MARÍLIA CUNHA-LIGNON

Dinâmica do manguezal no Sistema de Cananéia-Iguape,
Estado de São Paulo – Brasil

Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico da
Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos
para obtenção do título de Mestre em Ciências, área de
Oceanografia Biológica.

Orientador:

Profa. Dra. Yara Schaeffer Novelli

São Paulo

2001

Universidade de São Paulo
Instituto Oceanográfico

Dinâmica do manguezal no Sistema de Cananéia-Iguape, Estado de São Paulo – Brasil

Marília Cunha-Lignon

Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências, área de Oceanografia Biológica.

Aprovada em ____/____/____

Prof. Dr. Ailton Luciari
Professor Doutor no Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas na Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Moysés Gonzalez Tessler
Professor Doutor no Departamento de Oceanografia Física do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo

Profa. Dra. Yara Schaeffer Novelli
Professora Doutora no Departamento de Oceanografia Biológica do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo

“Para viajar basta existir. Vou de dia para dia, como de estação para estação, no comboio do meu corpo, ou do meu destino, debruçado sobre as ruas e as praças, sobre os gestos e os rostos sempre iguais e sempre diferentes, como afinal, as paisagens são. A vida é o que fazemos dela. As viagens são os viajantes. O que vemos, não é o que vemos, senão o que somos.”

Fernando Pessoa

ÍNDICE

ÍNDICE	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE TABELAS	viii
AGRADECIMENTOS	ix
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xiv
I. INTRODUÇÃO	1
I.1. PROCESSOS COSTEIROS E NÍVEIS DE ORGANIZAÇÃO DA PAISAGEM	1
I.2. MANGUEZAIS E TIPOS FISIOGRAFICOS.....	3
I.3. GERENCIAMENTO COSTEIRO INTEGRADO	5
I.4. MANGUEZAIS DO SISTEMA CANANÉIA-IGUAPE.....	7
II. OBJETIVOS	10
III. JUSTIFICATIVAS	10
IV. ÁREA DE ESTUDO.....	12
IV.1. ORIGEM DO SISTEMA CANANÉIA-IGUAPE.....	12
IV.2. CARACTERÍSTICAS GERAIS.....	13
IV.2.1 <i>Feições de Deposição</i>	14
V. MATERIAL E MÉTODOS	15
V.1. NÍVEIS HIERÁRQUICOS E ESCALAS ESPAÇO-TEMPORAIS.....	15
V.2. TRATAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS.....	16
V.2.1 <i>Imagens Vetorizadas</i>	16
V.2.2 <i>Imagens Raster</i>	17
a) Características do sensor TM/Landsat e de seus canais:.....	17
b) Técnicas convencionais de processamento de imagens digitais	18
(b.1) Pré-processamento	18
(b.2) Realce	19
(b.3) Classificação.....	19
V.3. ATIVIDADES DE CAMPO	20
V.3.1 <i>Pontos amostrais</i>	20
V.4. ESTRUTURA DO BOSQUE DE MANGUE.....	22
V.5. LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO	23
V.6. TRATAMENTO DE DADOS ESTRUTURAIS	24
V.7. TRATAMENTO ESTATÍSTICO	26
VI. RESULTADOS	26
VI.1. TRATAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS.....	26
VI.2. ESTRUTURA DO BOSQUE DE MANGUE E LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO	28
VI.2.1 <i>“Pai Matos”</i>	28
VI.2.2 <i>“Baguaçu”</i>	30
VI.2.3 <i>“Nóbrega”</i>	33
VI.2.4 <i>“Sítio Grande”</i>	34
VI.2.5 <i>“Cabeçuda”</i>	36
VI.2.6 <i>“Sacová”</i>	38
VI.3. TRATAMENTO ESTATÍSTICO	39
VII. DISCUSSÃO	39

VII.1.	TRATAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS.....	39
VII.2.	ESTRUTURA DO BOSQUE DE MANGUE E TOPOGRAFIA	41
VII.3.	DINÂMICA DO MANGUEZAL	44
VII.4.	TRATAMENTO ESTATÍSTICO	46
VIII.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
IX.	CONCLUSÕES	48
X.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
XI.	FIGURAS E TABELAS.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1: Classificação da costa brasileira, segundo Silveira (1964).
- Figura 2: Limite dos segmentos da costa brasileira (Schaeffer-Novelli *et al.*, 1990a), destacando o segmento VII, onde se insere o Sistema Cananéia-Iguape, área objeto do presente estudo.
- Figura 3: Níveis de organização e de dissipação de energia do ecossistema manguezal, cedido por Schaeffer-Novelli & Cintrón-Molero (*não publicado*).
- Figura 4: Ambientes geomorfológicos dominados por ondas (**A**) e Ambientes geomorfológicos dominados por marés e protegidos da ação das ondas (**B**), adaptada de Jiménez (1999).
- Figura 5: Síntese do estado de conservação dos manguezais na América Latina e no Caribe, segundo Dinerstein *et al.* (1995).
- Figura 6: *Settings* propostos por Thom (1984).
- Figura 7: Esquema das energias subsidiárias que constituem a assinatura energética do ecossistema manguezal, adaptado de Twilley (1995).
- Figura 8: Setorização do litoral do Estado de São Paulo, pelo Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro.
- Figura 9: Esquema de progressão de ilhas sedimentares e dos bosques de mangue, adaptado de Dias-Brito & Zaninetti (1979).
- Figura 10: Esquema de evolução quaternária da planície costeira de Cananéia-Iguape, segundo Suguio & Martin (1978), elaborado por Bonetti Filho (1995).
- Figura 11: Localização do Sistema Cananéia-Iguape.
- Figura 12: Fluxograma do desenvolvimento do presente estudo.
- Figura 13: Representação esquemática das etapas de trabalho em diferentes escalas espaço-temporais abordadas neste estudo.
- Figura 14: Representação esquemática das etapas de trabalho adotadas quando do tratamento de imagens digitais.
- Figura 15: Diagrama dos ambientes dominados por rios, ondas e marés, adaptado de Boyd *et al.* (1992).
- Figura 16: Localização dos pontos amostrais no Sistema Cananéia-Iguape.

- Figura 17: Comparação esquemática da formação da Ilha do Boqueirão e da região do Mar de Cananéia, a partir de levantamentos aerofotogramétricos de 1962 e 1973, adaptada de Tessler e & Furtado (1983). Escala das fotos: 1: 25.000.
- Figura 18: Comparação esquemática da formação da Ilha do Aceiro Grande, no Mar de Cubatão, a partir de levantamentos aerofotogramétricos de 1962 e 1973, adaptada de Tessler & Furtado (1983). Escala das fotos: 1: 25.000.
- Figura 19: Composição colorida (RGB) TM3/TM2/TM1, obtida para a área de estudo a partir da imagem Landsat5, WRS 220/77D, de 14/09/1986.
- Figura 20: Composição colorida (RGB) TM4/TM3/TM2, obtida para a área de estudo a partir da imagem Landsat5, WRS 220/77D, de 14/09/1986.
- Figura 21: Composição colorida (RGB) TM5/TM4/TM3, obtida para a área de estudo a partir da imagem Landsat5, WRS 220/77D, de 14/09/1986.
- Figura 22: Detalhe da área de estudo, mostrando a região da Baía de Trapandé. Destaque para as áreas de manguezal e baixios (bancos de sedimentação). Composição colorida (RGB) TM4/TM3/TM2, a partir da imagem Landsat5, WRS 220/77D, de 14/09/1986.
- Figura 23: Composição colorida (RGB) TM4/TM3/TM2 obtida para área de estudo a partir da imagem Landsat5, WRS 220/77D, de 14/09/1986 e *layers* vetorizados.
- Figura 24: Classificação MAXVER da composição colorida (RGB) TM4/TM3/TM2, obtida para área de estudo a partir da imagem Landsat5, WRS 220/77D, de 14/09/1986.
- Figura 25: Classificação MAXVER da composição colorida (RGB) TM4/TM3/TM2, obtida para área de estudo a partir da imagem Landsat5, WRS 220/77D, de 02/09/1999.
- Figura 26: Classificação MAXVER da composição colorida (RGB) TM4/TM3/TM2 obtida para área de estudo a partir da imagem Landsat5, WRS 220/77D, de 14/09/1986. e *layers* vetorizados.
- Figura 27: Detalhe da Desembocadura de Cananéia, na área de estudo. Classificação MAXVER da composição colorida (RGB) TM4/TM3/TM2, imagem Landsat5, WRS 220/77D, de 14/09/1986.

Figura 28: Detalhe da Desembocadura de Cananéia, na área de estudo. Classificação MAXVER da composição colorida (RGB) TM4/TM3/TM2, obtida para a área de estudo a partir da imagem Landsat5, WRS 220/77D, de 02/09/1999.

Figura 29: Dominância em área basal, por espécie, dos bosques de mangue de Pai Matos.

Figura 30: Área basal por classe de DAP, dos bosques de mangue de Pai Matos.

Figura 31a: Perfil topográfico de Pai Matos, ao longo da transversal 1.

Figura 31b: Perfil topográfico de Pai Matos, ao longo da transversal 2.

Figura 32: Dominância em área basal por espécie, dos bosques de mangue do Baguaçu.

Figura 33: Área basal por classe de DAP, dos bosques de mangue do Baguaçu.

Figura 34a: Perfil topográfico do Baguaçu, ao longo da transversal 1.

Figura 34b: Perfil topográfico do Baguaçu, ao longo da transversal 2.

Figura 35: Dominância em área basal, por espécie, dos bosques de mangue do Nóbrega.

Figura 36: Área basal por classe de DAP, dos bosques de mangue do Nóbrega.

Figura 37: Perfil topográfico do Nóbrega, ao longo da transversal única.

Figura 38: Dominância em área basal, por espécie, dos bosques de mangue do Sítio Grande.

Figura 39: Área basal por classe de DAP, dos bosques de mangue do Sítio Grande.

Figuras 40a: Perfil topográfico do Sítio Grande, ao longo da transversal 1.

Figura 40b: Perfil topográfico do Sítio Grande, ao longo da transversal 2.

Figura 40c: Perfil topográfico do Sítio Grande, ao longo da transversal 3.

Figura 41: Dominância em área basal, por espécie, dos bosques de mangue da Cabeçuda.

Figura 42: Área basal por classe de DAP, dos bosques de mangue da Cabeçuda.

Figura: 43a Perfil topográfico da Cabeçuda, ao longo da transversal 1.

Figura: 43b Perfil topográfico da Cabeçuda, ao longo da transversal 2.

Figura 44: Dominância em área basal, por espécie, dos bosques de mangue do Sacová.

Figura 45: Área basal por classe de DAP, dos bosques de mangue do Sacová.

Figura 46a: Perfil topográfico do Sacová, ao longo da transversal 1.

Figura 46b: Perfil topográfico do Sacová, ao longo da transversal 2.

Figura 46c: Perfil topográfico do Sacová, ao longo da transversal 3.

Figura 46d: Perfil topográfico do Sacová, ao longo da transversal 4.

Figura 47: Análise de agrupamento por ligação simples. Altura média dos bosques e DAP médio, nos pontos amostrais, por parcela.

Figura 48: Zonação nos bosques de mangue nos pontos amostrais no Sistema Cananéia-Iguape, ao longo das transversais 1.

Figura 49: Esquema de diferentes estágios de evolução de áreas ocupadas por manguezal, adaptado de Dias-Brito & Zaninetti (1979).

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela I: Hierarquia organizacional do ecossistema manguezal, proposta por Schaeffer-Novelli *et al.* (2000).

Tabela II: Área de manguezal nas Unidades de Conservação na região do Sistema Cananéia-Iguape, segundo Rodrigues (1998).

Tabela III: Base cartográfica utilizada no presente estudo.

Tabela IV: Faixa espectral dos canais do sensor TM.

Tabela V: Principais aplicações dos canais do sensor TM.

Tabela VI: Pontos de amostragem de estrutura dos bosques de mangue, sob ação de agentes dominantes de transporte de sedimento (rio e maré).

Tabela VII: Siglas para parcelas e transversais de cada ponto amostral.

Tabela VIII: Desenvolvimento estrutural dos bosques de mangue para cada ponto amostral: DAP médio, área basal e altura média.

Tabela IX: Dominância em área basal (%), por espécie e área basal, por espécie, dos bosques de mangue de cada ponto amostral.

Tabela X: Área basal, por classe de DAP de troncos vivos e mortos, dos bosques de mangue de cada ponto amostral.

Tabela XI: Dominância em área basal (%), de troncos vivos e mortos, por espécie dos bosques de mangue de cada ponto amostral.

Tabela XII: Área Basal (m²/ha), de troncos vivos e mortos, por espécie e por classe de DAP, dos bosques de mangue de cada ponto amostral.

Tabela XIII: Densidade relativa (%), de troncos vivos e mortos, por espécie e por classe de DAP, dos bosques de mangue de cada ponto amostral.

Tabela XIV : Grupos A, B e C formados no dendrograma, da análise de agrupamento por ligação simples, a partir dos valores de DAP médio, altura média do bosque e área basal total dos pontos amostrais.

Tabela XV: Características estruturais dos manguezais estudados no Sistema Cananéia-Iguape, desde 1985. Adaptada de Almeida *et al.* (2000).

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho não teria se completado sem a colaboração, generosidade, amizade e carinho de muitos. Sou imensamente grata à todos!

À Profa. Dra. Yara Schaeffer Novelli, pela orientação e estímulo a esse trabalho. Por mostrar que pesquisa deve ser sempre feita com paixão e caráter;

ao Msc. Clemente Coelho Junior (*Clements*), meu “orientador” em campo, pela ajuda na escolha dos pontos amostrais, pelas inúmeras parcelas marcadas e por me mostrar a hora de parar e refletir. Imensa ajuda que não terei como retribuir (além de lhe ter como colaborador nos trabalhos que virão a partir de agora ;-). Ir a campo com você é sempre um aprendizado, acompanhado de muita surpresa (incluindo salvar “Garibaldi”, a garça cinza, que quase morreu afogada presa a um mexilhão...) Obrigada pelas muitas conversas e por me tranquilizar dizendo: “Calma, Marília! Você está no caminho certo”;

à Profa. Dra. Hilda de Souza Lima Mesquita, minha orientadora *de direito* durante um bom tempo do mestrado, pelo carinho com que me aceitou e pela paciência de assinar formulários, relatórios e cheques Fapesp...;

ao Prof. Dr. Gilberto Cintrón, pela idéia inicial dessa pesquisa e pela colaboração ao longo do processo;

ao Prof. Dr. Moysés Tessler - grande “facilitador de aprendizagem” -, por sua atenção e pelos inúmeros esclarecimentos sobre o Sistema Cananéia-Iguape;

ao Prof. Dr. Ailton Luchiari, coordenador do Laboratório de Aerofotogeografia e Sensoriamento Remoto, do Departamento de Geografia da USP, por possibilitar a utilização dos equipamentos de informática adequados e do SIG *ILWIS*;

ao Marc, meu marido, companheiro de muitas viagens. Seu lado “naturalista” fizeram das tantas idas à Cananéia a forma mais gostosa de conhecer a região de estudo. Obrigada pela colaboração em campo e pelas tantas conversas que me ajudaram a pensar sobre o trabalho e, principalmente, sobre a vida. Que a gente tenha tripulantes nessa nossa viagem!;

aos estagiários e amigos do Laboratório BIOMA, Camila, André e Ricardo pela enorme ajuda na coleta de dados em campo, apesar dos pólvoras, do calor, da chuva, do

frio, da falta de um banheiro por perto e do “queijunto” todos os dias... Espero que a gente compartilhe muitos outros trabalhos de campos pela frente.

