pernambuco, Brasil) / Andrei Figueiredo Prates Longo. – Recife: O Autor, 2009.
x, 70 folhas, il : grafs., tabs., figs.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 2009.

Inclui Bibliografia.

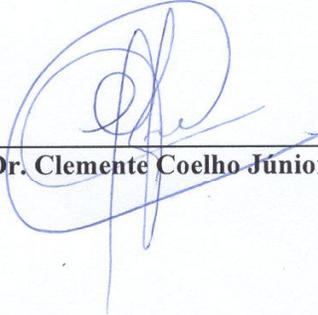
1. Oceanografia. 2.Manguezal. .3. Produtividade primária
4, Serapilheira. 5. Rio Ariquindá. I. Título

UFPE**551.46****CDD (22. ed.)****BCTG/2009-074**

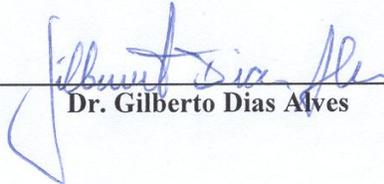
Andrei Figueiredo Prates Longo

**Produtividade primária em bosque de franja e bacia no manguezal do Rio
Ariquindá (Tamandaré-Pernambuco, Brasil).**

Banca Examinadora



Dr. Clemente Coelho Júnior



Dr. Gilberto Dias Alves



Dra. Enide Eskinazi-Leça

Dedico esse trabalho ao meu filho Arthur, que nasceu junto com esse projeto, e a todos aqueles que fazem com que pequenas atitudes individuais do cotidiano possam prover grandes benefícios ao coletivo, contribuindo assim, para o conceito do mundo socialmente justo, ecologicamente sustentável e economicamente solidário.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Fernando Feitosa por ter aceito me orientar mesmo em uma área que não seja sua especialidade. Agradeço também ao apoio que sempre me deu dentro do DOCEAN e por estar sempre pronto para ajudar em todas as ocasiões. Obrigado pela forma em que fui recepcionado no Departamento e pela ótima convivência e bom relacionamento que sempre tivemos.

Ao Prof. Dr. e grande amigo Clemente Coelho Júnior, meu orientador desde o início da vida acadêmica na área de Oceanografia. Indiscutivelmente o principal responsável pelo meu interesse em estudar o ecossistema manguezal. Muito obrigado pelos conselhos, ensinamentos, oportunidades, confiança e principalmente pela amizade de sempre. Tenho certeza que ainda teremos muitos trabalhos para fazermos juntos. Valeu!

Ao Dr. Fábio Moreira Corrêa que sem sua fundamental ajuda esse trabalho não teria se desenvolvido. Um amigo que fiz durante esse tempo pelo qual tenho uma admiração muito grande como pesquisador. Obrigado pelos ensinamentos e por se mostrar sempre solícito em todas as incontáveis vezes que precisei de sua ajuda. Agradeço a ele e a Ângela por sempre terem me recebido muito bem em sua casa nas minhas idas à Tamandaré. Muito obrigado mesmo e espero que essa “orientação” não termine por aqui.

Ao grande amigo de longas datas e colega de mestrado Felipe Gaspar pela essencial ajuda de mão-de-obra que foi dada. Esteve presente em praticamente todas as coletas e me ajudou a tornar esse trabalho árduo de campo uma tarefa mais simples e descontraída. Nossas idéias ainda vão “bombar fortemente”.

Ao grande amigo de longas datas Gilson Alves do Nascimento-Filho por sempre ter sido meu parceiro na vida acadêmica, pela ajuda fundamental nas coletas de campo e pelos dados cedidos para a elaboração desse trabalho.

A Antônio Wanderley pela grande ajuda dada no processo de coleta do material e na conscientização dos moradores locais sobre a importância desse trabalho.

A CAPES pela concessão da bolsa de mestrado, fundamental para a realização desse trabalho.

Ao Dr. Renato Almeida, uma importante referência nesse tipo de pesquisa, que me ensinou a fazer as cestas de coleta e a usar a tabela de conversão dos dados.

Ao Instituto BiomaBrasil (IBB), no nome da Dra. Yara Schaeffer-Novelli, que me recebeu muito gentilmente em sua sede e me disponibilizou um rico acervo bibliográfico.

Ao Dr. Gilberto Cintrón pela gentileza de corrigir a língua inglesa no abstract.

Ao ITEP/LAMEPE que forneceu os dados necessários para a elaboração do diagrama climático da região de Tamandaré durante o período de estudo.

A Simone Marques, uma amiga conquistada durante o mestrado que tornou mais agradável nossas coletas, nos recebendo em sua casa durante as estadias em Tamandaré.

A Cacau Maciel que acompanhou indiretamente esse trabalho desde o início e contribuiu em diversas ocasiões e de diversas maneiras.

Aos meus amigos e colegas do mestrado pela ótima convivência e pelos momentos de descontração no Departamento.

A Myrna Lins por resolver todos os procedimentos burocráticos e pendências durante o período do mestrado.

A todos os funcionários do DOCEAN da Universidade Federal de Pernambuco que contribuem para o seu funcionamento.

Aos professores do DOCEAN pelos conhecimentos transmitidos.

A todos aqueles que não foram citados mas direta ou indiretamente contribuíram em alguma etapa da realização desse trabalho.

A minha família, por todo o suporte, apoio e incentivo que sempre tive.

A Deus por tudo e todos que tenho na vida.

SUMÁRIO

Dedicatória

Agradecimentos

Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice de figuras.....	vii
Índice de tabelas.....	ix

1 – Introdução.....	01
2 – Objetivos.....	09
2.1 – Objetivo Geral.....	09
2.2 – Objetivos específicos.....	09
3 – Justificativa.....	09
4 – Área de estudo.....	10
4.1 – Geral.....	10
4.2 – Descrição das estações de estudo.....	13
4.2.1 – Microtopografia.....	13
4.2.2 – Salinidade.....	15
4.2.3 – Dados estruturais.....	16
5 – Material e Métodos.....	19
5.1 – Produtividade primária.....	19
5.2 – Diagrama Climático.....	20
5.3 – Análise Estatística.....	20
6 – Resultados.....	22
6.1 – Produção total de serapilheira.....	22
6.2 – Produção de folhas.....	24
6.3 – Produção de estípulas.....	25
6.4 – Produção de frutos.....	27
6.5 – Produção de flores.....	29
6.6 – Produção de galhos.....	31
6.7 – Produção de miscelânea (detritos).....	35
6.8 – Produção de brotos.....	37
6.9 – Porcentagem por compartimento.....	38
6.10 – Diagrama climático.....	39
6.11 – Análise Estatística.....	40
6.11.1 – Análise de agrupamento (Cluster).....	40
6.11.2 – Teste de Duncan.....	46

7 – Discussão.....	50
8 – Conclusões.....	60
9 – Considerações finais.....	60
10 – Referências Bibliográficas.....	62

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a produtividade do manguezal presente no estuário do rio Ariquindá (Tamandaré – Pernambuco, Brasil) distante cerca de 120 km ao sul da cidade de Recife, em dois perfis perpendiculares sendo um na nascente e outro na foz do referente rio, levando-se em conta os dois períodos característicos da região (seco e chuvoso). A produção de serapilheira em bosques monoespecíficos de *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa* foi determinada em um período de um ano amostral (setembro de 2007 a agosto de 2008). Trinta e duas cestas coletoras de 0,25m² foram instaladas em quatro diferentes bosques de mangue (oito em cada) e suspensas acima do nível de maré mais alta. A coleta das amostras foi realizada mensalmente e o material coletado foi separado em folhas, estípulas, flores, frutos, galhos e miscelânea (detritos). Posteriormente o material foi seco a 75°C até atingir um peso constante. A produção total anual variou de 7,04 t.ha⁻¹.ano⁻¹ para um bosque de bacia dominado pela espécie *L. racemosa* (estação AF3) até 12,28 t.ha⁻¹.ano⁻¹ para um bosque de franja monoespecífico de *R. mangle* (estação AF1). Valores intermediários de produção anual foram encontrados nas parcelas localizadas na nascente do rio (AN1 e AN3) com 11,85 e 8,46 t.ha⁻¹.ano⁻¹, respectivamente. A fração folha teve maior representatividade, contribuindo com aproximadamente 80% em todas as estações estudadas. Estípulas, galhos, frutos, flores e miscelânea foram seguidamente os mais representativos respectivamente. As estações localizadas na franja (AN1 e AF1) tiveram o maior pico de produção no mês de fevereiro enquanto as estações localizadas na bacia (AN3 e AF3) tiveram o maior pico de produção no mês de abril. A estação AF3, representada pela espécie *L. racemosa* obteve uma marcante sazonalidade na produção de propágulos, apresentando um pico considerável no mês de abril, durante o início do período chuvoso. Durante esse período houve também um discreto aumento na produção dos componentes galho e detrito. A maior queda de serapilheira no final do período seco e início do período chuvoso sugere uma estratégia reprodutiva encontrada em diversos bosques de mangue ao redor do mundo. Os componentes reprodutivos (fruto, propágulo e flor) foram os únicos que demonstraram estar diretamente relacionados à pluviosidade.

Palavras-chave: manguezal, produtividade primária, serapilheira e rio Ariquindá.

ABSTRACT

This work was developed with the objective to measure the primary productivity in mangrove swamps at the headwater and river mouth of the Ariquindá river estuary (Tamandaré-Pernambuco, Brasil) distant 120 km from Recife considering the dry and wet season. Litter production in monoespecific stands of *Rhizophora mangle* and *Laguncularia racemosa* was determined during a twelve months period (September 2007 to August 2008). Thirty two litter traps of 0,25 m² were spread among four different sites suspended under mangrove trees above the maximum tidal elevation. Litter fall was collected monthly and the material was sorted into six categories; leaves, stipules, fruits, flowers, wood and miscellaneous. The collected material was dried at 75°C until it reached constant weight. Annual total litter fall ranged from 7,04 t.ha⁻¹.yr⁻¹ in a monoespecific *L. racemosa* basin mangrove forest (station AF3) to 12,28 t.ha⁻¹.yr⁻¹ in a monoespecific *R. mangle* fringe stand (station AF1). Intermediary values of annual litter fall production were found in the stands at the headwaters of the Ariquindá river (stations AN1 and AN3); 11,85 and 8,46 t.ha⁻¹.yr⁻¹, respectively. Leaves were the main component representing about 80% of litter fall production in all stands. Stipules, wood, fruits, flowers and miscellaneous components followed in importance. Fringe stands (AN1 and AF1) had peak production in February. Basin stands (AN3 and AF3) peaked later in April. The AF3 station, represented by *L. racemosa* evidenced a strong seasonality in propagule production peaking in April. During the wet season there was a sharp increase in wood and miscellaneous production. The greater amount of litter fall in the beginning of wet season reflects a reproductive strategy found in a several mangrove forests around the world. The reproductive components it was the only to demonstrate related with rainfall.

Key-words: mangrove, primary productivity, litter fall, Ariquindá river.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01: Modelo conceitual da “Assinatura Energética” aplicada ao ecossistema manguezal.....	03
Figura 02: Mapa da localização da área de estudo.....	11
Figura 03: Localização das estações de estudo. Cada estação apresenta duas sub-estações (franja e bacia).....	11
Figura 04: (A) Transição entre o manguezal e o apicum na transversal AN. (B) Transição entre o manguezal e a vegetação terrestre na estação AF.....	14
Figura 05: (A) Estações AN1 e (B) AN3.....	14
Figura 06 : (A) Estações AF1 e (B) AF3.....	15
Figura 07: Desenho esquemático do perfil topográfico e da zonação do bosque na estação AN.....	17
Figura 08: Desenho esquemático do perfil topográfico e da zonação do bosque na estação AF.....	18
Figura 09: (A) Detalhe da cesta, (B) Cesta instalada no mangue; (C) Processo de triagem; (D) Coleta do material; (E) Processo de secagem e (F) Processo de pesagem.....	21
Figura 10: Produção total de serapilheira nas quatro estações de estudo.....	23
Figura 11: Produção de folhas nas quatro estações de estudo.....	26
Figura 12: Produção de estípulas nas quatro estações de estudo.....	28
Figura 13: Produção de frutos nas quatro estações de estudo.....	30
Figura 14: Produção de flores nas quatro estações de estudo.....	32
.....	34
Figura 15: Produção de galhos (madeira) nas quatro estações de estudo.....	36
Figura 16: Produção de detritos (miscelânea) nas quatro estações de estudo.....	37
Figura 17: Produção de brotos na estação AF3.....	37
Figura 18: Porcentagem da produção total de cada fração nas quatro estações de estudo ao longo de um ano amostral.....	38

Figura 19: Diagrama climático da região de Tamandaré-PE no período de setembro de 2007 a agosto de 2008.....	39
Figura 20: Análise de agrupamento para a produção total de serapilheira na transversal AN.....	40
Figura 21: Análise de agrupamento para a produção de folhas na transversal AN....	42
Figura 22: Análise de agrupamento para a produção de frutos na transversal AN....	43
Figura 23: Análise de agrupamento para a produção total de serapilheira na transversal AF.....	44
Figura 24: Análise de agrupamento para a produção de folhas na transversal AF....	45
Figura 25: Análise de agrupamento para a produção de frutos na transversal AF.....	45
Figura 26: Detalhe dos componentes reprodutivos de <i>R. mangle</i> e <i>L. racemosa</i> . (A) – flores de <i>R. mangle</i> ; (B) – Flores de <i>L. racemosa</i> ; (C) e (D) – Fruto e propágulo de <i>R. mangle</i> , respectivamente; (E) – Propágulos de <i>L. racemosa</i> . Componentes bastante representativos durante o período chuvoso. (fotos do autor)..	59

Legenda: AN – Ariquindá Nascente;
AF – Ariquindá Foz.

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela I: Salinidade média, mínima e máxima da transversal AF. Modificado de Nascimento-Filho (2007).....	15
Tabela II: Salinidade média, máxima e mínima da transversal AN.....	16
Tabela III: Valores de área basal, densidade total, densidade de indivíduos vivos e mortos, altura média, altura do dossel e diâmetro médio nas transversais AF e AN (Modificado de Nascimento-Filho, 2007).....	16
Tabela IV: Produção total de serapilheira mensal e anual com seus respectivos desvios padrões.....	24
Tabela V: Produção de folhas mensal e anual com seus respectivos desvios padrões.....	27
Tabela VI: Produção de estípulas mensal e anual com seus respectivos desvios padrões.....	29
Tabela VII: Produção de frutos mensal e anual com seus respectivos desvios padrões.....	31
Tabela VIII: Produção de flores em cada mês e total durante um ano com seus respectivos desvios padrões.....	33
Tabela IX: Produção de madeira mensal e anual com seus respectivos desvios padrões.....	35
Tabela X: Produção de miscelânea mensal e anual com seus respectivos desvios padrões.	37
Tabela XI: Teste de Duncan para a produção total de serapilheira com a média dos valores de peso seco encontrados nas cestas de coleta.....	47
Tabela XII: Teste de Duncan para a produção de folhas com a média dos valores de peso seco encontrados nas cestas de coleta.....	48
Tabela XIII: Teste de Duncan para a produção de galhos com a média dos valores de peso seco encontrados nas cestas de coleta.....	48
Tabela XIV: Teste de Duncan para a produção de frutos e propágulos com a média dos valores de peso seco encontrados nas cestas de coleta.....	49
Tabela XV: Teste de Duncan para a produção de flores com a média dos valores de peso seco encontrados nas cestas de coleta.....	49

Tabela XVI: Produção total de serapilheira ($t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$) em diferentes bosques de mangue ao redor do mundo..... 54

Tabela XVII: Produção total de serapilheira ($t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$) em diferentes bosques de mangue ao longo da costa brasileira..... 55

Legenda: AN – Ariquindá Nascente;
AF – Ariquindá Foz.

1 - INTRODUÇÃO

Os ambientes costeiros são importantes para a manutenção dos recursos vivos do mar, pois além de possuírem fauna e flora característicos, se apresentam como áreas tróficas e reprodutivas para várias espécies que encontram condições propícias, passando parte da vida nessas áreas para completar seus ciclos de vida (Santos, 2001).

Os manguezais são uma formação tropical e como tal, seu melhor e maior desenvolvimento ocorre na faixa entre os trópicos de Câncer e Capricórnio (23°30'N e 23°30'S). Ocasionalmente se estendem até latitudes superiores alcançando 30°N e 30°S, porém este desenvolvimento é bastante restrito devido ao rigor do clima nessas latitudes. Seu máximo desenvolvimento estrutural ocorre próximo à linha do equador. Estes ambientes apresentam temperaturas e salinidades variáveis ao longo do dia, solos lamosos e topografia irregular. A fauna e flora têm um alto nível de adaptação evolutiva a condições de estresse, tendo sua origem nos ambientes terrestre, marinho e fluvial (Day-Jr & Yáñez-Arancibia, 1982). McGill (1958) estimou entre 60 e 70% de cobertura de manguezais na costa entre 25°N e 25°S.

Este ecossistema se desenvolve principalmente em áreas que apresentam altas temperaturas, onde a temperatura média do mês mais frio exceda os 20°C e a amplitude anual seja menor que 5°C. Um maior desenvolvimento também ocorre em substratos aluviais, onde predomina sedimentos finos e ricos em matéria orgânica, especialmente quando os sedimentos são derivados de rochas vulcânicas. Locais protegidos contra forte ação do mar são mais propícios para o desenvolvimento dos mangues, pois os altos níveis de energia causam erosão e impedem o assentamento dos propágulos (Walsh, 1974).

Os manguezais estão entre os ecossistemas mais produtivos, enriquecendo as águas costeiras, rendendo importantes produtos comerciais e dando suporte a produtividade pesqueira (Kathiresan & Bingham, 2001). Além disso, os manguezais oferecem proteção contra ondas, marés extremas e tsunamis, minimizando o processo de erosão costeira (Mazda *et al.*, 2007).

Muitos organismos marinhos utilizam as áreas de manguezal no início do seu desenvolvimento e depois migram para longe da costa. Essa deve ser a razão pela qual as áreas costeiras influenciadas pelos manguezais são geralmente ricas em espécies de peixes e crustáceos (Chale, 1996). Ao redor do mundo, aproximadamente 70% de todos

os peixes comercialmente importantes são dependentes do manguezal em pelo menos um dos estágios do ciclo de vida.

A palavra mangue é empregada para designar um grupo de espécies de árvores ou arbustos que possuem adaptações que lhes permitem colonizar terrenos alagados e sujeitos a entrada de água salgada. As várias espécies de mangue apresentam adaptações semelhantes, porém, pertencem a famílias diferentes (Cintrón & Schaeffer-Novelli, 1983).

A riqueza de espécies de mangue no Indo - Pacífico e a pobreza de espécies no Novo Mundo tem sugerido a vários pesquisadores que o centro de origem dessas plantas foi na região Indo-Malásica. Segundo Chapman (1975), para fim do Cretáceo e início do Eoceno, as angiospermas estavam evoluindo ativamente e é muito possível que tivessem se desenvolvido com adaptações para tolerar os altos níveis de sal. Devido a ampla distribuição mundial dos gêneros *Rhizophora* e *Avicennia*, se considera que estes foram os primeiros a evoluírem.

De acordo com Schaeffer-Novelli & Cintrón (1986), a formação vegetal dos manguezais brasileiros é constituída por três gêneros (*Rhizophora*, *Avicennia*, *Laguncularia*) e seis espécies (*R. mangle*, *R. racemosa*, *R. harisonii*, *A. schaueriana*, *A. germinans* e *L. racemosa*), além daqueles elementos não típicos, como *Conocarpus erecta*, *Hibiscus pernambuscensis* e *Acrosticum aureum*, característicos de áreas de transição para o ambiente terrestre.

A espécie *Rhizophora mangle* L. (Rhizophoraceae) é um dos mais importantes constituintes dos manguezais da Costa Oeste da África e da América. Ao longo da Costa Atlântica do continente americano essa espécie é encontrada dos Estados Unidos até o sul do Brasil (Mehlig, 2006).

Os bosques de mangue mostram uma grande variabilidade quanto ao seu desenvolvimento estrutural. Esta variabilidade é resultado da resposta da vegetação aos múltiplos fatores físicos que operam a distintas intensidades no ambiente. Estes fatores incluem as concentrações de nutrientes, amplitude e periodicidade da maré, a quantidade de precipitação e intensidade de evaporação, além da atuação de tensores como baixas temperaturas, secas, altas salinidades, etc. A ação e interação de todos estes fatores dita o grau máximo de estrutura que pode desenvolver um manguezal (Cintrón & Schaeffer-Novelli, 1983). Odum *et al.*, (1977) introduziram o conceito de “assinatura energética” para descrever a gama de energia que atuam sobre um sistema,

onde cada sistema se desenvolve para utilizar o máximo das energias disponíveis considerando as flutuações e periodicidades características destas (Fig.1).

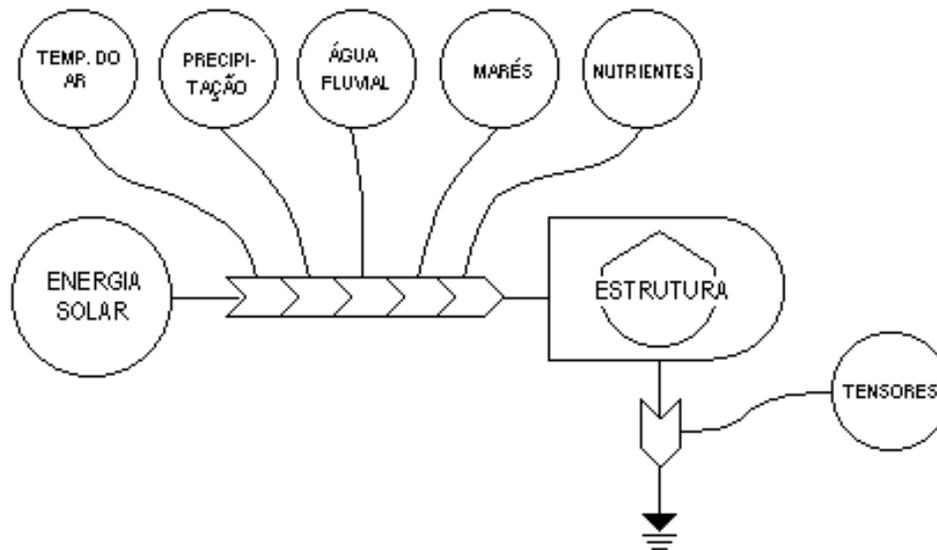


Figura 1: Modelo conceitual da “Assinatura Energética” aplicada ao ecossistema manguezal (Odum,1967).

Lugo & Snedaker (1974) desenvolveram uma classificação dos bosques de mangue com base em suas características fisiográficas, assumindo que estas refletiam a assinatura energética. Os bosques de cada um dos tipos identificados compartilham condições similares quanto à intensidade com que entram as energias subsidiárias, as concentrações de nutrientes e a taxa de intercâmbio de água. A classificação original foi simplificada por Cintrón *et al.*, (1980b) que dividiu os bosques em quatro diferentes tipos fisiográficos:

- 1) Bosques ribeirinhos: se desenvolvem ao longo das margens dos rios. Apresenta fluxo de água intenso, com grande disponibilidade de nutrientes conduzindo um alto grau de desenvolvimento estrutural e alta produtividade da vegetação.
- 2) Bosques de franja: esses bosques se localizam na parte mais externa do manguezal. Apresentam um alto nível de energia cinética e um papel importante na proteção contra a erosão costeira.

- 3) Bosques de bacia: localizam-se nas áreas mais internas do manguezal. A renovação da água ocorre lentamente e com isso há uma deposição maior de sal no sedimento ocasionando um menor desenvolvimento estrutural ao se comparar com os bosques ribeirinhos e de franja. Nesses bosques a principal forma de obtenção de nutrientes é através da decomposição da serapilheira.
- 4) Bosques anões: localiza-se nas regiões denominadas apicuns. A frequência muito esporádica de intrusão da maré ocasiona salinidades muito altas no sedimento limitando o desenvolvimento estrutural das árvores.

Atualmente se aceita apenas duas classificações, de franja e bacia, sendo o bosque anão apenas um sub-tipo (Schaeffer-Novelli *et al.*, 2005).

Diferentes espécies de mangue tendem a crescer entre zonas distintas, e embora essas zonas tenham hidroperíodos característicos, muitas espécies de mangue são capazes de colonizar locais com diferentes frequências de inundação (Krauss, 2008). A esse fato dá-se o nome de zonação.

A zonação ocorre em diferentes escalas espaciais (Day *et al.*, 1989). Em escala mais ampla ocorre a zonação latitudinal, onde o clima exerce a maior influência no modelo de distribuição. A influência global da temperatura é evidente comparando a distribuição restrita dos manguezais ao longo da costa pacífica da América do Sul, associada à corrente fria de Humboldt. Em comparação, uma das maiores áreas de manguezal do novo mundo está localizada ao longo da Costa Atlântica da América do Sul devido às águas quentes fluindo ao sul. Em escala intermediária existe a zonação por drenagem costeira, o que significa que a salinidade e a morfologia costeira são importantes para determinar o modelo de zonação. Finalmente existe a zonação local que é resultado das diferentes respostas do mangue aos gradientes ambientais causados pelo efeito da microtopografia com relação à frequência e duração das marés na zona do entremarés (Twilley & Day Jr., 1999).

A zonação local dos bosques de mangue depende da umidade contida no sedimento, que é controlada pelo balanço da precipitação, ação dos rios, marés e pela evapotranspiração. Em regiões costeiras tropicais onde a razão E/P (evapotranspiração/pluviosidade) é maior que 1, o *input* de água doce proveniente de rios se torna fundamental para subsidiar a disponibilidade de água perdida pela evapotranspiração e equilibrar o balanço hídrico (Twilley & Day Jr., *op.cit*).

Uma variedade de fatores influencia a produtividade das plantas de mangue. A maioria desses fatores estão associados com mudanças físicas e químicas no ambiente,

incluindo radiação solar, temperatura, marés, concentração de nutrientes, tipos de solo, drenagem, concentração de oxigênio e pH (Yáñez-Arancibia & Lara-Dominguez, 1999).

A produtividade primária de um manguezal é mais frequentemente avaliada pela medição da taxa de queda anual da serapilheira (Pool *et al.*, 1975; Teas, 1974; Sasekumar & Loi, 1983; Woodroffe, 1984; Adaime, 1985; Day-Jr *et al.*, 1987; Twilley *et al.*, 1997; Fernandes, 1997; Shunula & Whittick, 1999; Clough *et al.*, 2000; Mehlig, 2001; Carvalho, 2002; Nga, 2005; Félix-Pico *et al.*, 2006, etc.), a qual é conhecida por mostrar um gradiente latitudinal, sendo maior perto do equador (Twilley *et al.*, 1992).

Nos bosques ribeirinhos a produtividade primária líquida é em média 53% da produtividade primária bruta. Nos bosques de bacia a produtividade primária líquida se reduz a 31% da produtividade primária bruta. O fato de que a produtividade líquida constitui uma fração menor da produtividade bruta neste tipo de bosque se deve a necessidade de investir uma maior proporção da energia fixada para os processos de obtenção de nutrientes, dessalinização da água e ventilação das raízes (Cintrón & Schaeffer-Novelli, 1983). O custo energético para a eliminação do sal pode variar sob diferentes regimes de salinidade e pode assim influenciar a produtividade (Mehlig, 2006).

