UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA FÍSICA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

**CARTOGRAFIA DOS NÍVEIS HIERÁRQUICOS DOS MANGUEZAIS:
UMA VISÃO SISTÊMICA**

Ana Lucia Gomes dos Santos

São Paulo

2014

ANA LUCIA GOMES DOS SANTOS

**CARTOGRAFIA DOS NÍVEIS HIERÁRQUICOS DOS MANGUEZAIS:
UMA VISÃO SISTÊMICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutora em Geografia.

Orientadora: Profa. Dra. Sueli Ângelo Furlan.

Exemplar revisado

De acordo: _____
Profa. Dra. Sueli Ângelo Furlan

São Paulo

2014

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

Sc Santos, Ana Lucia Gomes dos
Cartografia dos níveis hierárquicos dos
manguezais: uma visão sistêmica. / Ana Lucia Gomes
dos Santos ; orientadora Sueli Ângelo Furlan. - São
Paulo, 2014.
352 f.

Tese (Doutorado)- Faculdade de Filosofia, Letras
e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.
Departamento de Geografia. Área de concentração:
Geografia Física.

1. Cartografia. 2. Nível hierárquico do manguezal.
3. Teoria Geral dos Sistemas. 4. Representação
Gráfica. 5. Escala. I. Furlan, Sueli Ângelo, orient.
II. Título.

Ana Lucia Gomes dos Santos

Cartografia dos níveis hierárquicos dos manguezais: uma visão sistêmica

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutora em Geografia.

Aprovado em: 24 /10 / 2014

Banca Examinadora

Prof^a. Dr^a. Sueli Ângelo Furlan (Orientadora)

Professora Doutora do Programa de Pós Graduação em Geografia Física da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.

Prof^a. Dr^a. Yara Schaeffer-Novelli

Professora Doutora do Programa de Pós Graduação em Ciência Ambiental da Universidade de São Paulo.

Prof. Dr. Marcello Martinelli

Professor Doutor do Programa de Pós Graduação em Geografia Humana da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Emerson Galvani

Professor Doutor do Programa de Pós Graduação em Geografia Física da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

Prof^a. Dr^a. Cláudia Condé Lamparelli

Doutora e Gerente do Setor de Qualidade de Águas Superficiais CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo)

*Ao meu irmão
Luciano Gomes dos Santos,
de quem sinto saudades todos os dias!!!*

AGRADECIMENTOS

E chega ao fim mais uma etapa dessa longa jornada geográfica, confesso que esses últimos quatro anos passaram tão rápido que, por diversas vezes, me questionei onde eu estava que não os vi passar. Mas a vida é que passa rápida e temos o dever de vivê-la plenamente, todos os dias. Nesses últimos anos vivi e aprendi tantas coisas que acredito ser por isso que tenho a impressão que esses anos voaram.

Nesse momento, de olhar para trás quero agradecer a todos que me ajudaram e me apoiaram em cada um dos momentos dessa minha jornada.

Agradeço primeiro a *Deus*, por estar cuidando do meu irmão e por permitir que ele esteja presente na minha família todos os dias, obrigada por sua ajuda infinita!

À orientadora *Profa. Dra. Sueli Ângelo Furlan*, pela orientação, confiança e amizade ao longo de todos esses anos. Quando a vi pela primeira vez em 2002, na palestra sobre a Rio +10, e ouvi todo o seu currículo, pensei: “quero ser assim quando crescer”. Você sempre será um exemplo para mim, estou me esforçando para conseguir ser um pouquinho como você, mas sei que ainda tenho muito para aprender.

À *Profa. Dra. Claudia Câmara do Vale*, pela orientação e carinho durante esse trabalho. Ler a sua dissertação e tese me fez ter certeza que estava no caminho certo e que poderia, assim como você fez, contribuir um pouco mais com os conhecimentos geográficos para a preservação desse sistema tão importante chamado MANGUEZAL. Obrigada por compartilhar seus livros, artigos, material pessoal e acima de tudo, seu conhecimento.

Ao *Prof. Dr. Emerson Galvani*, pela orientação e amizade, por todas as sugestões, correções e ensinamentos. Obrigada por me aceitar na orientação acadêmica e por ser meu orientador em tantos momentos. Saiba que ser sua orientanda, mesmo que “virtualmente” foi uma honra e também fator decisivo na continuidade desse trabalho. Cursar a disciplina Bioclimatologia fez a diferença para a forma como passei a enxergar o sistema manguezal, me fez entender a relação desse sistema com o sistema atmosférico.

À *Profa. Dra. Yara Schaeffer-Novelli*, pela orientação e carinho em que me atendeu tantas vezes. Quando a conheci tive a certeza que valeria a pena me dedicar ao estudo dos manguezais e lutar para que esse sistema tão importante fosse realmente preservado. Obrigada pelos empréstimos de materiais para a realização dos trabalhos de campo e pelos livros e artigos para a pesquisa, seus ensinamentos estão presentes aqui, nessa tese, e fizeram toda a diferença para minha vida. Serei eternamente grata!