à Georgia (dos caranguejos), Sarah e Pitu, que deixaram seus alunos e salas de aula para ajudar nas coletas de estrutura e de topografia. O manguezal está a espera de vocês três!

ao Biol. Renato (Renatão), grande amigo e parceiro de trabalhos “transdisciplinéticos”, que inspiraram muitas conversas e viagens (de carro, ônibus sem freio na Ilha Comprida, de carona de jipe, de kombi e outras mais);

aos monitores de Cananéia, Cláudio e Selmo, pelo auxílio nas coletas de campo e por me ensinarem a olhar a região com os olhos da terra;

ao piloto, da Base de Cananéia (IOUSP), Humberto, que nos acompanhou tantas vezes ao campo, nos garantindo segurança. Obrigada pela paciência de esperar durante 6, 7 8 horas em baixo de sol ou chuva;

ao técnico Ricardo pela ajuda durante a coleta de dados topográficos, que agilizou muito o trabalho de campo;

aos funcionários da Base de Cananéia, do IOUSP, Heloísa, Fátima, Lourdes, Sr. Apolinário, João, Zeca, Chen, Clovinho, Sr. Nhonhô, pelo carinho com que me receberam sempre;

ao Clóvis (*in memoriam*) e ao Sr. Gilinho, pela simplicidade e grandeza dos dois. Descobrir Cananéia com vocês foi um privilégio!;

ao Sr. João Rios e à Sra. Cida, por aquecerem nossas noites com conversas sobre fauna, flora e cachoeiras da região, regadas a canelinhas e goiabinhas;

às entidades Vovó do Mangue, Iemanjá e ao Deus Netuno, por protegerem os manguezais, mares e oceanos. Vovó do Mangue, agradeço por nos ter permitido trabalhar, apesar das *brincadeiras* na Ilha do Sacová;

ao Prof. Dr. Arlei e ao Sr. Pedro, do Laboratório de Informática Geológica, do Instituto de Geociências da USP pela gentileza de fornecer a imagem de satélite de 1986;

ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pelo fornecimento da imagem de satélite de 1999 e ao Martini, do Centro de Atendimento ao Usuário do INPE, pela atenção com que recebe a todos;

ao Núcleo de Estudos em Manguezais (NEMA), do Departamento de Oceanografia da UERJ, sobretudo ao Mário, Felipe e Fábio pela paciência de me ensinarem a metodologia de obtenção de dados topográficos, em campo. Pela

maravilhosa planilha Excell de tratamento de dados de estrutura, do Felipe. Sem ela, eu estaria ainda fazendo cálculos + cálculos....;

ao Jarbas Bonetti Filho, pelos esclarecimentos via e-mail sobre sensoriamento remoto, pela cópia do livro sobre SIG e pelas separatas de seus trabalhos. Quando se está iniciando em uma nova área, é fundamental poder contar com uma ajuda como a sua;

à Ana Lydia, pelos trabalhos emprestados para xerox, que ajudaram demais no início do trabalho com tratamento de imagens digitais;

ao Fábio e *Clements*, que me ajudaram a incluir o tratamento estatístico nesse trabalho e por discutirem os resultados comigo;

aos funcionários do IOUSP, Jorge, Sr. Amaro, Edna, Trini e Sr. Nelson (chefe da oficina) e a todos aqueles que me ajudaram nesse percurso;

à Marta, pelo caprichado da ilustração (Figura 48), que resume bem o presente trabalho;

à Samara, da Oceanografia Geológica, pela atenção no empréstimo das fotografias aéreas, de 1981;

aos amigos de pós-graduação do IOUSP, Dodó, Corrine, Kika, Cris, Nila, André, César, Renatão, Renatinha, Gilvan e Raquel, que fizeram o período de disciplinas tão divertido, acompanhado de pizza à muqueca, e cheio de sotaques;

aos amigos do BIOMA, Adriana, Elena, Pedro, Georgia (advogada), *Clements*, Renatão, Fábio, *Xúlio*, Ana Margarida, Georgia (dos caranguejos), Yarinha, Chris e Andréa pelos momentos divertidos que passamos juntos;

à Cristiana (Tiana), irmã querida, por ser minha melhor amiga; e à Mariana, sobrinha linda, pelos sorrisos e molecagens;

a minha mãe, Stella, pelo amor e pelos muitos colos;

ao meu pai, Luiz Antônio, pelo constante apoio e encorajamento de sempre;

à família paulistana, vó Penha, tios Paulinho, Luciano, Ida, Gláucia e Meire e aos meus primos, por fazerem minha vida em Sampa mais acolhedora;

à Susi et Jacques, mes beaux-parents, pour m'avoir accueilli à São Paulo avec amour, leur cuisine française et les bons vins;

a grande amiga Lu, pelo maior carinho do mundo;

à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo auxílio à pesquisa, no início do mestrado;

à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo auxílio à pesquisa (Processo N° 99/08224-6) durante a maior parte deste estudo; e

ao Bureau da Convenção sobre Zonas Úmidas – RAMSAR, “Projeto Wetlands for the Future” (Processo WFF/99/BRA/3) pelo auxílio concedido, durante o ano de 2000. A concepção da Convenção RAMSAR de conservação das zonas úmidas no mundo é linda e necessária!

RESUMO

As condições físicas do ambiente, pretéritas e atuais, determinam variações quanto à estrutura e distribuição dos manguezais ao longo das áreas litorâneas. O presente estudo visa caracterizar as tendências da dinâmica de bosques de mangue do Sistema Cananéia-Iguape. Tratamento de imagens digitais e dinâmica de feições sedimentares na região forneceram subsídios para o presente estudo. O Sistema Cananéia-Iguape está localizado no extremo sul do Estado de São Paulo (Brasil), latitude de 25°S. Imagens digitais TM/Landsat5, WRS 220/77 D, composição colorida (RGB) TM4/TM3/TM2, de duas datas (14/09/86 e 02/09/99) foram tratadas no SIG *ILWIS* (*Integrated Land and Water Information System*). Os pontos de amostragem de estrutura dos bosques de mangue e de topografia foram escolhidos considerando-se os resultados da classificação supervisionada e da dinâmica sedimentar das feições de deposição no sistema, segundo Tessler (1982) e Tessler & Furtado (1983). Para estudo da estrutura dos bosques de mangue adotou-se metodologia de Schaeffer-Novelli & Cintrón (1986). Análise de agrupamento por ligação simples confirmou os resultados obtidos no tratamento de dados de estrutura dos bosques de mangue. A dinâmica sedimentar e a topografia são fatores que determinam a colonização por determinadas espécies de mangue em feições de deposição.

Palavras-Chaves: dinâmica dos bosques de mangue, dinâmica sedimentar, tratamento de imagens digitais, Sistema Cananéia-Iguape.

ABSTRACT

Past and current environment conditions drive changes to mangrove structure and distribution along the coast. This paper aims to characterize mangrove forest dynamic tendencies at Cananeia-Iguape System. Digital image processing and region morphodynamics support the present study. Cananeia-Iguape System is located at the South of São Paulo State (Brazil), latitude 25°S. A colored composition (RGB TM4/TM3/TM2) of Landsat TM digital images (WRS 220/77D) from different dates (14/09/86 and 02/09/99) were processed with *ILWIS SIG (Integrated Land and Water Information System)*. Mangrove forest structure and topographic sampling spots were chosen given the results of supervised classification and given its sedimentary morphodynamic deposition, following Tessler (1982) and Tessler & Furtado (1983). Mangrove forest structure study is based on Cintrón & Schaeffer-Novelli (1984). Single linkage cluster analysis has confirmed the results obtained from the mangrove forest structure study. Region sedimentary dynamics and topographic factors drive mangrove colonization by particular species on deposition shores.

Keywords: mangrove forest dynamics, sedimentary dynamic, digital image processing, Cananeia-Iguape System.

I. INTRODUÇÃO

I.1. Processos costeiros e níveis de organização da paisagem

Ingman & Nordstrom (1971) determinaram três níveis organizacionais (1^a a 3^a ordens), nos quais estariam distribuídos os ecossistemas costeiros, caracterizados pela extensão ocupada no ambiente e pelos processos costeiros/marinhos dominantes. Segundo aqueles autores, a magnitude das alterações ocorridas é própria de cada nível, variando de milhões de anos a algumas horas.

Silveira (1964) classifica a costa brasileira em cinco unidades levando em consideração elementos oceanográficos, climáticos e continentais (Figura 1). O litoral sudeste ou das escarpas cristalinas se estende do sul do Espírito Santo até Cabo de Santa Marta (SC), sendo caracterizado pelo complexo cristalino e por rios que, em sua maioria, fluem para o interior do continente e não para o mar. O litoral das escarpas cristalinas é caracterizado por inúmeras reentrâncias e pequenas baías (Silveira, *op. cit.*), sendo que algumas delas foram preenchidas por sedimentos marinhos quaternários, formando planícies costeiras, como a de Cananéia-Iguape (Suguio & Martin, 1976).

Schaeffer-Novelli *et al.* (1990a) dividiram o litoral brasileiro em oito unidades (Segmentos I a VIII), de acordo com a uniformidade de condições hidrológicas, oceanográficas, fisiográficas e climáticas, descrevendo ocorrência, distribuição e as características estruturais dos bosques de mangue em cada segmento (Figura 2). Segundo aqueles autores, o Segmento I compreende a região do Cabo Orange (04°30'N) ao Cabo Norte (01°40'N); Segmento II, do Cabo Norte (01°40'N) a Ponta Curuçá (00°36'S); Segmento III, da Ponta Curuçá (00°36'S) a Ponta Mangues Secos (02°15'S); Segmento IV, Ponta Mangues Secos (02°15'S) ao Cabo Calcanhar (05°08'S); Segmento V, do Cabo Calcanhar (05°08'S) ao Recôncavo Baiano (13°00'S); Segmento VI, Recôncavo Baiano (13°00'S) ao Cabo Frio (23°00'S); Segmento VII, do Cabo Frio (23°00'S) à Torres (29°20'S); Segmento VIII, de Torres (29°20'S) ao Chuí (33°35'S).

Segundo Schaeffer-Novelli *et al.* (*op. cit.*), no Segmento VII - do Cabo Frio (23°00'S) à Torres (29°20'S) - inclui-se o limite sul de ocorrência de manguezais, na

costa Atlântica da América do Sul, em Laguna (SC) (28°30'S). Esse segmento é marcado pela estrutura cristalina da Serra do Mar, sendo também encontradas planícies costeiras, formadas por sistemas de laguna e barreiras, assim como reentrâncias, enseadas e baías que formam áreas abrigadas, onde se desenvolvem manguezais. As regiões com maior ocorrência de manguezais ao longo do Segmento VII são as Baía de Guanabara, Baía de Sepetiba e Ilha Grande no Rio de Janeiro; Baixada Santista e Sistema Cananéia-Iguape em São Paulo; baías de Paranaguá, Laranjeiras e Guaratuba no Paraná; Baía de São Francisco, Ilha de Santa Catarina e lagoas de Santo Antônio e do Imaruí em Santa Catarina (Sant'Anna & Whately, 1981).

Schaeffer-Novelli *et al.* (2000), apresentaram cinco níveis de organização dos manguezais em função da escala espacial adotada: *Site*, *Stand*, *Setting*, *Coastal Domain* e *Large Marine Ecosystem*. O nível básico dessa hierarquia consistiria na árvore, correspondendo à unidade da cobertura vegetal, ocupando entre 0,01 e 0,1ha de área, o *Site*. O nível seguinte compreenderia o bosque – *Stand* - 0,1 a 100ha, correspondendo ao conjunto de unidades do primeiro nível organizacional. Em seguida o *setting*, termo proposto por Thom (1982, 1984), representaria extensões de 10 a 100km, estando submetidas às variações geomorfológicas, apresentando respostas erosivas e deposicionais. Os segmentos ou domínios costeiros (*Coastal Domain*) constituiriam o nível seguinte, ocupando entre 500 a 1.000km da costa, correspondendo, no Brasil, aos oito segmentos propostos por Schaeffer-Novelli *et al.* (1990a). O nível mais alto seria representado pelos *Large Marine Ecosystems*, conceito proposto por Longhurst (1998), equivalente às regiões biogeográficas em oceanos e áreas costeiras (Tabela 1 e Figura 3).

Tabela I: Hierarquia organizacional do ecossistema manguezal, proposta por Schaeffer-Novelli *et al.*, 2000.

Nível hierárquico	Ordem de Grandeza	Geographic mapping
<i>Site</i> (árvore)	~ 0.01 – 0.1ha	1:1
<i>Stand</i> (parcela / bosque)	0.1 – 100ha	1: 2.500 a 1: 10.000
<i>Setting</i>	10 – 100km	1: 50.000 a 1: 250.000
<i>Coastal Domain</i> (segmentos)	500 – 1000km	1: 250.000 a 1: 100.00
<i>LME's</i>	3.000km ou 20x10 ⁶ ha	1: 100.000 a 1: 500.000

Em função dos processos costeiros, Jiménez (1999) classificou os manguezais em dois grupos, de acordo com a geomorfologia da costa Pacífica da América Central:

ambientes com fortes ondas e barreira arenosa; e ambientes com baixa energia de ondas e grande amplitude de marés (Figura 4). Em áreas submetidas a forte energia das ondas e correntes de deriva litorânea o material é distribuído em cordões arenosos. Essas formações mantêm comunicação com as águas costeiras oceânicas por uma ou mais desembocaduras, permitindo o desenvolvimento de manguezais protegidos do embate das ondas. Nesses ambientes, o elemento geomorfológico principal é o cordão arenoso. Em regiões internas de golfos e baías, onde o efeito das ondas é reduzido, os manguezais ocupam bancos de sedimento com texturas muito finas. Nesses casos, não há barreira física entre o bosque e a massa de água principal. As espécies vegetais que colonizam a frente dessas formações formam bosques geralmente dominados por *Rhizophora mangle*, com pequeno desenvolvimento estrutural. Nas partes internas desses corpos de água costeiros, onde a influência direta dos rios reduz a salinidade, se encontra um maior desenvolvimento e diversidade dos bosques (Jiménez, *op. cit.*).

Os bosques de mangue podem apresentar diferenças importantes em sua estrutura e funcionamento de acordo com a região, obedecendo a grande número de fatores e processos ambientais (Jiménez, *op. cit.*). Essa complexidade do ecossistema manguezal implica em abordagem interdisciplinar e largo espectro de escalas espaço-temporais. Cada nível organizacional e escala espaço-temporal requer uma estratégia de gestão adequada e específica. Dinerstein *et al.* (1995) adotaram proposta de divisão de costa brasileira de Schaeffer-Novelli *et al.* (1990a), na conservação e estratégias de manejo para manguezais da América Latina e do Caribe (Figura 5).

1.2. Manguezais e tipos fisiográficos

Manguezal é um “ecossistema costeiro, de transição entre os ambientes terrestre e marinho, característico de regiões tropicais e subtropicais, sujeito ao regime das marés. É constituído por espécies lenhosas típicas (angiospermas), além de micro e macroalgas (criptógamas), adaptadas à flutuação de salinidade e caracterizadas por colonizarem sedimentos predominantemente lodosos, com baixos teores de oxigênio. Ocorre em regiões abrigadas e apresenta condições propícias para alimentação, proteção e reprodução de muitas espécies de animais, sendo considerado importante

transformador de nutrientes em matéria orgânica e gerador de bens e serviços” (Schaeffer-Novelli, 1991).

Devido às diferentes gêneses e fisiografias que um estuário pode apresentar diferentes *settings* são formados (Thom, 1984), resultando em diferentes respostas fisiográficas no contexto do ecossistema manguezal (Schaeffer-Novelli *et al.*, 1990). Dois tipos básicos de sistemas de classificação – geomorfológico e ecológico – podem ser considerados simultaneamente na compreensão dos fatores que controlam a estrutura dos bosques de mangue (Twilley & Day Jr., 1999).

A abordagem ecológica baseia-se no conceito de “assinatura energética”, proposto por Odum (1967), que considera os diversos fatores abióticos atuando sobre os ecossistemas. Lugo & Snedaker (1974) apresentaram classificação fisiográfica dos bosques de mangue, assumindo que estas sejam reflexos da “assinatura energética”. Aqueles autores sugeriram, ainda, os seguintes tipos fisiográficos: bosques ilhote, ribeirinho, de franja, de bacia, arbustivo e anão. Cintrón *et al.* (1985) apresentaram classificação simplificada a partir da proposta por Lugo & Snedaker (*op. cit.*), considerando apenas três tipos fisiográficos: ribeirinho; franja e ilhote; e bacia.

Os bosques ribeirinhos desenvolvem-se às margens dos rios, que devido ao fluxo de água rico em nutrientes (descarga de água doce e marés), apresentam alto grau de desenvolvimento estrutural. Os bosques de franja e ilhote seriam característicos das margens de costas protegidas, caracterizadas pelas variações diárias das marés. Os bosques de bacia se estabelecem nas partes mais internas dos bosques ribeirinho ou de franja. Nesse último tipo fisiográfico, a renovação de água se faz mais lentamente, dentro de uma área ampla, limitando gradientes físico-químicos (Cintrón *et al.*, *op. cit.*).

A abordagem geomorfológica considera a fisiografia um dos fatores mais importantes para explicar os diversos modelos de desenvolvimento das zonas úmidas costeiras (Thom, 1984). Thom (1982) afirma que as características das feições da região costeira juntamente com os processos ambientais agem sobre o desenvolvimento estrutural dos bosques de mangue.

Thom (*op. cit.*) propôs oito *settings* caracterizados em função da influência relativa das energias de rios, marés e ondas. Cinco *settings* (I a V) encontram-se sobre sedimentos terrígenos, encontrados mais comumente. Os *settings* VI a VIII desenvolvem-se sobre plataformas de carbonato de cálcio, representados por recifes coralinos, sendo menos comuns (Figura 6).

A abordagem geomorfológica - *setting* - é descrita em escalas local e regional. Enquanto que a abordagem ecológica – tipos fisiográficos – descreve os efeitos da micro topografia e das “energias subsidiárias” na formação do bosque. As “energias subsidiárias”, representadas pela pluviosidade, descarga fluvial, amplitude de maré, turbidez e energia das ondas, constituem a assinatura energética do ecossistema manguezal (Twilley, 1995) (Figura 7). A perspectiva geomorfológica, utilizando os *settings* para explicar os processos que ocorrem no manguezal é similar ao uso das energias subsidiárias para descrever a função ecológica desse ecossistema (Twilley, *op. cit.*).

Segundo Schaeffer-Novelli *et al.* (1999) para a gestão adequada do ecossistema manguezal deve-se considerar a escala espaço-temporal, conservando os processos que controlam o sistema e limitando a apropriação de produtos e serviços (Cintón-Molero & Schaeffer-Novelli, 1992). Deve-se considerar a constante mutabilidade deste ecossistema para elaboração e efetivação da gestão de ambientes costeiros.

1.3. Gerenciamento costeiro integrado

Segundo Cicin-Sain (1993), o gerenciamento costeiro integrado (GCI) é um processo contínuo e dinâmico, no qual decisões são tomadas para o uso sustentável, desenvolvimento e proteção dos recursos das áreas costeiras e marinhas. Tem a função de envolver os mais diversos setores governamentais, a sociedade organizada e as instituições de pesquisa de forma a compatibilizar o processo de gestão por meio de interesses setoriais e públicos, preparando e implementando um plano integrado para a conservação e o desenvolvimento dos ecossistemas e recursos costeiros.

O GCI compreende três objetivos principais:

- Preservar e proteger a produtividade e a biodiversidade dos ecossistemas costeiros prevenindo a destruição de habitats, a poluição e a sobre-exploração dos recursos naturais;
- Reforçar a gestão setorial por meio de treinamento, legislação e capacitação de pessoal; e
- Promover a utilização racional e sustentável dos recursos costeiros.

O processo de GCI compreende quatro fases - planejamento, adoção, implementação e avaliação - , que constituem a “geração” do processo. O GCI é contínuo, constituído por diversas “gerações”.

O GCI foi iniciado nos Estados Unidos pelo “The Coastal Zone Management Act” de 1972 e posteriormente reconhecido por outros países como uma eficiente forma de atingir o desenvolvimento ordenado dos recursos costeiros e marítimos, tornando-se importante instrumento político para as atividades de planejamento e gerenciamento na zona costeira.

Segundo Cicin-Sain & Knecht (1998) uma série de ferramentas podem ser utilizadas para subsidiar o processo decisório do GCI e auxiliar no monitoramento de zonas úmidas, tais como o uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), mapeamento e sensoriamento remoto.