Uma parte substancial da produtividade líquida se converte em folhas, flores, frutos, madeira e estípulas, que eventualmente caem ao solo. A estes componentes dá-se o nome de serapilheira. A serapilheira representa aproximadamente um terço da produção primária líquida (Alongi, 2005a), e mais da metade dessa quantidade pode ser exportada para o estuário adjacente e para o oceano (Robertson *et al.*, 1992). As folhas são o componente principal da serapilheira, constituindo cerca de 70 a 80 do peso total seco (Cintrón & Schaeffer-Novelli, op. cit.).

A queda da serapilheira é um importante indicativo de transporte potencial de carbono para os ecossistemas costeiros (Twilley *et al.*, 1997) e um valioso indicador da produtividade do manguezal (Clough, 1992). A dinâmica da serapilheira, incluindo produtividade, decomposição e exportação pode determinar a ligação dos manguezais com a produtividade secundária e biogeoquímica dos ecossistemas costeiros (Twilley, 1988, 1995; Alongi *et al.*, 1992; Robertson *et al.*, 1992).

Pool *et al.*, (1975) sugeriram que a taxa regional de produção da serapilheira em manguezais é uma função do fluxo de água dentro do bosque. Pequena frequência de maré e baixo *input* de água doce causam aumento na salinidade do sedimento (Cintrón

et al., 1978) e/ou acumulação de substâncias tóxicas (ex. H₂S, McKee *et al.*, 1988) o que pode resultar no aumento do estresse nos bosques de mangue. Cintrón *et al.*, (*op.cit.*) encontraram que com o aumento da salinidade o valor de um número de parâmetros estruturais e funcionais diminuem. Isso inclui a queda da serapilheira, densidade, área basal e altura.

Independente da rota do consumo da matéria orgânica e estrutura da teia alimentar, toda matéria orgânica que não é exportada pela ação da maré se deposita no sedimento onde é consumida, degradada e quimicamente modificada (Kristensen *et al.*, 2008).

A maior parte da serapilheira produzida é decomposta por ação de microorganismos ou é transportada pelas marés para os habitats adjacentes (Mfilinge *et al.*, 2005). Além disso, muitos macro-invertebrados, como os caranguejos, são notáveis pela sua habilidade em consumir a serapilheira (Cannici *et al.*, 2008).

A exportação de detritos pelos manguezais está relacionada à hidrologia local. Taxas de exportação de carbono orgânico dos bosques de bacia são dependentes do volume de água da maré que inunda o bosque a cada mês, e conseqüentemente a taxa de exportação é sazonal em resposta a flutuação sazonal do nível do mar. Outros eventos sazonais, como a pluviosidade, são importantes para contribuir com a exportação da matéria orgânica dos manguezais (Dittmar *et al.*, 2001) especialmente carbono orgânico dissolvido (Twilley, 1985).

A quantidade de energia e matéria orgânica exportada para o estuário pelos manguezais depende da taxa de degradação da serapilheira. A degradação da serapilheira no manguezal também depende da espécie, da concentração química inicial da folha e da localização no bosque de mangue. Esses fatores por sua vez dependem do grau e freqüência de inundação pelas marés, clima, latitude e de presença e ausência de fauna consumidora de folhas e de macro-consumidores (Woodroffe, 1982; Robertson, 1988; Chale, 1993).

De acordo com Twilley *et al.* (1986), a taxa de renovação da serapilheira nos bosques de franja deverá ser maior do que em bosques de bacia devido à maior freqüência das marés. Uma vez que a exportação é mais baixa nos bosques de bacia, a decomposição tem maior influência na taxa de renovação da serapilheira. Como conseqüência, os manguezais são locais de intenso processamento de matéria orgânica

com um alto impacto potencial no balanço global do carbono (Borges *et al.*, 2003; Dittmar *et al.*, 2006; Alongi, 2007).

Tem sido discutido para outros ecossistemas que a reciclagem de nutrientes deve ser de maior importância para a manutenção da produtividade do que o *input* de nutrientes. Os manguezais são eficientes em reter e reciclar nutrientes por diversos mecanismos que reduzem a exportação, incluindo a retranslocação e reabsorção do nitrogênio e do fósforo antes da abscisão foliar (Alongi *et al.*, 1992). A retranslocação de nutrientes em folhas senescentes e de outras partes da planta antes da abscisão permite que a planta utilize a mesma unidade de nutriente para produzir diversas folhas e outros componentes sucessivamente (Vitousek, 1982).

Os manguezais podem ser considerados ecossistemas naturalmente estressados devido às condições ambientais em que se desenvolvem, tais como a salinidade do sedimento que dificulta a obtenção de água doce, fluxos das marés que removem energia potencial armazenada na forma de detritos orgânicos, processos geomorfológicos costeiros que podem causar erosão e/ou deposição de sedimentos, além de fenômenos naturais que podem causar perdas de componentes estruturais do sistema (Lugo, 1980).

O ecossistema manguezal vem sendo alvo do crescente desenvolvimento não sustentável pelo aumento da pressão econômica e populacional em áreas costeiras tropicais (Field, 1995). As atividades humanas destruíram aproximadamente 35% dos manguezais em todo o mundo nas últimas duas décadas (Valiela *et al.*, 2001).

Os impactos humanos e a mudança global despertou o interesse de cientistas do mundo todo em entender a ecologia e a dinâmica de estabelecimento, persistência, crescimento e desenvolvimento dos bosques de mangue (Robertson e Alongi, 1992; Kathiresan & Bingham, 2001; Saenger, 2002).

Todos os ecossistemas estão sujeitos a uma variedade de distúrbios tanto naturais quanto antrópicos que variam em sua duração, frequência, tamanho e intensidade e desempenham um papel fundamental facilitando as mudanças adaptativas (Odum & Barrett, 2004).

Devido à alta tolerância e grande adaptação em viver em um ambiente salino e alagado, os bosques de mangue e seus habitantes apresentam um alto grau de estabilidade ecológica. O termo estabilidade tem sido empregado para se referir a

constância ambiental, a persistência da comunidade e a resposta da comunidade ou do ecossistema aos distúrbios (Alongi, 2008).

Lugo e Snedaker (1974) sugeriram um modelo de funcionamento dos manguezais em função do ponto de ataque de tensores, onde: (1) drenagens e canalizações - atuam sobre a ciclagem de materiais, reduzindo a entrada de nutrientes, água doce e matéria orgânica para o bosque; (2) aumento de temperatura da água - causa um incremento nas taxas de respiração dos organismos; (3) deposição excessiva de sedimentos - interfere na ciclagem de nutrientes e trocas gasosas; (4) cortes, herbicidas e furacões - remove estrutura do sistema, incluindo a cobertura vegetal.

Odum e Johannes (1975) após analisarem as respostas dos manguezais a tensores tais como flutuações de salinidade, herbicidas, poluição por petróleo, inundação prolongada e estresse térmico, concluíram que os manguezais são muito sensíveis as trocas gasosas entre raízes e sedimento, portanto os tensores que interferissem nesses processos seriam os mais prejudiciais aos manguezais.

Em nível global, as perturbações induzidas pelo homem, principalmente à conversão de áreas de manguezais em fazendas de carcinocultura, áreas para agricultura através de aterros, usos urbanos e industriais (e seus respectivos efluentes), desvios e/ou aprisionamento de leitos de rios e os grandes derramamentos de óleo, estariam entre as mais importantes formas de perturbação para este ecossistema, alterando sua zonation e muitas vezes chegando até a extinguir bosques ou o próprio ecossistema na área de atuação desses tensores (Menghini, 2004).

2- OBJETIVOS

2.1- GERAL:

Quantificar a produção primária no manguezal do Rio Ariquindá, litoral sul de Pernambuco, em bosques de franja e bacia, durante um ciclo anual completo.

2.2- ESPECÍFICOS:

- Relacionar os valores de produtividade primária com o padrão de estrutura previamente encontrado no bosque para compreensão do funcionamento do ambiente e observar uma possível relação entre esses parâmetros.
- Caracterizar a produtividade primária em diferentes gradientes ambientais, promovida pela frequência de inundação pelas marés durante o período amostral de um ano, considerando o período seco e chuvoso.
- Analisar o padrão fenológico dos bosques de *R. mangle* e *L. racemosa* com o intuito de caracterizar a porcentagem de cada fração contribuinte da serapilheira.

3- JUSTIFICATIVA

Por ser o manguezal um ambiente extremamente dinâmico e sujeito a diferentes fontes de energia subsidiárias, a compreensão do funcionamento desse ecossistema e suas relações com os diferentes tipos fisiográficos permite gerir o ecossistema como um *continuum* de feições, servindo-se dos bens, atributos e serviços oriundos da dinâmica do ecossistema.

Dessa forma, a quantificação da produção primária em gradientes ambientais torna-se relevante por oferecer indícios de prováveis alterações futuras quanto às mudanças climáticas e o aumento do nível médio relativo dos mares, considerando o ecossistema como um bom bioindicador de tais mudanças.

Poderão servir também, como base de informação na elaboração de propostas de ações preventivas no que diz respeito à antropização do ecossistema manguezal no Rio Ariquindá, assim como para o Manejo da APA Costa dos Corais.

4 - ÁREA DE ESTUDO

4.1 - GERAL

O Município de Tamandaré localiza-se na mesorregião Mata e na microrregião Mata Meridional do Estado de Pernambuco, fazendo fronteira ao Norte com os municípios de Rio Formoso e Sirinhaém, ao Sul com o município de Barreiros, a Oeste com o município de Água Preta e a Leste com o Oceano Atlântico (CPRM, 2005). O município encontra-se distante cerca de 100 km da capital Recife, a uma latitude de 08°45'35" Sul e a uma longitude de 35°06'17" Oeste, e o acesso é feito pela BR-101 e PE-60 (Fig. 02). Possui uma área de 190 km² e a sede do município está localizada a uma altitude de 8m. Sua população estimada em 2008 era de 18.854 habitantes (IBGE, 2008), embora no período de alta estação (dez-jan-fev) o município receba nos finais de semana aproximadamente 40 mil pessoas, o que vem ocasionando uma grande expansão imobiliária por conta dessa elevada demanda de turistas no verão nos últimos anos. Tamandaré inicialmente era um distrito do município de Rio Formoso atingindo sua emancipação política em 28 de setembro de 1995 com base na Lei Estadual n° 11.157, que permitia ao município a emancipação desde que tivesse uma população superior a 10 mil habitantes e eleitorado maior que 30% dessa população. O município é dividido em dois distritos: Tamandaré e Save (PROMATA, 2003).

A área costeira de Tamandaré corresponde a aproximadamente 9 km, divididos em três baías: Praia de Carneiros, Praia de Campas e Baía de Tamandaré. A área estuarina é de planície alagada recoberta em toda sua extensão por mangues das espécies *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia schaueriana* e *Conocarpus erecta*. Ao Sul, a área estuarina está delimitada, por uma restinga que se estende por cerca de 3 km (Vieira, 2000). Além das espécies citadas pelo autor, foi observada a presença de *A. germinans*.

Os rios Formoso, Calhetas, Una, Ilhetas e Mamucabas formam a rede hidrográfica da região. O rio mais expressivo da região é o Rio Formoso situado no extremo norte, destacando-se os seguintes contribuintes: rios Arinquidá, União, Porto do Tijolo, Porto Alegre e Cabrobró. Todos rios perenes com nascente no próprio litoral do estado (Duarte, 1993.). O Rio Arinquidá apresenta na sua margem direita a praia dos Carneiros e na margem esquerda o mirante natural no município de Rio Formoso. Sua

vegetação predominante são os manguezais que tomam todas as margens. A figura 03 mostra as estações de coleta.



Figura 02: Mapa da localização da área de estudo.

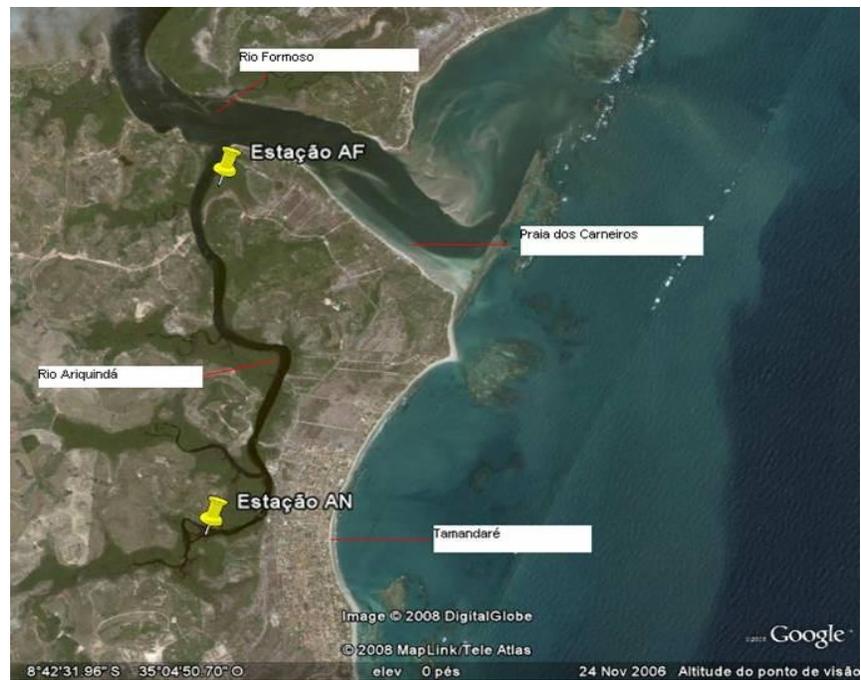


Figura 03: Figura esquemática da localização das estações de estudo (Fonte: Google Earth).

De acordo com a classificação de Koppen, o clima da região é do tipo As' (Tropical úmido), apresentando precipitação pluviométrica muito elevada (em torno de 2000 mm) com temperaturas médias superiores a 24 °C e possuindo estações bem definidas: seca (setembro a dezembro) e chuvosa (janeiro a julho) (Duarte, 1993). A temperatura do ar varia de 25 a 30 °C e sofre influência dos ventos alísios (Moura & Passavante, 1995). Os ventos apresentam velocidades médias de 6,1 a 9,3 nós (3,1 a 4,7 m/s), vindos principalmente de E-SE, no período de abril a setembro e de E-NE de outubro a março (CPRH, 1997).

Na baía de Tamandaré são encontradas grandes áreas de manguezais na planície alagada dos estuários. Esses manguezais são de extrema importância neste local, principalmente pela conectividade com os bancos de arrecifes de Tamandaré que fazem parte da Área de Proteção Ambiental (APA) Costa dos Corais. Além dessa APA, ainda existe a APA de Guadalupe que abrange parte dos municípios de Sirinhaém, Rio Formoso, Tamandaré e Barreiros.

A APA Marinha Costa dos Corais foi criada por Decreto Federal, em 23 de outubro de 1997. Estende-se do Município de Tamandaré, sul de Pernambuco, até Paripuera no norte de Alagoas, abrangendo a linha dos 33 metros da maré alta até as 18 milhas da costa, o que inclui toda a plataforma até a borda do talude continental. No total a APA tem uma área aproximada de 423.563 ha. Foi a primeira unidade de conservação federal a incluir os recifes costeiros e é a maior unidade de conservação marinha brasileira (MMA, 2006).

A presença de recifes de coral é a principal característica da APA Costa dos Corais, que é suporte de grande diversidade de vida, representada por algas, corais, peixes, crustáceos, moluscos e outros, incluindo ainda o peixe-boi (*Trichechus manatus*), mamífero ameaçado de extinção. Associado aos manguezais, os recifes apresentam o suporte para a manutenção da atividade pesqueira artesanal (MMA, *op. cit.*).

A APA de Guadalupe foi criada através do Decreto nº 19.635 de 1997 com o objetivo de proteger e conservar os sistemas naturais essenciais à biodiversidade. Apresenta uma diversidade de ecossistemas, sendo representada pelos manguezais, remanescentes de Mata Atlântica, mata de restinga e cordões de arrecifes. A APA possui 31.591 ha de área continental e 12.664 ha de área marítima, apresentando

manguezais que se estendem por quilômetros, constituindo refúgio e abrigo para diversas espécies comercialmente importantes e servindo de base alimentar e fonte de renda de várias famílias da região (CPRH, 1998).

4.2 - DESCRIÇÃO DAS ESTAÇÕES:

4.2.1 - MICROTOPOGRAFIA

Os pontos de coleta foram escolhidas de acordo com o trabalho de Nascimento-Filho (2007) que determinou a caracterização estrutural de dois bosques de mangue localizados à margem do Rio Ariquindá. Uma parcela foi feita a jusante do estuário e denominada AN enquanto a outra foi demarcada próximo à foz do rio e denominada AF.

A parcela AN (8°43'53,7"S e 35°06'07,7"W) mede 116 m e a altura topográfica foi medida a cada dois metros, com exceção de alguns pontos onde a medição ocorreu a cada metro. Essa parcela é caracterizada por apresentar um *continuum* de feições mostrando uma clara transição entre o manguezal e o apicum (Fig. 04A). A parcela AN foi subdividida em AN1, AN2, AN3, AN4 e AN5 com o objetivo de comparar os diversos parâmetros estruturais em diferentes gradientes de inundação (Nascimento-Filho, *op. cit.*). Foram escolhidas as estações AN1 e AN3 para a medição da produtividade primária por representarem um bosque de franja e outro de bacia, respectivamente. Ambas as estações são dominadas por *R. mangle* e diferem entre si pela frequência de inundação da maré (Fig. 05). No final dessa parcela observa-se uma elevação da topografia referente à uma planície hipersalina.

A parcela AF (8°42'58"S e 35°04'50,3"W) mede 134 m, e como na parcela AN, foi medida a cada dois metros, com exceção das áreas de maior detalhamento onde a medição ocorreu a cada metro. Com a finalidade de observar diferenças estruturais ao longo de um gradiente de inundação, a parcela AF foi subdividida em quatro estações (AF1, AF2, AF3 e AF4) (Nascimento-Filho, *op.cit.*). Para a determinação da produtividade primária do bosque em questão foram escolhidas as estações AF1 e AF3 para representarem um bosque de franja e outro de bacia, respectivamente, com o objetivo de comparar a produtividade em diferentes tipos fisiográficos.

A estação AF1 é caracterizada por ser um bosque de franja e com isso sujeita a inundação diária da maré (Fig 06A). Apresenta um sedimento lamoso e como todo

bosque de franja, grande parte da produção primária é exportada para o estuário adjacente.



Figura 04: (A) Transição entre o manguezal e o apicum na transversal AN. (B) Transição entre o manguezal e a vegetação terrestre na transversal AF.

A espécie dominante nessa estação é *R. mangle*. A estação AF3 encontra-se em uma elevação de aproximadamente 40 cm, imprimindo uma menor frequência de inundação pela maré. Nessa estação o sedimento é arenoso e a *L. racemosa* é a espécie dominante com a presença de alguns indivíduos de *R. mangle* no entorno (Fig 06b). Nessa parcela não há planície hipersalina (apicum) e a medida que se caminha para o interior o manguezal dá espaço a uma vegetação típica de terra-firme denominada popularmente de “capim-luca” (Fig. 4b). Distante aproximadamente 40 m desse ponto encontra-se uma formação de morro coberta por vegetação de Mata Atlântica em estágio secundário.



Figura 05: (A) Estações AN1 e (B) AN3.

A

B



Figura 06: (A) Estações AF1 e (B) AF3.

O perfil topográfico das estações AN e AF são mostrados nas figuras 07 e 08, respectivamente. Nas figuras de topografia foram consideradas como penetração máxima da maré, o final dos bosques de mangue em transição com a terra-firme e o apicum. Com isso o ponto zero do eixo X de cada gráfico corresponde à primeira árvore de mangue de cada bosque. O zero do eixo Y não representa o zero da maré, e sim o valor mais baixo da maré de sizígia onde foram medidas as primeiras árvores dos bosques de cada transversal (Nascimento-Filho, 2007).

4.2.2 – SALINIDADE

As coletas foram realizadas por Nascimento-Filho (2007) em maré de sizígia durante o período da baixa-mar no período seco. Em ambas as transversais (AN e AF) foram feitas coletas em sete pontos diferentes, distando 20 m um do outro no sentido rio-terra-firme. Na transversal AF os valores de salinidade se mostraram constantes e a média variou de 39,3 no ponto 1 até 41 nos pontos 5 e 7. A tabela 1 mostra os valores de salinidade nos sete pontos de coleta da transversal AF.

Tabela 1: Salinidade média, máxima e mínima da transversal AF (Modificado de Nascimento-Filho, 2007).

Pontos	Máx.	Min.	Média
1	41	37	39,3
2	41	40	40,6
3	40	40	40,0
4	40	40	40,0
5	42	40	41,0
6	41	39	40,0
7	45	38	41,0

Uma maior variação de salinidade foi observada na transversal AN. Devido a presença da feição apicum, o último ponto de coleta registrou valores de 90. Com exceção desse último ponto, a média de salinidade variou de 39,3 no ponto 1 até 42,6 no ponto 6. A tabela 2 mostra os valores de salinidade nos sete pontos de coleta na transversal AN.

Tabela 2: Salinidade média, máxima e mínima da transversal AN (Modificado de Nascimento-Filho, 2007).

Pontos	Máx.	Min.	Média
1	42	36	39,3
2	42	34	37,3
3	37	32	34,6
4	44	37	40,3
5	44	35	39,0
6	48	38	42,6
7	90	78	83,3

4.2.3 – DADOS ESTRUTURAIS

A caracterização estrutural dos bosques de mangue foi feita ao longo das mesmas transversais estudadas quanto à microtopografia e salinidade (Nascimento-Filho, 2007), com o objetivo de se determinar o grau de desenvolvimento e a zonação dos bosques de mangue ao longo de um gradiente ambiental. A tabela III resume os valores encontrados pelo autor para os diversos parâmetros analisados.

Tabela 3: Valores de área basal, densidade total, densidade de indivíduos vivos e mortos, altura média, altura do dossel e diâmetro médio nas transversais AF e AN. Em destaque as estações de estudo (Modificado de Nascimento-Filho, 2007).

Parcelas	Densidade total (ind/ha)				Alt.Média(m)	Desv.Pad.	Alt.Dossel(m)	DAP(cm)
	AB Total(cm)	vivos	mortos					
AF1	25,4	848	304	8,9	2,88	11,1	35,5	
AF2	16,7	2075	525	7,4	1,71	8,9	17,7	
AF3	12,7	8800,4	5733,6	3,3	1,36	4,8	12,5	
AF4	7,8	15800,8	2000,1	2,4	1,24	4,4	7,7	
AN1	19,0	3301,1	1598,4	7,6	2,28	9,8	15,4	
AN2	15,6	10000	2500	5,5	1,4	6,9	24,8	
AN3	21,1	62000	16400	2,5	0,71	3,3	11,0	
AN4	8,5	20400	5200	1,0	0,47	1,8	2,7	
AN5	7,3	6700	1250	0,4	0,29	1,4	1,1	

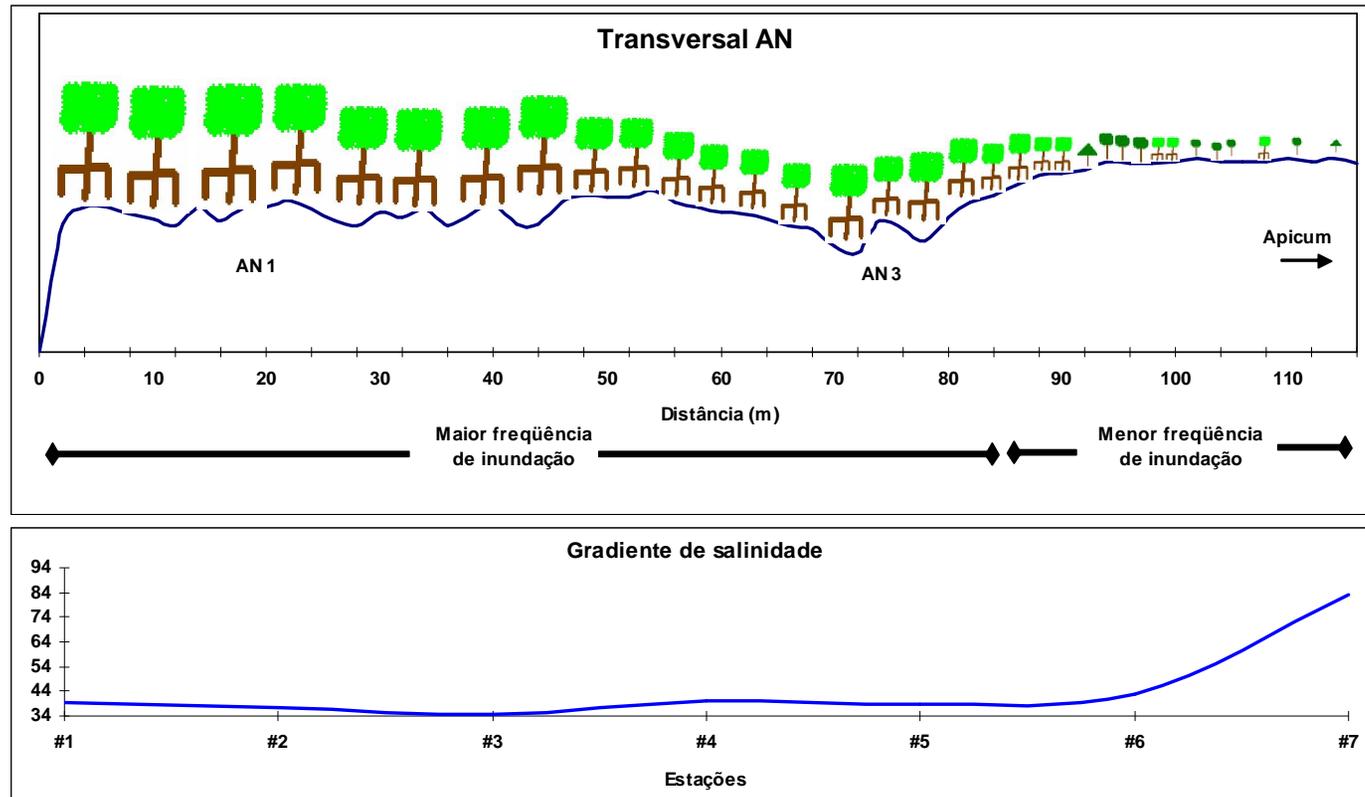


Figura 07: Desenho esquemático do perfil topográfico e da zonação do bosque de mangue da estação AN, mostrando as estações e os pontos de coleta de salinidade (Modificado de Nascimento-Filho, 2007).

Legenda:  *Rhizophora mangle*  *Laguncularia racemosa*  *Avicennia schaueriana*.