Ao *Prof. Dr. Marcello Martinelli*, pela orientação e carinho com que sempre me atendeu. A cartografia é um elemento muito importante nessa tese e sem a sua contribuição não teria alcançado o objetivo proposto.

À *Profa. Dra. Cláudia Condé Lamparelli*, pela ajuda durante a pesquisa de mestrado e por aceitar contribuir com a presente pesquisa integrando a banca de defesa. Quando a vi na minha defesa de mestrado senti vontade de colocá-la à frente e ouvir suas contribuições, agora consigo realizar esse desejo.

À *Profa. Dra. Marília Cunha-Lignon*, pelos ensinamentos durante o trabalho de campo realizado nos manguezais de Iguape e pelo apoio à pesquisa.

A todos os Professores do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo, que contribuíram com a minha formação e com a realização desse sonho. Principalmente aos Professores: *Jurandir L. S. Ross, Mário de Biasi, Ailton Luchiari, José B. Conti, Luís A. B. Venturi, Cleide Rodrigues e Rita de Cássia A. Cruz*, muito obrigada!

À minha *Mãe Ana* e ao meu *Pai Francisco*, amo muito vocês! Sem a ajuda dessa dupla não teria conseguido chegar até aqui. Obrigada por me ensinarem tanto e por serem tão presentes na minha vida. Obrigada por todos os abraços, aconchegos, comidinha quente, companhia, viagens, passeios, festas, por tudo. Obrigada por existirem e tornar a minha vida muito mais feliz!

Ao meu marido *Luciano Ramos Gonçalves*, obrigada por TUDO! Por aguentar todo o meu mau humor, minhas crises e meu longo período de luto, sem você não teria conseguido. Obrigada por ser um integrante da minha equipe de campo e por aceitar afundar tantas vezes no mangue, mesmo me questionando porque eu havia escolhido justamente esse lugar para pesquisar. Obrigada pela ajuda com os gráficos, figuras, fotografias, etc. Sua ajuda foi fundamental em toda essa jornada!

Ao meu irmão *Luciano*, estaremos sempre juntos! Com você aprendi o verdadeiro significado da vida, estou com muita saudade do seu abraço apertado!

À minha irmã *Ana Flavia*, que veio nessa vida para trazer luz e alegria para minha família, obrigada por toda a sua força e fé!

Ao meu irmão *Tiago*, que me ensina todo dia que não precisamos levar tudo tão a sério. Nem acredito que você já está na faculdade, mas ainda pede a minha ajuda quando as coisas apertam...

A toda minha família! Não posso escrever o nome de todos, pois são muitos, mas agradeço a todos: tios, tias, padrinhos, madrinhas, sogra, cunhados, primos e agregados. Obrigada pelo apoio de vocês! As famílias Lima e Melo, que adotaram a mim e a minha família e que há tempo fazem parte da família Santos.

Aos meus amigos, que aceitaram fazer parte da equipe de trabalho de campo: *Nádia G. B. Lima, Fernando Godoy e Luciano Ramos Gonçalves*, sem a ajuda de vocês essa pesquisa não teria sido concluída. Obrigada por aceitar atolar na lama do mangue e a fazer parte da cadeia alimentar local, ao serem devorados pelas mutucas e pólvoras, não há dinheiro que pague a ajuda de vocês!

Às minhas amigas e irmãs de coração *Nádia* e *Kelly*, vocês me ensinam muito a cada dia. Agora esse grupo ganhou um reforço com a chegada da *Luísa*, acho que a pesquisa dos manguezais está salva, no que depender da *Luísa* e da sua adoração pelos caranguejos.

Aos amigos conquistados no Departamento de Geografia e que levarei para vida inteira. Em especial à *Rita*, nunca conseguirei agradecer o carinho com que você cuidou dos meus pais no momento mais triste das nossas vidas! À *Bárbara*, sua fé é realmente inspiradora! À *Grazielle*, *Amália* e *Sabrina*, adoro estar com vocês! Ao *Silvio* e a *Alessandra*, parabéns pela educação que estão dando a *Bia*! À *Simone*, *Giorgia* e a toda equipe de Biogeografia, aprendo muito com vocês sempre! Ao *Vinícius*, *Marcos*, *Tati* e claro, ao lindo *João Marcos*!

A todos os meus amigos, que me apoiaram na realização dessa pesquisa e entenderam, assim como a minha família, todas as minhas ausências em festas e encontros. Poder contar com a amizade verdadeira de vocês é um presente!

À *Aline Galvão*, pela revisão final da tese, muito obrigada pela ajuda e disponibilidade!

Ao Departamento de Geografia, por aceitar a realização dessa pesquisa no seu Programa de Pós-Graduação em Geografia Física. Aos funcionários desse departamento, que me ajudaram sempre que necessário.

Ao Laboratório de Biogeografia e Climatologia, (gostou Rogério?) que me abrigou durante todos esses anos de pesquisa, principalmente ao técnico e Geógrafo *Rogério Rozolen Alves*, por toda ajuda e paciência. Obrigada pela sua amizade e da sua esposa *Eliane*.