No Brasil, o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) foi definido pela Lei 7661, de 1988. Posteriormente, a Resolução 005/97 definiu o II PNGC, com os seguintes instrumentos: Planos de Ação de Gestão; Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro; Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro; Zoneamento Ecológico Econômico; Sistema de Informações do Gerenciamento Costeiro (SIGERCO); e Sistema de Monitoramento e Controle.

Gerenciamento Costeiro é definido, tanto pelo PNGC como pelo II PNGC, como um conjunto de atividades e procedimentos que por meio de instrumentos específicos, permite a gestão dos recursos naturais da zona costeira, de forma participativa, objetivando a melhoria da qualidade de vida das populações locais, a preservação dos

habitats específicos indispensáveis à conservação da fauna e flora, adequando as atividades humanas à capacidade de suporte dos ecossistemas.

O PNGC no art. 3º, § 1º, dá “prioridade à conservação e proteção dos recursos naturais, renováveis e não renováveis: recifes, parcéis e bancos de algas; ilhas costeiras e oceânicas; sistemas fluviais; *estuarinos e lagunares*, baías e enseadas; praias; promontórios, costões e grutas marinhas; restingas e dunas; florestas litorâneas, *manguezais* e pradarias submersas.”

Para o Estado de São Paulo, o Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro setorizou o litoral em 4 regiões: Litoral Norte, Baixada Santista, Vale do Ribeira e Complexo Estuarino-Lagunar (Figura 8).

A Constituição do Estado de São Paulo (Estado de São Paulo, 1989), no capítulo IV - Do Meio Ambiente, dos Recursos Naturais e do Saneamento – no Art. 196 determina que “A Mata Atlântica, a Serra do Mar, a Zona Costeira, o *Complexo Estuarino Lagunar entre Iguape e Cananéia*, os Vales dos rios Paraíba, Ribeira, Tietê e Paranapanema e as unidades de conservação do Estado, são espaços territoriais especialmente protegidos e sua utilização far-se-á na forma da lei, dependendo de prévia autorização e dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente”. Diz ainda, no Art. 197 que “são áreas de preservação permanente: I – os manguezais; III – as áreas que abriguem exemplares raros da fauna e da flora, bem como aquelas que sirvam como local de pouso ou reprodução de migratórios; IV – áreas estuarinas; e V – as paisagens notáveis”.

I.4. Manguezais do Sistema Cananéia-Iguape

Saenger *et al.* (1983) consideram que os manguezais brasileiros correspondem, aproximadamente a 25.000 km², distribuídos entre as latitudes 04°30’N a 28°30’S. Herz (1991), utilizando imagens de satélite de todo litoral brasileiro, obteve área de 10.000km² ocupada por manguezais, sendo que 24% ocorre no Estado de São Paulo. Os

manguezais de Cananéia-Iguape dominam praticamente todas as margens do sistema, compreendendo uma área de aproximadamente 72km².

Os manguezais da região de Cananéia têm sido estudados sob diversos aspectos: estruturais, produtividade, taxa de decomposição, tipos fisiográficos, valoração econômica, conservação, entre outros.

Besnard (1950a; 1950b) ressalta a importância dos manguezais na consolidação de sedimento fino, influenciando nas áreas de deposição, principalmente nas gamboas ou “*marigots*” do sistema Cananéia-Iguape. Ab’Sáber & Besnard (1953) destacaram a relação dos sambaquis localizados nessa região e o ecossistema manguezal. Gerlach (1958) realizou a primeira descrição “ecossistêmica” dos bosques de mangue do sistema estuarino-lagunar.

Cruz (1966), em estudo geomorfológico da área de Cananéia, já apontava para a importância de estudos de comparação da dinâmica evolutiva da área, utilizando fotografias aéreas. Aquela autora (*op. cit.*) ressaltou os bosques de mangue na área estudada.

Dias-Brito & Zaninetti (1979) realizaram estudo comparativo geobotânico de três manguezais do litoral brasileiro, entre eles o manguezal da região de Iguape. Aqueles autores propõem zonação dos bosques de mangue, em função das condições geomorfológicas e sedimentares de áreas de progradação. Aqueles autores propuseram modelo de progressão de ilhas arenosas emersas e dos bosques de mangue ao longo do canal do Mar de Iguape (Figura 9).

Adaime (1985; 1987) estudou os bosques de franja e de bacia da Ilha de Pai Matos. O bosque de bacia, descrito por aquela autora, apresentou o maior desenvolvimento estrutural, apresentando dominância de *Avicennia*.

Schmidt (1988) analisou a concentração de carbono, nitrogênio, cálcio, fósforo, manganês, ferro e cinzas nas folhas de mangue e a correlação com a taxa de decomposição e salinidade. Aquela autora analisou material coletado na Gamboa da Nóbrega, na Ilha de Pai Matos e na Baía de Taquari.

Schaeffer-Novelli *et al.* (1990b) descreveram o complexo estuarino-lagunar de Cananéia abordando aspectos referentes aos nutrientes químicos, produção primária, ecossistema manguezal, consumidores e processos de decomposição, entre outros.

Peria *et al.* (1990) realizaram estudo comparativo entre bosques de mangue não impactados, na Ilha do Cardoso (Cananéia), e impactados, no Canal da Bertioiga (Baixada Santista). O desenvolvimento estrutural dos bosques de mangue dos rios Sítio Grande e Perequê (Ilha do Cardoso) foram descritos por aqueles autores.

Menezes (1994) estudou bosque de mangue do Rio Perequê, na Ilha do Cardoso, dominado por *Laguncularia*. Coelho-Jr. (1998) descreveu três bosques de mangue nas ilhas do Cardoso e de Cananéia, em função das frequências de inundação e da granulometria do sedimento.

Na região de Cananéia, as comunidades de pescadores tradicionais encontram-se diretamente dependentes dos manguezais, revelam os estudos de valoração econômica desenvolvidas por Tognella (1995). Grasso (1994) desenvolveu estudo com turistas na região de Cananéia, determinando a importância atribuída ao ecossistema manguezal, a partir de técnicas das despesas com viagem (“*travel costs*”).

Rodrigues (1998), registrou a área das unidades de paisagem, incluindo o ecossistema manguezal, nas unidades de conservação (UC's) do complexo estuarino-lagunar de Iguape-Cananéia-Guaraqueçaba, com auxílio de imagens de satélite (Tabela II).

Tabela II: Área de manguezal nas Unidades de Conservação do complexo estuarino-lagunar de Iguape-Cananéia-Guaraqueçaba, segundo Rodrigues (*op. cit.*).

Unidade de Conservação	Área de manguezal (ha)
Parque Estadual de Jacupiranga	2.373,00
Parque Estadual da Ilha do Cardoso	901,00
APA Federal de Cananeia-Iguape-Peruíbe	7.692,75
APA Estadual da Ilha Comprida	670,00

Cunha-Lignon *et al.* (1999) analisaram o desenvolvimento estrutural dos bosques de mangue de diferentes tipos fisiográficos da região de Cananéia, relacionando-os com a assinatura energética. O grande volume de informações sobre os manguezais de Cananéia, obtidos desde 1985, tornou possível a análise dos processos ecológicos ocorridos nesse ecossistema (Almeida *et al.*, 2000).

Cunha-Lignon *et al.* (2000) estudaram a relação entre o turismo e o Sistema Cananéia-Iguape. Aqueles autores afirmam que na porção sul do sistema, o manguezal é considerado como importante unidade da paisagem, tanto por turistas como pela comunidade local.

II. OBJETIVOS

O presente estudo visa caracterizar as tendências da dinâmica dos bosques de mangue no Sistema Cananéia-Iguape, em feições de deposição, com auxílio de tratamento de imagens digitais. Os resultados obtidos poderão ofertar subsídios ao gerenciamento costeiro da área, com informações armazenadas em um banco de dados, implementando a conservação das zonas úmidas costeiras tropicais.

III. JUSTIFICATIVAS

Manguezal é um ecossistema altamente resiliente e maleável, adaptando-se às variações do ambiente, tais como mudança no regime hidrológico, introdução ou remoção de tensores (Schaeffer-Novelli *et al.*, *op. cit.*). O ecossistema responde, ainda, à hidrologia, à dinâmica dos sedimentos, ao clima, aos fatores oceanográficos e tectônicos, mostrando-se bom indicador biológico das variações do nível médio relativo do mar (NMRM) (Blasco *et al.*, 1996; Schaeffer-Novelli *et al.*, *in press*).

Vale (1999) observou diferentes respostas dos manguezais às alterações geomorfológicas ao longo do estuário do Rio São Mateus (ES), confirmando sua importância como indicador da dinâmica sedimentar em regiões estuarinas. Segundo

Thom (1982, 1984), os manguezais estão submetidos às variações geomorfológicas, apresentando respostas erosivas e deposicionais.

De modo geral, os bosques de mangue na região de Cananéia, analisados por Almeida *et al.* (2000), respondem fortemente aos processos hidrológicos, tais como frequência de inundação e aporte fluvial.

O levantamento das zonas úmidas costeiras, assim como os estudos de dinâmica desses ambientes têm recebido importantes subsídios a partir da utilização de sensoriamento remoto por satélite (Conti, 1998). Essa ferramenta permite a amostragem simultânea de áreas extensas como a obtenção de dados em locais de difícil acesso (Bonetti Filho, 1996). A vantagem de se trabalhar com imagens de satélites e com sistemas de informação geográfica (SIG) é a possibilidade de manipulação de grandes quantidades de dados, obtenção de informações sobre a dinâmica espaço-temporal, além de informações temáticas sobre extensas áreas (Bonetti Filho, 1995).

O tratamento de imagens digitais tem sido muito empregado como fonte de subsídios para gestão de recursos naturais, na escala de paisagem, como também em escalas mais detalhadas. Essa ferramenta está sendo incorporada também a trabalhos de Avaliação Ecológica Rápida (*Rapid Ecological Assessment*) (Sayre & Sheppard, 2000), no estabelecimento de novas áreas para Unidades de Conservação (UCs), no monitoramento das mesmas (Pires, 1985, 1997; Rodrigues, 1998; Sayre, 2000), na caracterização de unidades de paisagem (Brondizio *et al.*, 1996; Long & Skewes, 1996; Rodrigues, *op. cit.*; Ruiz-Luna & Berlanga-Robles, 1999), no planejamento de zonas costeiras (Maness Jr. *et al.*, 1978; Haddad & Harris, 1985; Argento, 1989; Frischeisen *et al.*, 1989; Clark, 1996), na avaliação de ambientes costeiros impactados (Bonetti Filho, 1996), e no mapeamento de manguezais (Herz & Jaskow, 1985; Aschbacher *et al.*, 1995; Gao, 1999; Herz, 1999), entre outros.

IV. ÁREA DE ESTUDO

IV.1. Origem do Sistema Cananéia-Iguape

A origem do Sistema Cananéia-Iguape é representada, segundo Besnard (1950a), em quatro cenários sequenciais. No primeiro cenário, a região aparece como uma série de reentrâncias margeadas pelo contraforte da Serra do Mar e algumas ilhas, sendo a maior delas correspondente ao que seria a atual Ilha do Cardoso. No segundo cenário, as correntes de maré estariam modelando as ilhas por processos de sedimentação e erosão. O terceiro cenário é caracterizado, principalmente, por bosques de mangue, responsáveis pela consolidação das vasas formadas por sedimentos mais finos. E finalmente, o último cenário caracterizado pelo sistema em sua configuração atual resultante da dinâmica sedimentar, com a erosão realizada pelas correntes de maré e ação de rios e a deposição de sedimentos carregados pelos rios.

Considerando-se a variação do NMRM, a formação da planície costeira de Cananéia-Iguape teria ocorrido em cinco estádios principais (Suguio & Martin, 1978). O primeiro estádio, durante o máximo da Transgressão Cananéia (Transgressão Pleistocênica), há 120.000 anos A.P., quando o nível médio do mar subiu 8m acima do atual, atingindo o sopé da Serra do Mar, recobrendo com argilas transicionais e marinhas a Formação Pariqüera-Açu. O segundo estádio é representado pela fase regressiva (Regressão Pleistocênica), na qual depósitos de cristas praias recobrem os depósitos arenosos pleistocênicos. Durante o terceiro estádio (17.000 anos A.P.), o NMRM esteve a 110m abaixo do atual. Nesse período, os rios da planície costeira devem ter erodido os depósitos da Formação Cananéia. No quarto estádio (5.100 anos A.P.), durante o último evento transgressivo denominado Transgressão Santos (Transgressão Holocênica), o NMRM esteve a 4m acima do atual, invadindo áreas rebaixadas pela erosão, formando extenso sistema lagunar. Nesse estádio, foram depositados sedimentos areno-argilosos ricos em matéria orgânica. No quinto estádio, o NMRM se estabilizou no nível atual. Nesse processo foram formadas cristas praias regressivas holocênicas, com presença conspícua na Ilha Comprida (Suguio & Martin *op. cit.*) (Figura 10).

IV.2. Características Gerais

O Sistema Cananéia-Iguape (Figura 11) localiza-se no extremo sul do litoral do Estado de São Paulo, latitude de 25°S. O sistema recebe parte da drenagem do Rio Ribeira de Iguape, maior rio paulista que flui diretamente para o Oceano Atlântico. Essa bacia hidrográfica desempenhou importante função nos processos evolutivos da área durante o Quaternário (Suguio & Tessler, 1992).

O sistema possui quatro ilhas principais (Cardoso, Cananéia, Comprida e Iguape) formadas sobretudo por sedimentos quaternários e rochas cristalinas pré-cambrianas. Essas ilhas encontram-se separadas por sistemas de canais lagunares e rios, que se comunicam com o Oceano Atlântico. Iguape é uma ilha artificial, cuja “origem” remonta a meados do século XIX com a abertura do Canal Valo Grande. Os rios, que formam a bacia de drenagem da região, apresentam alto gradiente no trecho inicial, tornando-se estes mais suaves na planície costeira de Cananéia-Iguape. Essa planície é delimitada por pontões do complexo cristalino da Serra do Mar a NE e SW que avançam oceano adentro, compreendendo uma superfície de aproximadamente 2.500km² (Suguio & Tessler, *op. cit.*).

A interligação do Sistema Cananéia-Iguape com o oceano é realizada através de três desembocaduras: Icapara (ao norte), Cananéia (porção central) e Ararapira (ao sul). O sistema possui ao longo de seus canais principais um padrão hidrodinâmico influenciado pelas correntes de maré, assim como pela descarga de água doce que fluem para o sistema (Tessler & Souza, 1998).

A região apresenta valores pluviométricos máximos de janeiro a março com média mensal de 266,9mm e mínimos em julho e agosto com média mensal de 95,3mm, sendo 2300mm a precipitação média anual, em uma série de 29 anos (Silva, 1989). As chuvas estão relacionadas à verões chuvosos e invernos secos.

A região apresenta temperatura média anual de 23,8°C, sendo a temperatura média mensal mais alta 27,8°C, ocorrendo em fevereiro e a média mensal mais baixa

19,8°C, em julho (Silva, *op. cit.*). Na região, a maré é do tipo mista, com altura média de 0,81m, em 5 anos amostrados (Mesquita & Harari, 1983).

Desde o século XIX, este sistema vem sendo influenciado pela construção de um canal denominado Valo Grande, no Município de Iguape. Este canal foi construído com objetivo de facilitar a navegação na parte final do Rio Ribeira de Iguape e logo após sua construção apresentava 4,40m de largura (Besnard, 1950b). Devido à erosão nas bordas, o canal apresenta-se, atualmente, com mais de 300m de largura, fazendo com que a grande parte da vazão do Rio Ribeira escoe por ele, acarretando grande efeito sobre o sistema como um todo (Tommasi, 1984). Em 1978, o Valo Grande foi fechado, por decisão do Governo do Estado de São Paulo, fazendo com que houvesse novas alterações no ecossistema, e em 1983, o canal foi reaberto (Tommasi, *op. cit.*). Atualmente, cerca de 60% da drenagem do Rio Ribeira de Iguape escoia pelo Canal Valo Grande.

A salinidade no sistema estudado varia em função do período da maré e da descarga fluvial. O sistema foi classificado como parcialmente misturado e fracamente estratificado (tipo 2a) no período em que o canal Valo Grande estava fechado (1978 a 1995), não lançando suas águas no sistema (Miranda *et al.*, 1995). Após a reabertura da barragem em 1995, o aporte de água doce aumentou no complexo estuarino-lagunar (Miranda & Castro, 1997). Nessas condições, o sistema foi caracterizado por Bérghamo (2000) como parcialmente misturado e altamente estratificado (tipo 2b), durante as estações de verão, outono e primavera, nas marés de sizígia. O sistema retoma as características de tipo 2a durante o inverno, na maré de sizígia e no outono e na primavera nas marés de quadratura (Bérghamo, *op. cit.*)

IV.2.1 Feições de Deposição

Os canais lagunares, que constituem o Sistema Iguape-Cananéia, apresentam tendências ao assoreamento, formando ilhas e esporões, onde se desenvolvem manguezais (Tessler & Furtado, 1983). Em contrapartida, fenômenos erosivos ocorrem nas margens côncavas dos meandros do Mar de Cananéia (Tessler & Furtado, *op. cit.*). As correntes geradas pelo movimento das marés e as descargas de água doce são as principais condicionantes para o sistema, os quais influenciam os padrões de

distribuição dos sedimentos de fundo (Tessler, 1982). Os canais lagunares apresentam comportamentos hidrodinâmicos característicos, em função da fisiografia do trecho considerado, do aporte de água doce e da carga sedimentar dos rios, que deságuam na área.

Feições sedimentares de deposição como pequenas ilhas, esporões e bancos submersos são freqüentes no Mar de Cananéia e no Mar Pequeno, como as ilhas de Pai Matos, Boqueirão, Garça, Furadinho, as quais são recobertas por manguezais. Na Ilha Comprida, a Ponta do Frade é um esporão, que cresce transversalmente ao canal lagunar (Tessler & Furtado, *op. cit.*).

O Mar de Cubatão é caracterizado pela quase ausência de feições sedimentares emersas, com exceção da Ilha do Aceiro Grande, que é formada por material fornecido pelo Rio Iiririaia-Açu (Tessler & Furtado, *op. cit.*).