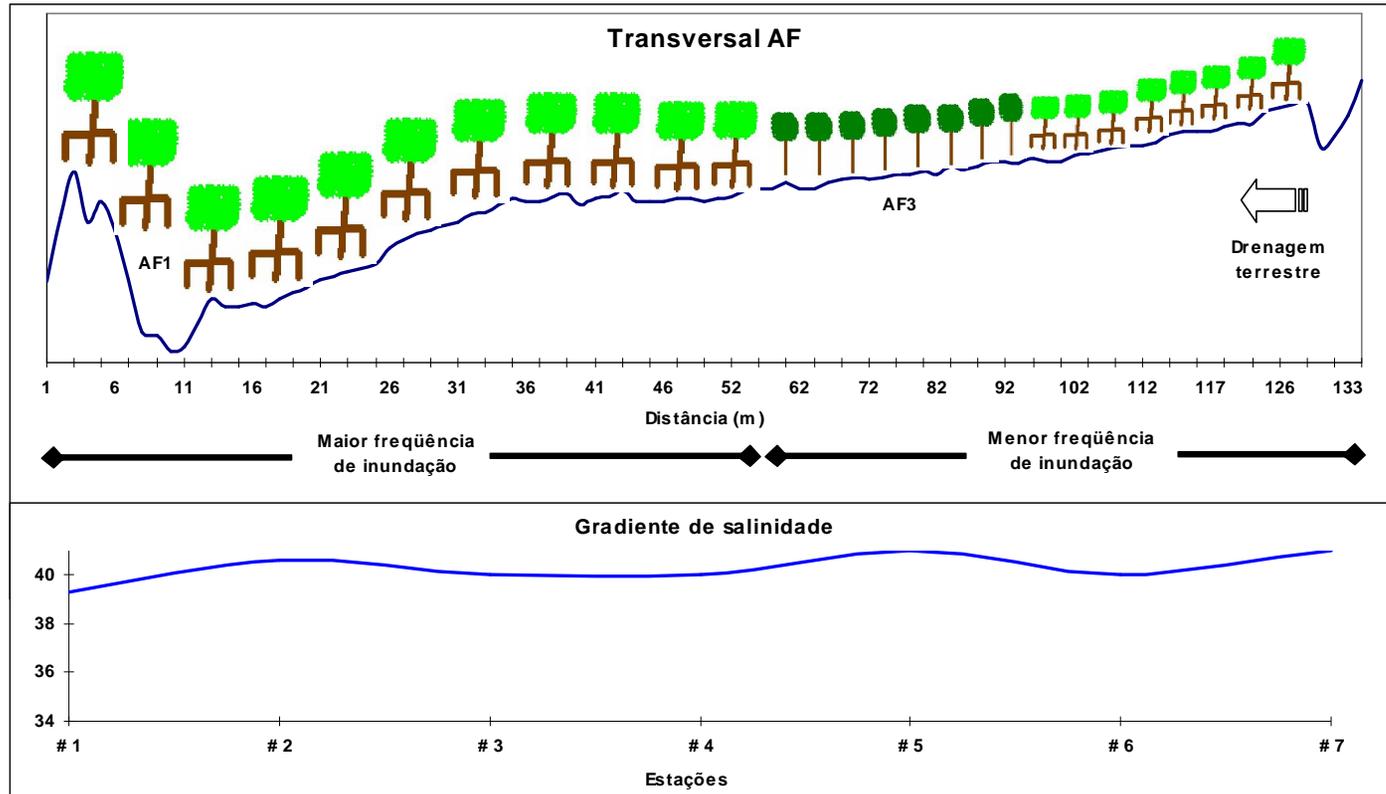


Figura 08: Desenho esquemático do perfil topográfico e da zonação do bosque de mangue da estação AF, mostrando as estações e os pontos de coleta de salinidade (Modificado de Nascimento-Filho, 2007).

Legenda:  *Rhizophora mangle*  *Laguncularia racemosa*  *Avicennia schaueriana*.

5 - MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 - PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA

Trinta e duas cestas coletoras de 0,25 m² foram confeccionadas usando cano PVC de 20 mm e tela de 1 mm de malha. A tela foi presa à armação de cano PVC utilizando abraçadeiras plásticas que também serviram para prender a numeração das cestas. Cada cesta apresentava aproximadamente 40 cm de profundidade (figuras 09A e B). As cestas foram instaladas em quatro diferentes zonas de estudo, totalizando oito cestas por cada estação.

Com o auxílio de cordas de *nylon*, as cestas foram amarradas aleatoriamente nos troncos e galhos das árvores em uma altura suficiente para não serem atingidas pela maré mais alta (figura 09B). A instalação das cestas ocorreu em agosto de 2007.

As coletas de material foram feitas mensalmente sendo iniciada em setembro de 2007 e finalizada em agosto de 2008, totalizando 12 meses. Em cada coleta (figura 09C), a serapilheira que se acumulou em cada cesta foi retirada e acondicionada em sacos plásticos, devidamente marcados com o número da cesta e a data da coleta, utilizando caneta de retroprojeter a prova de água.

Após a coleta de todas as cestas, o material foi levado para laboratório para passar pelo processo de triagem (figura 09D). Nesse processo ocorreu a separação de todos os componentes da serapilheira, incluindo: folhas, estípulas, frutos, flores, galhos e miscelânea ou detritos (material de origem vegetal que não foi identificado em nenhum outro componente). A separação também ocorreu por espécies, sendo *R. mangle* e *L. racemosa* as duas espécies presentes neste estudo. Durante o processo de triagem, cada componente separado foi colocado em recipientes de alumínio ou envelopes feitos de papel alumínio, etiquetados com o nome do componente e o número da cesta.

A partir daí, o material foi pesado e levado para uma estufa onde permaneceu por quatro dias a uma temperatura de aproximadamente 75°C, sendo esse o tempo suficiente para que o peso se tornasse estável (figura 9E). A pesagem foi efetuada em balança eletrônica de precisão igual a 0,001 (figura 9F). O peso de matéria seca foi obtido ao se pesar cada componente separadamente, subtraindo no final, o peso do recipiente. Os valores de peso de matéria seca foram digitados em planilhas para se obter o valor da produtividade do bosque em g.m⁻².dia⁻¹, e para a confecção de gráficos

que mostram a variação da produtividade em cada estação ao longo do período de um ano amostral.

5.2 - DIAGRAMA CLIMÁTICO

O diagrama climático foi desenvolvido por Heinrich Walter e colaboradores em 1975 com o objetivo de representar as características pluvio-térmicas de forma gráfica e resumida. Estes diagramas mostram o andamento anual da precipitação e da temperatura do ar incluindo ainda informações sobre as características do clima da região. A representação se faz de forma padronizada de modo a permitir comparar o clima de diferentes regiões.

O diagrama climático foi construído colocando-se os meses do ano sobre o eixo horizontal. Sobre o eixo vertical da direita localiza-se a escala da precipitação (em milímetros). Na ordenada da esquerda são assinaladas as temperaturas (em graus Celsius). As escalas de precipitação e temperatura estão relacionadas de forma que 10°C equivalem 20 mm. A área da curva acima do valor de 100 mm indica a ocorrência de excedente hídrico na região.

O diagrama permite ver a duração e a intensidade da temporada de seca. A duração da estação seca pode ser vista pela duração do período em que a curva da precipitação permanece abaixo daquela da temperatura média. A intensidade é função da área delimitada pela curva que permanece abaixo da linha da temperatura. Neste tipo de gráfico assume-se que estando a curva da precipitação abaixo daquela da temperatura, a evapotranspiração potencial excede a precipitação, ou seja, $ETP > P$. Quando a curva da precipitação se encontra sobre a da temperatura, então se assume que $P > ETP$ (Schaeffer-Novelli & Cintrón, 1986). Os dados de precipitação pluviométrica e temperatura do ar foram obtidos na estação meteorológica de Barreiros pelo ITEP/LAMEPE.

5.3 - ANÁLISE ESTATÍSTICA

A diferença na produção de serapilheira entre as estações de estudo durante um ano foi estatisticamente comparada através de uma análise de variância (ANOVA) usando o programa *Statistica 5.0*. Foi feita também uma análise de agrupamento (Cluster) com o objetivo de agrupar os meses de produção semelhantes e de poder evidenciar uma possível sazonalidade na produção total de serapilheira e de seus

componentes individuais (folhas, frutos e flores). Diferenças significativas (nível de confiança de 95%) foram ilustradas usando os testes de comparação HSD (Honest Sample Difference) e Duncan (post-hoc) com o objetivo de comparar a produção total e de seus componentes individuais (folhas, frutos e flores) em relação aos 12 meses de período amostral.

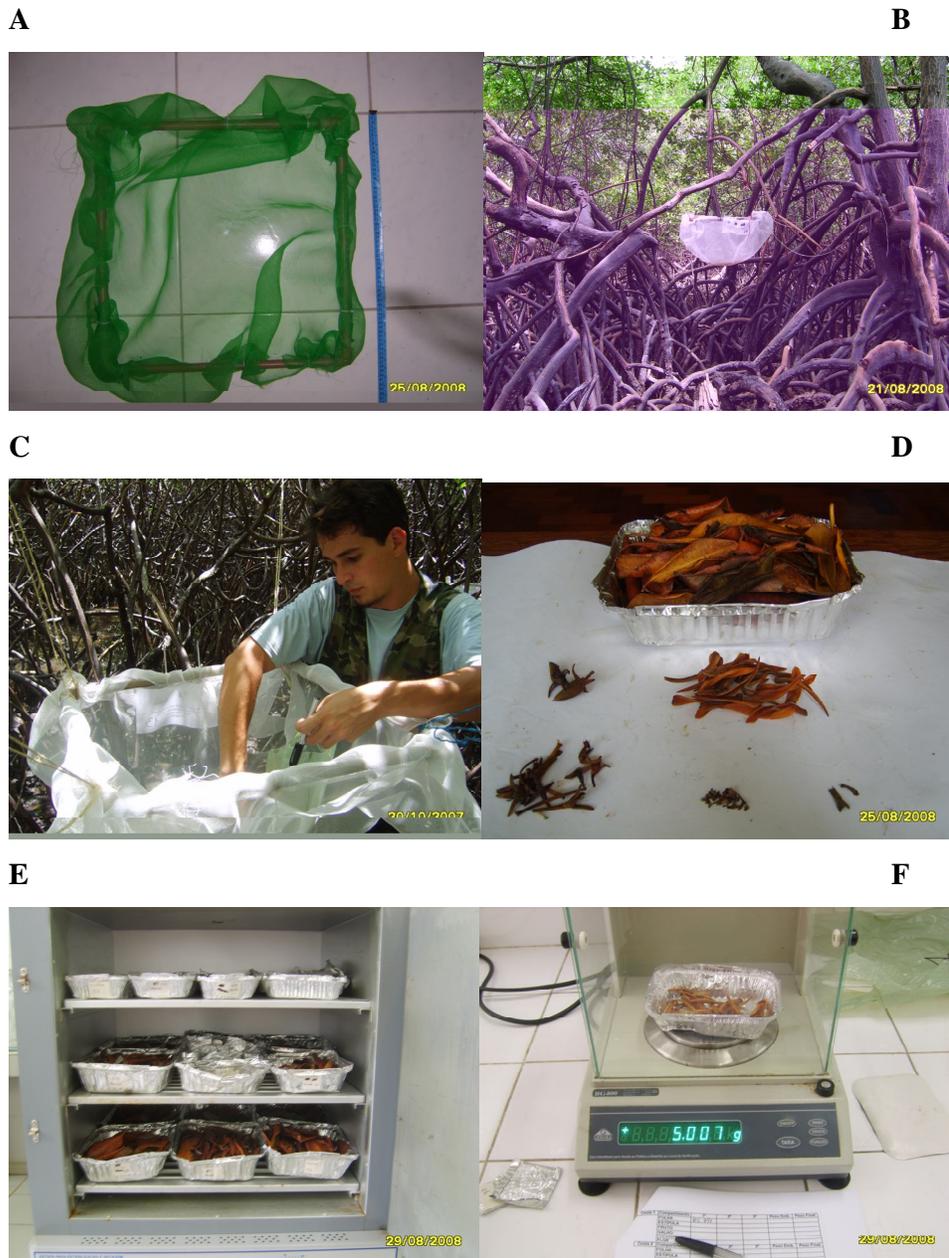


Figura 09: (A) Detalhe da cesta, (B) Cesta instalada no mangue; (C) Processo de triagem; (D) Coleta do material; (E) Processo de secagem e (F) Processo de pesagem (Fotos do autor).

6 - RESULTADOS

6.1 – PRODUÇÃO TOTAL DE SERAPILHEIRA

O total de produção de serapilheira teve uma variação considerável entre as estações e entre os diferentes meses do ano. A estação AN1 localizada na franja do Rio Ariquindá, teve uma produção diária média ao longo de 12 meses de $3,24 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ ou o equivalente a $11,85 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. A figura 10 e a tabela 4 mostram a produção total de serapilheira. A outra estação localizada na franja, porém na foz do Rio Ariquindá (AF1), teve a maior produção das quatro estações analisadas com um total de produção média diária de $3,35 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ ou $12,28 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. As demais estações, localizadas em bosques de bacia (AN3 e AF3) tiveram uma produção diária média de 2,32 e 1,94 $\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ ou 7,04 e 8,46 $\text{t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, respectivamente. Todas as quatro estações são colonizadas por bosques monoespecíficos sendo as estações AN1, AN3 e AF1 dominadas por *R. mangle* enquanto a estação AF3 é dominada por *L. racemosa*.

O pico da produção anual dos bosques de franja ocorreu no mês de fevereiro, sendo de $4,43 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ e $5,01 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ para as estações AN1 e AF1, respectivamente. As estações de franja apresentaram um comportamento semelhante entre si em relação à produtividade total da serapilheira no período analisado.

A estação AF1 mostrou um aumento gradativo da produção a partir do mês inicial de coleta (setembro/07) até atingir o pico no mês de fevereiro. A partir daí, iniciou-se uma queda gradativa da produção total até o último mês de análise (agosto/08).

A estação AN1 apresentou a segunda maior taxa de produção total de serapilheira. Essa estação mostrou uma pequena diferença em relação à estação AF1 por apresentar uma elevada produção no início do período seco (setembro/07) influenciada principalmente por uma alta produção do componente galho.

As duas estações localizadas no bosque de bacia (AN3 e AF3) apresentaram um pico de produção no mês de abril, tanto para o bosque de *Rhizophora* quanto para o bosque de *Laguncularia*, sendo esta de $3,47 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ para a estação AN3 e $3,69 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ para a estação AF3.

Com exceção do pico de produção no mês de abril, a estação AN3 se mostrou relativamente constante em relação à queda de serapilheira com uma produção notável também no mês de setembro. A estação AF3 além do pico de produção no mês de abril

apresentou um segundo pico, de menor relevância, nos meses de novembro e dezembro de 2007.

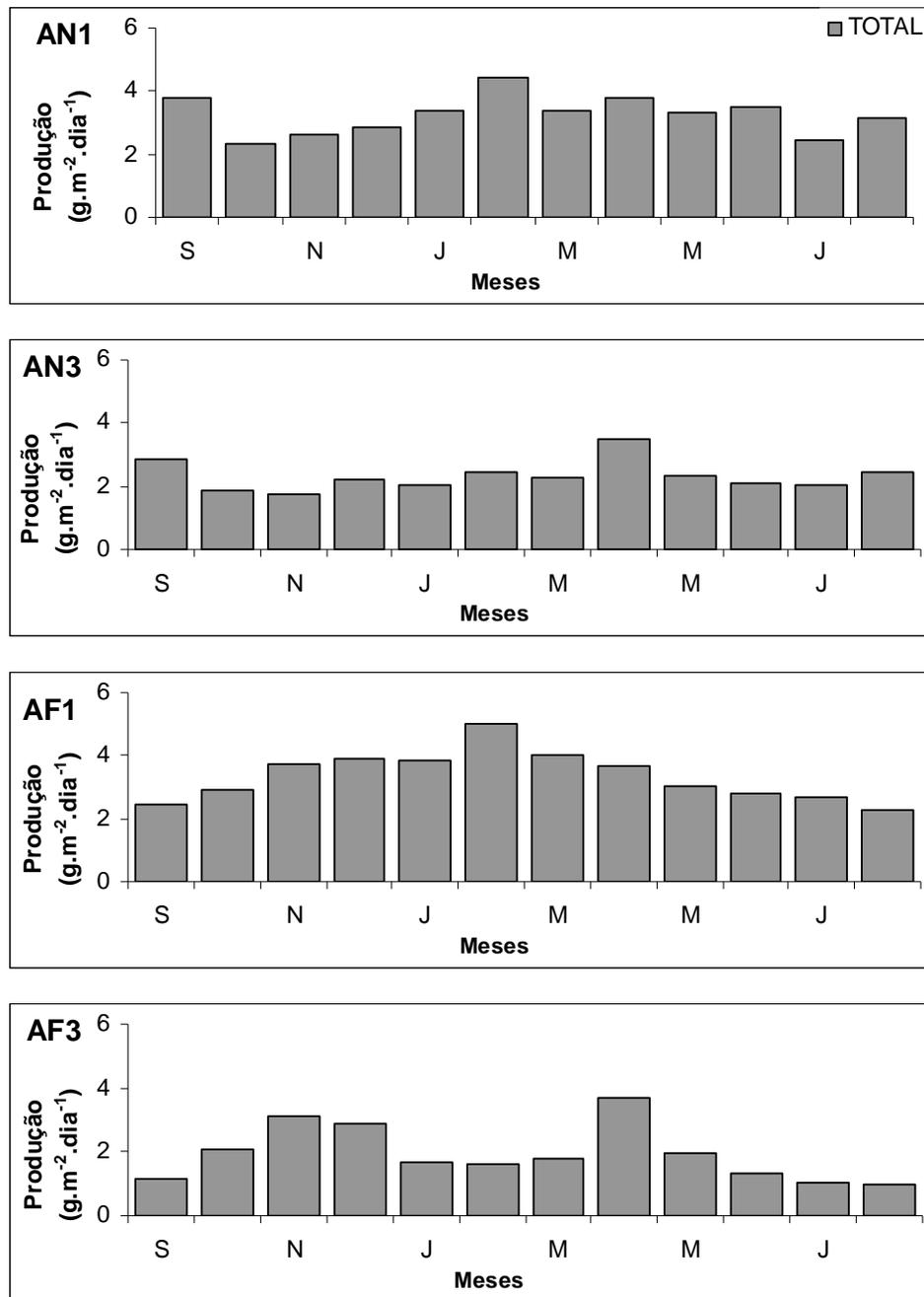


Figura 10: Produção total de serapilheira nas quatro estações de estudo.

Tabela 4: Produção total de serapilheira ($\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) mensal e anual com seus respectivos desvios padrões.

	#AN1	#AN3	#AF1	#AF3
set/07	3,77 ± 1,35	2,83 ± 1,15	2,43 ± 0,82	1,18 ± 0,57
out	2,36 ± 0,95	1,84 ± 0,74	2,90 ± 0,89	2,10 ± 1,38
nov	2,64 ± 1,08	1,78 ± 0,35	3,71 ± 0,61	3,09 ± 1,87
dez	2,86 ± 1,55	2,22 ± 0,22	3,89 ± 0,36	2,87 ± 1,64
jan/08	3,36 ± 0,68	2,05 ± 0,64	3,82 ± 0,49	1,66 ± 0,88
fev	4,43 ± 0,89	2,43 ± 0,64	5,01 ± 0,69	1,61 ± 0,75
mar	3,36 ± 1,92	2,27 ± 0,50	4,01 ± 1,15	1,77 ± 0,77
abr	3,77 ± 1,64	3,47 ± 0,81	3,68 ± 0,93	3,69 ± 1,47
mai	3,34 ± 1,60	2,33 ± 0,45	3,04 ± 0,82	1,94 ± 1,03
jun	3,47 ± 1,81	2,07 ± 0,48	2,78 ± 1,28	1,33 ± 0,57
jul	2,42 ± 0,82	2,04 ± 0,71	2,71 ± 1,40	1,03 ± 0,56
ago	3,17 ± 0,59	2,46 ± 0,45	2,27 ± 0,67	0,99 ± 0,49
Produção anual ($\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$)	3,24 ± 1,34	2,31 ± 0,75	3,36 ± 1,13	1,93 ± 1,31
Produção anual ($\text{t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$)	11,85	8,46	12,28	7,04

A ANOVA mostra que o fator “local” exerce maior influência na variação da produção do que o fator “mês”. O teste HSD para a produção total mostra que existem diferenças significativas na produção total de serapilheira entre as estações de franja e bacia e entre os diferentes meses do ano. As estações AN1 e AF1 localizadas na franja dos bosques apresentaram forte similaridade ($p=0,86$) enquanto, embora o pico de produção das estações de bacia tenha coincidido com o mês de abril, estas estações não demonstraram estarem relacionadas entre si ao longo do ano ($p<0,05$). Fato que pode ser justificado por serem colonizadas por espécies diferentes.

A maior produção de serapilheira nos bosques de franja aconteceu no final do período seco. O pico de produção de serapilheira nas estações localizadas na bacia aconteceu no início do período chuvoso e foi ocasionado por um aumento considerável na produção de componentes reprodutivos, sendo uma maior produção de flores na estação de *R. mangle* (AN3) e um pico considerável de produção de propágulos na estação de *L. racemosa* (AF3).

6.2 - PRODUÇÃO DE FOLHAS

A produção de folhas nas quatro estações de estudo se mostrou muito semelhante ao padrão encontrado para a produção total de serapilheira (figura 11 e tabela 5). Esse fato se deve a grande representatividade que esse compartimento tem,

contribuindo com cerca de 80% em média da produção total. Vale ressaltar que o material foliar encontrado nas cestas de coleta foi quase que exclusivamente representado por folhas senescentes, o que demonstra um processo natural da queda desse compartimento.

As estações localizadas na foz do Rio Ariquindá (AF1 e AF3) demonstraram ter uma maior produção de folhas no período seco. Esse resultado ficou mais pronunciado na estação de bacia (AF3) representada pela espécie *L. racemosa*, onde os meses de maior produção desse compartimento foram novembro e dezembro com 2,98 e 2,59 $\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, respectivamente, seguido pelo mês de abril com 2,46 $\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$. A maior produção mensal de folhas na estação AF1 ocorreu em fevereiro com 4,13 $\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, seguido pelos meses de novembro e dezembro com 3,35 e 3,30 $\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ respectivamente.

Essa diferença sazonal não foi bem observada nas estações localizadas a jusante (AN1 e AN3). A estação AN1 apresentou uma diferença sutil em relação à produção no período seco, onde foi ligeiramente maior, com o período chuvoso. O mês de maior produção de folhas nesta estação foi fevereiro com 3,77 $\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$.

A estação AN3 foi a que apresentou menor diferença entre a produção no período seco e chuvoso. O pico de produção de folhas ocorreu em abril com 3,08 $\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$.

Devido ao fato das folhas representarem cerca de 80% da produção total de serapilheira, a produção de folhas se comportou da mesma forma da produção total, apresentando similaridade apenas entre as estações de franja (AN1 e AF1) com $p=0,95$ e tendo o fator local mais influência no processo de produção do que a sazonalidade.

6.3 - PRODUÇÃO DE ESTÍPULAS

A produção de estípulas se mostrou bastante semelhante para as estações representadas por *R. mangle* (figura 12 e tabela 6).

As estações localizadas a montante (AN1 e AN3) tiveram a maior produção média diária no mês de maio, sendo de 0,45 $\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ para ambas as estações. As duas estações também apresentaram um segundo pico entre os meses de janeiro e março sendo a estação de franja (AN1) um pouco mais produtiva do que a estação de bacia (AN3). Os demais meses mostraram pequena variação entre si.

A estação AF1 se mostrou tão produtiva quanto à estação AN1 ao longo do ano. A diferença é que esta estação apresentou como principal pico o período entre os meses de janeiro e março, sendo o mês de janeiro o mais produtivo com $0,48 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$. Um segundo pico também foi observado no mês de maio, sendo este mais discreto.

A estação AF3, por ser dominada pela espécie *L. racemosa*, não apresentou este tipo de fração.

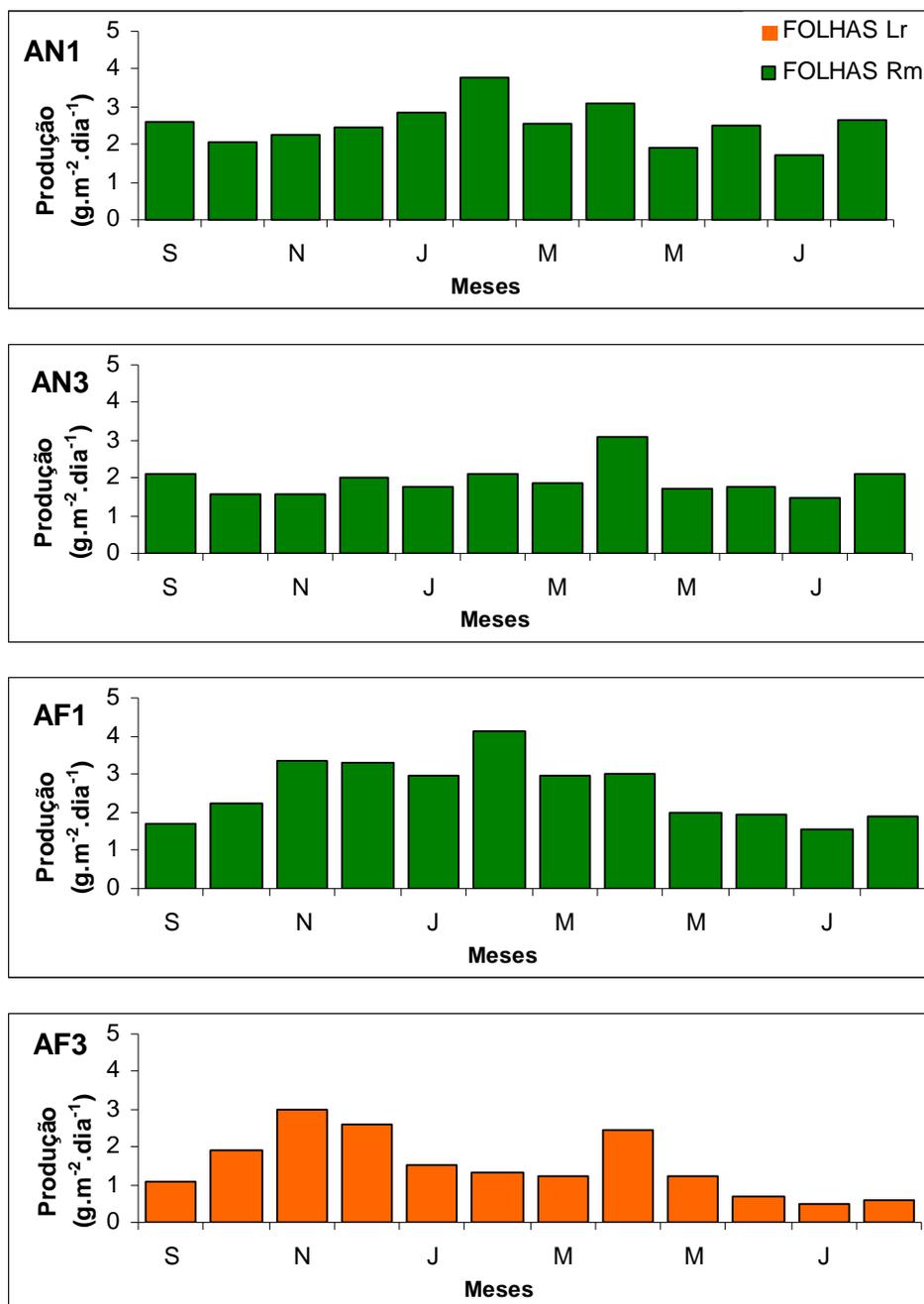


Figura 11: Produção de folhas nas quatro estações de estudo. Onde Lr – *L. racemosa* e Rm – *R. mangle*.