V. MATERIAL E MÉTODOS

As principais etapas de desenvolvimento do presente estudo encontram-se representadas graficamente por um fluxograma (Figura 12).

V.1. Níveis hierárquicos e escalas espaço-temporais

Para o presente estudo considerou-se os níveis hierárquicos do ecossistema manguezal, propostos por Schaeffer-Novelli *et al.* (2000). A aplicação de diversos níveis de organização requer base de informações de diferentes escalas espaciais.

Para tanto, foram utilizadas informações obtidas a partir do tratamento das imagens de satélite e da digitalização dos mapas topográficos, correspondendo aos níveis hierárquicos superiores (escalas 1:250.000 e 1:50.000, respectivamente), fotografias aéreas, em níveis hierárquicos intermediários (1:30.000 e 1:35.000) e os dados obtidos no trabalho de campo, correspondendo ao nível mais detalhado (escala 1:1).

A análise do material cartográfico, fotogramétrico, digital e os dados obtidos em trabalho de campo não se restringe apenas ao seu respectivo nível organizacional, sendo realizada também entre os diferentes níveis, no sentido das escalas de menor resolução para as de maior resolução (*top-down*) como o sentido inverso (*bottom-up*) (Figura 13).

V.2. Tratamento de Imagens Digitais

O tratamento de imagens digitais foi desenvolvido em duas fases: vetorização e rasterização (Figura 14). A vetorização consiste em representar temas como estradas, cidades, lagos, relevo, entre outros, na forma de pontos, linhas e polígonos. Na imagem raster, obtida por sensoriamento remoto, a informação é representada por um conjunto de células ou *pixels*, os quais variam de valores entre 0 e 255 níveis de cinza (Novo, 1992).

V.2.1 Imagens Vetorizadas

Utilizou-se as seguintes cartas topográficas 1:50.000 para obtenção de *layers* temáticos:

Tabela III: Base cartográfica utilizada no presente estudo;

Carta Topográfica	Fonte	Folha	Ano
Subaúma	IBGE	SG-23-V-A-IV-4	1973
Ilha de Cananéia	IBGE	SG-23-V-A-IV-3	1974
Cananéia	Ministério do Exército	SG-23-V-C-I-1	1971
Ariri	IBGE	SG-22-X-D-III-2	1987
Rio Guaraú	IBGE	SG-22-X-B-VI-4	1987

As cartas topográficas foram escanerizadas com 300dpi de resolução para serem digitalizadas no programa R2V for Windows (*Automated raster to vector conversion, software for mapping and GIS*). Em cada carta topográfica foram digitalizados os temas hidrografia (rios e gamboas), estradas, ilhas arenosas amersas e baixios. Os *layers* de cada carta topográfica foram reunidos em função do tema e dos fusos SG-22 e SG-23. O grupamento final dos dois fusos foi efetuado no SIG ILWIS (*Integrated Land and Water Information System*). No SIG ILWIS converteu-se a projeção UTM 22 para 23 relacionando-os com as coordenadas geográficas latitude e

longitude dos dois segmentos. As informações geradas complementaram informações com as imagens raster processadas.

V.2.2 *Imagens Raster*

Foram utilizadas imagens obtidas pelo satélite Landsat, projetado especialmente para levantamento de recursos naturais (Garcia, 1982). Foram utilizadas imagens digitais TM/Landsat5, WRS 220/77, Quadrante D, de 14 de setembro 1986 e de 02 de setembro de 1999. As bandas utilizadas foram TM1, TM2, TM3, TM4 e TM5.

As áreas das imagens foram selecionadas no SIG SPRING (*Sistema de Processamento de Informações Geográficas* - INPE) versão 3.4, para posterior tratamento no SIG ILWIS (*Integrated Land and Water Information System*), versão 2.2. As imagens foram tratadas nos seguintes equipamentos *hardware*: PC de mercado, de CPU Pentium 200MHz, memória RAM 128Mb, disco rígido de 20Gb e Windows 95C.

a) Características do sensor TM/Landsat e de seus canais:

- Sensor lançado no satélite Landsat 5;
- Resolução 30m;
- Quantificação 8 bits (256 NC, de 0 a 255);
- Repetitividade 16 dias;
- Altura da órbita 705 km;
- Inclinação 98,20°;
- Largura da faixa imageada 185 km;
- Unidades espaciais por cena 30 milhões;
- Varredura por ponto 6.000 por linha;
- Área de cada *pixel* 900m² (30x30m).

Tabela IV: Faixa espectral dos canais do sensor TM

Canais	Faixa espectral (mm)
1	0.45 – 0.52 azul
2	0.52 – 0.60 verde
3	0.63-0.69 vermelho
4	0.76 – 0.90 infravermelho próximo
5	1.55 – 1.75 infravermelho próximo
6	10.40 – 12.50 infravermelho termal
7	2.08 – 2.35 infravermelho médio

Tabela V: Principais aplicações dos canais do sensor TM

Canais	Principais aplicações
1	Transparência das águas; Sedimento em suspensão; Máxima penetração na água.
2	Vegetação sadia pela absorção máxima de clorofila em 0.53mm; Máxima reflectância da clorofila na região do visível.
3	Vegetação sadia por reflexão da clorofila; Padrões do uso do solo, urbanização; Máxima absorção da clorofila.
4	Delimitação dos corpos d'água e zonas úmidas; Avaliação de biomassa e inundação da zona de planície de maré.
5	Conteúdo de água na vegetação; Uso do solo e estrutura urbana.
6	Propriedades termais do solo e da água; Contraste térmico de litologia, vegetação e construções.
7	Formações superficiais e tipos de litologia; Estrutura viária e zonas urbanizadas.

b) Técnicas convencionais de processamento de imagens digitais

As imagens foram georeferenciadas com base nas imagens vetorizadas. No SIG ILWIS foram utilizadas as técnicas convencionais de processamento de imagens digitais, divididas em pré-processamento, realce e classificação (Figura 14).

(b.1) Pré-processamento

O pré-processamento consiste na correção de distorções radiométricas e geométricas das imagens, assim como a correção dos efeitos atmosféricos. A filtragem, utilizada em correções radiométricas, amplia o contraste da imagem. O nível de cinza (NC) de cada *pixel* é transformado levando-se em conta suas relações de vizinhança (Lillesand & Kiefer, 1994).

A correção radiométrica foi realizada utilizando-se filtro passa-baixa *Majority*, reduzindo a variabilidade dos NC na cena, e removendo as faixas da imagem associadas a componentes de alta frequência espacial. Para a correção geométrica utilizou-se a alocação do vizinho mais próximo (*nearest neighbour*).

(b.2) Realce

O realce melhora a capacidade de discriminação da imagem. A manipulação do contraste consiste na modificação da forma do histograma, responsável pela distribuição dos níveis de cinza em relação à frequência de ocorrência de *pixels* para cada valor digital entre 0 e 255 (Novo, 1992). Neste trabalho utilizou-se o *contrast stretch*, alterando a forma do histograma e ampliando o contraste da imagem.

(b.3) Classificação

A classificação consiste em individualizar alvos na imagem a partir de seu agrupamento por similaridade espectral. As classificações podem ser *supervisionada*, na qual o operador define as classes ao sistema, ou *não supervisionada*, onde as classes são determinadas pelo computador. Na classificação supervisionada deve-se realizar um “treinamento”, onde serão escolhidas as “amostras de treinamento”, que apresentem o comportamento médio de cada classe que será mapeada automaticamente (Novo, *op. cit.*).

O conhecimento prévio da região estudada auxilia na realização do “treinamento”. Desse modo realizou-se viagens à região de estudo com intuito de identificar as feições geomorfológicas, assim como outras características da região, como proposto por Sayre & Sheppard (2000).

Utilizou-se, ainda, a classificação máxima verossimilhança (MAXVER), a qual cria um centróide para cada grupo de níveis de cinza, permitindo a escolha do grau de liberdade. O grau de liberdade determinado foi 10. A classificação MAXVER é a mais

utilizada no tratamento de imagens digitais (Curran, 1985; Lillesand & Kiefer, 1994), inclusive para o estudo de áreas de manguezal (Green *et al.*, 1998).

As etapas de pré-processamento e realce são realizadas em cada uma das bandas isoladamente, sendo a classificação efetuada em cada uma das bandas. Esta composição é um instrumento de grande eficiência na visualização das distribuições espaciais de uma imagem, sendo obtida a partir da associação entre três bandas espectrais e três cores primárias: vermelho, verde e azul (RGB – red, green, blue).

Foram obtidas as composições coloridas RGB TM3/TM2/TM1, TM4/TM3/TM2, TM5/TM4/TM3 para os anos de 1986 e 1999, e identificada aquela que melhor realçasse os alvos de interesse – manguezal e feições de sedimentação.

V.3. Atividades de Campo

Diferentes agentes naturais atuam sobre o ambiente costeiro, promovendo mudanças geomorfológicas: marés (correntes de maré); ondas (correntes de deriva litorânea); e rios (fluxo dos rios). Os ambientes costeiros podem estar submetidos à ação de um ou mais agentes atuando sobre suas feições (Figura 15).

Os pontos de amostragem foram escolhidos considerando-se sobretudo as feições de deposição e o agente modelador dominante no Sistema Cananéia-Iguape, segundo Tessler (1982) e Tessler & Furtado (1983). Em todos os pontos de amostragem predomina sedimento arenoso no fundo dos canais (Tessler, *op. cit.*).

V.3.1 Pontos amostrais

Em cada um dos canais lagunares - Mar de Cananéia e Mar de Cubatão - e na Baía de Trapandé, foram escolhidas áreas para coleta de dados (Figura 16).

Tabela VI: Pontos de amostragem de estrutura dos bosques de mangue, sob ação de agentes dominantes no transporte de sedimento (rio e maré).

Canal Lagunar	Mar de Cananéia	Mar de Cubatão	Baía de Trapandé
Pontos de Amostragem	Ilha de Pai Matos (A) Ilha do Baguaçu (A) Nóbrega (A)	Ilha Cabeçuda (B) Ilha do Sacová (B)	Sítio Grande (C)

Agente dominante no transporte de sedimento: (A) maré; (B) rio; e (C) maré e rio.

Segundo Tessler & Furtado (1983), o Mar de Cananéia apresenta-se meandrante, onde encontram-se regiões mais rasas com ilhas sedimentares colonizadas por manguezais. As feições presentes no Mar de Cananéia mostram tendência de crescimento associada a um fluxo unidirecional, originando-se a partir de correntes de maré vazante (Figura 17).

No Mar de Cananéia determinou-se três pontos de amostragem: “Ilha de Pai Matos”, por apresentar dados pretéritos sobre os bosques de mangue; “Nóbrega” e “Ilha do Baguaçu” (Figura 16), por representarem claramente feições deposicionais, descritas por Tessler (*op. cit.*) e Tessler & Furtado (*op. cit.*) para o Mar de Cananéia. “Pai Matos” e “Baguaçu” são ilhas sedimentares, totalmente colonizadas por manguezal. O ponto amostral “Baguaçu” é denominado na região de Cananéia de “Buguaçu”. O ponto amostral “Nóbrega” localiza-se na porção deposicional do meandro do Mar de Cananéia, próximo à “desembocadura” da gamboa de mesmo nome.

O Mar de Cubatão é o canal mais estreito do sistema, apresenta-se ligeiramente meandrante sem o destaque para as ilhas sedimentares. Nesse canal deságuam os rios de maior drenagem da porção sul do sistema: rios Mandira, Taquari, Iriaia-açu e Itapitangui. Tessler & Furtado (*op. cit.*) descreveram a formação da Ilha do Aceiro Grande, no Rio Iriaia-açu (Figura 18).

Em função de atividades humanas na desembocadura do Rio Iriaia-açu, que podem estar alterando de forma significativa os processos sedimentares do local, escolheu-se o Rio Itapitangui para coletas de dados. Segundo Tessler (*com. pess.*, 17/01/01¹), o Rio Itapitangui apresenta processo sedimentar semelhante ao descrito para o Rio Iriaia-açu, não encontrando-se sob forte influência antrópica. O agente

¹ Prof. Dr. Moysés Gonzalez Tessler, Oceanografia Geológica - IOUSP.

transportador de sedimento e modelador das feições deposicionais nas desembocaduras dos rios, no Mar de Cubatão, é principalmente a energia dos rios.

A Baía de Trapandé pode ter até 300m de largura e apresenta confluência com os mares de Cananéia e de Cubatão. Na Baía de Trapandé, escolheu-se o bosque de mangue localizado na margem do Rio Sítio Grande voltada para o sistema (Figura 16), na Ilha do Cardoso, onde atuam a energia do rio propriamente dita e a das correntes de maré, provenientes do sistema. Estudos sobre a composição estrutural do bosque foram realizados nos manguezais desse rio por Peria *et al.* (1990).

Nos pontos amostrais foram determinadas transversais segundo a zona de deposição preferencial de sedimento e, conseqüentemente, de crescimento do bosque de mangue. A transversal principal (T1) segue o eixo principal da feição, e as transversais secundárias (T2 e T3) cruzam perpendicularmente o eixo principal (T1). As T2 e T3 foram escolhidas a fim de obter-se dados topográficos e de estrutura do bosque nas laterais das feições sedimentares. As parcelas foram dispostas ao longo de uma transversal em pontos representativos dos bosques amostrados, ao longo das transversais.

V.4. Estrutura do bosque de mangue

Para a caracterização estrutural dos bosques de mangue adotou-se metodologia de Cintrón & Schaeffer-Novelli (1984) e Schaeffer-Novelli & Cintrón (1986). As parcelas foram demarcadas em função da densidade do bosque, variando de 2x2m a 20x20m. Todas as parcelas possuíam no mínimo de 20 a 30 indivíduos acima de 1m de altura, conforme metodologia citada acima.

Medidas do diâmetro à altura do peito (DAP), obtidas a 1,30m, foram feitas em plantas acima de 1m de altura, utilizando-se trena graduada em unidades de π (3,14159), permitindo obter leituras diretas do diâmetro do tronco.

As medidas de altura total das árvores foram obtidas com telêmetro ou vara telescópica, de acordo com a altura das árvores. Foi realizada para cada parcela,

identificação da espécie e determinação do número de troncos vivos e mortos para cada árvore.

Plantas típicas do ecossistema manguezal, denominadas mangue, possuem adaptações, que lhes permitem extrair água doce da água do mar, excretar o excesso de sal pelas folhas, realizar trocas gasosas por lenticelas, localizadas nos rizóforos e pneumatóforos, reproduzindo-se por viviparidade (Schaeffer-Novelli, 1991). Na área de estudo são encontradas as seguintes espécies de mangue:

- *Rhizophora mangle* L. (Rhizophoraceae);
- *Avicennia schaueriana* Stapf. & Leechman (Avicenniaceae);
- *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f. (Combretaceae);

Spartina alterniflora Loiseleur, gramínea bem adaptada às condições estuarinas, pode encontrar-se associada a bosques de mangue, geralmente em franjas (Adaime, 1978).

V.5. Levantamento Topográfico

A topografia das transversais em bosques de mangue foi realizada com equipamento fundamentado no princípio físico dos vasos comunicantes. Esse método tem sido empregado pelo Núcleo de Estudos em Manguezais (NEMA), do Departamento de Oceanografia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), descrito por Pellegrini (2000). Para estes levantamentos foram utilizadas duas réguas de alumínio, graduadas a cada centímetro, de 0 (zero) a 200cm, e uma mangueira de borracha flexível e transparente, com diâmetro de 5mm e comprimento de 25m.

A partir de um valor e de um ponto de referência, fixa-se a régua base, pela leitura do nível da água na mangueira, associado a um valor na régua, em seguida fixa-se a outra régua no local a ter seu nível determinado. O valor de referência na régua-base é reestabelecido, e é feita a leitura na segunda régua, com precisão de 0,5cm. A variação dos valores na segunda régua corresponde, em ordem inversa, à elevações ou depressões do terreno.

Métodos convencionais de medição de topografia são pouco práticos em bosques de mangue devido à consistência “pouco consolidada” do terreno. O manuseio de equipamentos convencionais é dificultado, ainda, devido à grande densidade de árvores de determinados bosques.

A topografia foi caracterizada sobre um perfil. As medidas foram feitas de metro em metro, onde o substrato aparentava ser mais acidentado e a cada 2 metros nas áreas aparentemente homogêneas. Após determinado o rumo, utilizou-se corda de 50m, graduada a cada 2m, esticada na direção a ser seguida.

V.6. Tratamento de dados estruturais

As medidas obtidas *in situ* foram registradas em fichas de campo, organizadas em colunas por classes de diâmetro de DAP $\leq 2,5\text{cm}$ (pequena); entre $\geq 2,5\text{cm} \leq 10\text{cm}$ (intermediária); e $\geq 10\text{cm}$ (elevada). Os dados foram transferidos para planilha *Excel* para tratamento de dados estruturais de manguezal, desenvolvida pelo Núcleo de Estudos em Manguezais (NEMA), do Departamento de Oceanografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, para cálculo de área basal/classe de DAP, diâmetro médio e densidade relativa/classe de DAP de troncos vivos e mortos no bosque, segundo metodologia de Cintrón & Schaeffer-Novelli (1984) e Schaeffer-Novelli & Cintrón (1986).

Para cálculo de área basal, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$AB = 0,00007854 (DAP)^2 \quad (1)$$

Onde: AB = área basal (m^2)

DAP = diâmetro à altura do peito

A área basal do bosque é a soma das áreas basais de todos os troncos medidos por unidade de área. A área total por parcela (em m²) é convertida em 1ha. Esta medida é um ótimo índice do grau de desenvolvimento do bosque, pois está relacionada ao volume de madeira e biomassa do bosque.