Tabela 5: Produção de folhas ($\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) mensal e anual com seus respectivos desvios padrões.

	#AN1	#AN3	#AF1	#AF3
set/07	2,61 \pm 0,75	2,1 \pm 0,67	1,71 \pm 0,49	1,07 \pm 0,58
out	2,08 \pm 0,86	1,58 \pm 0,67	2,21 \pm 0,47	1,93 \pm 1,36
nov	2,25 \pm 0,86	1,57 \pm 0,34	3,35 \pm 0,63	2,98 \pm 1,89
dez	2,47 \pm 1,36	2,03 \pm 0,21	3,30 \pm 0,26	2,59 \pm 1,50
jan/08	2,83 \pm 0,47	1,77 \pm 0,61	2,96 \pm 0,57	1,50 \pm 0,81
fev	3,77 \pm 0,65	2,1 \pm 0,62	4,13 \pm 0,73	1,33 \pm 0,80
mar	2,54 \pm 1,32	1,88 \pm 0,53	2,97 \pm 1,02	1,22 \pm 0,65
abr	3,11 \pm 0,79	3,08 \pm 0,62	3,02 \pm 0,90	2,46 \pm 0,85
mai	1,92 \pm 0,44	1,70 \pm 0,39	1,97 \pm 0,54	1,24 \pm 0,55
jun	2,48 \pm 0,71	1,77 \pm 0,43	1,96 \pm 0,36	0,71 \pm 0,43
jul	1,71 \pm 0,55	1,47 \pm 0,50	1,54 \pm 0,62	0,49 \pm 0,31
ago	2,64 \pm 0,62	2,11 \pm 0,47	1,88 \pm 0,55	0,6 \pm 0,27
Produção anual ($\text{g.m}^2.\text{dia}^{-1}$)	2,53 \pm 0,91	1,93 \pm 0,64	2,59 \pm 0,98	1,5 \pm 1,18
Produção anual ($\text{t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$)	9,24	7,06	9,46	5,49

6.4 - PRODUÇÃO DE FRUTOS

A produção de frutos se mostrou bastante variável ao longo do ano e entre as quatro estações de estudo (figura 13 e tabela 7)

A estação AN1 teve uma maior produção no período chuvoso. O aumento da produção foi iniciado no mês de fevereiro (final do período seco) e se estendeu até julho, tendo a produção máxima de $0,58 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ no mês de junho. De agosto até janeiro a produção foi discreta.

A estação AN3 ficou bem caracterizada por uma produção muito baixa de frutos e propágulos ao longo de todo o ano. De dezembro a março não foi verificada a produção de frutos e nos demais meses a produção foi insignificante em relação às demais estações. O mês de maior produção foi abril com $0,07 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$.

A estação AF1, que se mostrou bastante similar com a estação AN1 a respeito da produtividade total de serapilheira, teve um comportamento antagônico em relação a esta estação no processo de produção de frutos. A época de maior produção ocorreu durante o período seco, entre os meses de setembro e fevereiro, enquanto que no período chuvoso a produção foi bastante discreta.

A estação AF3 foi a estação que apresentou maior sazonalidade na produção de frutos (propágulos). Vale ressaltar que esta estação é a única colonizada por *L. racemosa* e por isso já era esperado um comportamento diferente das demais. Durante o

período seco não houve a produção de propágulos com exceção de uma ínfima quantidade no mês de fevereiro. O pico de produção ocorreu entre os meses de março e maio com uma quantidade bastante significativa de propágulos produzidos no mês de abril. A produção nesse mês atingiu $1,01 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$. A partir de então a produção caiu para níveis insignificantes.

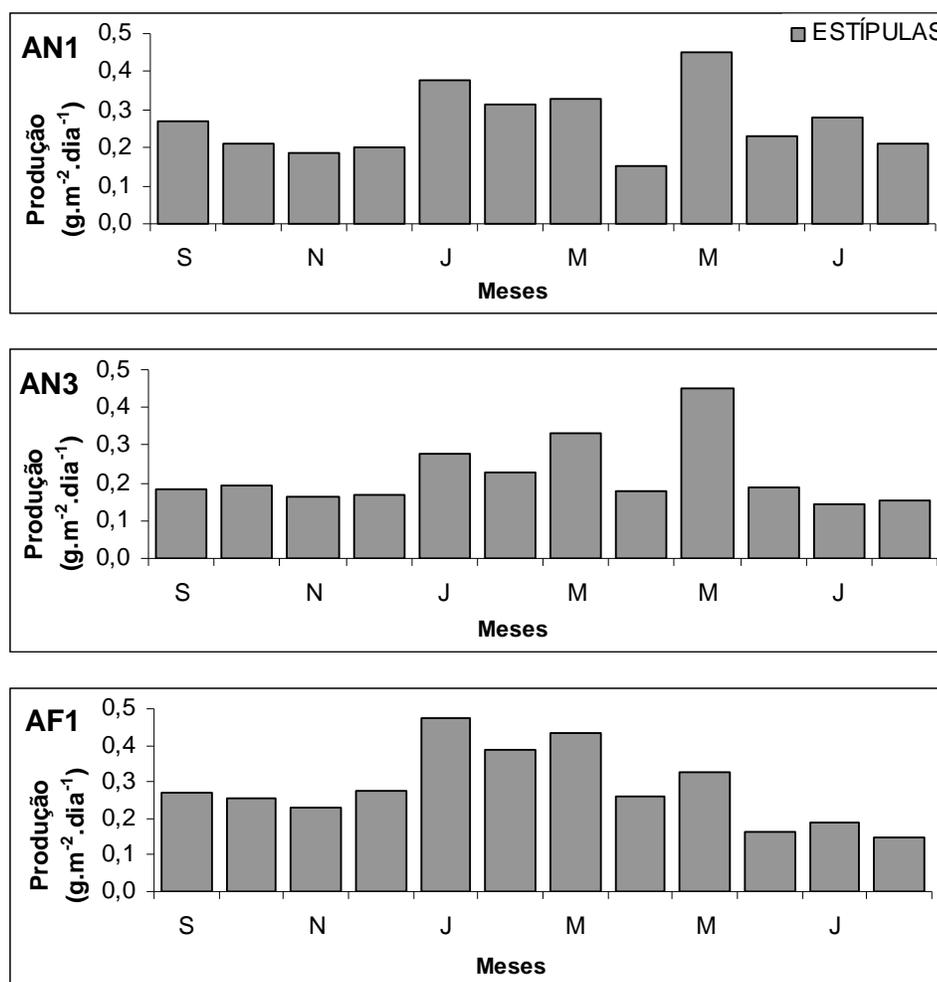


Figura 12 – Produção de estípulas nas três estações de estudo onde *R. mangle* é encontrada.

A ANOVA para frutos mostra que a diferença entre as estações exerce maior influência na produção do que a diferença entre os meses do ano, embora essa diferença seja bem menor ao se comparar com a diferença observada para a produção total. O teste de Duncan mostra que as estações de franja (AN1 e AF1) não apresentaram semelhança entre si na queda de frutos/propágulos ($p < 0,05$). As estações de bacia (AN3 e AF3) apresentaram padrão semelhante à estação AF1 ($p = 0,17$ e $p = 0,33$) e apenas a

estação AF3 apresentou semelhança significativa com a estação AN1 ($p=0,15$). As estações de bacia apresentaram diferenças significativas entre si ($p < 0,05$).

Tabela 6: Produção de estípulas ($\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) mensal e anual com seus respectivos desvios padrões.

	#AN1	#AN3	#AF1	#AF3
set/07	0,27 \pm 0,06	0,18 \pm 0,08	0,27 \pm 0,10	0
out	0,21 \pm 0,08	0,19 \pm 0,09	0,26 \pm 0,08	0
nov	0,19 \pm 0,05	0,16 \pm 0,03	0,23 \pm 0,07	0
dez	0,20 \pm 0,11	0,17 \pm 0,06	0,27 \pm 0,08	0
jan/08	0,38 \pm 0,10	0,28 \pm 0,07	0,48 \pm 0,11	0
fev	0,32 \pm 0,07	0,23 \pm 0,05	0,39 \pm 0,05	0
mar	0,33 \pm 0,13	0,33 \pm 0,09	0,43 \pm 0,10	0
abr	0,15 \pm 0,03	0,18 \pm 0,06	0,26 \pm 0,09	0
mai	0,45 \pm 0,07	0,45 \pm 0,15	0,32 \pm 0,12	0
jun	0,23 \pm 0,08	0,19 \pm 0,07	0,16 \pm 0,07	0
jul	0,28 \pm 0,04	0,14 \pm 0,07	0,19 \pm 0,10	0
ago	0,21 \pm 0,04	0,16 \pm 0,08	0,15 \pm 0,06	0
Produção anual ($\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$)	0,27 \pm 0,11	0,22 \pm 0,11	0,28 \pm 0,13	0
Produção anual ($\text{t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$)	1,00	0,80	1,04	0

6.5 - PRODUÇÃO DE FLORES

A produção de flores foi bem evidenciada durante o período chuvoso em todas as estações de estudo (figura 14 e tabela 8).

A estação AN1 teve o pico de produção de flores iniciada no mês de fevereiro e finalizada no mês de junho com o ápice da produção entre os meses de março e maio, o mês mais produtivo com $0,16 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$. Os meses de julho, agosto e setembro apresentaram uma queda na produção enquanto no resto do ano a produção foi mínima.

A estação AN3 apresentou um comportamento semelhante à estação AN1, porém sendo menos produtiva. Nos meses do período seco a produção foi praticamente nula. Como na estação AN1, os meses de maior produtividade foram março, abril e maio, sendo o mês de abril o mais produtivo com $0,12 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$.

A estação AF1 teve um comportamento semelhante ao das outras estações dominadas por *R. mangle* (AN1 e AN3), sendo, porém, a mais produtiva dentre todas. O pico de produção de flores nesta estação iniciou-se em fevereiro e se prolongou até maio, o mês mais produtivo com $0,32 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$. Os últimos três meses do período chuvoso (junho, julho e agosto) também apresentaram uma produção considerável,

porém bem menor que os meses de pico. O início do período seco ficou marcado por uma produção sem muita significância.

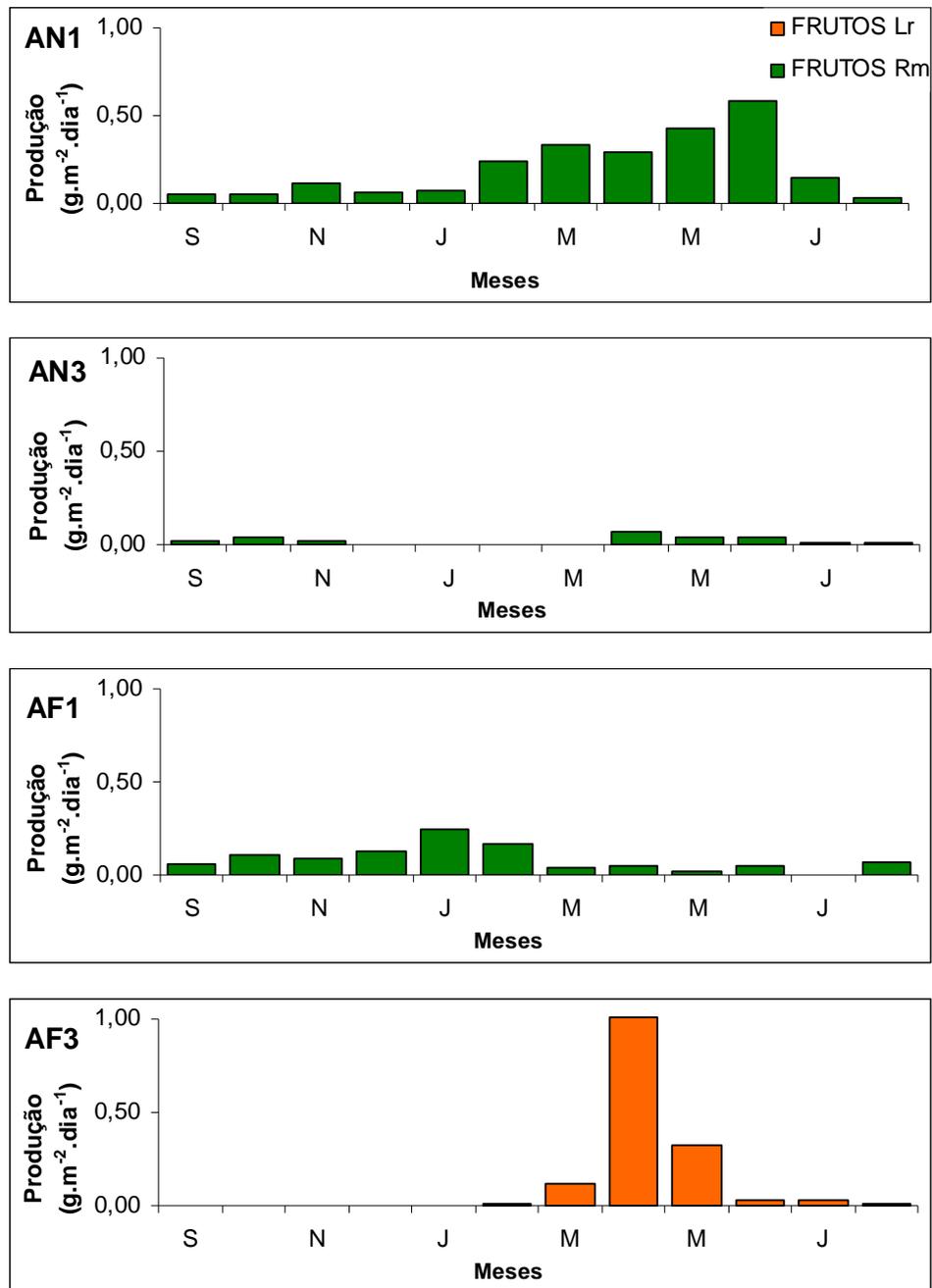


Figura 13: Produção de frutos nas quatro estações de estudo. Onde Lr – *L. racemosa* e Rm – *R. mangle*.

Tabela 7: Produção de frutos ($\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) mensal e anual com seus respectivos desvios padrões.

	#AN1	#AN3	#AF1	#AF3
set/07	0,05 \pm 0,11	0,02 \pm 0,05	0,06 \pm 0,17	0,00 \pm 0,00
out	0,05 \pm 0,13	0,04 \pm 0,08	0,10 \pm 0,12	0,00 \pm 0,00
nov	0,12 \pm 0,19	0,02 \pm 0,04	0,08 \pm 0,10	0,00 \pm 0,00
dez	0,06 \pm 0,12	0,00 \pm 0,00	0,13 \pm 0,19	0,00 \pm 0,00
jan/08	0,08 \pm 0,15	0,00 \pm 0,00	0,25 \pm 0,60	0,00 \pm 0,00
fev	0,24 \pm 0,34	0,00 \pm 0,00	0,17 \pm 0,24	0,01 \pm 0,02
mar	0,34 \pm 0,42	0,00 \pm 0,00	0,04 \pm 0,08	0,12 \pm 0,15
abr	0,30 \pm 0,73	0,07 \pm 0,20	0,05 \pm 0,10	1,01 \pm 1,13
mai	0,43 \pm 0,91	0,04 \pm 0,07	0,02 \pm 0,03	0,33 \pm 0,36
jun	0,58 \pm 1,12	0,04 \pm 0,06	0,05 \pm 0,05	0,03 \pm 0,03
jul	0,15 \pm 0,27	0,01 \pm 0,04	0,00 \pm 0,00	0,03 \pm 0,03
ago	0,03 \pm 0,07	0,01 \pm 0,03	0,06 \pm 0,08	0,01 \pm 0,02
Produção anual ($\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$)	0,20 \pm 0,51	0,02 \pm 0,07	0,08 \pm 0,21	0,13 \pm 0,43
Produção anual ($\text{t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$)	0,72	0,07	0,31	0,48

A estação AF3 foi dentre as quatro a que apresentou uma maior sazonalidade na produção de flores. O período de agosto até dezembro a produção foi nula. A partir de janeiro iniciou-se a produção que se estendeu até julho, com o pico no mês de fevereiro com uma produção diária média de $0,13 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, onde a partir daí a produção foi decrescendo gradativamente até cessar no mês de agosto. A figura 15 mostra o detalhe dos componentes reprodutivos de *R. mangle* e *L. racemosa* encontrados nas estações de estudo durante seus respectivos picos de produção.

A ANOVA para flores mostrou que a diferença entre as estações exerce maior influência na produção do que a diferença sazonal. Quanto à relação de similaridade entre as estações, estas apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) com exceção das estações localizadas na bacia (AN3 e AF3) que apresentaram significativa relação entre si ($p=0,57$). Em relação aos diferentes meses do ano, o período entre fevereiro e junho ficou caracterizado por uma alta produção formando um grupo que os diferencia dos demais meses do ano.

6.6 - PRODUÇÃO DE GALHOS

As quatro estações estudadas apresentaram uma produção mais elevada durante o período chuvoso para a fração galhos (figura 16 e tabela 9).

As duas estações localizadas à montante do Rio Ariquindá embora tenham apresentado uma produtividade ligeiramente maior no período chuvoso, obtiveram o pico da produção no mês de setembro. Esse pico ficou bastante evidenciado na estação de franja (AN1) onde a produção foi de $0,78 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$. A partir de outubro a produção se mostrou bastante baixa voltando a aumentar nos meses de maio, julho e agosto.

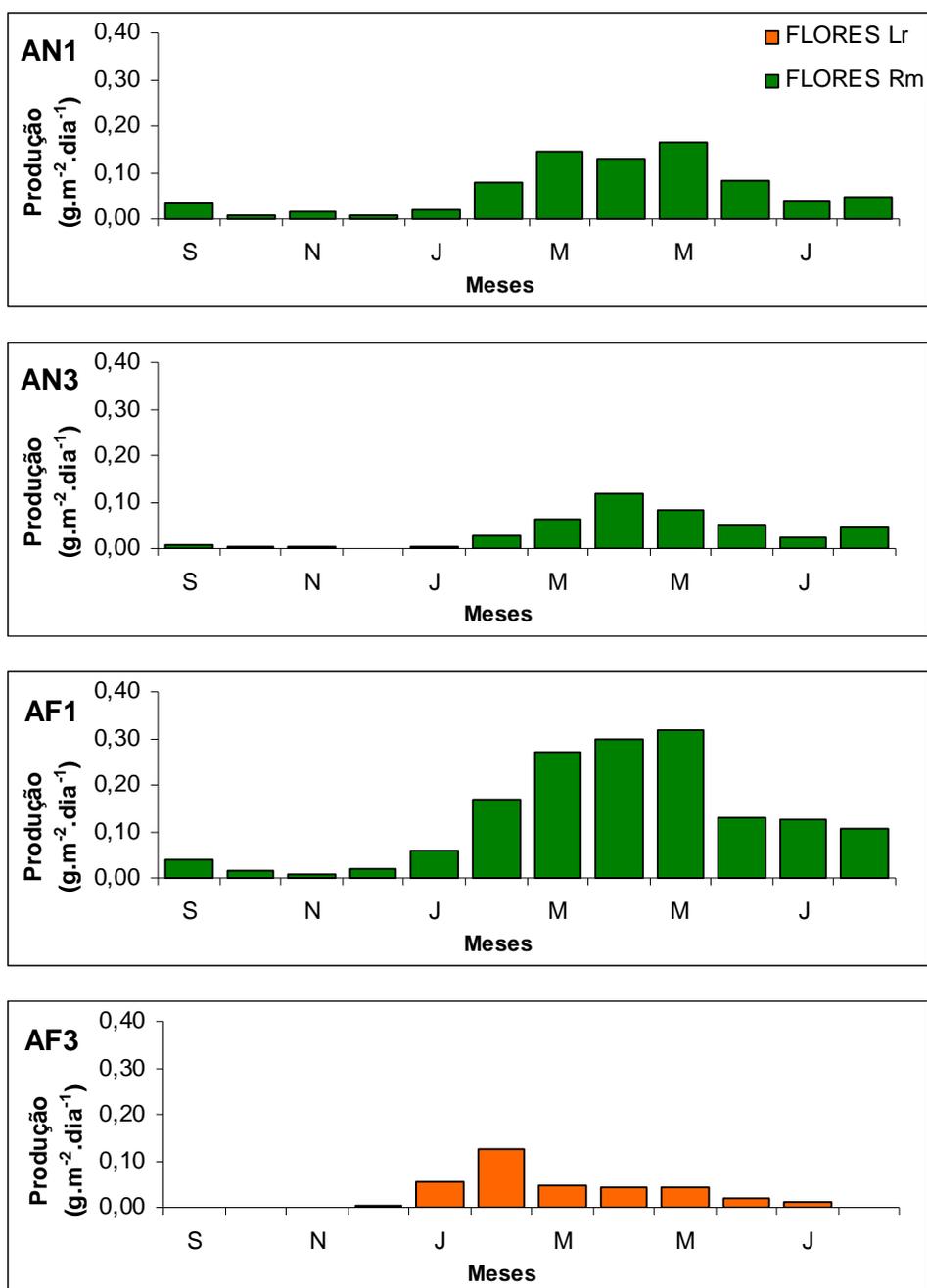


Figura 14: Produção de flores nas quatro estações de estudo. Onde Lr – *L. racemosa* e Rm – *R. mangle*.

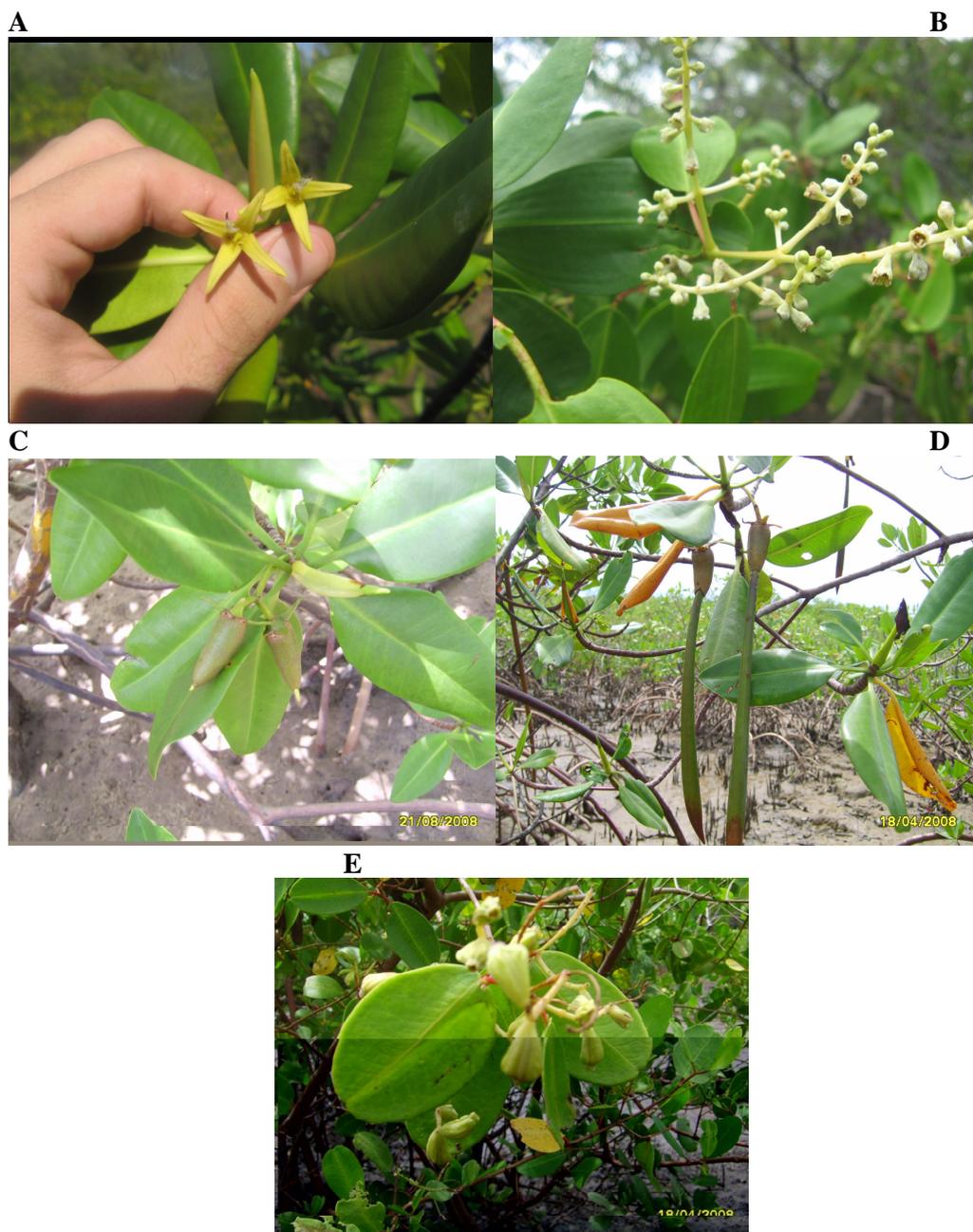


Figura 15: Detalhe dos componentes reprodutivos de *R. mangle* e *L. racemosa*. (A) – flores de *R. mangle*; (B) – Flores de *L. racemosa*; (C) e (D) – Fruto e propágulo de *R. mangle*, respectivamente; (E) – Propágulos de *L. racemosa*. Componentes bastante representativos durante o período chuvoso (fotos do autor).

A estação AN3 também apresentou um pico de produção de galhos no mês de setembro chegando a $0,50 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$. No período compreendido entre outubro e março a produção dessa fração foi nula com exceção do mês de fevereiro que apresentou uma pequena produção. Durante o período chuvoso os meses de julho e agosto foram os mais representativos.

Tabela 8: Produção de flores ($\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) mensal e anual com seus respectivos desvios padrões.