A área basal média (AB) é obtida dividindo-se o valor da área basal pelo número de troncos medidos:

$$\overline{(AB)} = \frac{AB}{n} \quad (2)$$

O diâmetro médio (DAP) de um bosque considera o diâmetro da árvore de área basal média. O valor do diâmetro médio é sempre maior do que a média dos diâmetros. O diâmetro médio é uma medida descritiva, permitindo comparação entre os bosques de mangue. Calcula-se o diâmetro médio pela expressão:

$$\overline{DAP} = \frac{(AB) (12732,39)}{n} \quad (3)$$

Onde: AB = área basal;

n = número de indivíduos por 1ha

A contribuição do número de espécies para o bosque, registradas em densidade, permite descrever uma comunidade:

$$\text{Densidade relativa} = \frac{\text{número de indivíduos de uma espécie}}{\text{número total de indivíduos}} \times 100$$

$$\text{Dominância relativa} = \frac{\text{dominância de uma espécie}}{\text{dominância total (AB)}} \times 100$$

O cálculo para a altura média é obtida a partir da média aritmética de todas as árvores vivas para cada parcela.

V.7. Tratamento Estatístico

Foi realizada análise de Agrupamento por Ligação Simples, sendo considerado a distância Euclidiana. Para esta análise foram utilizados os dados de diâmetro à altura do peito (DAP médio) e altura média do bosque, dos 6 pontos amostrais: “Pai Matos”, “Baguaçu”, “Nóbrega”, “Sítio Grande”, “Cabeçuda” e “Sacová”. A análise foi tratada no programa *Statistica*, versão 5, gerando um dendograma.

VI. RESULTADOS

VI.1. Tratamento de Imagens Digitais

A imagem de 14/09/1986 foi obtida às 09:32h e a de 02/09/1999 às 09:47h, segundo registros do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Registros do marégrafo da Base Dr. João de Paiva Carvalho, do IOUSP, em Cananéia, determinaram que as imagens foram geradas em condições de maré distintas (Harari, *com. pess.* 13/07/2000²). Enquanto a imagem de 1986 foi obtida em maré enchente, a de 1999 foi gerada em maré vazante. A altura da maré na imagem de 1986 estava em torno de 0,5m e em 1999 apresentava-se a cerca de 0,9m.

Foram obtidas as composições coloridas (RGB) TM3/TM2/TM1 (Figura 19), TM4/TM3/TM2 (Figura 20), e TM5/TM4/TM3 (Figura 21). A composição colorida TM4/TM3/TM2 mostrou-se mais adequada para estudos de dinâmica do ecossistema manguezal, uma vez que realça as áreas de deposição de sedimento, consideradas como

² Prof. Dr. Joseph Harari, Oceanografia Física - IOUSP.

sendo de possível ocupação por espécies vegetais de manguezal e *Spartina* (Figura 22). A utilização dos *layers* vetorizados destacaram ainda mais a hidrografia, representada por gamboas e rios, e as ilhas arenosas emersas (Figura 23).

Na classificação MAXVER, de 1986 e 1999, foram destacadas as seguintes classes: água, baixio, floresta atlântica, manguezal, feição arenosa exposta, vegetação de restinga e outros (Figuras 24 e 25). A classe “baixio” refere-se a bancos arenosos submersos no momento da obtenção da imagem de satélite e a classe “outros” indica solos expostos de composição não identificada. O uso dos *layers* vetorizados auxiliou também na observação dos resultados dessas classificações (Figura 26).

Pode-se notar que tanto na classificação MAXVER de 1986 como na de 1999 que o Sistema Cananéia-Iguape apresenta intensa sedimentação, com formação de baixios, sobretudo nos meandros do Mar de Cananéia (Figuras 24 e 25) e nas desembocaduras dos rios do Mar de Cubatão (Figura 26).

Comparando-se as classificações MAXVER em detalhe, nota-se que a cidade de Cananéia e as estradas apresentam o mesmo comportamento espectral que a feição arenosa exposta (Figuras 27 e 28). Segundo Novo (1992), alguns alvos possuem comportamento muito semelhante a outros.

Pode-se confirmar mudança na feição da desembocadura de Cananéia, de 1986 para 1999. Na porção da Ilha Comprida, a classificação de 1999 destaca a formação de um grande banco arenoso, em forma de coroa, localizada na saída do sistema (Figura 28), não observada na classificação de 1986 (Figura 27). O resultado da classificação de 1999 apresenta maior área de baixio, próximo à Ilha do Cardoso, na porção externa do sistema (Figura 28). Na Ilha de Cananéia, destaca-se o aumento do baixio na região próxima à gamboa do Bananal (Figuras 27 e 28). A “verdade terrestre” (*ground truth*), realizada após classificação supervisionada, confirmou os resultados obtidos.

A dinâmica observada na classificação MAXVER, obtida nas imagens de satélite de 1986 e 1999, no Sistema Cananéia-Iguape, auxiliaram na determinação dos pontos amostrais. Embora não tenha sido realizada fotointerpretação das fotografias

aéreas de 1954 e 1981, as mesmas foram de extrema importância na determinação dos pontos amostrais e localização das transversais.

VI.2. Estrutura do bosque de mangue e levantamento topográfico

De modo a facilitar a denominação das parcelas de cada local amostrado, optou-se por representar com siglas, sendo as legendas compostas com a primeira inicial de cada nome, e aqueles com único nome representados com as duas primeiras iniciais, seguidas da inicial de parcela (“P”) e seu respectivo número. Para as siglas das transversais utilizou-se somente a inicial de transversal (“T”) e seu respectivo número, como apresentado a seguir (Tabela VII).

Tabela VII: Siglas para parcelas e transversais de cada ponto amostral.

Local de coleta	Siglas das Parcelas	Siglas das Transversais
Pai Matos	PMP1 até PMP6	T1 até T2
Baguaçu	BAP1 até BAP11	T1 até T2
Nóbrega	NOP1 até NOP5	T única
Sítio Grande	SGP1 até SGP6	T1 até T3
Cabeçuda	CAP1 até CAP9	T1 até T2
Sacová	SAP1 até SAP4	T1 até T4

VI.2.1 “Pai Matos”

Na Ilha de Pai Matos foram definidas duas transversais, a principal (T1), que segue o sentido preferencial de deposição atual de sedimento, de 118m de extensão, e a secundária (T2) de 182m de extensão. As parcelas 1 a 4 estão dispostas ao longo da T1, e as 5 e 6 localizam-se nas duas extremidades da T2, ou melhor nas franjas (bordas em contato com o corpo de água adjacente).

A parcela 1 (PMP1) representa o bosque de menor desenvolvimento estrutural dessa ilha, com área basal total (ABt) de 13,63m²/ha, DAP médio de 2,13cm e altura média do bosque é de 2,02m (Tabela VIII). A espécie *Laguncularia racemosa* domina em área basal com 95,77% (Figura 29 e Tabela IX), com maior contribuição de troncos $\geq 2,5$ cm (Figura 30, Tabelas IX e X). O número de troncos mortos, nessa parcela é baixo (Tabela XI e XII). Essa parcela possui a maior densidade amostrada em “Pai Matos” (Tabela XIII).

Na parcela 2 (PMP2), o DAP médio é de 5,47cm e a altura média do bosque é de 3,91m (Tabela VIII). *L. racemosa* continua dominando em área basal (71,06%), observando-se pequena contribuição de *Rhizophora mangle* (26,97%) (Figura 29, Tabelas IX e XI). O desenvolvimento estrutural apresenta-se maior do que na PMP1, com 17,88 m²/ha de área basal total (Tabela VIII), com importante contribuição de troncos vivos de *L. racemosa* de elevadas classes diamétricas ($\geq 2,5$ e ≥ 10 cm) (Tabela 12).

A parcela 3 (PMP3) a ABt é de 22,88m²/ha, o DAP médio de 9,33cm e a altura média do bosque igual a 5,42m (Tabela VIII). PMP3 representa bosque misto de *Avicennia schaueriana* (41,99%), *R. mangle* (29,69%) e *L. racemosa* (28,31%) (Figura 29 e Tabela IX), com maior contribuição de troncos de elevada classe diamétrica (Figura 30 e Tabela X).

Na PMP4, o bosque é dominado por *A. schaueriana* (82,92%) (Figura 29 e Tabela IX), com grande desenvolvimento estrutural (27,06m²/ha) (Tabela VIII). Apresenta o maior DAP médio (11,10cm) da ilha (Tabela VIII), com presença de indivíduos da espécie *A. schaueriana*, de alta classe diamétrica (≥ 10 cm) (Figura 30 e Tabela XII). A altura média do bosque (5,58m) é também a maior entre os registrados nessa ilha (Tabela VIII). Esse bosque apresenta a menor densidade amostrada na ilha (Tabela XIII).

As parcelas 5 e 6 (PMP5 e PMP6) representam os bosques de franja da T2. A PMP5 está localizada na borda de um canal, com cerca de 85m de distância Ilha Filhote (outra ilha arenosa emersa totalmente ocupada por manguezal, voltada para a Ilha de Cananéia). Em relação à dominância em área basal, *L. racemosa* domina com 99,26% (Figura 29 e Tabela IX), sendo uma parcela importante, composta de indivíduos mortos (33,26%) (Tabela XI). Esse é o bosque de maior desenvolvimento estrutural (53,82m²/ha) da ilha, com grande contribuição de indivíduos de *L. racemosa* ramificados, de elevadas classes diamétricas (entre $\geq 2,5$ e ≥ 10 cm) (Figura 30 e Tabela XIII). A altura média do bosque é de 3,54m e DAP médio de 5,04cm (Tabela VIII).

Esse bosque apresenta alta densidade de troncos/ha, sendo 20,57% de troncos com classe diamétrica intermediária, de *L. racemosa* (Tabela XIII).

A PMP6, onde ocorre processo de erosão, está voltada para Ilha Comprida. O bosque misto, composto por *A. schaueriana* (44,19% dominância em área basal), *R. mangle* (30,59%) e *L. racemosa* (25,22%) (Figura 29 e Tabela IX). O bosque apresenta grande desenvolvimento estrutural (35,27m²/ha), DAP médio de 10,41cm e altura média do bosque de 4,51m (Tabela VIII). Há grande contribuição de troncos de elevada classe diamétrica (≥ 10 cm) (Figura 30 e Tabela X).

A topografia ao longo da T1 indica elevação gradativa do relevo da ilha, atingindo 40cm acima do ponto inicial, na área da PM4. Nos primeiros 40m de distância ao longo da T1, o relevo apresenta microcanais. Em seguida, o relevo encontra-se mais regular com poucas variações (Figura 31a).

A topografia a longo da T2, nos primeiros 4m de distância, eleva-se 40cm de altura, em relação ao ponto zero, estabilizando-se nessa altitude até os 177m de extensão. Entre as distâncias 178m e 182m, o relevo sofre redução brusca de altura variando de 4cm até 43,5cm abaixo do ponto zero inicial, representando a região onde está ocorrendo erosão (Figura 31b).

VI.2.2 “Baguaçu”

A transversal 1 (T1) possui 163m e a T2 possui 68m. As parcelas BAP1 até BAP8 estão distribuídas ao longo do eixo de deposição preferencial de sedimento. A BAP9 não se encontra associada a uma das transversais, localiza-se na franja voltada para o Mar de Cananéia, próxima à BAP7. BAP10 e BAP11 localizam-se nas franjas, ao longo da T2, no eixo perpendicular à T1. Ao redor de toda essa ilha ocorre uma faixa estreita de *Spartina alterniflora*, só não ocorrendo em um ponto mais próximo da BAP8, localizado no extremo oposto da área em progradação.

As BAP1 e BAP2 são justapostas e localizam-se na porção de deposição de sedimento. À frente da BAP1 existe um grande banco de sedimento, que fica exposto

com a maré baixa. A faixa de *Spartina* é mais extensa próximo à BAP1. Nas BAP1 e BAP2 domina a espécie *Laguncularia racemosa*, com 99,10% e 90,32%, respectivamente (Figura 32 e Tabela IX). Os DAP médios são os menores encontrados nesse local de amostragem (1,05 e 1,42cm, respectivamente) (Tabela VIII). BAP1 representa o bosque de menor desenvolvimento estrutural (13,93m²/ha) da ilha (Tabela VIII). Os bosques representados pelas duas primeiras parcelas apresentam os menores valores de altura média (1,28m e 1,54m, respectivamente) (Tabela VIII). Em ambas parcelas, a maior contribuição de troncos é de pequena classe diamétrica (Figura 33 e Tabela X) da espécie *L. racemosa* (Tabela XII). BAP1 apresenta a maior densidade (troncos/ha) da ilha (Tabela XIII).

A BAP3 possui incremento em DAP médio (2,41cm), de altura média do bosque (3,32m) e de ABt (24,97m²/ha) (Tabela VIII). *L. racemosa* continua dominando o bosque em área basal (85,49%), com pequena contribuição de indivíduos de *R. mangle* (11,34%) e de *A. schauerianna* (3,17%) (Figura 32 e Tabela IX). A maior contribuição em área basal é de indivíduos de *L. racemosa*, com troncos de classe diamétrica intermediária (Figura 33, Tabelas X e XII).

A BAP4 possui dominância em *L. racemosa* (81,92%), mas com a presença de indivíduos de *A. schaueriana* (17,91%) (Figura 32 e Tabela IX). Grande contribuição em área basal de indivíduos de *L. racemosa*, com troncos $\geq 2,5$ cm (Figura 33, Tabelas X e XII). O bosque possui o maior desenvolvimento estrutural (41,06m²/ha) registrado para essa ilha, DAP médio de 4,61cm e altura média do bosque de 4,5cm (Tabela VIII).

Na BAP5 domina a espécie *A. schaueriana* (74,80%). *L. racemosa* e *R. mangle* participam com pequena contribuição em área basal (Figura 32 e Tabela IX). Apresenta maior contribuição de troncos de elevada classe diamétrica (Figura 33), principalmente da espécie *A. schaueriana* (Tabela XII). O bosque apresenta ABt de 18,15m²/ha, e DAP médio de 6,35cm (Tabela VIII). A altura média do bosque é a mais elevada da ilha (7,6m) (Tabela VIII), com a menor densidade encontrada na ilha (Tabela XIII).

As BAP6 e BAP7 assemelham-se em dominância e em área basal de *R. mangle*, com 90,51% e 86,14%, respectivamente (Figura 32 e Tabela IX), com maior contribuição de troncos de classe diamétrica intermediária ($\geq 2,5$ cm) (Figura 33 e Tabela

X), sobretudo da espécie *R. mangle* (Tabela XII). O desenvolvimento estrutural do bosque de BAP6 é mediano ($21,11\text{m}^2/\text{ha}$), enquanto BAP7 possui o segundo menor valor de ABt ($17,25\text{m}^2/\text{ha}$) (Tabela 8). BAP6 apresenta o maior DAP médio ($6,39\text{cm}$) da ilha, enquanto BAP7 apresenta baixo DAP médio ($3,69\text{cm}$) e alturas médias dos bosques de $6,72\text{m}$ e $4,90\text{m}$, respectivamente (Tabela VIII).

BAP8 apresenta-se como bosque monoespecífico de *R. mangle*, com elevado desenvolvimento estrutural ($30,96\text{m}^2/\text{ha}$), onde a espécie contribui mais efetivamente com troncos de classe diamétrica intermediária (Figura 33, Tabelas X e XII). O DAP médio é de $5,55\text{cm}$, e a altura média de $6,81\text{m}$ (Tabela VIII).

BAP9 localiza-se a cerca de 7m de distância da BAP7, na franja voltada para a face do Mar de Cananéia. Essa parcela foi realizada a fim de se obter informações do bosque nessa área, apesar dela não estar no eixo das transversais 1 e 2. Assim como a BAP7, nessa parcela *R. mangle* domina em área basal ($65,83\%$), com contribuição significativa de *L. racemosa* ($34,17\%$) (Figura 32 e Tabela IX). O desenvolvimento estrutural do bosque é intermediário, com DAP médio de $4,47\text{cm}$, ABt de $20,21\text{m}^2/\text{ha}$ e altura média do bosque de $5,01\text{m}$ (Tabela VIII). A maior contribuição de troncos é das espécies *R. mangle* e de *L. racemosa*, de classe diamétrica intermediária (Figura 33, Tabelas X e XII).

BAP10 e BAP11 localizam-se nas extremidades da T2. Essa transversal cruza o eixo da T1 na região da BAP6. BAP10 localiza-se na franja voltada para a Ilha Comprida. BAP10 é dominada por *R. mangle* ($71,79\%$), com contribuição de *L. racemosa* ($28,21\%$) (Figura 32 e Tabela IX), com maior contribuição de troncos da espécie *R. mangle*, de classe diamétrica intermediária (Figura 33 e Tabela X e XII). O bosque é formado por indivíduos muito ramificados. O DAP médio é de $2,74\text{cm}$, ABt é de $21,66\text{m}^2/\text{ha}$ e a altura média do bosque de $3,71\text{m}$ (Tabela VIII).

BAP11 é formada por um bosque dominado por *R. mangle* (Figura 32 e Tabela IX). Apresenta maior desenvolvimento estrutural do que a parcela anterior, com DAP médio é de $5,5\text{cm}$, a altura média do bosque de $6,46\text{m}$ e a área basal total de $24,73\text{m}^2/\text{ha}$ (Tabela VIII), sendo a maior contribuição de troncos de classe diamétrica intermediária (Figura 33 e Tabela X).

O perfil topográfico mostra claramente que a ilha possui grande variação no relevo, partindo do ponto zero até -65cm em relação ao ponto inicial. Até a região da BAP5 (61m de distância no eixo da T1), a topografia varia de 1cm a 10cm. Logo após, decresce (até 17cm abaixo do ponto zero) em uma região de um microcanal, onde localiza-se BAP7. O relevo eleva-se até a mesma altura do ponto inicial, decrescendo novamente até -31,5cm em relação ao ponto zero, representando o canal entre BAP7 e BAP8. BAP8 localiza-se em região de muito canais, com sedimento pouco consolidado (Figura 34a).

Ao longo da T2 localizam-se as BAP10, BAP6 e BAP11. Nota-se que a região da BAP10 tem o relevo mais alto, do que a BAP11. A BAP10 situa-se na região do ponto zero inicial, e o relevo na região da BAP11 situa-se a 25cm abaixo do ponto zero. A região da BAP11 é caracterizada por maior número de microcanais, em relação à BAP10 (Figura 34b).

VI.2.3 “Nóbrega”

A transversal única do “Nóbrega” tem 90m de extensão, estendo-se na face em acreção do meandro do Mar de Cananéia. A parcela 1, localiza-se na franja do bosque e a parcela 5 na porção mais interna do mesmo.

Ao longo da transversal, ocorre substituição da dominância em área basal de *Laguncularia racemosa* (96,10%) na NOP1, passando por um bosque misto de *L. racemosa* e *R. mangle* (nas NOP2), após bosque misto com as três espécies na NOP4, até *R. mangle* dominar em área basal, (84,39%) na NOP5 (Figura 35 e Tabela IX). Determinou-se o final da transversal, em função do grande desenvolvimento estrutural do bosque na região da NOP5 (bosque maduro).

Ocorre aumento gradativo do desenvolvimento estrutural do bosque no sentido da NOP1 para NOP5, com DAP médio de 1,63cm para 6,26cm, respectivamente (Tabela VIII). O maior valor de área basal é da NOP3 (27,75m²/ha) (Tabela VIII), dominado por *R. mangle* (Figura 35 e Tabela IX), com maior contribuição de troncos de classe diamétrica intermediária (Figura 36, Tabelas X e XII). A maior altura média do

bosque é da NOP4 (4,78m) (Tabela VIII). A parcela NOP4, dominada por *R. mangle* e *L. racemosa* apresenta grande densidade de troncos mortos (36,72%) (Tabela XII). A maior densidade (troncos/ha) é encontrada na NOP2 e a menor no bosque NOP5 (Tabela XIII).

A topografia ao longo da transversal aumenta gradativamente do ponto zero até 14cm de altura (5m de distância ao longo da transversal), na região NOP1. A topografia termina, aos 90m de distância, com 20cm acima do ponto zero inicial (Figura 37). A região de NOP4 à NOP5 é caracterizada por inúmeros microcanais.

VI.2.4 “Sítio Grande”

À margem direita da desembocadura do Rio Sítio Grande foram delimitadas três transversais: a principal (T1) com 70m de extensão e duas secundárias (T2 e T3), perpendiculares à T1, com 36 e 59m de extensão, respectivamente. As parcelas 1 e 4 estão dispostas ao longo da T1, as parcelas 2 e 3 na T2 e as parcelas 5 e 6 encontram-se ao longo da T3. As parcelas 2 e 6 estão dispostas na porção voltada para o Sistema Cananéia-Iguape, e as parcelas 3 e 5 localizam-se na porção voltada para o Rio Sítio Grande. *Spartina alterniflora* ocupa o baixio à frente da SGP1, formado pela deposição de sedimento, ainda pouco colonizado por espécies vegetais típicas de manguezal.

SGP1 representa um bosque misto com as três espécies de mangue, onde dominam *R. mangle* (44,91%) e *L. racemosa* (40,37%) (Figura 38 e Tabela IX). Os valores de altura média do bosque (2,45m) e DAP médio (2,29cm) são os menores do “Sítio Grande” no presente estudo (Tabela VIII). A maior contribuição de troncos em área basal é de classe diamétrica intermediária (Figura 39 e Tabela X).

SGP2 localiza-se na porção voltada para a Baía de Trapandé, onde predomina sedimento consolidado. *L. racemosa* domina em área basal (64,55%) (Figura 38 e Tabela IX). O bosque apresenta o maior valor em ABt (45,23m²/ha), apesar de possuir baixo valor de DAP médio (3,12cm) e altura média do bosque de 3,37m (Tabela VIII). O bosque apresenta a maior densidade (troncos/ha) dessa área estudada (Tabela XIII).

SGP3 localiza-se na porção voltada para o rio, onde o sedimento é menos consolidado, e a SGP4 localiza-se em região com microcanais e sedimento pouco consolidado. Nas duas parcelas *R. mangle* domina em 100% (Figura 38 e Tabela IX). O desenvolvimento estrutural de SGP3 é bem menor do que SGP4, com valores de DAP médio de 3,76cm e 7,63cm, área basal total de 13,94m²/ha e 34,24 m²/ha, e de altura média 4,13m e 7,62m, respectivamente (Tabela VIII). SGP4 possui a maior altura média dessa localidade.

SGP5 localiza-se na franja voltada para o rio. Apresenta o maior DAP médio (8,23cm) desse local de amostragem, elevado valor de área basal (29,39m²/ha) e altura média do bosque de 5,77m (Tabela VIII). Essa parcela é caracterizada por bosque misto, com *R. mangle* dominando em área basal (58,87%), *L. racemosa* com 28,33% e *A. schaueriana* com 12,80% (Figura 38 e Tabela IX). A maior contribuição de troncos é de elevada classe diamétrica (Figura 39 e Tabela X), sobretudo da espécie *R. mangle* (Tabela XII). O bosque apresenta a menor densidade desse ponto amostral (Tabela XIII).

A SGP6, localizada na porção voltada para a Baía de Trapandé, é dominada por *R. mangle* (98,04%) (Figura 38 e Tabela IX). O DAP médio é de 6,58cm, área basal total de 33,89m²/ha e altura média do bosque de 6,31m (Tabela VIII). Nessa parcela, a maior contribuição de troncos é de classe diamétrica intermediária (Figura 39 e Tabela X).

A porção voltada para a Baía de Trapandé possui sedimento bastante consolidado e topografia elevada, enquanto na porção voltada para o rio predomina sedimento menos consolidado, com inúmeros micorcanais. A topografia mostra claramente a variação de relevo passando de elevação suave à região dominada por microcanais. Ao longo da T1, observa-se que a SGP1 encontra-se em relevo suave, 4cm acima do ponto zero inicial. SGP4, que encontra-se em região com diversos microcanais (6cm abaixo do ponto zero) (Figura 40a).

Ao longo da T2, SGP2 encontra-se em relevo mais alto (28cm acima do ponto zero), enquanto SGP3, voltada para o rio, localiza-se em relevo mais baixo (4,5cm acima do ponto zero) (Figura 40b).

Ao longo da T3, tanto a SGP5, voltada para o rio, quanto a SGP6, voltada para o Sistema Cananéia-Iguape apresentam relevo em torno de 35cm acima do ponto inicial. Entre essas duas parcelas, ocorre um microcanal. Na região da SGP5, a queda brusca da topografia representa a erosão na margem do rio (Figura 40c).

VI.2.5 “Cabeçuda”

A Ilha “Cabeçuda” localiza-se na porção mais externa da desembocadura do Rio Itapitangui. A transversal 1 estende-se no eixo de crescimento principal da ilha, com 370m e a transversal 2, perpendicular à T1, possui 90m de extensão. Na primeira porção, até 80m ao longo da T1, a ilha tem forma arredondada, depois apresenta um canal, onde o relevo é mais baixo e o sedimento menos consolidado, representado por estreitamento na largura da ilha, entre as distâncias 80 e 100m. Após essa distância, a ilha toma forma alongada até o final da T1. Ao longo da T1 foram distribuídas CAP1 até CAP7, e ao longo da T2, estão CAP8 e CAP9.

CAP1 e CAP2 representam bosques com valores similares de dominância em área basal, com *L. racemosa* (74,14% e 85,08%, respectivamente) (Figura 41 e Tabela IX). CAP1 apresenta pequeno desenvolvimento estrutural com DAP médio de 4,99cm e área basal de 15,07m²/ha, enquanto CAP2 apresenta DAP médio de 3,92 e área basal de 20,46m²/ha (Tabela VIII). Os valores de altura média para CAP1 e CAP2 são 3,38m e 3,24m, respectivamente (Tabela VIII). As duas parcelas apresentam maior contribuição de troncos de classe diamétrica intermediária (Tabelas X e XII).

CAP3 localiza-se na porção mais baixa da topografia, em área de sedimento pouco consolidado. Nesse bosque, a espécie *R. mangle* domina em área basal (98,36%) (Figura 41 e Tabela IX), com importante contribuição de troncos de elevada classe diamétrica (Figura 42, Tabelas X e XII). O bosque apresenta os maiores valores de altura média (5,43m) e DAP médio (8,07m) dessa ilha, e área basal de 21,04 m²/ha (Tabela VIII). A parcela apresenta a menor densidade de troncos/ha (Tabela XIII).

CAP4 assemelha-se à CAP2, com dominância em área basal de *L. racemosa* (83,69%) e de *R. mangle* (16,31%) (Figura 41 e Tabela IX), com maior contribuição de

troncos de classe diamétrica intermediária (Figura 42 e Tabela X), principalmente de *L. racemosa* (Tabela XII). O bosque apresenta menor desenvolvimento estrutural, com 12,59m²/ha de área basal, 3,44cm de DAP médio e 2,91m de altura média do bosque (Tabela VIII).

As parcelas CAP5 até CAP7 são semelhantes em termos da dominância em área basal de *L. racemosa* (100%, 97,23% e 99,61%, respectivamente) (Figura 41 e Tabela IX). CAP6 possui os menores valores de altura média do bosque (2,28cm) e DAP médio (2,88cm) entre os bosques da ilha (Tabela VIII), possuindo a maior densidade absoluta (Tabela XIII). CAP7 localiza-se na extremidade da T1 (na franja) aos 340m de distância do ponto inicial. Esse bosque apresenta DAP médio de 5,45cm e altura média de 3,65m, e o maior valor de área basal total (28,41m²/ha) (Tabela VIII), e a maior contribuição de troncos de classe intermediária de DAP (Figura 42 e Tabela IX).

CAP8 e CAP9 localizam-se nas extremidades da transversal 2. A T2 cruza o eixo da T1, aos 244m de distância do ponto de origem da T1, na região da CAP5. CAP8 e CAP9 constituem bosques mistos de *L. racemosa* e *R. mangle* (Figura 41 e Tabela IX). CAP8 possui valores de DAP médio, altura média do bosque e área basal (5,08cm, 3,44m e 24,79m²/ha, respectivamente) maiores do que CAP9 (3,65cm, 2,81m e 20,68m²/ha) (Tabela VIII).

Ao longo da transversal 1, a partir dos 10m de distância, a topografia eleva-se a cerca de 58cm acima do ponto inicial. A topografia mostra claramente o canal entre os 80m e os 100m de extensão, onde localiza-se CAP3. Na região da CAP4 até CAP7, o relevo mantém-se mais alto que no ponto inicial (Figura 43a).

Ao longo da T2 nota-se que o relevo aumenta gradativamente, até a região da CAP9 (4m de distância ao longo da T2), estabilizando-se, onde se encontra CAP5 até a região da CAP8 (76m de distância ao longo da T2) diminuindo progressivamente a partir desse ponto. CAP8 e CAP9 encontram-se praticamente na mesma altitude em termos do relevo (Figura 43b).

VI.2.6 “Sacová”

Essa ilha apresenta feição geomorfológica diferente das demais, sem crescimento longitudinal tão marcado. Possui muitos canais, de dimensões que variam de 1m até 23m de largura, assim como regiões de relevo elevado. Devido a pequena área que totaliza a ilha, estabeleceu-se 4 transversais de modo a obter informação mais detalhada. A transversal 1 foi localizada no eixo maior da ilha (132m de extensão), enquanto que T2, T3 e T4 foram distribuídas perpendicularmente à primeira, com 86m, 99m e 100m de extensão, respectivamente. Foram delimitadas quatro parcelas nessa ilha, distribuídas de modo a caracterizar melhor os bosques. Ao longo da T1 localizam-se SAP2 e SAP4. Ao longo da T2 localiza-se SAP1, na porção mais próxima à franja, voltada para a face sudeste da ilha. Ao longo da transversal 3 estão localizadas SAP2 e SAP3, e ao longo da transversal 4, localiza-se SAP4.

SAP1 representa um bosque monoespecífico de *R. mangle* (Figura 44 e Tabela IX), com maior contribuição de troncos de classe diamétrica intermediária (Figuras 45, Tabela X). Altura média é de 4,06m, área basal de 13,78 m²/ha e diâmetro médio dos troncos de 5,63cm (Tabela VIII).

SAP2 representa um bosque misto dominado em área basal por *L. racemosa* (63,08%), apresentando contribuição significativa de *R. mangle* (39,92%) (Figura 44 e Tabela IX), e muitos troncos de classes diamétricas elevadas (Figura 45 e Tabela X). O DAP médio do bosque é de 5,63cm, e a altura média do bosque é de 3,28m (Tabela VIII). Esse bosque apresenta a maior densidade da ilha (Tabela XIII).

SAP3 representa um bosque monoespecífico de *R. mangle* (Figura 44 e Tabela IX), com maior contribuição de troncos de elevada classe diamétrica (Figura 45 e Tabela X). O diâmetro médio dos troncos de 6,74cm, a área basal de 14,62m²/ha e a altura média é a maior dessa ilha (5,34m) (Tabela VIII).

SAP4 representa um bosque dominado em área basal por *A. schauerianna* (76,49%) (Figura 44 e Tabela IX), com troncos de elevada classe diamétrica (≥ 10 cm) (Figura 45 e Tabelas X e XII). O bosque possui maior desenvolvimento estrutural da ilha, com área basal de 30,89m²/ha, DAP médio de 10,96cm, e altura média do bosque

de 4,16m (Tabela VIII). Nesse bosque, os indivíduos de *A. schaueriana* são ramificados, com quatro a oito troncos por indivíduo. O bosque apresenta a menor densidade da ilha (Tabela XIII).

Os perfis topográficos ao longo das transversais mostram os inúmeros canais distribuídos na ilha (Figura 46a, 46b, 46c e 46d). O relevo, onde se localiza SAP4, é mais elevado que na região de SAP2, ao longo da T1 (Figura 46a). Ao longo da T3, o relevo é mais elevado em SAP2 que na região da SAP3 (Figura 46c). O perfil topográfico ao longo da T4 representa áreas elevadas no relevo, onde se localiza SAP4, e áreas de canais (Figura 46d).

VI.3. Tratamento Estatístico

Para a análise de agrupamento por ligação simples, foram utilizados os dados de diâmetro à altura do peito (DAP médio) e altura média do bosque, dos seis pontos amostrais (Tabela VIII). A partir do dendrograma (Figura 47), é possível dividir os resultados em três grandes grupos (A, B e C), em função das medidas estruturais.

O grupo A reúne as parcelas de menor desenvolvimento estrutural, com menores valores de DAP médio (1,05 à 4,61cm) e altura média do bosque. O grupo B está representado por parcelas de valores intermediários, com DAP médio variando de 4,99cm à 5,63cm. O grupo C representa os bosques de maior desenvolvimento estrutural, com DAP médio variando entre 5,50 à 11,10cm (Tabela XIV).

VII. DISCUSSÃO

VII.1. Tratamento de Imagens Digitais

Bonetti Filho (1995) destacou a dificuldade de obtenção de imagens de satélites obtidas para a região de Cananéia. Segundo aquele autor, cerca de 66% são imagens com cobertura de nuvens de 80 a 100%, diminuindo a disponibilidade de informações digitais para a região. Devido à forte presença de nuvens na zona costeira

são geradas apenas duas ou três imagens com cobertura de nuvens aceitável por ano (Bonetti Filho, *op. cit.*). A obtenção de imagens com maré em altura semelhante torna-se ainda mais difícil em função dessa limitação.

A diferença do nível da maré nas duas imagens tratadas, implica em limitações na interpretação dos dados obtidos, principalmente na comparação da extensão dos baixios nas duas datas. Dessa forma, não foram calculadas áreas de progressão ou de regressão dos manguezais no sistema. Apesar disso, foi possível constatar modificações nas feições geomorfológicas no sistema e tendências de assoreamento ao longo dos canais lagunares.

Neste estudo, a classificação MAXVER permitiu confirmação das áreas de maior deposição ao longo dos canais lagunares, sobretudo nos meandros do Mar de Cananéia. As feições sedimentares na desembocadura dos rios Mandira, Itapitanguí e Taquari são destacadas, configurando formas deposicionais pronunciadas em área.

No intervalo de 13 anos, a desembocadura de Cananéia apresentou variação em sua morfologia, com áreas de erosão e outras de deposição. Essa é a região de maior dinâmica no sistema, provavelmente devido à ação do agente dominante ondas (corrente de deriva litorânea). Essa forte dinâmica na entrada da desembocadura de Cananéia foi destacada por Sadowsky (1952). Posteriormente, Tessler *et al.* (1990) utilizaram série temporal de fotografias aéreas para descrever o processo nessa região. Bonetti Filho (1995) utilizou imagens Landsat/TM para estudo do transporte de sedimentos por suspensão nas proximidades dessa desembocadura, indicando alterações nas feições.

Imagens TM/Landsat são consideradas as mais indicadas para avaliação de sistemas costeiros tropicais, pois apresentam melhor resolução e custo mais reduzido, quando comparadas a imagens fornecidas por outros sensores (Mumby *et al.*, 1999). Green *et al.* (1998) confirmaram a utilização da classificação supervisionada MAXVER em composições coloridas de imagens Landsat/TM como boa metodologia para identificação de áreas de manguezais em grandes extensões. O tratamento de imagens mostrou-se satisfatório para o presente estudo.

VII.2. Estrutura do bosque de mangue e topografia

Os bosques de mangue apresentam grande variabilidade quanto as suas características estruturais e funcionais (Pool *et al*, 1977 e Lugo & Snedaker, 1974). Cintrón & Schaeffer-Novelli (1985) consideram que a arquitetura do bosque é uma expressão do resultado da interação entre as características de crescimento das espécies arbóreas, seus requisitos fisiológicos e as forças ambientais que operam sobre o sistema.

A topografia parece exercer importante papel no desenvolvimento estrutural dos bosques estudados. Segundo Dias-Brito & Zaninetti (1979), a maturidade dos bosques de mangue e a dominância relativa das espécies de mangue são influenciadas pela topografia, geomorfologia, hidrologia e sedimentologia de cada sistema estudado. Coelho-Jr. (1999), afirma que o padrão de zonação de bosques de mangue está relacionado às modificações impostas pela microtopografia e frequência de inundação, resultando em gradiente físico-químico. Os processos de sucessão e zonação das espécies vegetais são respostas a este gradiente. Thom *et al*. (1975) e Semeniuk (1980) atribuem à geomorfologia importante papel na ecologia dos manguezais. Egler (1948) determinou que a colonização por bosques de mangue ocorre em pulsos, não se comportando como processo contínuo, como sugerido por Davis (1940).