	#AN1	#AN3	#AF1	#AF3
set/07	0,03 \pm 0,05	0,01 \pm 0,01	0,04 \pm 0,03	0,00 \pm 0,00
out	0,01 \pm 0,02	0,00 \pm 0,01	0,02 \pm 0,02	0,00 \pm 0,00
nov	0,01 \pm 0,02	0,00 \pm 0,01	0,01 \pm 0,01	0,00 \pm 0,00
dez	0,01 \pm 0,02	0,00 \pm 0,00	0,02 \pm 0,04	0,00 \pm 0,01
jan/08	0,02 \pm 0,03	0,00 \pm 0,01	0,06 \pm 0,05	0,05 \pm 0,08
fev	0,08 \pm 0,09	0,03 \pm 0,03	0,17 \pm 0,10	0,13 \pm 0,09
mar	0,14 \pm 0,14	0,06 \pm 0,06	0,27 \pm 0,12	0,05 \pm 0,03
abr	0,13 \pm 0,10	0,12 \pm 0,10	0,30 \pm 0,16	0,04 \pm 0,04
mai	0,17 \pm 0,14	0,08 \pm 0,08	0,30 \pm 0,19	0,04 \pm 0,04
jun	0,08 \pm 0,10	0,05 \pm 0,05	0,13 \pm 0,10	0,02 \pm 0,01
jul	0,04 \pm 0,05	0,02 \pm 0,03	0,12 \pm 0,07	0,01 \pm 0,02
ago	0,05 \pm 0,07	0,05 \pm 0,06	0,11 \pm 0,07	0,00 \pm 0,00
Produção anual ($\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$)	0,06 \pm 0,09	0,03 \pm 0,05	0,13 \pm 0,14	0,03 \pm 0,05
Produção anual ($\text{t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$)	0,22	0,13	0,47	0,10

Nas estações localizadas na foz do Rio Ariquindá, ficou mais evidenciado o padrão de maior representatividade da fração galhos durante o período chuvoso.

Na estação AF1 o período entre maio e julho foi onde se detectou a maior queda do componente galho, coincidindo com o período de grande quantidade de chuvas na região. O mês de julho foi o que apresentou a maior quantidade dessa fração nesta estação com $0,83 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$.

A estação AF3 foi dentre as quatro a que apresentou um comportamento mais estável em relação à queda do componente galho. Durante os meses do período seco (setembro a fevereiro), a produção teve pouca variação ao se comparar com as demais estações. O período chuvoso se mostrou visivelmente mais produtivo. O mês mais produtivo para essa fração foi junho com $0,50 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$.

Para a produção de galhos a ANOVA mostrou o contrário ao que foi encontrado para a produção total de serapilheira. Nesse caso a diferença entre os meses exerce maior influência na produtividade do que a diferença entre as estações. As estações localizadas na foz (AF1 e AF3) foram as que mostraram maior similaridade entre si ($p=0,86$). A estação AN3 em contrapartida, só se relaciona com a estação AN1 e apresenta diferenças significativas em relação às demais ($p<0,05$). A estação AN1 apresenta uma relação de similaridade com todas as estações ($p>0,05$).

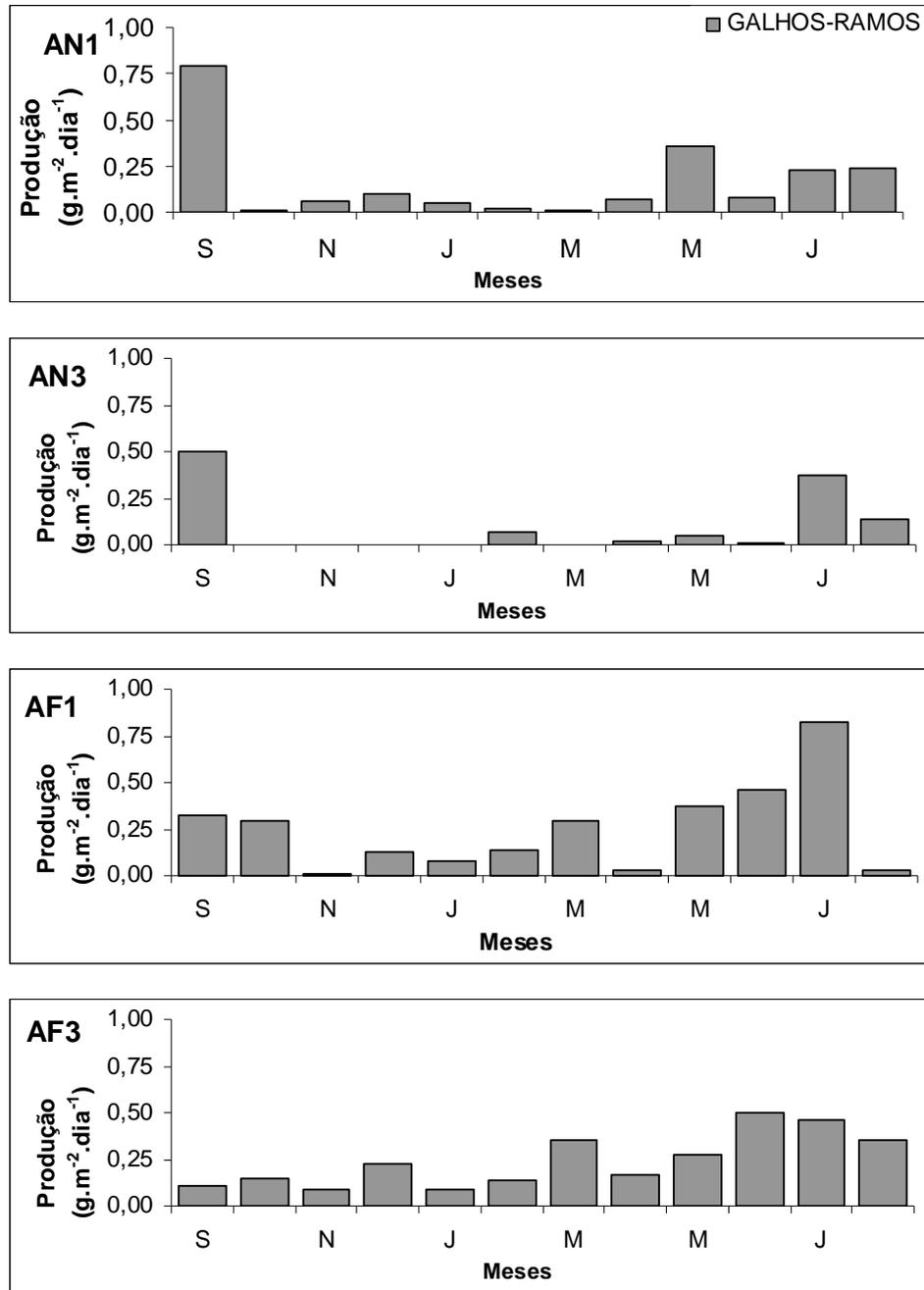


Figura 16: Produção de galhos (madeira) nas quatro estações de estudo.

Tabela 9: Produção de galhos ($\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) mensal e anual com seus respectivos desvios padrões.

	#AN1	#AN3	#AF1	#AF3
set/07	0,79 \pm 0,87	0,50 \pm 0,84	0,33 \pm 0,71	0,11 \pm 0,06
out	0,01 \pm 0,03	0,00 \pm 0,00	0,30 \pm 0,68	0,15 \pm 0,22
nov	0,06 \pm 0,07	0,00 \pm 0,00	0,01 \pm 0,01	0,09 \pm 0,04
dez	0,10 \pm 0,16	0,00 \pm 0,00	0,12 \pm 0,17	0,22 \pm 0,16
jan/08	0,05 \pm 0,07	0,00 \pm 0,00	0,08 \pm 0,19	0,09 \pm 0,14
fev	0,02 \pm 0,06	0,07 \pm 0,18	0,13 \pm 0,21	0,13 \pm 0,30
mar	0,01 \pm 0,01	0,00 \pm 0,00	0,29 \pm 0,74	0,36 \pm 0,70
abr	0,07 \pm 0,18	0,02 \pm 0,06	0,03 \pm 0,04	0,16 \pm 0,34
mai	0,36 \pm 0,84	0,04 \pm 0,08	0,38 \pm 0,58	0,27 \pm 0,60
jun	0,08 \pm 0,14	0,01 \pm 0,04	0,46 \pm 0,98	0,50 \pm 0,51
jul	0,23 \pm 0,23	0,38 \pm 0,45	0,83 \pm 0,83	0,46 \pm 0,36
ago	0,24 \pm 0,26	0,13 \pm 0,37	0,03 \pm 0,09	0,35 \pm 0,60
Produção anual ($\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$)	0,17 \pm 0,43	0,10 \pm 0,33	0,25 \pm 0,56	0,24 \pm 0,40
Produção anual ($\text{t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$)	0,62	0,36	0,91	0,88

6.7 - PRODUÇÃO DE MISCELÂNIA (DETRITOS)

A fração miscelânea apresentou uma produção pouco variável e sem caracterização sazonal nas estações representadas por *R. mangle* (AN1, AN3 e AF1). As estações localizadas na foz (AF1 e AF3) apresentaram uma maior quantidade de detritos ao longo do ano em relação às estações localizadas à montante (AN1 e AN3).

A estação AN1 foi a que apresentou uma maior constância na produção de miscelânea, não sendo perceptível nenhum pico significativo. O mês de maior produção nesta estação foi setembro com $0,02 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$. Os meses de dezembro, maio, junho e julho também apresentaram uma produção semelhante (figura 17 e tabela 10).

A estação AN3 também não apresentou muita variação na produção ao longo do ano. O período seco se mostrou ligeiramente mais produtivo do que o período chuvoso, sendo o mês de novembro o melhor representado com $0,02 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$.

A estação AF1 foi dentre as estações de *R. mangle* a que apresentou uma maior quantidade dessa fração. O período chuvoso foi discretamente mais produtivo do que o período seco embora o mês de maior produção tenha sido dezembro com $0,04 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$.

A estação AF3 foi a que apresentou maior quantidade de detritos ao longo do ano dentre as quatro estações estudadas. No período chuvoso foi observada uma maior

quantidade dessa fração, sendo maio e junho os meses mais representativos com 0,05 e 0,06 $\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, respectivamente.

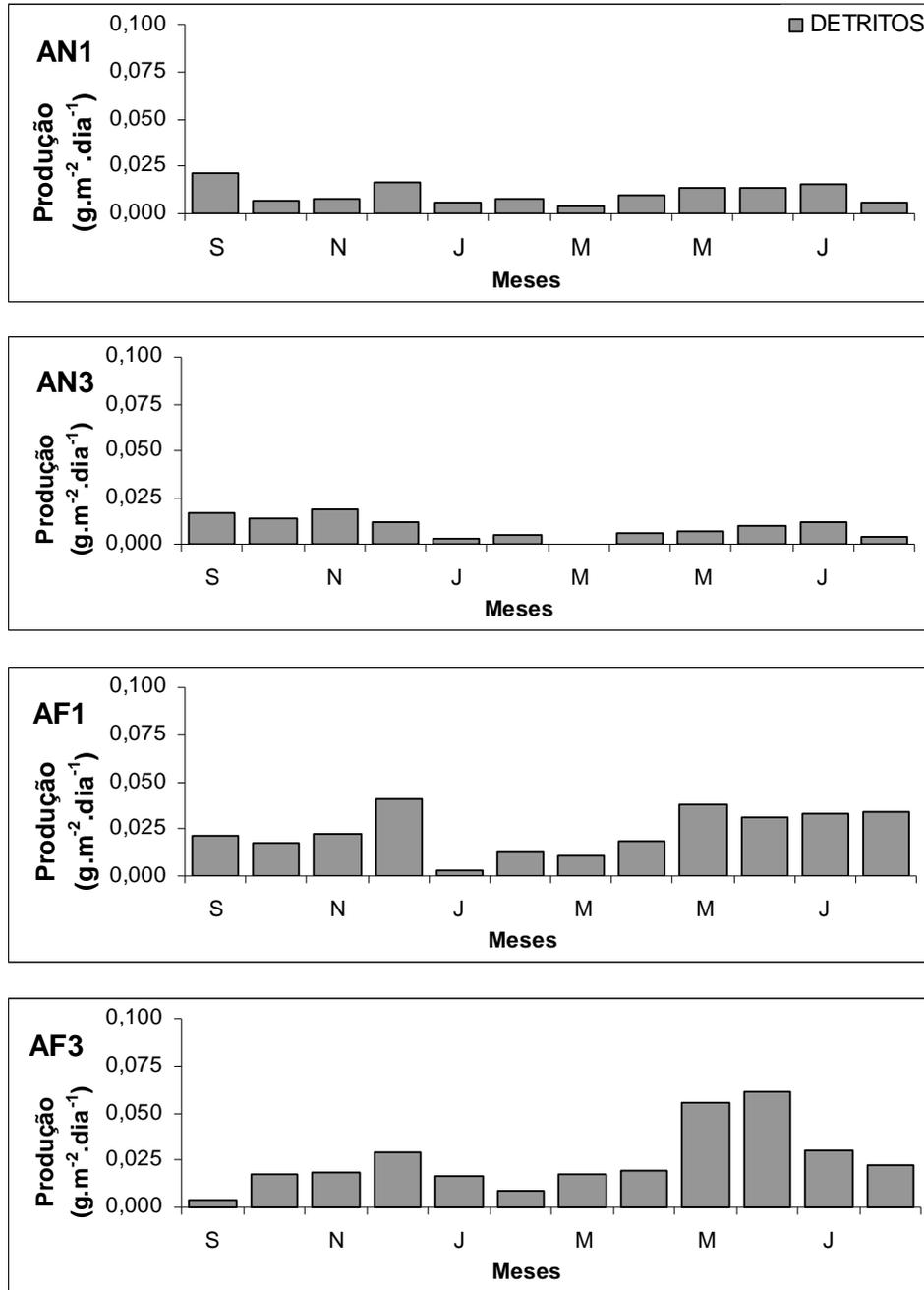


Figura 17: Produção de detritos (miscelânea) nas quatro estações de estudo.

Tabela 10: Produção de detritos/miscelânea ($\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) mensal e anual com seus respectivos desvios padrões.

	#AN1	#AN3	#AF1	#AF3
set/07	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,02	0,00 ± 0,01
out	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01
nov	0,01 ± 0,01	0,02 ± 0,02	0,02 ± 0,02	0,02 ± 0,01
dez	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,04 ± 0,03	0,03 ± 0,03
jan/08	0,01 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,02 ± 0,01
fev	0,01 ± 0,01	0,00 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01
mar	0,00 ± 0,01	0,00 ± 0,00	0,01 ± 0,01	0,02 ± 0,02
abr	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,02
mai	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,05 ± 0,05
jun	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,03 ± 0,02	0,06 ± 0,03
jul	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,03 ± 0,02	0,03 ± 0,01
ago	0,01 ± 0,01	0,00 ± 0,01	0,03 ± 0,02	0,02 ± 0,01
Produção anual ($\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$)	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01	0,02 ± 0,02	0,02 ± 0,02
Produção anual (t.ha.ano-1)	0,03	0,03	0,08	0,09

6.8 - PRODUÇÃO DE BROTOS

A fração brotos é característica da espécie *L. racemosa* estando restrita, portanto, à estação AF3. A produção de brotos se mostrou bastante regular durante todo o ano, principalmente entre os meses do período seco (setembro a fevereiro) e entre os meses do período chuvoso (março a agosto). A estação seca apresentou uma maior produção ao se comparar com a estação chuvosa. A média de produção de brotos no período seco foi de $0,15 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, enquanto que na estação chuvosa a média de produção foi de $0,07 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ (figura 18).

O mês em que se observou a maior queda de brotos foi dezembro com $0,18 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, enquanto que março e junho foram os meses de menor produção com $0,06 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$.

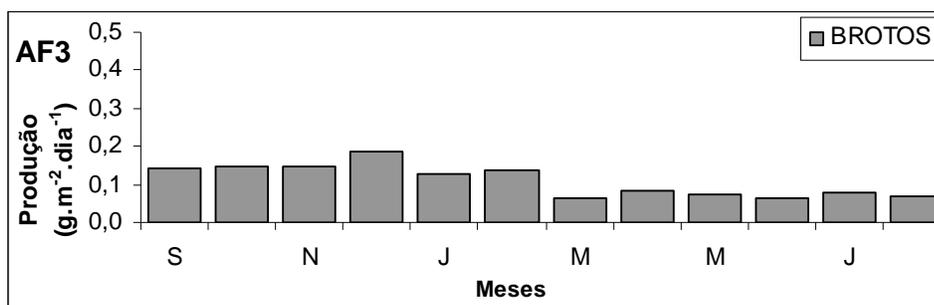


Figura 18: Produção de brotos na estação AF3.

6.9 - PORCENTAGEM POR COMPARTIMENTOS

A figura 19 representa a porcentagem da produção total de cada fração nas quatro estações de estudo ao longo de um ano amostral.

Em todas as estações o componente da serapilheira predominante foi folha, representando uma porcentagem que variou de 77% na estação AN1 até 84% na estação AN3, enquanto as estações localizadas na foz (AF1 e AF3) apresentaram 79 e 74% dessa fração respectivamente. A fração estípula foi a segunda mais representada nas estações de *R. mangle* (AN1, AN3 e AF1) variando de 8 a 10% do total da serapilheira. A estação AF3 por ser um bosque representado apenas por *L. racemosa* não apresenta esse tipo de fração. Em contrapartida a estação AF3 apresentou a fração brotos, que correspondeu a 6% da produção total da serapilheira.

Com exceção da estação AN1, onde o terceiro maior componente foi a fração frutos, as demais estações apresentaram como terceira maior contribuição a fração galhos, seguido de flores, frutos e miscelânea, que representou menos de 1% do total da serapilheira. A estação AF3 apresentou uma grande proporção do componente galho (14%) comparado com as demais estações com uma média de 6%.

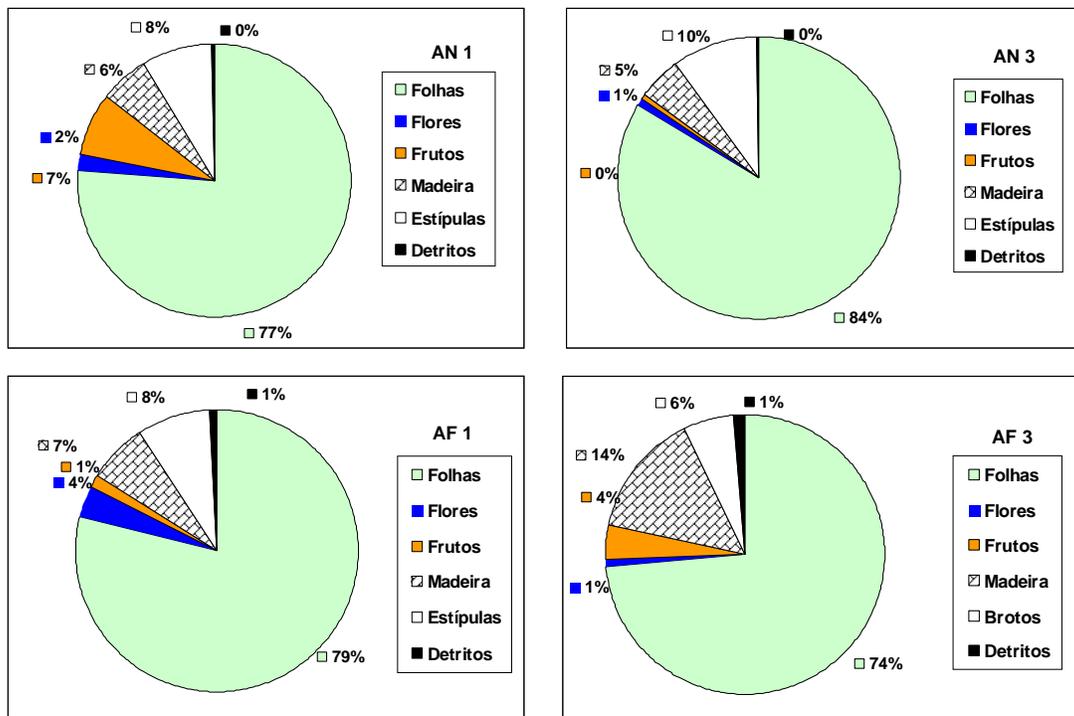


Figura 19: Porcentagem da produção total de cada fração nas quatro estações de estudo ao longo de um ano amostral.

6.10 – DIAGRAMA CLIMÁTICO

O diagrama climático abaixo refere-se ao período de setembro de 2007 a agosto de 2008. Os valores de temperatura se mostraram constantes ao longo do ano ao contrário dos dados de pluviosidade, que apresentaram uma diferença muito grande entre os meses de verão (setembro a fevereiro) e o inverno (março a agosto).

O período entre setembro e fevereiro ficou caracterizado por ser o período seco da região de Tamandaré, uma vez que em nenhum dos meses foi observado um excedente hídrico (precipitação > 100 mm). Além disso, os meses de outubro, novembro e fevereiro foram classificados como meses secos por apresentarem índice de precipitação mais baixa do que os valores de temperatura (deficiência hídrica). O mês de dezembro apresentou um valor muito próximo para ser considerado com mês seco enquanto os meses de setembro e janeiro apresentaram índices de precipitação um pouco maior que as médias de temperatura (figura 20).

O período compreendido entre março e agosto ficou caracterizado como chuvoso durante o período na região. Esses meses apresentaram excedente hídrico com o maior índice pluviométrico em março (556 mm), maio (415 mm) e julho (376 mm). No período seco o índice pluviométrico foi de 234 mm enquanto que no período chuvoso esse valor foi de 2.038 mm, totalizando 2.272 mm de chuvas no período de um ano (setembro de 2007 a agosto de 2008). Esses resultados mostram uma marcante sazonalidade dos índices pluviométricos na região de Tamandaré-PE.

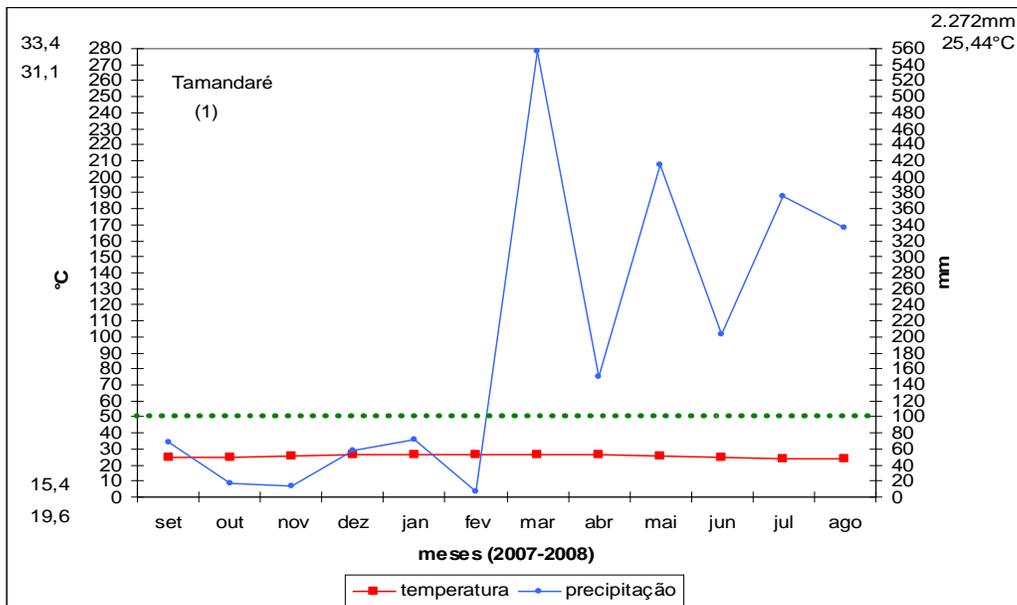


Figura 20: Diagrama climático da região de Tamandaré-PE no período de setembro de 2007 a agosto de 2008. Dados obtidos na estação meteorológica de Barreiros (Fonte: ITEP/LAMEPE).

6.11 - ANÁLISE ESTATÍSTICA

6.12.1 – ANÁLISE DE AGRUPAMENTO (CLUSTER)

A análise de agrupamento para a produção total da serapilheira nas estações à montante (AN) foi feita comparando os doze meses de estudo e as duas sub-estações. Dois grupos foram formados (A e B) cada um com dois sub-grupos (A1, A2, B1 e B2). O grupo A foi representado pelos meses de baixa e média produção (figura 21). O sub-grupo A1 apresentou as médias de produção intermediárias (de 2,64 a 3,47 $\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$), enquanto A2, o maior dentre os sub-grupos, ficou representado pelos meses de menor produção total (entre 1,77 e 2,46 $\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$).

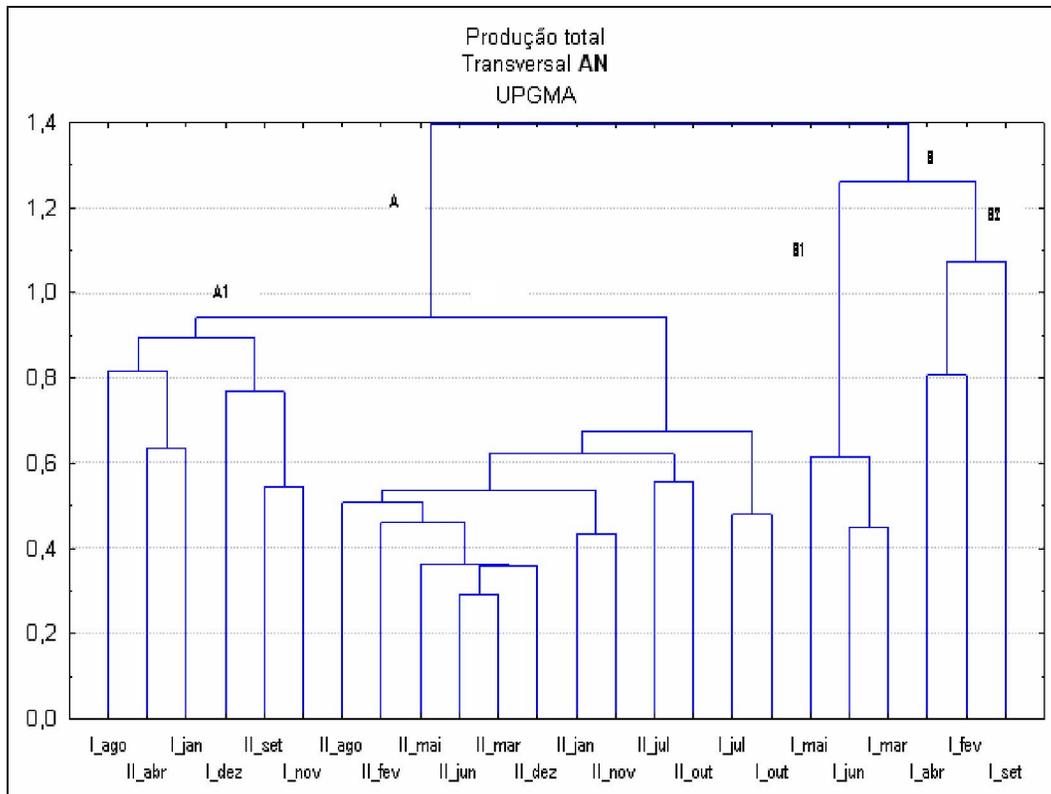


Figura 21: Análise de agrupamento para a produção total de serapilheira na transversal AN. (I) – Estação de franja (AN1) e (II) Estação de bacia (AN3).

Com exceção dos meses de julho e outubro da estação I, esse sub-grupo está representado por quase todos os meses da estação II. O grupo B ficou representado pelos meses de maior produção total. Esse grupo reuniu os meses entre fevereiro e junho além de setembro, todos da estação I. O sub-grupo B1 agrupou os meses cuja produção ficou entre os do sub-grupo A1 e B2. O sub-grupo B2 reuniu os meses de

maior produção total variando de 3,77 em abril e setembro a 4,43 $\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ em fevereiro na estação I.

Para a produção de folhas, a análise de agrupamento separou os valores de produção de cada mês nas duas sub-estações em três diferentes grupos cada um com dois sub-grupos (figura 22).

O grupo A representou os meses de menor produção de folhas sendo dominado pelos meses da estação II. O sub-grupo A1 ficou representado pelos meses de produção mais baixa enquanto o sub-grupo A2 apresentou uma produção um pouco maior. O grupo A variou de 1,47 $\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ no mês de julho na estação II até 2,25 $\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ no mês de novembro na estação I.

O grupo B reuniu os meses de produção intermediária sendo representado exclusivamente por meses da estação I (março, junho, agosto e outubro).

O grupo C agrupou os meses onde foram encontradas as maiores médias de produções de folhas. Com exceção do mês de abril da estação II (3,07 $\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$), todos os demais meses reunidos neste grupo fazem parte da estação I. O sub-grupo C1 isolou o mês de fevereiro da estação I por apresentar a maior de todas as produções de folhas entre os meses com um valor bastante significativo (3,77 $\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) O sub-grupo C2 reuniu os demais meses de alta produção com destaque para o único mês da estação II representado nesse grupo (abril com 3,07 $\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$).

A produção de frutos na estação AN foi um pouco maior do que a estação AF. A análise de agrupamento dividiu em dois grupos de acordo com a média de produção (figura 23). O grupo A ficou representado pelos dois meses de maior produção da estação I (maio e junho com 0,43 e 0,58 $\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$). O grupo B foi subdividido em B1 e B2. O sub-grupo B1 foi representado apenas pelo mês de abril da estação I que obteve uma produção média de 0,29 $\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$. O sub-grupo B2 reuniu todos os demais meses que se caracterizaram por uma produção mais discreta.

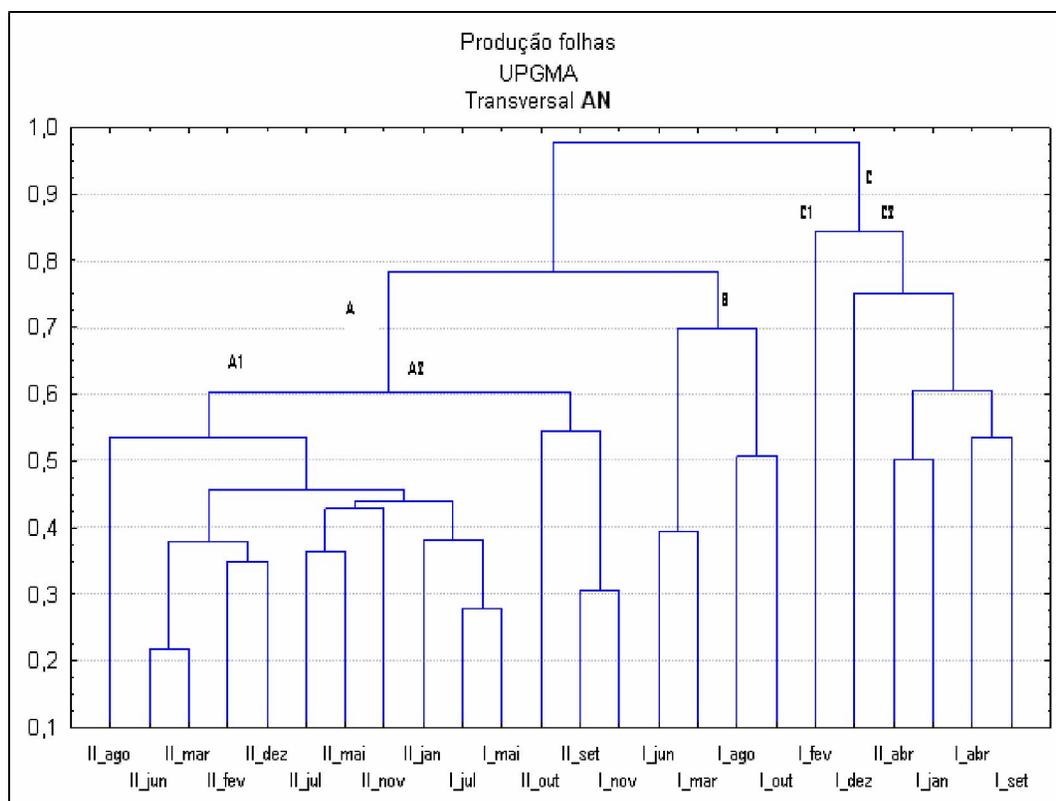


Figura 22: Análise de agrupamento para a produção de folhas na transversal AN. (I) – Estação de franja (AN1) e (II) Estação de bacia (AN3).

A análise de agrupamento para a produção total da serapilheira na estação AF dividiu os meses nas duas sub-estações (I e II) em quatro grupos (A, B, C e D). O grupo A, subdividido em A1 e A2, agrupou os meses de menor produção. Esse grupo foi representado quase que exclusivamente por meses da estação II, com exceção do mês de agosto da estação I. O grupo B ficou representado pelos meses de produção intermediária enquanto que o grupo C agrupou os meses de maior produção da estação II (novembro, dezembro e abril). Esses dois grupos foram os menores e não apresentaram nenhum sub-grupo (figura 24). O grupo D reuniu os meses de produção mais elevada. Todos os meses contidos nesse grupo são da estação I. O sub-grupo D2 apresentou valores elevados de produção, porém menores que o sub-grupo D1. No sub-grupo D1 o mês de fevereiro da estação I ficou isolado dos demais por apresentar uma produção muito elevada ($5,01 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$). Os demais meses desse sub-grupo apresentaram valores entre $3,68$ e $4,01 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ representados pelos meses de abril e março, respectivamente.

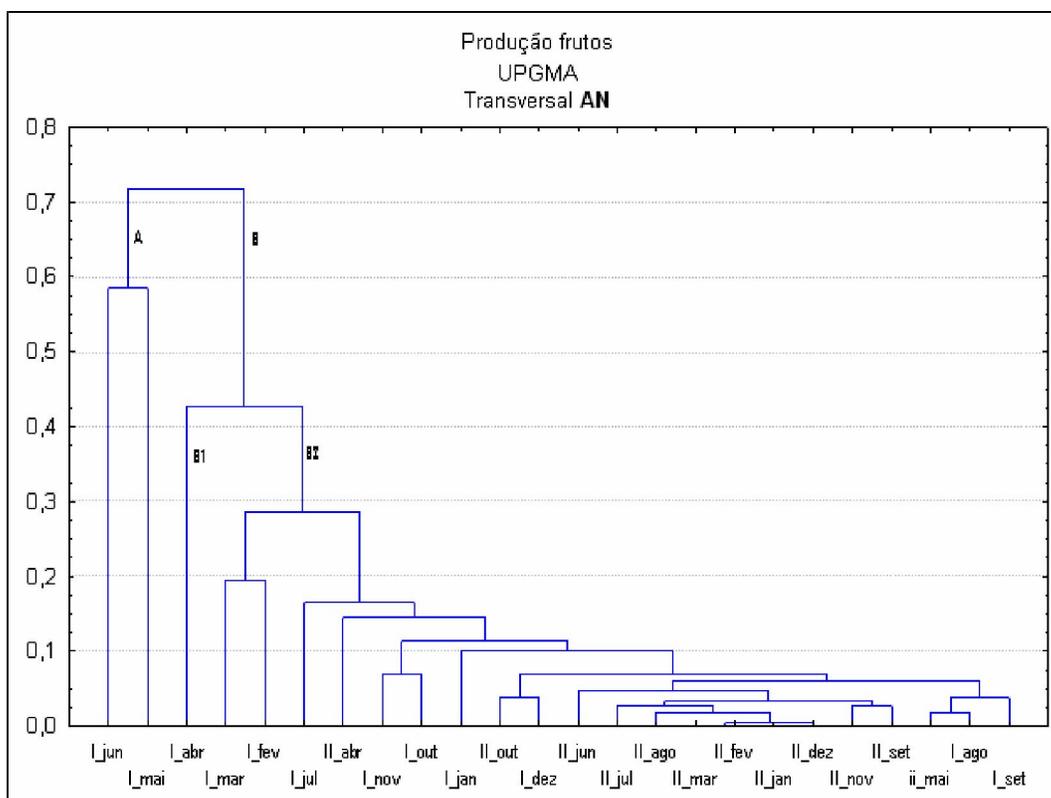


Figura 23: Análise de agrupamento para a produção de frutos na transversal AN. (I) – Estação de franja (AN1) e (II) Estação de bacia (AN3).

Para a produção de folhas da estação AF, a análise de agrupamento separou os valores mensais para cada sub-estação em três grupos (figura 25). O grupo A reuniu os meses de maior produção, incluindo o período de janeiro a abril da estação I além dos meses de novembro e dezembro. O mês de novembro da estação II foi o mais produtivo para essa sub-estação em relação ao compartimento folha e por isso ficou inserido no grupo A, mesmo estando a parte do grupo principal. O mês de fevereiro da estação I foi o que apresentou maior produção de folhas ao se comparar com os demais ($4,13 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$). O grupo B reuniu os meses de maior produção da estação II (outubro e dezembro), com exceção do mês de novembro que por ser muito produtivo se agrupou no grupo A. O grupo C ficou representado pelos meses de menor produção de folhas e apresentou dois sub-grupos. O sub-grupo C1 agrupou os meses de produção muito baixa, estando assim, representado exclusivamente por meses da estação II, a menos produtiva (entre $0,49$ e $1,5 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$). O sub-grupo C2 reuniu os meses com produção intermediária e com exceção do mês de abril da estação II, todos os demais meses foram da estação I.

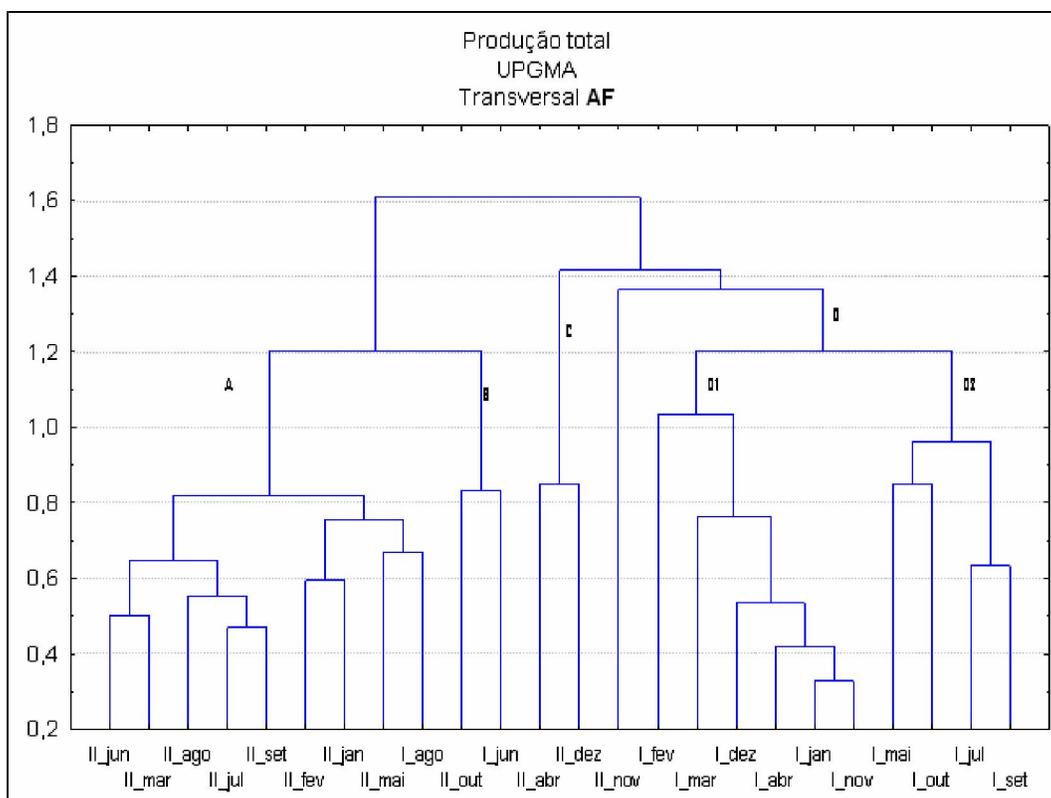


Figura 24: Análise de agrupamento para a produção total de serapilheira na transversal AF. (I) – Estação de franja (AF1) e (II) Estação de bacia (AF3).

A produção de frutos na estação AF foi pouco significativa. A análise de agrupamento separou em dois grupos os doze meses de cada estação. O mês de abril da estação II ficou isolado dos dois grupos por apresentar uma produção bastante acentuada ao se comparar com os demais meses ($1,01 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$). O grupo A ficou representado pelo mês de janeiro da estação I e maio da estação II com produções médias de $0,25$ e $0,33 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, respectivamente (figura 26). Com exceção desses três meses onde houve uma produção significativa, todos os demais meses formaram o grupo B com produção muito baixa ou nula.

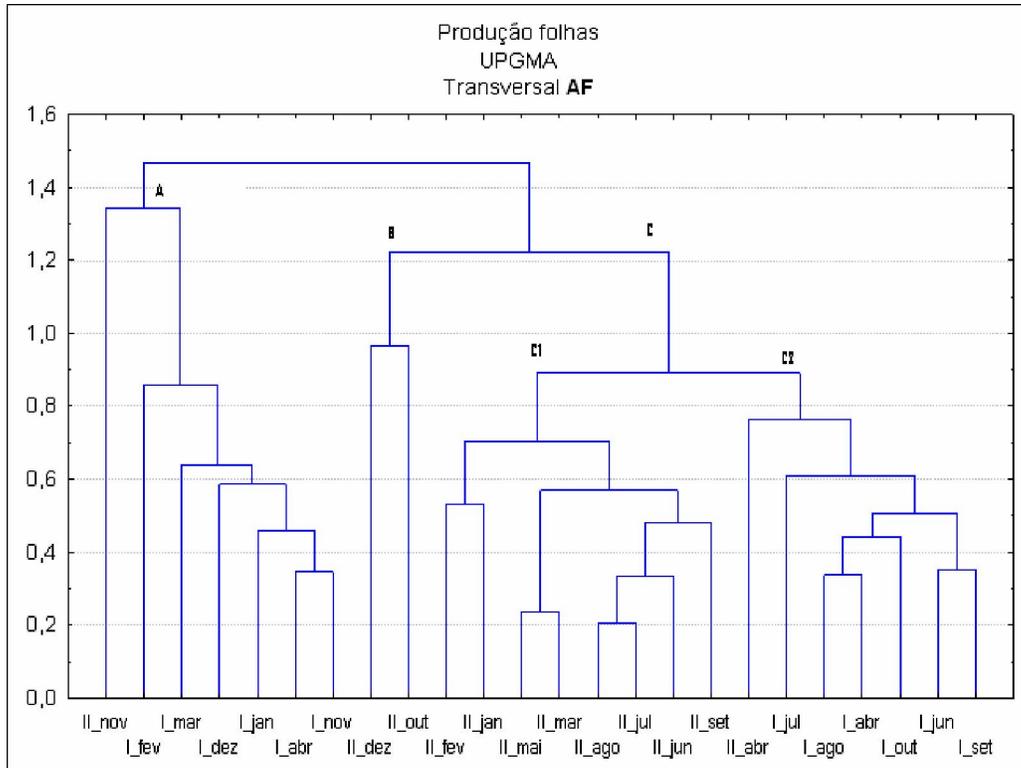


Figura 25: Análise de agrupamento para a produção de folhas AF. (I) – Estação de franja (AF1) e (II) Estação de bacia (AF3).

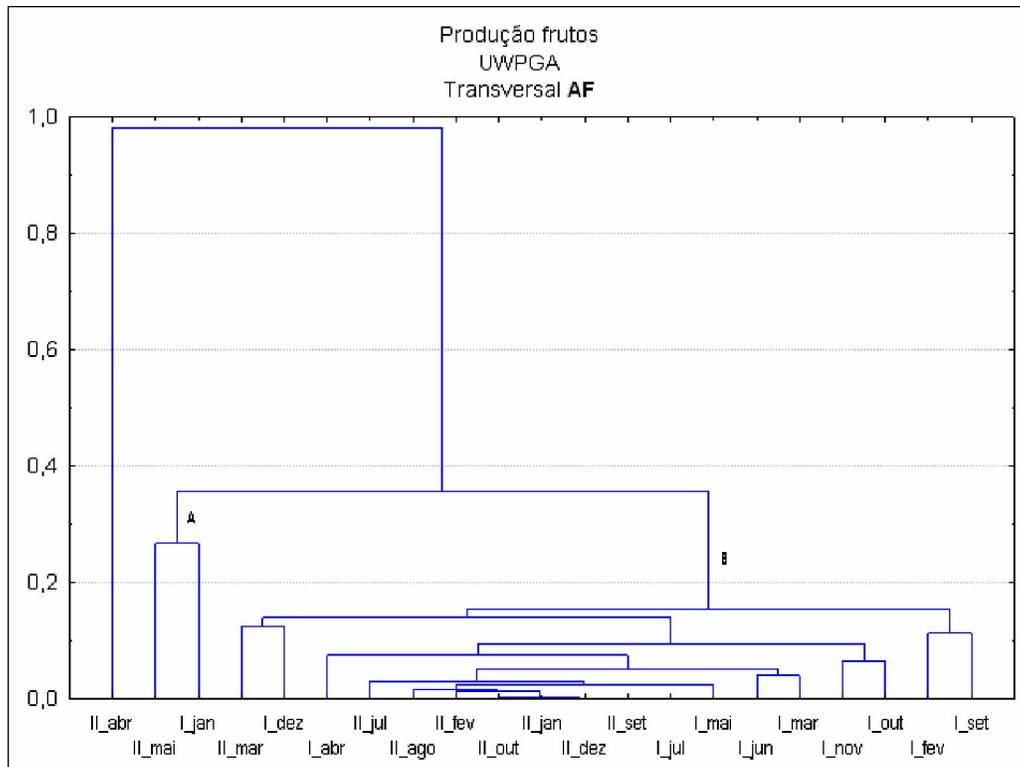


Figura 26: Análise de agrupamento para a produção de frutos na transversal AF. (I) – Estação de franja (AF1) e (II) Estação de bacia (AF3).

6.12.2 – TESTE DE DUNCAN

O teste de Duncan foi realizado nas quatro estações de estudo para os valores totais de produção de serapilheira e para as frações folha, galho, fruto e flor com o objetivo de relacionar a produção com os diferentes meses do ano.

Para a produção total de serapilheira na estação AN1, o mês de fevereiro (a) se destacou dos demais por ser o mês de maior produção nessa estação. Os meses de setembro, abril e junho (ab) também se destacaram pela elevada produção seguido pelos meses de janeiro, março e maio (abc) e pelo grupo formado pelos meses de agosto, dezembro e novembro (bc), meses de produção intermediária. Os meses de julho e outubro (c) foram os meses de menor produção total nessa estação. A tabela 11 mostra o resultado do teste de Duncan para a produção total da serapilheira durante um ano.

A estação AN3 apresentou o mês de abril (a) como sendo o de maior produção de serapilheira seguido pelo grupo formado pelos meses de setembro, agosto, fevereiro, maio, março e dezembro (ab) com produção intermediária e os meses de junho, janeiro, julho, outubro e novembro (b) formando o grupo dos meses de menor produção total de serapilheira.

Para a estação AF1, o mês de fevereiro (a) também foi o mais produtivo seguido pelo mês de março (ab) e pelo grupo formado pelos meses de dezembro, janeiro, novembro e abril (bc). O grupo formado pelos meses de maio, outubro e junho (bcd) apresentaram uma produção intermediária enquanto que os meses de julho (cd) e setembro e agosto (d) foram os meses de menor produção.

A produção total de serapilheira na estação AF3 apresentou os meses de abril (a), novembro (ab) e dezembro (abc) como sendo os mais produtivos durante o período estudado. Os meses de outubro e maio (bcd) e março, janeiro e fevereiro (cd) apresentaram valores de produção intermediários enquanto os meses de junho, setembro, julho e agosto (d) formaram o grupo dos meses de menor produtividade.

Para a produção de folhas na estação AN1 o mês de fevereiro (a) se destacou como sendo o mais produtivo para essa fração, seguido pelo mês de abril (ab). Os meses de janeiro (bc) e setembro, agosto, março, junho, dezembro e novembro (bcd) formam o grupo dos meses com valores intermediários de produção enquanto outubro, maio (cd) e julho (d) foram os meses de produção mais discreta da fração folhas (tabela 12).

Tabela 11: Teste de Duncan para a produção total de serapilheira com a média dos valores de peso de matéria seca em gramas encontrados nas cestas de coleta.

mês	#AN1	#AN3	#AF1	#AF3
set	0,943ab	0,707ab	0,607d	0,294d
out	0,589c	0,459b	0,726bcd	0,525bcd
nov	0,660bc	0,444b	0,926bc	0,772ab
dez	0,714bc	0,556ab	0,972bc	0,717abc
jan	0,840abc	0,513b	0,955bc	0,414cd
fev	1,108a	0,606ab	1,251a	0,402cd
mar	0,839abc	0,568ab	1,002ab	0,441cd
abr	0,942ab	0,867a	0,921bc	0,921a
mai	0,835abc	0,581ab	0,760bcd	0,484bcd
jun	0,867abc	0,517b	0,696bcd	0,331d
jul	0,592c	0,509b	0,676cd	0,256d
ago	0,757bc	0,615ab	0,567d	0,246d

Na estação AN3, a produção de folhas não apresentou grande variação ao longo do ano e com exceção do mês de abril, onde a produção foi significativamente mais elevada, todos os demais meses se mostraram relacionados em relação a produção de folhas. Na estação AF1 o mês de fevereiro (a) foi o mais produtivo para folhas, seguido pelos meses de novembro (ab) e dezembro (b). O período entre janeiro – abril (bc) com exceção de fevereiro, foi o de produção intermediária, seguido pelo mês de outubro (cd). O grupo formado pelos meses compreendidos no período de maio – setembro foi o menos produtivo.

A variação da produção de folhas ao longo do ano ficou mais evidenciada na estação AF3. O mês de novembro (a) foi o mais produtivo seguido pelos meses de dezembro e abril (ab). Os meses de outubro (bc) e janeiro (cd) seguido pelo grupo formado pelos meses de fevereiro, maio, março e setembro (cde) apresentaram valores intermediários de produção. O período compreendido entre junho (de) e agosto (e) apresentou valores muito baixos de produção de folhas.

O teste de Duncan mostrou que não há uma variação muito significativa para a produção de galhos ao longo do ano (tabela 13). Nas estações de franja houve um destaque para os meses de setembro (a) e maio (ab) para a estação AN1 e para os meses de julho (a) e junho, maio e setembro (ab) para a estação AF1 enquanto os demais meses (b) mostraram pouca variação entre si e foram pouco produtivos. Nas estações de bacia, AN3 e AF3, não houve destaque para a produção de galhos em nenhum período e todos os meses apresentaram-se correlacionados.

Tabela 12: Teste de Duncan para a produção de folhas com a média dos valores de peso de matéria seca em gramas encontrados nas cestas de coleta

mês	#AN1	#AN3	#AF1	#AF3
set	0,651bcd	0,525	0,428d	0,265cde
out	0,519cd	0,395	0,553cd	0,483bc
nov	0,563bcd	0,392	0,837ab	0,745a
dez	0,618bcd	0,507	0,826b	0,653ab
jan	0,707bc	0,441	0,740bc	0,374cd
fev	0,942a	0,525	1,033a	0,331cde
mar	0,633bcd	0,469	0,743bc	0,306cde
abr	0,776ab	0,769a	0,755bc	0,614ab
mai	0,480cd	0,425	0,491d	0,310cde
jun	0,620bcd	0,443	0,490d	0,176de
jul	0,444d	0,367	0,383d	0,121e
ago	0,638bcd	0,528	0,469d	0,150e

Para a produção de frutos na estação AN1, os meses de junho (a) e maio, março, abril e fevereiro (ab) apresentaram relativa significância em relação aos demais meses (b) que obtiveram uma produção muito baixa dessa fração. A estação AN3 apresentou baixa produção durante todo o ano e por isso todos os meses estão correlacionados. A estação AF1 também apresentou pouca variação na produção de frutos e por isso nenhum mês se destacou dos demais, estando todos os meses correlacionados em termos de produção de frutos. Na estação AF3 com exceção do mês de abril (a) que foi bastante produtivo, os demais meses apresentaram correlação entre si (tabela 14).

Tabela 13: Teste de Duncan para a produção de galhos com a média dos valores de peso de matéria seca em gramas encontrados nas cestas de coleta.

mês	#AN1	#AN3	#AF1	#AF3
set	0,196a	0,124	0,082ab	0,027
out	0,003b	0,000	0,074b	0,037
nov	0,015b	0,000	0,002b	0,021
dez	0,025b	0,000	0,030b	0,056
jan	0,013b	0,000	0,020b	0,021
fev	0,005b	0,016	0,033b	0,033
mar	0,001b	0,000	0,072b	0,089
abr	0,017ab	0,005	0,007b	0,040
mai	0,089ab	0,011	0,093ab	0,068
jun	0,020b	0,003	0,113ab	0,125
jul	0,043b	0,094	0,206a	0,116
ago	0,044b	0,033	0,008b	0,087

Em relação à fração flor, o mês de maio (a) foi o mais produtivo para a estação AN1, seguido pelos meses de março e abril (ab), junho (abc) e fevereiro (bc). O período de julho – janeiro (b) ficou caracterizado por uma produção muito baixa dessa fração. A

estação AN3 apresentou o mês de abril (a) como sendo o mais produtivo seguido pelos meses de maio, março, junho e agosto (ab). Os demais meses apresentaram produção muito baixa ou nula.

Tabela 14: Teste de Duncan para a produção de frutos e propágulos com a média dos valores de peso de matéria seca em gramas encontrados nas cestas de coleta.

mês	#AN1	#AN3	#AF1	#AF3
set	0,012b	0,005	0,015	0,000
out	0,011b	0,010	0,025	0,000
nov	0,029b	0,004	0,021	0,000
dez	0,015b	0,000	0,031	0,000
jan	0,019b	0,000	0,061	0,000
fev	0,060ab	0,000	0,042	0,002
mar	0,084ab	0,000	0,008	0,030
abr	0,074ab	0,017	0,013	0,251a
mai	0,107ab	0,009	0,005	0,081
jun	0,145a	0,008	0,011	0,008
jul	0,027b	0,003	0,000	0,008
ago	0,004b	0,002	0,015	0,003

Na estação AF1 o período compreendido entre fevereiro e maio foi o de produção mais elevada. O período de junho – agosto apresentou valores intermediários de produção enquanto o período de setembro – janeiro ficou marcado como sendo o período de baixa produção de flores. Na estação AF3 o período de janeiro – maio foi o mais produtivo para a fração flores com destaque para o mês de fevereiro (a) o mais produtivo de todos. Os meses de junho e julho apresentaram baixas produções enquanto que o período de agosto – dezembro a produção de flores nessa estação foi nula (tabela 15). Esse resultado confirma uma marcante sazonalidade na produção de propágulos.