Dias-Brito & Zaninetti (1979) consideram as pequenas irregularidades da topografia, que afetam a superfície das feições de sedimentação e os processos erosivos e deposicionais da região, como fatores que influenciam o desenvolvimento dos bosques de mangue e sua zonação.

Os perfis topográficos realizados nos pontos amostrais do presente estudo foram satisfatórios, auxiliando na interpretação dos dados de estrutura dos bosques de mangue. Por não ter sido realizada topografia relacionada ao nível da maré, foi possível comparar apenas em termos da variação do relevo, não permitindo comparar os valores de altura do relevo entre transversais.

No estágio de progradação (Figura 48), sugerido por Dias-Brito & Zaninetti (1979), *Spartina alterniflora* ocupa a porção mais externa da franja, seguida por

Laguncularia racemosa, de pequeno desenvolvimento estrutural e, posteriormente a mesma espécie com maior desenvolvimento estrutural. *Rhizophora mangle* e *Avicennia schaueriana* ocupam, nessa sequência, as partes mais internas dos bosques de mangue (Dias-Brito & Zaninetti, *op. cit.*).

No pontos amostrais “Baguaçu”, “Nóbrega” e “Sítio Grande”, *Spartina alterniflora* ocupa os bancos de deposição de sedimento à frente da parcela 1, de cada local estudado. Os outros pontos amostrais não possuem bancos colonizados por essa gramínea. Dias-Brito & Zaninetti (*op. cit.*) afirmam que *S. alterniflora* coloniza bordas de bosques de mangue em fase de progradação, sendo espécie indicadora de sedimentação ativa.

Em todas as feições sedimentares estudadas domina a resultante de transporte de sedimento com sentido unidirecional, segundo Tessler (1982) e Tessler & Furtado (1983). Nas feições sedimentares “Pai Matos”, “Baguaçu”, “Nóbrega” e “Sítio Grande” observou-se padrão de zanação do bosque, com *Laguncularia racemosa* de pequeno desenvolvimento estrutural ocupando áreas de progradação, como observado nas parcelas PMP1, BAP1, BAP2, NOP1, NOP2, SGP1 e SGP2 (Tabela 8).

Laguncularia racemosa associada à *Spartina alterniflora* caracterizam região de manguezal em fase de progradação, denominada por Dias-Brito & Zaninetti (*op. cit.*) de manguezais “imatuross” ou “rejuvenscidos” (Figura 9).

Pool *et al.* (1977) constataram que *Laguncularia racemosa* é espécie dominante em áreas de deposição recente ao longo das margens do estuário, no México. Ball (1980) afirma que a colonização de novas áreas dá-se, principalmente, por *Laguncularia racemosa*, em áreas de baixa hidrodinâmica. Schaeffer-Novelli *et al.* (1990a) afirmam que, de modo geral, *S. alterniflora* e *Laguncularia racemosa* colonizam áreas de progradação, na região de Cananéia.

Coelho-Jr. (1998), estudando bosques de mangue ao longo de transversais na Ilha do Cardoso, Ponta da Prainha e Guarapari, mostrou que *Rhizophora mangle* domina praticamente em toda extensão das transversais, tanto nos bosques de franja como nos de bacia. Schaeffer-Novelli *et al.* (1990b) descreve os manguezais do Sistema

Cananéia-Iguape, como sendo dominados, principalmente, por *Rhizophora mangle* na franja e *Avicennia schaueriana* nos bosque de bacia. Provavelmente seriam áreas onde não estão ocorrendo processos de progradação marcada. Schaeffer-Novelli *et al.* (1990b) afirmam que para a região do Sistema Cananéia-Iguape, *Avicennia schaueriana* contribui para 12% de ABt, representando apenas 2% de densidade relativa.

Os perfis topográficos obtidos para os pontos amostrais indicam *R. mangle* dominando em área basal em regiões de topografia mais baixa, em geral caracterizada por microcanais, como observado em BAP6, BAP7, BAP8, NOP5, SGP3, SGP4, CAP3, SAP1 e SAP3.

Segundo Jimenez (1985), bosques de *Rhizophora mangle* respondem às mudanças na microtopografia e alterações na drenagem de sedimento. As árvores se desenvolvem melhor nas partes baixas das planícies onde há grande circulação e alta frequência de inundação.

A. schaueriana ocupa áreas de topografia mais elevada, apresentando elevados valores de ABt, como em PMP4, BAP5 e SAP4. Segundo Dias-Brito & Zaninetti (*op. cit.*), *Avicennia schaueriana* se localiza, nos manguezais, preferencialmente, em pequenas elevações topográficas, onde são submetidas a curtos períodos de submersão pelas marés.

Os maiores valores de DAP médio, obtidos neste estudo, foram em PMP4 e SAP4 (11,10cm e 10,96cm, respectivamente). Ambas parcelas representam dominância em área basal da espécie *A. schaueriana*. As árvores medidas na PMP4 possuem em sua maioria um único tronco, enquanto as medidas em SAP4 são ramificadas, embora ambas apresentem baixa densidade absoluta (Tabela XIII).

PMP5, SGP2 e CAP7, dominadas por *L. racemosa*, e NOP3, dominada por *R. mangle*, apresentam elevados valores de ABt, possuem classe diamétrica intermediária ($\geq 2,5$ cm) e elevada densidade de troncos (Tabelas VIII, XII e XIII).

Apesar das ilhas “Sacová” e “Cabeçuda” localizarem-se próximo à desembocadura do mesmo rio, apresentam características bem distintas, como feição

geomorfológica e topografia, resultando em desenvolvimento estrutural dos bosques de mangue bastante diferenciado. Na Ilha “Cabeçuda”, a espécie *L. racemosa* domina na maior porção da ilha, o sedimento é bastante consolidado e a topografia não apresenta muitos canais. A Ilha “Sacová” é constituída por inúmeros canais e sedimento pouco consolidado. Nessas duas ilhas, *L. racemosa* e *A. schaueriana* ocorrem em áreas mais altas, enquanto *R. mangle* em áreas mais baixas, onde encontram-se os canais.

VII.3. Dinâmica do manguezal

Feições sedimentares estão constantemente submetidas a rápidas e importantes modificações, são áreas particularmente dinâmicas (Dias-Brito & Zaninetti, 1979). Segundo Semeniuk (1980), o processo de erosão nas franjas, determina a zonação dos bosques de mangue.

A zonação observada nos bosques de mangue estudados, ao longo das transversais 1, está representada, esquematicamente, na Figura 48.

Dias-Brito & Zaninetti (*op. cit.*) determinaram fases de um bosque de mangue em erosão, em perfil topográfico e dominância de espécies de mangue. No primeiro perfil, o bosque encontra-se em fase inicial de erosão, com *Laguncularia racemosa* ocupando a franja, seguida por *Rhizophora mangle* e *Avicennia schaueriana*. Nesse estágio, não ocorre colonização por *Spartina alterniflora*. No estágio intermediário, a franja é dominada por *Rhizophora mangle*. No estágio avançado de erosão, apenas *Avicennia schaueriana* ocupa borda do manguezal (Figura 49).

A partir da proposta de Dias-Brito & Zaninetti (*op. cit.*), sugere-se que o bosque amostrado na parcela SGP5, do presente estudo, encontra-se no estágio intermediário de erosão, com *Rhizophora mangle* dominando a franja (Tabela IX). PMP6 deve corresponder ao estágio avançado, com *Avicennia schaueriana* dominando o bosque em área basal (Tabela IX).

Supõe-se que o bosque à frente da CAP1, encontra-se em erosão em fase intermediária, com a presença de indivíduos bem desenvolvidos de *Rhizophora mangle*

e de *Avicennia schauerianna*. A caracterização estrutural do bosque de mangue desta região será necessária para confirmar a presente interpretação.

Em função de ter sido aplicada mesma metodologia nos estudos pretéritos para os manguezais do Sistema Cananéia-Iguape realizados por Adaime (1985, 1987), Peria *et al.* (1990), Menezes (1994) e Coelho-Jr. (1998), é possível comparar os resultados obtidos por todos os autores. Cunha-Lignon *et al.* (1999) realizaram comparação dos bosques de mangue estudados na região de Cananéia, considerando diferentes tipos fisiográficos. Almeida *et al.* (2000) realizou comparação dos mesmos, considerando as energias subsidiárias (Tabela XV).

Os bosques estudados por Adaime (1985), dominados por *Laguncularia racemosa*, na cabeceira, região mediana e desembocadura da Gamboa Nóbrega, apresentam maior desenvolvimento estrutural que os amostrados no presente estudo (Tabela XV).

Na Ilha de Pai Matos, os valores obtidos por Adaime (1987) para o bosque de bacia, dominado por *Avicennia schaueriana*, foram mais elevados que os obtidos neste estudo (Tabelas VIII, XIII e XV). Supõe-se que pode estar ocorrendo sucessão do bosque, onde *Avicennia schaueriana* de elevada classe diamétrica ($\geq 10\text{cm}$) estaria sendo substituída por árvores da espécie *R. mangle*, de menores classes diamétricas ($\leq 2,5\text{cm}$ e $\geq 2,5\text{cm}$).

Os bosques de mangue dos rios Sítio Grande e Perequê, estudados por Peria *et al.* (1990), são dominados por *Rhizophora mangle*, apresentando grande desenvolvimento estrutural.

A partir dos dados obtidos por Menezes (1994), para os bosques do Rio Perequê, dominado por *Laguncularia racemosa* entre os estudos pretéritos, apresentam baixos valores de AB total, DAP médio e altura média do bosque (Tabela XV). Supõe-se que o bosque localiza-se em área de sedimentação recente, uma vez que se assemelham aos obtidos no presente estudo, para as áreas de progradação (Tabela VIII).

Os bosques estudados por Coelho-Jr. (1998), “Guarapari A1” e “Ilha do Cardoso A1” apresentam baixos valores de DAP médio e altura média do bosque, localizam-se nas franjas e representam bosques mistos de *Rhizophora mangle* e de *Laguncularia racemosa* (Tabela XV). Estes bosques assemelham-se ao SGP1, em valores de ABt, DAP médio e dominância em área basal do bosque (Tabelas VIII e IX).

VII.4. Tratamento Estatístico

A análise de agrupamento por ligação simples comprovou a ocorrência de zonação nos bosques de mangue, em feições sedimentares, ao longo de um gradiente de deposição de sedimento. Esta análise confirmou os resultados observados, referentes a estrutura do bosque de mangue e a topografia.

Bosques de maior desenvolvimento estrutural são dominados por *Rhizophora mangle* e/ou *Avicennia schaueriana*. As parcelas de maior desenvolvimento estrutural, dominadas por *A. schaueriana* (SAP4, PMP6 e PMP4) indicaram importante grau de similaridade (Figura 47 e Tabela XIV).

No ponto amostral “Sacová”, as parcelas que representam bosques de menor desenvolvimento estrutural (SAP1 e SAP2) encontram-se reunidas no grupo B, do dendrograma, indicando ausência de indivíduos de menor desenvolvimento estrutural.

Bosques de franja, em áreas de progradação, com menor desenvolvimento estrutural, foram agrupados em A, possuindo elevado grau de similaridade. Esses bosques têm a característica de serem dominados, principalmente, por *Laguncularia racemosa*, como observado nas parcelas PMP1, SGP1, NOP2, BAP1, BAP2, NOP1 (Figura 47 e Tabela XIV).

Na feição sedimentar “Cabeçuda”, CAP1 tem maior similaridade com outras parcelas do grupo B do dendrograma, de valores intermediários, talvez pelo fato da parcela não se localizar na franja do bosque, que sofreu erosão. As parcelas CAP2, CAP4 e CAP6, dominadas por *Laguncularia racemosa*, e CAP5, dominada por *Rhizophora mangle*, distribuídas ao longo da transversal 1, foram reunidas no grupo A,

possivelmente pelo sedimento pouco consolidado e alta topografia, resultando baixa frequência de inundação (Figura 47 e Tabela XIV).

PMP5, dominada por *Laguncularia racemosa*, foi incorporada ao grupo B, do dendograma, considerando-se altura média do bosque e DAP médio de valores intermediários (Figura 47 e Tabela 14). Essa parcela apresentou a maior ABt ($53,82\text{m}^2/\text{ha}$) de todas as parcelas amostradas no presente estudo (Tabela VIII), possivelmente devido a grande ramificação das árvores, aumentando de forma importante a densidade total do bosque (Tabela XIII).

As parcelas PMP6 e SGP5 encontram-se em área de franja em processo de erosão, em transversais perpendiculares à T1. PMP6, dominada por *Avicennia schaueriana*, e SGP5, dominada por *Rhizophora mangle*, foram agrupada em C, com elevados valores de DAP médio e altura média do bosque (Figura 47 e Tabela XIV).

Segundo Valentin (2000), apesar de ser bastante simples, o método estatístico aplicado foi adequado ao objetivo do presente estudo, separando claramente as parcelas de menor desenvolvimento estrutural daquelas de desenvolvimento estrutural intermediário e de maior desenvolvimento.

VIII. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo confirmou a resposta do ecossistema manguezal aos processos deposicionais, no Sistema Cananéia-Iguape. Sugere-se que seja dada continuidade ao estudo, de modo a implementar informações adquiridas.

A fotointerpretação em série temporal é indicada para os próximos estudos, auxiliando na compreensão da dinâmica das feições sedimentares e dos bosques de mangue em escala mais detalhada do que a obtida pela interpretação de imagens digitais.

Análise granulométrica e o levantamento da concentração de matéria orgânica no sedimento das parcelas deve ser realizada, para melhor correlação com os dados obtidos no presente estudo de estrutura dos bosques de mangue e de topografia.

Outras análises de agrupamento por ligação simples podem ser realizadas utilizando-se dados como dominância em área basal e densidade do bosque, assim como poderá ser aplicada Análise de Componente Principal (ACP), complementando a interpretação dos dados.

IX. CONCLUSÕES

1. A análise do material cartográfico e digital em diversos níveis de organização foi de grande importância para o estudo da dinâmica de manguezais.
2. Dados pretéritos sobre a dinâmica sedimentar da região auxiliaram no estudo sobre bosques de mangue, pois estes respondem fortemente aos processos geomorfológicos.
3. Banco de dados sobre os manguezais do Sistema Cananéia-Iguape é fundamental para o monitoramento ambiental dessa zona úmida costeira tropical.
4. Nas feições de sedimentação do Sistema Cananéia-Iguape, *Laguncularia racemosa* domina nas regiões em progradação.
5. *Rhizophora mangle* ocorre, preferencialmente, em regiões de canais, sob maior frequência de inundação, devido à topografia.
6. *Avicennia schaueriana* ocupa áreas de topografia mais elevada.
7. A análise de agrupamento por ligação simples mostrou-se adequada para os dados obtidos no presente estudo, confirmando os resultados de caracterização estrutural de bosques de mangue.
8. A estrutura dos bosques de mangue – dominância de espécies e desenvolvimento estrutural -, reflete os diferentes estágios em que se encontram as feições sedimentares, caracterizando a dinâmica do sistema submetido às “energias subsidiárias”.

X. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'Sáber, A.N. & W. Besnard. 1953. Sambaquis da região lagunar de Cananéia. Bolm. Inst. oceanogr., 4 (1/2): 215-230 + figuras.
- Adaime, R.R. 1978. Estudo da variação estacional do “standing-crop” e do repovoamento em um banco de *Spartina alterniflora* Loiseleur, 1807, no complexo estuarino-lagunar de Cananéia. Boletim do Instituto Oceanográfico, São Paulo 27 (2):1-43.
- 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, São Paulo, 305p.
- Adaime, R. R. 1987. Estrutura, produção e transporte em um manguezal. Simpósio sobre Ecossistemas da costa sul e sudeste brasileira: síntese de conhecimentos. Cananéia, São Paulo, Vol. 1, p. 80-99.
- Almeida, R.; M. Cunha-Lignon; C. Coelho-Jr, & Y. Schaeffer-Novelli. 2000. Analysis of ecological processes of the mangrove ecosystem: subsidies for conservation in the Cananéia region – São Paulo, Brazil. Conference Sustainable Use of Estuaries and Mangroves: challenges and propescts, Recife (PE), CD-ROM.
- Argento, M.S. 1989. The geographical information system of the Brazilian coastal management program. 84-94. In: Neves, C., ed. Coastlines of Brazil. New York, American Society of Civil Engineers, O.T. Magoon, 296p.
- Aschbacher, J.; R. Ofren; J.P. Delsol; T.B. Suselo; S. Vibulsresth & T. Charrupat. 1995. An integrated comparative approach to mangrove vegetation mapping using advanced remote sensing and GIS technologies: preliminary results. Hydrobiologia, 295: 285-294.
- Ball, M.C. 1980. Patterns of secondary sucession in a mangrove forest of southern Florida. Oecologia (Berl), 44: 226-235.
- Bérgamo, A.L. 2000. Características da hidrografia, circulação e transporte de sal: Barra de Cananéia, Sul do Mar de Cananéia e Baía de Trapandé. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, USP, 210p.
- Besnard, W. 1950a. Considerações gerais em torno da região lagunar de Cananéia-Iguape I. Bolm. Inst. Paul. oceanogr., São Paulo, 1 (1): 9-26.
- Besnard, W. 1950b. Considerações gerais em torno da região lagunar de Cananéia-