Tabela 15: Teste de Duncan para a produção de flores com a média dos valores de peso de matéria seca em gramas encontrados nas cestas de coleta.

mês	#AN1	#AN3	#AF1	#AF3
set	0,008c	0,001b	0,009def	0,000b
out	0,001c	0,001b	0,003f	0,000b
nov	0,003c	0,001b	0,002f	0,000b
dez	0,001c	0,000b	0,005ef	0,000b
jan	0,004c	0,001b	0,014cdef	0,013ab
fev	0,019bc	0,006b	0,042b	0,031a
mar	0,036ab	0,015ab	0,067a	0,011ab
abr	0,032ab	0,029a	0,074a	0,010ab
mai	0,041a	0,020ab	0,079a	0,010ab
jun	0,020abc	0,012ab	0,031bc	0,005b
jul	0,007c	0,005b	0,030bcd	0,002b
ago	0,008c	0,011ab	0,026bcde	0,000b

7- DISCUSSÃO

A quantificação da queda da serapilheira é um método de estimativa da produção primária líquida em comunidades vegetais que vem sendo aplicada em diversos ecossistemas terrestres e costeiros ao redor do mundo. Nas últimas décadas se intensificou os estudos sobre produtividade dos manguezais, abordando as diferentes espécies e famílias típicas de mangue existentes, sob as mais variadas condições ambientais de cada localidade.

Embora a utilização da queda da serapilheira como medida de produção seja prática, eficiente e amplamente realizada, esse método é incompleto para se determinar, de fato, o real valor da produtividade primária líquida, por não abranger os valores de produção abaixo do solo (sistema radicial), incremento de tecido lenhoso, perdas por lixiviação e pastoreio por herbívoros. Segundo Twilley *et al.* (1992) e Alongi e Dixon (2000), a biomassa abaixo do solo corresponde a uma parte substancial (10 – 55%) do total da biomassa do manguezal.

Um número de recentes medidas diretas de taxa fotossintética sugere que a produtividade primária líquida é significativamente maior do que a estimativa da queda de serapilheira, que representa aproximadamente 30% da produção líquida do bosque (Alongi, *et al.*, 2005a *apud* Kristensen *et al.*, 2008).

Vários fatores influenciam diretamente a produtividade nos bosques de mangue, e esses fatores atuando conjuntamente, irão determinar o nível de produção do manguezal. Dentre esses fatores estão: composição das espécies do bosque, idade do bosque, tipo e profundidade do sedimento, salinidade do solo, aporte de nutrientes, presença ou ausência de espécies competidoras, presença ou ausência de doenças e parasitas, grau de pastoreio, eficiência de transporte de oxigênio para o sistema radicular, etc. (Odum *et al.*, 1982).

Dependendo do grau e da intensidade, impactos naturais e antrópicos também podem exercer forte influência no processo de queda de serapilheira levando a resultados errôneos na taxa normal de produção de um bosque. Menghini (2004 e 2008) encontrou um padrão fenológico diferenciado em bosque de mangue na Baixada Santista, São Paulo, que sofreu ação direta de um derrame de óleo. A proporção do componente propágulo se mostrou muito acima do normal como uma estratégia da planta de tentar perpetuar a espécie em condições desfavoráveis. Por outro lado, distúrbio naturais, como tempestades tropicais, a exemplo dos manguezais da costa

mexicana (Flores-Verdugo *et al.*, 1987) e australiana (Paling *et al.*, 2008), ocasionam uma queda acentuada da serapilheira de forma a camuflar a real taxa de produção de um determinado período.

A relação entre a produtividade e a pluviosidade já foi descrita por vários autores e ainda não tem um papel claro, parecendo estar bastante associada com as características locais de cada ambiente. A relação positiva entre esses parâmetros para a produção total da serapilheira foi observada por Pool *et al.* (1975) na Flórida e em Porto Rico, Tam *et al.* (1998) em bosque na China, Flores-Verdugo *et al.* (1987) em bosque no México e Leach & Burgin (1985) para bosque misto em Papua Nova Guiné. Alguns autores como Twilley *et al.* (1997) e Mackey & Smail (1995) encontraram uma relação positiva apenas para a fração folhas enquanto Woodroffe, 1984; Adaime, 1985; Clough *et al.*, 2000 e Ochieng *et al.*, 2002 encontraram esse padrão para os componentes reprodutivos (flores e propágulos) corroborando os resultados encontrados no presente estudo, onde houve um aumento considerável da produção desses componentes no período chuvoso.

Por outro lado Chale (1996) na Guiana e Mfilinge *et al.* (2005) no Japão não encontraram nenhuma relação entre a produção de serapilheira com a pluviosidade, enquanto trabalhos realizados na costa Norte do Brasil (Farias *et al.*, 2006; Fernandes, 1997; Mehlig, 2001 e Carvalho, 2002) encontraram uma relação inversa entre a produtividade e o período de maior intensidade de chuvas na região.

O presente estudo estimou a produtividade primária líquida do manguezal do Rio Ariquindá, através da queda da serapilheira em bosque de franja e bacia. Nascimento-Filho (2007) realizou um trabalho nas mesmas estações de estudo com o objetivo de determinar as características estruturais do bosque de mangue em questão. A partir da relação do presente estudo com os resultados obtidos por Nascimento-Filho (*op. cit*) observou-se que há uma positiva relação entre produtividade e estrutura do bosque de mangue, embora Flores-verdugo *et al.* (*op. cit*) em uma lagoa efêmera na costa mexicana tenham encontrado um bosque altamente produtivo e de pobre desenvolvimento estrutural devido a presença de furacões na região, demonstrando que essa relação não é observada em todos os bosques.

A estação AF1 foi a mais produtiva e a que apresentou maior desenvolvimento estrutural dentre as quatro estações de estudo, sendo seguida pelas estações AN1, AN3 e AF3 respectivamente em termos de produtividade e desenvolvimento estrutural. Os maiores níveis de produção foram observados nos bosques com maior altura e DAP e

menor densidade de indivíduos, mesmo padrão encontrado por Chaves (2003) em um bosque de mangue na Baía de Guanabara, o que de fato ocorre nos bosques de franja.

Esses resultados corroboram a hipótese de Pool *et al.* (1975) de que o desenvolvimento de um bosque de mangue está diretamente relacionado ao aporte de água doce que entra no sistema uma vez que o fluxo de água no ambiente minimiza o estresse causado pelo acúmulo de sais e/ou substâncias tóxicas no sedimento além de favorecer o input de nutrientes lixiviados de ambientes terrestre.

A relação entre altura das plantas e produtividade já foi mencionada por alguns autores (Teas, 1974; Day-Jr *et al.*, 1987 e 1996; Woodroffe, 1988) na Flórida, México e Nova Zelândia, respectivamente. Por outro lado, Lopez-Portillo & Ezcurra (1985), Flores-Verdugo *et al.* (1987), Twilley *et al.* (1997) e Mfilinge *et al.* (2005) em seus respectivos estudo não encontraram relação positiva entre esses dois parâmetros.

Os valores de produção de serapilheira nos bosques de franja à montante (AN1) e na foz (AF1) do Rio Ariquindá se mostraram de acordo com os valores encontrados em bosques de franja em diversos estudos realizados ao redor do mundo (tabela 16). A produção total de 11,85 t.ha⁻¹.ano⁻¹ para a estação AN1 e de 12,28 t.ha⁻¹.ano⁻¹ para a estação AF1 estão dentro dos valores de 9,09 e 23,40 t.ha⁻¹.ano⁻¹ levantados por Twilley *et al.* (1986) para determinar a variação entre a taxa de produção entre os bosques de franja.

Por outro lado, os resultados obtidos para os bosques de bacia ficaram acima da média dos valores levantados por Twilley (*op. cit.*) para bosques monoespecíficos, com 3,51 a 6,70 t.ha⁻¹.ano⁻¹. A produção de 8,46 e 7,04 t.ha⁻¹.ano⁻¹ para as estações AN3 e AF3 respectivamente, ficaram próximos aos valores encontrados pelo mesmo autor para bosques de bacia mistos, os quais apresentam maior taxa de produção ao se comparar com bosques monoespecíficos (Twilley, 1982).

Embora o Brasil apresente entre 10.000 e 25.000 km² de áreas cobertas por manguezais (Herz, 1987 e Saenger *et al.*, 1983), não são muitos os trabalhos realizados com o objetivo de se estimar a produtividade primária líquida através da coleta de serapilheira. O maior número desses trabalhos encontram-se na região norte (Fernandes, 1999; Mehlig, 2001; Carvalho, 2002) e sudeste (Adaime, 1985; Farias *et al.*, 2006; Menghini, 2004; Chaves, 2003; Almeida, 2004). A escassez de trabalhos na região nordeste estimulou a realização desse estudo.

Os dados obtidos no presente trabalho mostram que os valores de produção entre 7,04 e 12,28 t.ha⁻¹.ano⁻¹ são bastante produtivos e se enquadra nos resultados

encontrados em diferentes bosques de mangue da costa brasileira. A tabela 17 compara os valores de produção de serapilheira encontrados no Brasil. Os valores variaram de um mínimo de $1,89 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ encontrados por Farias *et al.* (2006) em um bosque anão de *A. germinans* no Pará, até valores de $16,51 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ encontrado por Fernandes (1999) em um bosque de *R. harisonii* também no Pará.

De acordo com Saenger e Snadaker (1993), as florestas de mangue têm maior produção de serapilheira próximo à linha do Equador. Isso se deve ao fato de que em baixas latitudes a temperatura, tanto do ar quanto do sedimento, não apresenta grandes oscilações ao longo do ano, enquanto nas latitudes mais elevadas a temperatura nos meses de inverno atua com um tensor para as plantas de mangue, funcionando como um dreno de energia (Odum, 1971) reduzindo drasticamente a produção total (Mflinge *et al.*, 2005) ou de determinados componentes da serapilheira, como por exemplo os componentes reprodutivos (Dawes *et al.*, 1999).

A sazonalidade na produção total de serapilheira e/ou de seus componentes individuais é observada principalmente em bosques de mangue localizados em regiões subtropicais. Em latitudes mais altas, os meses de verão apresentam uma produção consideravelmente maior ao se comparar com os meses de inverno devido ao aumento da temperatura do ar e do comprimento do dia, ocasionando uma maior intensidade luminosa, determinando o aumento significativo das taxas fotossintéticas. A relação entre comprimento do dia e a taxa de produção de serapilheira foi observada por Negron & Cintrón (1981) em um bosque de mangue em Porto Rico, e Adaime (1985) para um bosque de mangue na Gamboa Nóbrega, São Paulo.

Nos bosques dominados por *R. mangle*, estações AN1, AN3 e AF1 a queda de folha ocorreu de forma praticamente uniforme durante o ano todo, não demonstrando uma tendência sazonal. Nas estações de franja (AN1 e AF1) um discreto pico foi observado na transição do período seco para o período chuvoso indicando, possivelmente, uma estratégia reprodutiva onde as árvores de mangue perdem suas folhas para investir mais energia na produção de componentes reprodutivos, nesse caso, na produção principalmente de flores.

Tabela 16: Produção total de serapilheira (t.ha⁻¹.ano⁻¹) em diferentes bosques de mangue ao redor do mundo. * *R.m* – *R. mangle*; *L.r* – *L. racemosa*; *A.g* – *A. germinans*; *A.s* – *A. schaueriana*; *K.c* – *Kandelia candel*; *A.c* – *A. corniculatum*; *B.g* – *Bruguiera gymnorrriza*; *C.t* – *Ceriops tagal*; *R.s* – *R. stylosa*.

Tipo de bosque*	Localização	produção total (t.ha.ano ⁻¹)	Autor
Austrália			
<i>A. marina</i>	27° 24' S	8,76	Mackey & Smail, 1995.
<i>R. stylosa</i>	12° - 38° N	9,65	Bunt, 1995.
<i>A. marina</i>	12° - 38° N	6,2	Bunt, 1995.
<i>C. tagal</i>	12° - 38° N	6,75	Bunt, 1995
<i>A. marina</i>	33° 46' S	5,8	Goulter & Allaway, 1979.
China			
Misto (<i>K.c/A.c</i>)	22° 31' N	11,7	Tam <i>et al.</i> , 1998.
Equador			
Misto (<i>Rhizophora</i>)	2° 25' S	6,47 - 10,64	Twilley <i>et al.</i> , 1997
Flórida (E.U.A)			
<i>R. mangle</i>	24 - 26° N	4,49 e 10,7	Teas, 1974.
<i>L. racemosa</i>	25 - 26° N	4,2	Teas, 1974.
<i>A. germinans</i>	26 - 26° N	2,85	Teas, 1974.
Misto (<i>R.m, L.r, A.g</i>)	27° 41' N	11,32	Dawes <i>et al.</i> , 1999.
<i>R. mangle</i>	18° - 25° N	14,45	Pool <i>et al.</i> , 1975.
<i>A. germinans</i>	26° N	4,44	Twilley <i>et al.</i> , 1986.
Misto (<i>R.m, L.r, A.g</i>)	26° N	8,1	Twilley <i>et al.</i> , 1986.
Golfo Árábico			
<i>A. marina</i>	25° 40' N	16,47	Hegazy, 1998.
<i>Avicennia</i> spp.	22° N	7,88	Saifullah & Mandura, 1989.
Guiana			
<i>A. germinans</i>	6° 27' N	17,71	Chale, 1996.
Índia			
<i>R. apiculata</i>	16° - 20° N	11,7	Wafar <i>et al.</i> , 1997.
<i>R. mucronata</i>	16° - 20° N	11,8	Wafar <i>et al.</i> , 1997.
<i>S. alba</i>	16° - 20° N	17	Wafar <i>et al.</i> , 1997.
<i>A. officinalis</i>	16° - 20° N	10,2	Wafar <i>et al.</i> , 1997.
<i>Rhizophora</i> spp.	6° - 14° N	7,16	Mall <i>et al.</i> , 1991.
Misto (<i>B.g, C.t</i>)	6° - 14° N	8,5	Mall <i>et al.</i> , 1991.
Japão			
Misto (<i>R.s, B.g, K.c</i>)	26° N	12,95	Mfilinge <i>et al.</i> , 2005.
<i>A. marina</i>	4° 25' S	6,2	Ochieng <i>et al.</i> , 2002.
Malásia			
<i>A. alba</i>	3° 15' N	15,4	Sasekumar & Loi, 1993.
<i>S. alba</i>	3° 15' N	14,01	Sasekumar & Loi, 1993.
Misto (<i>Rhizophora</i> spp.)	3° 15' N	15,76	Sasekumar & Loi, 1993.
<i>L. racemosa</i>	23° 35' N	11	Flores-Verdugo <i>et al.</i> , 1987.
Misto (<i>R.m, L.r, Ag</i>)	25° N	5,9	Félix-Pico <i>et al.</i> , 2006.
Papua Nova Guiné			
<i>R. stylosa</i>	9° 31' S	14,3	Leach & Burgin, 1985.
Tanzânia			
<i>R. mucronata</i>	6° 12' S	14	Shunula & Whittick, 1999.
<i>S. alba</i>	6° 12' S	16,5 - 18	Shunula & Whittick, 1999.
<i>B. gymnorrriza</i>	6° 12' S	12,5 - 16	Shunula & Whittick, 1999.
<i>C. tagal</i>	6° 12' S	6,2 - 11,5	Shunula & Whittick, 1999.

(continua)

(continuação)			
Tuvalu			
<i>R. stylosa</i>	7° 28' S	7,77	Woodroffe, 1984.
Vietnam			
<i>R. apiculata</i>	9° N	8,86 - 14,16	Nga <i>et al.</i> , 2005.
<i>R. apiculata</i>	8° 50' N	9,41 - 18,79	Clough <i>et al.</i> , 2000.
Porto Rico			
Misto (<i>R.m, L.r, A.g</i>)		16,9	Lugo <i>et al.</i> , 2007.

Tabela 17: Produção total de serapilheira (t.ha.ano⁻¹) em diferentes bosques de mangue ao longo da costa brasileira. * *R.m* – *R. mangle*; *L.r* - *L. racemosa*; *A.g* – *A. germinans*; *A.s* – *A. schaueriana*.

Tipo de bosque	Localização	produção total (t.ha.ano-1)	Autor
<i>R. mangle</i>	Pará	11,76	Fernandes, 1997.
<i>R. harisonii</i>	Pará	16,51	Fernandes, 1997.
<i>Avicennia</i> spp.	Pará	4,91 - 9,73	Fernandes, 1997.
<i>L. racemosa</i>	Pará	2,26 - 7,69	Fernandes, 1997.
Misto (<i>L.r, R.m, A.g</i>)	Pará	4,93	Farias <i>et al.</i> , 2006.
Anão (<i>A.g</i>)	Pará	1,89	Farias <i>et al.</i> , 2006.
<i>L.racemosa</i>	São Paulo	4,58 - 5,94	Adaime, 1985.
Misto	São Paulo	6,50 - 10,42	Adaime, 1985.
Misto (<i>L.r, R.m</i>)	São Paulo	8,96	Menghini, 2004.
Misto (<i>R.m, L.r, A.s</i>)	São Paulo	5,91 - 10,63	Almeida, 2004.
Misto (<i>R. m, L.r, A.s</i>)	Rio de Janeiro	13,45 - 13,9	Chaves, 2003.
Misto (<i>R. m, L.r, A.s</i>)	Pernambuco	14,01	Medeiros, 1996.
<i>R. mangle</i> (bacia)	Pernambuco	8,46	Presente estudo
<i>R. mangle</i> (franja)	Pernambuco	11,85	Presente estudo
<i>R. mangle</i> (franja)	Pernambuco	12,28	Presente estudo
<i>L. racemosa</i>	Pernambuco	7,04	Presente estudo

Na estação dominada por *L. racemosa* (AF3), embora a produção de folhas tenha ocorrido durante todo o ano, um visível pico foi observado durante o período seco com um mínimo de produção no final do período chuvoso. De acordo com Lugo e Snadaker (1975), Goulter & Allaway (1979) e Waffar *et al.* (1997), altos índices de queda de folhas são observados em bosques com pequena frequência de inundação durante períodos de baixa pluviosidade, o que acarreta um incremento nas taxas de evapotranspiração e salinidade no sedimento. Dessa forma é mais vantajoso para as árvores perderem suas folhas durante o período seco, de forma a minimizar os custos metabólicos com o processo respiratório. Teas (1974) concluiu que a diminuição da produtividade primária líquida com o aumento da salinidade é ocasionada pelo aumento da taxa de respiração que aumenta de 36 para 65% da produtividade primária bruta quando a salinidade aumenta de 4,7 para 16,0.

Nascimento-Filho (2007) mediu a salinidade da água intersticial nos bosques estudados durante o período seco e estes não apresentaram grande variação. Nas

estações AF1 e AF3 a salinidade permaneceu praticamente constante, em torno de 40.

Nas estações AN1 e AN3 houve uma diferença um pouco mais marcante entre a salinidade mínima e máxima, porém a média também ficou em torno de 40. Esses valores relativamente altos para a salinidade sugerem que durante o período seco grande proporção da produtividade primária bruta foi despendida para amenizar o estresse salino.

Na família das Rhizophoraceae o número de novas folhas produzidas pode ser estimada pelo número de estípulas nas amostras, uma vez que duas estípulas são perdidas para cada novo par de folhas produzidas, numa razão simples de 1:1 (Gill & Tomlinson, 1971). No presente estudo a quantidade de estípulas se mostrou constante ao longo do ano com exceção do período compreendido entre janeiro e março e durante o mês de maio, onde houve um pico considerável dessa fração, nas três estações onde *R. mangle* compõe um bosque monoespecífico. Segundo Duke *et al.* (1984) esse deve ser o período onde o maior número de folhas são produzidas nos bosques em questão. Dessa forma é de se esperar que em bosques onde grande parte da produção seja representada por folhas, a fração estípula apresente relativa significância.

A produção de flores nos bosques de *R. mangle* foi mínima durante o período seco e bastante representativa durante o período chuvoso com o pico de produção entre os meses de março e maio (início do período chuvoso) estando de acordo com Clough *et al.* (op. cit.), que encontrou resultado semelhante para um bosque de mangue monoespecífico de *R. apiculata* no Vietnã. Adame (1985) em um bosque misto em Gamboa Nóbrega, São Paulo, também mostrou valores muito semelhantes tanto para *R. mangle* quanto para *L. racemosa*. Por outro lado, Sasekumar e Loi (1983) não encontraram efeito da sazonalidade na produção de componentes reprodutivos em um bosque misto de *R. apiculata* e *R. mucronata* na Malásia. As estações localizadas na foz (AF1 e AF3) apresentaram um padrão de produção de flores que antecedeu em dois ou três meses a produção de frutos (figura 26).

A estação AN3 embora tenha apresentado um padrão similar de produção de flores em relação às demais estações dominadas por *R. mangle*, se diferenciou por apresentar uma ínfima produção de frutos e propágulos viáveis durante todo o ano. Acredita-se que se deva ao fato de que nessa estação, devido à grande densidade de indivíduos (18.800 ind.ha⁻¹) com uma grande densidade de troncos (74.400 troncos.ha⁻¹), possa estar ocorrendo um processo de propagação vegetativa (Coelho-Jr, com. pessoal) ou simplesmente seja apenas um ano de baixa produção de propágulos, como observado

em outros estudos (Woodroffe, 1984; Mackey & Smail, 1995; Tam *et al.*, 1998). Observações de campo apontam para uma ínfima densidade de plântulas, tendendo a zero na maior parte do bosque.

O caráter bianual para a produção de propágulos já foi mencionada para algumas espécies e como este trabalho abrangeu apenas o período de um ano nenhuma afirmação a esse respeito pode ser feita até que se obtenham os resultados do segundo ano amostral.

A alta tendência sazonal para a produção de componentes reprodutivos (flores e propágulos) observada na estação de *L. racemosa* já foi mencionada por Chaves (2003) e Almeida (2004), em bosques de mangue no Brasil. No presente estudo essa sazonalidade ficou bastante evidenciada, principalmente para a produção de propágulos que foi nula durante o período seco. Vale destacar que, a maior porcentagem da produção de componentes reprodutivos na produção total de serapilheira, nas estações de *R. mangle*, se deve a produção de frutos durante todo o ano e principalmente ao peso maior dos propágulos, ao compará-los com os de *L. racemosa*.

Em locais onde a presença de furacões e/ou tempestades sazonais são marcantes é passível de se compreender que a queda dos componentes galho e miscelânea sejam mais frequentes e associadas com determinadas épocas do ano. Nos bosques de mangue localizados no sudeste asiático onde os ventos de monções se fazem presentes durante os meses de julho e agosto, há uma sazonalidade na queda desses compartimentos durante esse período (Waffar *et al.*, 1997).

Durante o mês de setembro houve uma acentuada contribuição do componente galho nas amostras localizadas nas estações da nascente (AN1 e AN3). Chaves (2003) encontrou um padrão semelhante em um bosque de mangue na Baía de Guanabara sugerindo que neste mês os ventos se tornam mais fortes e por isso é encontrado um grande número de galhos dentro das amostras. Os resultados obtidos nesse estudo não demonstraram uma tendência sazonal para a queda de galhos e miscelânea embora se observe um discreto aumento desses componentes durante o período chuvoso devido, possivelmente, à ação do vento e das chuvas. Esse padrão ficou mais evidenciado na estação de *L. racemosa* (AF3) uma vez que esta espécie apresenta galhos finos e mais frágeis, o que facilita a queda dessas frações.

Clough *et al.*, (2000) em bosque monoespecífico de *R. apiculata* registraram alta produtividade de serapilheira (18,8 t.ha.ano⁻¹) associada principalmente às partes

lenhosas (59,7%) que foram eliminadas a medida que foram ficando sombreadas, em um processo conhecido como auto-sombreamento.

A fração broto, adotada para a *L. racemosa* representa o aborto foliar. A queda desse material ocorreu durante todo o ano sendo mais significativo durante o período seco. Assim como para as folhas dessa espécie, é possível que o estresse causado pelo aumento da salinidade no sedimento e escassez de água doce tenham levado a uma maior queda dessa fração com o intuito de minimizar os custos metabólicos da planta.

Em termos de fenologia os altos valores encontrados para a fração folhas (74 a 84% do total) estão de acordo com os trabalhos de Teas (1974), Pool *et al.* (1975), Woodroffe (1984), Sasekumar & Loi, (1993), Twilley *et al.* (1997), Dawes (1999), Shunula & Whittick (1999), Clough (2000), Almeida (2004), Nga (2005) e Félix-Pico (2006) para bosques monoespecíficos de *Rhizophora spp.*, Flores-verdugo (1987), Teas (op. cit) e Félix-Pico (op.cit) para bosques monoespecíficos de *L. racemosa* e Ochieng *et al.* (2002) e Mfilinge *et al.* (2005) para um bosque de *Avicennia spp* no Japão. Nas três estações de *R. mangle* a fração estípulas foi a segunda mais representativa, mesmo resultado encontrado por Twilley (op. cit.) em um bosque de mangue no Equador.

A proporção fenológica em um bosque de mangue parece estar diretamente relacionada a composição das espécies e da idade dos indivíduos. Nga (op. cit) e Clough (op. cit) estudando as frações da serapilheira para bosques em diferentes estágios de maturidade, concluíram que embora os bosques mais jovens apresentem maior taxa de produção, os bosques mais maduros investem a maior parte de sua energia na produção de componentes reprodutivos (flores, frutos e propágulos). Dessa forma é de se esperar que em muitos bosques maduros a produção de componentes reprodutivos seja superior a produção de folhas.

É bem verdade também que impactos causados por ação antrópica, dependendo da natureza e da intensidade, possam alterar a proporção dos diferentes componentes da serapilheira. Diante desses resultados sugere-se que, possivelmente, os bosques estudados a montante e jusante do rio Ariquindá ainda não atingiram certo grau de maturidade uma vez que os mesmos não estão sob ação de impactos antrópicos e apresentam baixa proporção na produção de componentes reprodutivos.

Segundo os resultados de Nga *et al.* (2005) para bosque de mangue monoespecífico de *R. apiculata*, os bosques mais jovens produzem um maior *input* de nitrogênio e fósforo particulados para os ecossistemas costeiros sendo muito importante para a produção pesqueira. Segundo Twilley (1986), mais de 90% da produção de

serapilheira nos bosques de franja (ribeirinho) podem ser exportados para o estuário adjacente. Considerando os altos valores de produção de serapilheira encontrados nos bosques de franja do Rio Ariquindá, leva-se a crer que esse ecossistema seja o principal fornecedor de matéria orgânica dissolvida e particulada para os consumidores de primeira ordem da teia trófica local, impulsionando a cadeia detritívora, e fertilizando as águas adjacentes. Há de se reconhecer a importância do ecossistema manguezal para a manutenção da biodiversidade costeira, e conseqüentemente para a economia pesqueira.

8 - CONCLUSÕES

- Os valores de produção estão de acordo com resultados encontrados em bosques com características semelhantes localizados em latitudes similares;

- Os bosques de franja são os mais produtivos, devido a maior frequência de inundação pelas marés, sendo importante exportador de matéria orgânica para o estuário adjacente. Os bosques de bacia são menos produtivos, devido possivelmente as condições de maior salinidade e menos aporte de nutrientes ocasionados por uma menor frequência de inundação.

- A espécie *L. racemosa* apresentou marcante sazonalidade na produção de componentes reprodutivos, principalmente propágulos. O mesmo não foi observado em *R. mangle* embora a produção de flores tenha demonstrado estar associada ao período chuvoso.

- A proporção fenológica da serapilheira confirma que os bosques estudados ainda não atingiram a maturidade uma vez que aproximadamente 70 a 80 % da produção total corresponde a fração folhas. Bosques mais maduros investem mais energia na produção de propágulos.

- Foi observada uma relação positiva entre o desenvolvimento estrutural do bosque e a produtividade. Nos bosques de maior altura e DAP e menor densidade de indivíduos os valores de produção tendem a ser mais elevados.

9 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados de produtividade primária entre os dois tipos de bosques estudados (franja e bacia) e das diferentes espécies, associada com dados de estrutura do bosque são ferramentas importantes para a compreensão do funcionamento do ecossistema

manguezal e de suas interações com ecossistemas adjacentes, sendo de fundamental importância para o entendimento das relações ecológicas do estuário do Rio Ariquindá.

O local é alvo de uma crescente expansão imobiliária que atinge o município de Tamandaré e que conseqüentemente causará impactos negativos para os manguezais da região. Esse crescente aumento de turistas que freqüentam a região principalmente durante os meses de verão faz com que medidas sejam tomadas como o objetivo de comportar a demanda de consumo e de insumos produzidos. O grande número de embarcações de passeio já levou a construção de marinas nas margens do rio o que tende a aumentar gradativamente os impactos negativos causados nos bosques de mangue do entorno, com o derrame de óleo, estresse sonoro, propagação de ondas e produção de lixo.

No final da transversal AF está sendo construída uma estrada que separa abruptamente o manguezal do ecossistema terrestre adjacente (um resquício de Mata Atlântica) o que pode ocasionar um déficit no *input* de nutrientes e água doce de origem terrestre para os bosques mais internos, sem falar na supressão de indivíduos localizados às margens da estrada.

Um sistema de tratamento de esgotos também está sendo construído às margens do Rio Ariquindá pela COMPESA (Companhia Pernambucana de Saneamento). Essa obra é de fundamental importância para o município de Tamandaré uma vez que grande parte da população não tem saneamento básico. A questão é saber se essa obra será feita seguindo os padrões de qualidade de emissão de efluentes e o tamanho do impacto negativo que esse empreendimento pode causar para as comunidades ribeirinhas, levando em consideração a fauna e a flora local.

Dessa forma, tendo em mãos um prognóstico dos manguezais da região, possíveis alterações na dinâmica do ambiente podem ser rapidamente detectadas e minimizadas com o monitoramento constante da área.

10 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAIME, R.R., 1985. **Produção do bosque de mangue da Gamboa Nóbrega (Cananéia, 25° Lat. S – Brasil)**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 305p.

ALMEIDA, R. 2004. **Dinâmica da serapilheira e funcionamento do ecossistema, Ilha do Cardoso, Cananéia, São Paulo, Brasil**. Tese de doutorado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. 103 pp.

ALONGI, D.M.; BOTO, K.G.; ROBERTSON, A.I. 1992. Nitrogen and phosphorus cycles. **In: Robertson A.I., Alongi, D.M. (eds) Tropical mangrove ecosystems**. American Geophysical Union. Washington. DC., pp 251-292.

ALONGI, D.M. & DIXON, P., 2000. **Mangrove primary production and above and below-ground biomass in Sawi Bay, southern Thailand**. Phuket Mar. Biol. Center. Spec. Publ. 22: 31 – 38.

ALONGI, D.M., CLOUGH, B.F., ROBERTSON, A.I., 2005a. Nutrient-use efficiency in arid-zone forests of the mangroves *Rhizophora stylosa* and *Avicennia marina*. **Aquat. Bot.** 82, 121-131.

ALONGI, D.M. 2007. The contribution of mangrove ecosystems to global carbon cycling and greenhouse gas emissions. **In: Tateda, Y., Upstill-Goddard, R., Goreau, T., Alongi, D., Nose, A., Kristensen, E., Wattayakorn, G. (Eds.)**, Greenhouse Gas and Carbon Balances in Mangrove Coastal Ecosystems. Maruzen, Tokyo, pp. 1-10.

ALONGI, D.M. 2008. Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 76: 1-13.

BORGES, A.V.; DJENIDI, S.; LACROIX, G.; THÉATE, J.; DELILLE, B.; FRANKIGNOULLE, M. 2003. Atmospheric CO₂ flux from mangrove surrounding Waters. **Geophys. Res. Lett.** 30, 1558.

BUNT, J.S., 1995. Continental scale patterns in mangrove litter fall. **Hidrobiologia**, 295: 135 – 140.

CANNICCI, S.; BURROWS, D.; FRATINI, S.; SMITH III, T.J.; OFFENBERG, J. & DAHDOUN-GUEBAS, F. 2008. Faunistic impact on vegetation structure and ecosystem function in mangrove forests: A review. **Aquat. Bot.** 89, 186-200.

CARVALHO, M.L. 2002. **Aspectos da produtividade primária dos bosques de mangue do Furo Grande, Bragança – Pará**. Dissertação de mestrado – Universidade Federal do Pará, Campus de Bragança – PA. 55p.

CHALE, F.M.M. 1993. Degradation of mangrove leaf litter under aerobic conditions. **Hydrobiology**, 257: 177-183.

CHALE, F.M.M. 1996. Litter production in an *Avicennia Germinans* (L.) stearn forest in Guyana, South America. **Hidrobiologia**, 330: 47-53.

- CHAPMAN, V.J. 1975. Mangrove biogeography. pp. 3-22. In: G.E. WALSH, S.C. SNEDAKER y H.J. Teas (Eds.). **Proc. of the International Symposium on Biology and Management of Mangroves**. East-West Center, Honolulu, Hawaii, 823 pp.
- CHAVES, F.O. 2003. **Caracterização e relações ambientais da produção de serapilheira em florestas de mangue da Baía de Guanabara, Rio de Janeiro – Brasil**. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico de São Paulo, 331 pp.
- CINTRÓN, G.; LUGO, A.E.; POOL, D.J.; MORRIS, G. 1978. Mangroves of arid environments in Puerto Rico and adjacent islands. **Biotropica**, 10: 110-121.
- CINTRÓN, G.; GOENAGA, C. & MARTÍNEZ, R., 1980b. Structural and functional properties of mangrove forests. **A Symposium Signaling the Completion of the “Flora of Panama”**. Universidad de Panamá. A Publicarse en: Monographs in Systematic Botany, Missouri Botanical Garden.
- CINTRÓN, G. & SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1983. Mangrove forests: Ecology and response to natural and man induced stressors. **In: OGDEN, J.C. & E.H. GLADFELTER (Eds.) Coral reefs, seagrass beds and mangroves: Their interaction in the coastal zones of the Caribbean**. UNESCO Reports in Marine Science, n.23, appendix 1, 87-110.
- CLOUGH, B.F. 1992. Primary production and growth of mangrove forests. **In: Robertson, A.I., Alongi, D.M. (Eds.), Tropical Mangrove Ecosystems**. Coastal and Estuarine, Series 41. American Geophysical Union, Washington, D.C, pp. 225-249.
- CLOUGH, B.F.; TAN, D.T.,; PHUONG, D.X.; BUU, D.C. 2000. Canopy leaf area index and litter fall in stands of the mangrove *Rhizophora apiculata* of different age in Mekong Delta, Vietnam. **Aquatic Botany** 66: 311 – 320.
- COELHO-JR, C. 2003. **Ecologia de Manguezais: Zonação e dinâmica dos bosques de mangue em gradientes ambientais (Cananéia, São Paulo)**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo, 165p.
- COMPANHIA PERNAMBUCANA DE MEIO AMBIENTE / CPRH, 1997. **Diagnóstico preliminar sócio ambiental do litoral sul de Pernambuco**. Recife, p. 85.
- CPRH, 1998. **Diagnóstico Socioambiental da APA de Guadalupe**. Relatório Técnico CPRH, Recife.
- DAWES, C.; SIAR, K., MARLETT, D. 1999. Mangrove structure, litter and macroalgal productivity in a northern-most forest of Florida. **Mangroves and Salt Marshes** 3: 259 – 267.
- DAY JR, J. W. & YÁNEZ-ARANCIBIA, A. 1982. Coastal Lagoons and estuaries: Ecosystems approach. **Cienc. Interam.**, 22: 11-26.
- DAY-JR, J.W., HALL, C.A.S., KEMP, W.M. & YÁNEZ-ARANCIBIA, A. 1989. **Estuarine Ecology**. John Wiley and Sons, New York. 558p.

DAY-JR, J.W.; CONNER, W.H.; LEY-LOU, F.; DAY, R.H.; NAVARRO, A.M. 1987. The productivity and composition of mangrove forests, Laguna de Terminos, Mexico. **Aquat. Bot.** 27: 267-284.

DAY-JR, J. W.; CORONADO-MOLINA; VERA-HERRERA, F.R.; TWILLEY, R.R., RIVERA-MONROY, V.H.; ALVAREZ-GUILLEN, H.; DAY, R. & CORNER, W. 1996. A 7 year record of above-ground net primary production in a Southeastern Mexican mangrove forest. **Aquatic Botany.** 55, 39 – 60.

DIAGNÓSTICO DO MUNICÍPIO DE TAMANDARÉ, 2005. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea no Estado de Pernambuco.** Ministério de minas e energia, secretaria de geologia, mineração e transformação mineral.

DITTMAR, T.; LARA, R.J.; KATTNER, G. 2001. River or mangrove? Tracing major organic matter sources in tropical Brazilian coastal Waters. **Mar. Chem.** 73, 253-271.

DITTMAR, T.; HERTKORN, N.; KATTNER, G.; LARA, R.J. 2006. Mangroves, a major source of dissolved organic carbon to the oceans. **Glob. Biogeochem. Cycles** 20, doi:10.1029/2005GB002570.

DUARTE, R.X. 1993. Mapeamento do quaternário costeiro do extremo sul do Pernambuco: Área 05-Tamandaré. **Relatório do curso de geologia.** Curso de Geologia UFPE, p. 86.

DUKE, N.C.; BUNT, J.S. & WILLIAMS, W.T. 1984. Observations on the floral and vegetative phenologies of North-Eastern Australian mangroves. **Australian Journal of Botany.** 32, 87 – 99.

FARIAS, A.S.C.; FERNANDES, M.E.B.; REISE, A. 2006. **Comparação da produção de serapilheira de dois bosques de mangue com diferentes padrões estruturais na península Bragantina, Bragança, Pará.** Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, Ciências Naturais, Belém V.1, n.3, p 53 – 60., 32: 53 – 63.

FÉLIX-PICO, E.F.; HOLGUIN-QUIÑONES, O.E.; HERNANDEZ-HERRERA, A. & FLORES-VERDUGO, F. 2006. Producción primaria de los mangles del Estero El Conchalito en Bahía de La Paz. **Ciências Marinas** 32 (1A) 53 – 63.

FERNANDES, M.E.B. 1997. **The ecology and productivity of mangroves in the Amazon region, Brazil.** Ph.D. Thesis. University of York, GB.

FERNANDES, M.E.B. 1999. Phenological patterns of *Rhizophora* L., *Avicennia* L. and *Laguncularia* Gaertn. F. in Amazonian mangrove swamps. **Hydrobiologia.** 413, 53 – 62.

FIELD, C.D. 1995. Impact of expected climate change on mangroves. *In:* Wong, Y.S.& Tam, N.F.Y. (eds). Asia-Pacific Symposium on Mangrove Ecosystems. **Hydrobiologia** 295: 75-81.

FLORES-VERDUGO, F.J.; DAY-JR., J. & BRISEÑO-DUEÑAS, R. 1987. Structure, litterfall, decomposition, and detritus dynamics of mangrove in a Mexican coastal lagoon with an ephemeral inlet. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 35: 83 – 90.

GIL, A.M. & TOMLINSON, P.B. 1971. Studies on the growth of red mangrove (*Rhizophora mangle* L.). Phenology of the shoot. **Biotropica** 3(2), 109 – 124.

GOULTER, P.F.E. & ALLAWAY, W.G. 1979. Litter fall and decomposition in a mangrove stand, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh., in Middle Harbour, Sydney. **Aust. J. Mar. Freshwater Res.**, 30: 541 – 546.

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.

HERZ, R. 1987. A regional program on coastal monitoring and management of mangrove in Brazil. *In: Symposium on Coastal and Ocean Management*, 5. Proceedings. New York, American Society of Civil Engineers, Seattle, (2): 2262-2268.

IBGE, 2008. **Perfil dos municípios brasileiros**. Pesquisa de informações básicas municipais. 244p.

KATHIRESAN, K. & BINGHAM, B.L. 2001. Biology of mangroves and mangrove ecosystems. **Adv. Mar. Biol.** 40, 81-251.

KRAUSS, K. W.; LOVELOCK, C.E.; MCKEE, K. L.; LOPEZ-HOFFMAN, L.; EWE, S.M.L. & SOUSA, W.P. 2008. Environmental drivers in mangrove establishment and early development: A review. **Aquatic Botany** 89: 105-127.

KRISTENSEN, E.; BOUILLON, S.; DITTMAR, T. & MARCHAND, C. 2008. Organic carbon dynamics in mangrove ecosystems: A review. **Aquatic Botany** 89: 201-219.

LEACH, G. J. & BURGIN, 1985. Litter production and seasonality of mangroves in Papua New Guinea. **Aquat. Bot.** 23: 215-224.

LOPEZ-PORTILLO, J. & EZCURRA, E. 1985. Litter fall of *Avicennia germinans* L. in a one-year in a mudflat at the Laguna de Mecoacan, Tabasco, Mexico. **Biotropica**, 17 (3): 186 – 190.

LUGO, A.E. & SNEDAKER, S.C. 1974. The ecology of mangroves. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 5: 39-64.

LUGO, A.E. & SNEDAKER, S.C. 1975. Properties of a mangrove forest in Southern Florida. *In: Proceedings of International Symposium in Biology and Management of Mangroves*. Vol 1, pp. 170 – 177.

LUGO, A.E., 1980. Mangrove ecosystems: successional or steady state? **Biotrópica** 12(2): 65-73.

- LUGO, A.E.; MEDINA, E.; CUEVAS, E.; CINTRÓN, G.; NIEVES, E.N.L. & SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 2007. Ecophysiology of a mangrove forest in Jobos Bay, Puerto Rico. **Caribbean Journal of Science**. Vol. 43. No.2, 200 – 219.
- MACKEY, A.P. & SMAIL, G. 1995. Spatial and temporal variation in litter fall of *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. in Brisbane River, Queensland, Australia. **Aquatic Botany** 52: 133 – 142.
- MALL, L.P.; SING, V.P. & GARGE, A. 1991. Study of biomass, litter fall, litter decomposition and soil respiration in monogeneric mangrove and mixed mangrove forests of Adaman Islands. **Tropical Botany** 32: 144 – 152.
- MAZDA, Y.; WOLANSKI, E. & RIDD, P.V. 2007. The Role of Physical Processes in Mangrove Environments: **Manual for the Preservation and Utilization of Mangrove Ecosystems**. Terrapub, Tokyo, 598 pp.
- MCGILL, J.T. 1958. Map of coastal landforms of the world. **Geogr. Rev.** 48: 402-405.
- MCKEE, K.L.; MENDELSSOHN, I.A. & HESTER, M.W. 1988. Reexamination of pore water sulfide concentrations and redox potentials near the aerial roots of *Rhizophora mangle* and *Avicennia germinans*. **American Journal of Botany**, 75: 1352-1359.
- MEDEIROS, T.C.C. 1996. **Produtividade e biomassa das espécies arbóreas do manguezal do estuário do Rio Paripe**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco – Recife, Pernambuco, 191pp.
- MEHLIG, U. 2001. **Aspects of tree primary production in an equatorial mangrove forest in Brazil**. Bremen: Center for Tropical Marine Ecology (ZMT). 155 p. (ZMT Contributions, 14).
- MEHLIG, U. 2006. Phenology of the red mangrove, *Rhizophora mangle* L., in the Caeté Estuary, Pará, equatorial Brazil. **Aquatic Botany** 84: 158-164.
- MENGHINI, R. P. 2004. **Ecologia de Manguezais: Grau de Perturbação e Processos Regenerativos em Bosque de Manguê da Ilha Barnabé, Baixada Santista, São Paulo, Brasil**. Dissertação de mestrado - Universidade de São Paulo, São Paulo, 96 pp.
- MENGHINI, R. P. 2008. **Dinâmica da recomposição natural em bosques de manguê impactados: Ilha de Barnabé (Baixada Santista), São Paulo, Brasil**. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo, São Paulo, 222 pp.
- MFILINGE, P.L.; MEZIANE, T.; BACHOK, Z. & TSUCHIYA, M. 2005. Litter dynamics and particulate organic matter outwelling from a subtropical mangrove in Okinawa Island, South Japan. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 63: 301-313.
- MMA, 2006. **Atlas dos recifes de coral nas unidades de conservação brasileiras**. Ana Paula Leite Prates (org.). 2ª ed. Ampliada. Brasília, MMA, SBF, 232 p.

- MOURA, R.T. & PASSAVANTE, J.Z.O. 1995. Biomassa Fitoplanctônica na Baía de Tamandaré, Rio Formoso – Pernambuco, Brasil. **Trab. Oceanog. Universidade Federal de Pernambuco, Recife**, v.23, p.1 – 15.
- NASCIMENTO-FILHO, G. A. 2007. **Desenvolvimento estrutural e padrão de zonação dos bosques de mangue no rio Ariquindá, Baía de Tamandaré, Pernambuco, Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Oceanografia. 82p.
- NEGRON, L. & CINTRÓN, G. 1981. Estructura y function del manglar de Laguna Joyuda, Mayaguez, Puerto Rico. **In: VII Simpósio Latinoamericano sobre Oceanografia Biológica**. Acapulco, México.
- NGA, B.T.; TINH, H.Q.; TAM, D.T.; SCHEFFER, M. & ROJACKERS, R. 2005. Young mangrove stands produce a large and high quality litter input to aquatic systems. **Wetlands Ecology and Management** 13: 569 – 576.
- OCHIENG, A.C. & ERFTEMEIJER, L.A., 2002. Phenology, litterfall and nutrient resorption in *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh in Gazy Bay, Kenya. **Trees** 16: 167 – 171.
- ODUM, E.P. 1971. **Fundamentos de Ecologia**. Fundação Calouste Gulbenkian (Ed.) 927p.
- ODUM, E.P. & BARRET, G.W. 2004. **Fundamentals of Ecology**, fifth Ed. Brooks-Cole, Belmont, CA, 598 pp.
- ODUM, H.T. 1967. Work circuits and system stress. **In.: YOUNG, H.E. (Ed.) Symposium on Primary Productivity and Mineral Cycling in Natural Ecosystems**. Univ. of Marine Press., Orono Maine, p.81-138.
- ODUM, H.T.; KEMP, W.; SELL, M.; BOYNTON, W. & LEHMAN, M. 1977. Energy analysis and the coupling of man and estuaries. **Environmental Management**. 1(4): 297-315.
- ODUM, W.E.; MCIIVOR, C.C. & SMITH III, J.T. 1982. **The ecology of the mangrove of South Florida: A Community profile**. Virginia University Charlottesville Dept. of Environmental Sciences. 156p.
- ODUM, W.E. & JOHANNES, R.E. 1975. The response of mangroves to man induced environment stress. pp. 52-62. En: E.J. Ferguson Wood y R.E. Johannes (Eds). **Tropical Marine Pollution**. Elsevier Oceanography Series, Amsterdam, The Netherlands, 192 pp.
- PALING, E.I; KOBRYN, H.T. & HUMPHREYS, G. 2008. Assessing the extent of mangrove change by Cyclone Vance in the eastern Exmouth Gulf, northwestern Australia. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 77; 603 – 613.
- POOL, D.J.; LUGO, A.E. & SNEDAKER, S.C. 1975. Litter production in mangrove forests of southern Florida and Puerto Rico, p. 213-237. **In: G. Walsh, S. Snedaker and H. Teas (Eds), Proceedings of the International Symposium on the Biology and**

Management of Mangroves. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville, Florida.

PROMATA, 2003. **Programa de apoio ao desenvolvimento sustentável na Zona da Mata de Pernambuco**, Linha de base municipal e indicadores sócio-econômicos de Tamandaré. 17p.

ROBERTSON, A.I. 1988. Decomposition of mangrove leaf litter in tropical Austrália. **J Exp Mar Biol Ecol** 166: 235-247.

ROBERTSON, A.I., ALONGI, D.M. (EDS.) 1992. Tropical Mangrove Ecosystems. **Coastal and Estuarine Studies** 41, American Geophysical Union, Washington.

ROBERTSON, A.I.; ALONGI, D.M. & BOTO, K.G. 1992. Food chains and carbon fluxes. **In: Robertson A.I., Alongi, D.M. (Eds). Tropical mangrove ecosystems.** American Geophysical Union, Washington, DC. pp 293-326.

SAENGER, P.; HEGERL, E.J. & DAVIE, J.D.S. 1983. Global Status of Mangrove Ecosystems. **The Environmental**, 3 (Supl.3): 1 – 88.

SAENGER, P. 2002. **Mangrove Ecology Silviculture and Conservation.** Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

SAENGER, P. & SNEDAKER, S.C. 1993. Pantropical above-ground biomass and annual litterfall. **Oecologia** 96: 293 - 299.

SAIFULLAH, S.M. & MANDURA, A.S. 1989. Litter production in a mangrove stand of the Saudi Arabian Red Sea Coast. **Aquatic Botany**, 36: 79 – 86.

SANTOS, F.L.B. 2001. **Levantamento da ictiofauna do estuário do Rio Formoso.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Recife, 76 pp.

SASEKUMAR, A. & LOI, J.J. 1983. Litter production in three mangrove forest zone in the Malay Peninsula. **Aquatic Botany**, 17: 283 – 290.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y & CINTRÓN-MOLERO, G.; ADAIME, R.R.; CAMARGO, T.M., 1990. Variability of mangrove ecosystems along the Brazilian coast. **Estuaries**, 13 (2): 204 – 218.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y & CINTRÓN, G. 1986. Guia para estudo de áreas de manguezal, estrutura, função e flora. **Caribbean Ecological Research**, São Paulo, 150p. + 3 apêndices.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN-MOLERO, G.; CUNHA-LIGNON, M. & COELHO-JR., C. 2005. “A Conceptual Hierarchical Framework for Marine Coastal Management and Conservation: a Janus-Like Approach”. **Journal of Coastal Research**, Special Issue n° 42. p. 162-168.

- SHUNULA, J.P. & WHITTICK, A. 1999. Aspects of litter production in mangroves from Unguja Island, Zanzibar, Tanzânia. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 49: 51-54.
- TAM, N.F.Y.; WONG, Y.S.; LAN, C.Y. & WANG, L.N. 1998. Litter production and decomposition in a subtropical mangrove swamp receiving wastewater. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 226: 1 – 18.
- TEAS, H.J. 1974. Productivity of Biscaine Bay mangroves. **In: Biscane Bay Symposium: Past, present and future**. Miami, University of Miami.
- TWILLEY, R.R. 1982. **Litter dynamics and organic carbon exchange in black mangrove (*A. germinans*) basin forest in a southwest Florida estuary**. Ph.D. dissertation. University of Florida, Gainesville. 260p.
- TWILLEY, R.R. 1985. The exchange of organic carbon in basin mangrove forest in a southwest Florida estuary. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 20: 543 – 557.
- TWILLEY, R.R.; LUGO, A.E. & PATTERSON-ZUCCA, C. 1986. Litter production and turnover in basin mangrove forests in southwest Florida. **Ecology** 67: 670-683.
- TWILLEY, R.R. 1988. Coupling of mangroves to the productivity of estuarine and coastal waters. **In: Jansson BO (ed) Coastal-off-shore ecosystem interactions**. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 155-180.
- TWILLEY, R.R.; CHEN, R.H. & HARGIS, T. 1992. Carbon sinks in mangrove forests and their implications to the carbon budget of tropical coastal ecosystems. **Water Air Soil Pollut.** 64, 265-288.
- TWILLEY, R.R. 1995. Properties of mangrove ecosystems in relation to the energy signature of coastal environments, p. 43 – 62. **In: C.A.S. Hall (Ed.). Maximum Power**. University Press of Colorado, Niwot.
- TWILLEY, R.R.; PORO, M.; GARCIA, V.H.; RIVERA-MONROY, V.H.; ZAMBRANO, R. & BODERO, A. 1997. Litter dynamics in riverine mangrove forests in the Guayas River Estuary, Ecuador. **Oecologia**, 111, 109-122.
- TWILLEY, R.R. & DAY-JR, J.W. 1999. The productivity and nutrient cycling of mangrove ecosystem, p. 127-152. **In: A. Yáñez-Arancibia y A.L. Lara-Dominguez (eds.) Ecosistemas de Manglar en América Tropical**. Instituto de Ecología, A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA. 380 p.
- VALIELA, I.; BOWEN, J.L. & YORK, J.K. 2001. Mangrove forests: one of the world's threatened major tropical environments. **BioScience** 51, 807-815.
- VIEIRA, D. A. N. 2000. **Macrozooplâncton recifal da Baía de Tamandaré, Pernambuco-Brasil**. Tese de Doutorado - Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, p. 96.

VITOUSEK, P.M., 1982. Nutrient cycling and nutrient use efficiency. **American Naturalist**, 119: 553-572.

WAFAR, S.; UNTAWALE, A.G. & WAFAR, M. 1997. Litter fall and energy flux in a mangrove ecosystem. **Estuarine, Coastal, and Shelf Science**. 44: 111-124.

WALSH, G.E. 1974. Mangroves: a review. *In: R.J. Reimold y W.H. Queen (Editores). Ecology of Halophytes*. Academic Press, Inc. 605 pp.

WOODROFFE, C.D. 1982. Litter production and decomposition in the New Zealand mangrove *Avicennia marina* var. *resinifera*. **N Z J Mar Freshw Res** 16: 179-188.

WOODROFFE, C.D. 1984. Litter fall beneath *Rhizophora stylosa* Griff., Vaitupu, Tuvalu, South Pacific. **Aquatic Botany**, 18: 249 – 255.

WOODROFFE, C.D. 1988. Mangrove and sedimentation in reef environments: indicators of past sea-level changes, and present sea-level trends? *In: Proc. 6th Int. Coral Reef Cong.*, Vol.3. pp. 535 – 539.

YÁNEZ-ARANCIBIA & LARA-DOMINGUEZ (EDS.), 1999. **Ecosistemas de manglar em América Tropical**. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, México; UICN/ORMA Costa Rica; NOAA/NMFS Silver spring MD USA. 380p.