- Iguape II. Bolm. Inst. Paul. oceanogr., São Paulo, 1 (2): 3-28.
- Blasco, F.; P. Saeger & E. Janodet. 1996. Mangroves as indicator of coastal change. *Catena*, 27: 167-178.
- Bonetti Filho, J. 1995. Transporte de sedimentos por suspensão nas proximidades da Barra de Cananéia – SP. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, vol I: texto (114p), vol II: tabelas e figuras (146p).
- Bonetti Filho, J. 1996. Sensoriamento remoto aplicado à análise de ambientes costeiros impactados: avaliação metodológica – Baixada Santista. São Paulo, Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Departamento de Geografia, 260p + anexos.
- Brondizio, E.; E. Moran; D. Mausel & Y. Wu. 1996. Land cover in the Amazon estuary: linking of the Thematic Mapper with botanical and historical data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 62 (8): 921-929.
- Cicin-Sain, B., 1993. Sustainable development and integrated coastal management. *Ocean & Coastal Manangement*, 21: 11-43.
- Cicin-Sain, B. & R.W. Knecht. 1998. Integrated Coastal and Ocean Management: concepts and practices. Washington, D.C., Island Press, 517p.
- Cintrón, G. & Y. Schaeffer-Novelli. 1984. Methods for studying mangrove structure. In: Snedaker, S.C. & J.G Snedaker, eds., *The mangrove ecosystem: research methods*. UNESCO, Bungay, UK, 251p.
- Cintrón, G. & Y. Schaeffer-Novelli. 1985. Características y desarrollo estructural de los manglares de norte y sur America. *Ciencia Interamericana*, 25 (1-4): 4-15.
- Cintrón-Molero, G. & Y. Schaeffer-Novelli. 1992. Ecology and management of New World mangroves. In: Seeliger, U. ed., *Coastal Plant Communities of Latin America*.
- Cintrón, G.; A.E. Lugo & R. Martinez. 1985. Structural and functional properties of mangrove forests. In.: W.G. Dárcy & M.D. Correa, eds. *The Botany and Natural History of Panama*, Missouri Botanical Garden, Saint Louis, Missouri, P. 53-66. Academic Press, California. P. 233-258.
- Clark, J.R. 1996. *Coastal Zone Management Handbook*. New York, Lewis Publish, 694p.
- Coelho Jr., C. 1998. Manguezal, desenvolvimento estrutural da cobertura vegetal ao longo de gradientes de inundação – Cananéia, Estado de São Paulo, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 108p.
- Coelho-Jr., C.; M.L.G. Soares & Y. Schaeffer-Novelli. 1999. Desenvolvimento estrutural dos bosques de mangue de franja de Cananéia (São Paulo, brasil) ao longo

- do gradiente de inundação. VIII Congresso Latinoamericano de Ciências do Mar, Trujillo (Perú), P.616-617.
- Conti, L.A. 1998. Aplicação de técnicas de geoprocessamento na caracterização de aspectos morfosedimentares do canal de São Sebastião, Litoral Norte do Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 84p + anexo.
- Cruz, O. 1966. Estudo geomorfológico da área de Cananéia, SP. Aerofotogeografia 1, Universidade de São Paulo, Departamento de Geografia, 8p.
- Cunha-Lignon, M.; R. Almeida, & C. Coelho-Jr. 1999. Tipos fisiográficos de bosques de mangue de Cananéia, São Paulo, Brasil. VIII Congresso Latinoamericano de Ciências do Mar, Trujillo (Perú), P.614-615.
- Cunha-Lignon, M.; R. Almeida & Y. Schaeffer-Novelli. 2000. Complexo estuarino-lagunar de Iguape-Cananéia: turismo x conservação. V Simpósio de Ecossistemas Brasileiros: conservação. Vitória (ES), Vol. I: Conservação e Duna, P. 372-379.
- Curran, P.J. 1985. Principles of remote sensing. Longman Scientific & Technical, Essex, 282p.
- Dalrymple, R.W.; B.A. Zaitlin & R. Boyd. 1992. Estuarine facies models: conceptual basis and stratigraphic implications. *Journal of Sedimentary Petrology*, 62: 1030-1043.
- Davis, J.H. 1940. The ecology and geologic role of mangroves in Florida. Carnegie Institute Washington Publication, 517: 303-412.
- Dias,-Brito, D. & L. Zaninetti. 1979. Étude géobotanique comparative de trois mangroves du littoral brésilien: Acupe (Bahia), Guaratiba (RJ) et Iguape (São Paulo). Notes du Laboratoire de Paleontologia de L'Université de Genève, fasc. 4, n° 6: 57-65.
- Dinerstein, E.; M.D. Olson; D.J. Graham; A.L. Webster, S.A. Primm; M.P. Bookbinder, & G. Ledec. 1995. Conservation assessment of mangrove ecosystems. In: Conservation Assessment of the Terrestrial Ecoregions of Latin America and the Caribbean. The World Bank in association with WWF, Washington, DC., P. 36-41.
- Egler, F.E. 1948. The dispersal and establishment of the red mangrove in Florida. *Carib. Forest.*, 9: 299-310.
- Estado de São Paulo. 1989. Capítulo IV: Do Meio Ambiente, dos Recursos Naturais e do Saneamento, Seção I – Do Meio Ambiente. In: Cardoso, O.L., coord., 1991.

- Constituições estaduais: capítulo do meio ambiente. Rio de Janeiro, Petrobrás, P. 79-82.
- Frischeisen, E.R.; M.S. Argento; R. Herz & R.P. Carneiro. 1989. The coastal management program in Brazil. In: Neves, C. ed. Coastlines of Brazil. New York, American Society of Civil Engineers, O.T. Magoon, P. 1-9.
- Galloway, W.E. 1975. Process framework for describing the morphologic and stratigraphic evolution of deltaic depositional systems. In: Broussard, M.L., ed. Deltas-models for exploration. Houston Geological Society, P. 87-89.
- Gao, J. 1999. A comparative study on spatial and spectra resolutions of satellite data in mapping mangrove forests. *Int. Journal of Remote Sensing*, 20 (14): 2823-2833.
- Garcia, G.J. 1982. Sensoriamento Remoto: princípios e interpretação de imagens. São Paulo, Nobel, 357p.
- Gerlach, S.A. 1958. Die mangroveregion Tropischer Kusten Lebensraum. *Zeitschrift fuer morphologie und Oekologie der Tierre*, 46: 636-730.
- Grasso, M. 1994. Avaliação econômica do ecossistema manguezal: complexo estuarino-lagunar de Cananéia, um estudo de caso. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 171p
- Green, E.P.; C.D. Clark; P.J. Mumby; A.J. Edwards. & A.C. Ellis. 1998. Remote sensing techniques for mangrove mapping. *Int. J. Remote Sensing*, 19 (5): 935-956.
- Haddad, K. & B.A. Harris. 1985. Use of remote sensing to assess estuarine habitats. IV Symposium on Coastal and Management, Baltimore, Maryland, Vol. 1: 662-672.
- Herz, R. 1991. Os manguezais do Brasil. São Paulo, IOUSP-CIRM, 233p.
- Herz, R. 1999. Procesamiento digital de imágenes de satélite para el reconocimiento de patrones en los manglares. In: A. Yáñez-Arancibia & A.L. Lara-Domínguez (eds.), *Ecosistemas de Manglar en America Tropical*. Instituto de Ecologia, A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA, P. 83-108.
- Herz, R. & A. Jaskow. 1985. Remote sensing of mangrove areas on the Brazilian coast. IV Symposium on Coastal and Management, Baltimore, Maryland, Vol. 2: 1382-1389.
- Inman, D.L. & F.K. Nordstrom. 1971. On the tectonic and morphologic classification of coasts. *J. Geol.*, 79: 1-21.
- Jimenez, J.A. 1985. *Rhizophora mangle* (L.) red mangrove. Rhizophoraceae. Mangrove family. UNESCO. SO – ITF – SM, 2: 7p.

- Jiménez, J.A. 1999. Ambiente, distribución y características estructurales de los manglares del Pacífico de Centro America: contrastes climáticos. In: A. Yáñez-Arancibia & A.L. Lara-Dominguez, eds. *Ecosistemas de Manglar em America Tropical*. Instituto de Ecología, A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA. P 51-70.
- Lillesand, T.M. & R.W. Kiefer. 1994. *Remote sensing and image interpretation*. New York, John Wiley and Sons, 3^a ed., 750p.
- Long, B.C. & T.D. Skewes. 1996. A technique for mapping mangroves with Landsat TM satellite data and geographic information system. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 43: 373-381.
- Longhurst, A., ed. 1998. *Ecological geography of the sea*. Academic Press, California, USA, 398p.
- Lugo, A.E. & S.C. Snedaker. 1974. The ecology of mangroves. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5: 39-64.
- Maness Jr., L.V.; P. Mausel, & S.J. Stadler. 1978. Landsat / Land use planning in the coastal zone. *Symposium on Technical, Environmental, Socioeconomic and Regulatory Aspects of Coastal Zone Management*, San Francisco, California, Vol. II: 1284-1299.
- Menezes, G.V. 1994. *Produção e decomposição em bosques de mangue da Ilha do Cardoso, SP*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo, 116p.
- Mesquita, A.L. de & J. Harari. 1983. Tides and gauges of Cananéia and Ubatuba – Brasil (Lat 24°). *Relat. Int. Inst. Oceanogr. Univ. S. Paulo*, (11): 1-14.
- Miranda, L.B. & B.M. Castro. 1997. Classificação do mar de Cananéia e estimativa do flux de sal. *Congresso Latino-americano sobre Ciências do Mar*, Santos, SP, vol II, pp: 175-176.
- Miranda, L.B.; A.R. Mesquita & C.A.S, França. 1995. Estudo da circulação e dos processos de mistura no extremo sul do Mar de Cananéia: condições de dezembro de 1991. *Bolm. Inst. oceanogr., S. Paulo*, 43 (2): 153-164.
- Mumby, P.J.; E.P. Green; A.J. Edwards & C.D. Clark. 1999. The cost-effectiveness of remote sensing for tropical coastal resources assessment and management. *Journal of Environmental Management*, 55: 157-166.
- Novo, E.M.L.M. 1992. *Sensoriamento remoto: princípios e aplicações*. 2^a edição, São Paulo, , Edgard Blücher, 308p.

- 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.
- Pellegrini, J.A.C. 2000. Caracterização da planície hipersalina (apicum) associada a um bosque de mangue em Guaratiba, Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro – RJ. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo, 101p.
- Peria, L.C.S.; P.P.C.P. Fernandes; G.V. Menezes; M. Grasso & M.M.P. Tognella. 1990. Estudos estruturais comparativos entre bosques de mangue impactados (Canal da Bertiooga) e não impactados (Ilha do Cardoso), Estado de São Paulo. Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste brasileira: estrutura, função e manejo. Águas de Lindóia, São Paulo, Vol. 2, P. 183-193.
- Pires, I.O. 1985. Mapeamento dos manguezais do Recôncavo da Baía de Guanabara através da utilização de técnicas de sensoriamento remoto. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 68p.
- Pires, I.O. 1997. Monitoramento de manguezais através de correlação de dados da fitomassa e de radiância TM/Landsat. Exemplo: APA-Guapimirim (RJ). Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Departamento de Geografia, 143p.
- Pool, D.J.; S.C., Snedaker & A. Lugo. 1977. Structure of mangrove forests in Florida, Puerto Rico, México and Costa Rica. *Biotrópica*, 9 (3): 195-212.
- Rodrigues, M.G. 1998. Análise do status de conservação das unidades de paisagem no complexo estuarino-lagunar de Iguape-Cananéia-Guaraqueçaba. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, 183p + anexos.
- Ruiz-Luna, A. & C.A. Berlanga-Robles. 1999. Modifications in coverage patterns and land use around the Huizache-Caimanero Lagoon System, Sinaloa, Mexico: a multi-temporal analysis using Landsat images. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 49: 37-44.
- Sadowsky, V. 1952. Observações sobre as modificações em curso na entrada de Cananéia, de sua barra e da região adjacente. *Bolm. Inst. oceanogr.* 3 (1/2): 197-211.
- Saenger, P.; E.J. Hegerl, & J.D.S. Davie, eds., 1983. Global status of mangrove ecosystems. Commission on Ecology papers N°. 3 IUCN, Gland, Switzerland. *The Environmentalist* 3, Suppl. N°. 3.
- Sant'Anna, E.M. & M.H. Whately. 1981. Distribuição dos manguezais do Brasil. *R. bras. Geogr.*, Rio de Janeiro, 43 (1): 47-63, jan/mar.

- Sayre, R. 2000. Mapping Technologies: new tools for conservation. In: Sayre, R.; E. Roca; G. Sedaghatksh; B. Young; S. Keel; R.L. Roca. & S. Sheppard, eds. *Nature in Focus: Rapid Ecological Assessment*. Washington, D.C., Island Press, The Nature Conservancy. P. 47-61.
- Sayre, R. & S. Sheppard. 2000. The REA mapping process. In: Sayre, R.; E. Roca; G. Sedaghatksh; B. Young; S. Keel; R.L. Roca. & S. Sheppard. *Nature in Focus: Rapid Ecological Assessment*. Washington, D.C., Island Press, The Nature Conservancy. P.63-75.
- Schaeffer-Novelli, Y. 1991. *Manguezais brasileiros*. Tese de Livre Docência. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 2 vols.
- Schaeffer-Novelli, Y. & G. Cintrón. 1986. Guia para estudos de áreas de manguezal: estrutura, função e flora. São Paulo, Caribbean Ecological Research, 150p. + apêndices.
- Schaeffer-Novelli, Y.; G. Cintrón-Molero, R.R. Adaime, & T.M. Camargo. 1990a. Variability of mangrove ecosystems along the Brazilian coast. *Estuaries*, 13 (2): 204-219.
- Schaeffer-Novelli, Y.; H.S.L. Mesquita & G. Cintrón-Molero. 1990b. The Cananéia Lagoon Estuarine System, São Paulo, Brasil. *Estuaries*, 13, (2): 193-203.
- Schaeffer-Novelli, Y; M. Cunha Lignon & A.M.M. Portugal. 1999. Manguezal: conservação e restauração, um conceito de manejo. VIII Congresso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar, Trujillo, Peru, vol. II: 918-919.
- Schaeffer-Novelli, Y.; G. Cintrón-Molero; M.L. Soares & M.T. De-Rosa. 2000. Brazilian mangroves. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 3: 561-570.
- Schaeffer-Novelli, Y.; G. Cintrón-Molero & M.L.G. Soares. *in press*. Mangroves as indicator of sea level change in the muddy coasts of the world. Chapter Nine. In: Wang, I. & T. Healy eds. *Muddy Coasts*. Elsevier, U.K.
- Schmidt, G. 1988. Manguezal de Cananéia, concentração dos elementos químicos carbono, nitrogênio, cálcio, fósforo, manganês, ferro e cinzas, em folhas de mangue e sua correlação com taxa de decomposição e salinidade. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, Vol. 1, 199p.
- Semeniuk, V. 1980. Mangrove zonation along an eroding coastline in King Sound, North-Western Australia. *Blakwell Scientif Publications*, P. 789-812.
- Silva, J.F. 1989. Dados climatológicos de Cananéia e Ubatuba (Estado de São Paulo). *Bolm. climatol. Inst. oceanogr.*, São Paulo, (6): 1-21.

- Silveira, J.D. 1964. Morfologia do litoral. In: Azevedo, A.E.D. Brasil: a terra e o homem. Cia. Ed. Nacional, São Paulo, P. 253-305.
- Suguio, K. & L. Martin. 1976. Mecanismos de gênese das planícies sedimentares quaternárias do litoral do Estado de São Paulo. XXIX Cong. Bras. Geol., Ouro Preto, 1: 295-305.
- Suguio, K. & L. Martin. 1978. Quaternary marine formations of the State of São Paulo and Southern Rio de Janeiro. Intern. Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary, Special Publication, São Paulo, Soc. Bras. Geologia, Vol. 1, 55p.
- Suguio, K. & M.G. Tessler. 1992. Depósitos quaternários da planície costeira de Cananéia-Iguape (SP). Roteiro das Excursões do 37º Congresso Brasileiro de Geologia, Vol. I, 31p.
- Tessler, M.G. 1982. Sedimentação atual na região lagunar de Cananéia-Iguape, Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, v. 1 (texto) 110p. e v. 2 (mapas e figuras) 170p.
- Tessler, M.G. & V.V. Furtado. 1983. Dinâmica de sedimentação das feições de assoreamento da região lagunar Cananéia-Iguape, Estado de São Paulo. Bolm. Inst. Oceanogr., São Paulo, 32 (2): 117-124.
- Tessler, M.G.; K. Suguio; M.M. Mahiques, & V.V. Furtado. 1990. Evolução temporal e espacial da desembocadura lagunar de Cananéia (SP). Bolm. Inst. oceanogr., S. Paulo, 38 (1): 23-29.
- Tessler, M.G. & L.A.P. Souza. 1998. Dinâmica sedimentar e feições sedimentares identificadas na superfície de fundo do sistema Cananéia-Iguape, SP. Rev. bras. oceanogr., 46 (1): 69-83.
- Thom, B.G. 1982. Mangrove ecology: a geomorfology perspective. In: Clough, B.F. ed. Mangrove Ecosystems in Australia. Australian National University Press, Canberra. P. 3-16.
- Thom, B.G., 1984. Coastal landforms and geomorphic processes. In: Snedaker, S.C. & J.G. Snedaker, eds. The Mangrove Ecosystem: research methods. UNESCO, P.3-17.
- Thom B.G.; L.D. Wright & J.M. Coleman. 1975. Mangrove ecology and deltaic-estuarine geomorphology. Journal Ecology, 63: 203-232.
- Tognella, M.M.P. 1995. Valoração econômica: estudo de caso para o ecossistema maguezal – Bertioxa e Cananéia, Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. 161p.

- Tommasi, L.R. coord. 1984. Projeto Valo Grande – SOMA / CIRM. Relatório parcial apresentado ao Secretário do Estado de Obras e do Meio Ambiente. São Paulo, IOUSP, 30p.
- Twilley, R.R. 1995. Properties of mangrove ecosystems in relation to the energy signature of coastal environments. In: C.A.S. Hall ed. Maximum Power. University Press of Colorado, Niwot. P. 43-62.
- Twilley, R.R. & J.W. Day Jr. 1999. The productivity and nutrient cycling of mangrove ecosystems. In: Yáñez-Arancibia, A. & A.L. Lara-Domínguez eds., *Ecosistemas de Manglar en America Tropical*. Instituto de Ecologia, A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA, P. 127-152.
- Vale, C.C. 1999. Contribuição ao estudo dos manguezais como indicadores biológicos das alterações geomorfológicas do estuário do Rio São Mateus (ES). Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Departamento de Geografia, 171p.
- Valentin, J.L. 2000. *Ecologia Numérica – uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos*. Rio de Janeiro, Ed. Interciência, 117p.