Ao Laboratório de Geomorfologia, principalmente à técnica *Dra. Marisa de Souto Matos Fierz*, pela ajuda com o banco de dados geológico/geomorfológico para o mapeamento.

Aos funcionários das bibliotecas da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas e do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, em especial a ajuda da *Cida*, *Wagner* e *Marta*, pela paciência e grande auxílio na busca do material bibliográfico pesquisado.

A todos os alunos e colegas, que tive o prazer de conviver durante as aulas lecionadas nos cursos de Graduação em Geografia e de Pós-Graduação no Centro Universitário FIEO – Osasco. Foi uma experiência gratificante e agora, mais que nunca, tenho certeza que o meu lugar é na sala de aula. Obrigada a todos!

Aos amigos das Editoras: Abril e Horizonte, obrigada pela oportunidade de trabalho e aprendizagem. Agradeço especialmente à *Rosi*, *Luciane* e *Alan*, pelo carinho e por sempre acreditarem no meu trabalho.

A todos os amigos da Secretaria do Verde e Meio Ambiente – SVMA da Prefeitura de São Paulo, principalmente meus companheiros do DGD-Sul 3, pelo incentivo e ajuda em todas as horas, obrigada por me ensinarem tanto e pela confiança depositada.

Ao BIOMA – centro de ensino e informação sobre zonas úmidas costeiras, com ênfase no ecossistema manguezal, por contribuir com a geração de conhecimento sobre os manguezais, por meio de tantas pesquisas e pesquisadores preocupados com a preservação desse ambiente.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão de bolsa de doutorado, que viabilizou a realização da presente pesquisa.

Ao Instituto Florestal e a direção do Parque Estadual Ilha do Cardoso, que autorizaram a realização dos trabalhos de campos na área do parque.

À EMPLASA, pelo fornecimento das fotografias aéreas e ortofotos da região do Sistema Costeiro Cananéia-Iguape, que foram utilizadas na presente pesquisa, principalmente à *Ivana* e à *Priscila* pela atenção e agilidade no processo de fornecimento dos materiais.

À Universidade de São Paulo, por oferecer ensino público e de qualidade, por viabilizar a realização de sonhos! No meu caso, a conclusão do bacharelado e licenciatura em Geografia, o Mestrado em Ciências Ambientais e agora, o Doutorado em Geografia.

Ao Manguezal “o melhor lugar do mundo”!!!

Enfim,

a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização dessa pesquisa e para minha formação

MUITO OBRIGADA!!!

RESUMO

SANTOS, Ana Lucia Gomes dos. **Cartografia dos níveis hierárquicos dos manguezais: uma visão sistêmica**. 2014. 352 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

O manguezal é um sistema muito importante para a manutenção da biodiversidade e produtividade costeira. Ocorrem em ambientes abrigados, onde há interação entre os sistemas atmosférico, terrestre e marinho. A presente pesquisa estudou sistematicamente cada um desses sistemas e elencou os principais elementos, fatores e processos que atuam em cada um dos cinco níveis hierárquicos dos manguezais, de acordo com a classificação proposta por Schaeffer-Novelli et al. (2000; 2005). Esse trabalho teve como objetivo desenvolver uma proposta de representação cartográfica apropriada a cada nível hierárquico dos manguezais. Proposta fundamentada nos pressupostos teóricos e conceituais da Teoria Geral do Sistema, da Teoria da Hierarquia, da Cartografia Ambiental e dos conceitos de representação gráfica e escala. Foram elaborados os seguintes mapeamentos para os níveis hierárquicos do sistema manguezal: Grande Ecossistema Marinho 15, composto pela Plataforma Sul do Brasil na escala de mapeamento 1:5.000.000; Domínio Costeiro VII, abrangendo a costa brasileira entre Cabo Frio – RJ e Torres – RS na escala de mapeamento 1:3.000.000; Tipologia Costeira III, representada pelo Sistema Costeiro Cananéia-Iguape na escala de mapeamento 1:300.000; Padrão de bosques presentes na Ilha do Cardoso – SP na escala de mapeamento 1:5.000; e Parcelas desses bosques de mangue da Ilha do Cardoso – SP. Para os primeiros quatro níveis hierárquicos são apresentados mapas e para o nível de maior detalhe (Parcela) são apresentados perfis diagramas e gráficos com a síntese dos dados coletados durante os trabalhos de campo. Assim, seguindo os preceitos sistêmicos, afirma-se nessa pesquisa que existe uma escala de mapeamento adequada para a representação cartográfica de cada um dos níveis hierárquicos dos manguezais, onde cada nível deve ser representado cartograficamente por um conjunto de elementos, fatores e processos específicos.

Palavras-chave: Cartografia. Nível Hierárquico do Manguezal. Teoria Geral do Sistema. Representação Gráfica. Escala.

ABSTRACT

SANTOS, Ana Lucia Gomes dos. **Cartography of hierarchical levels of mangrove: a systemic vision.** 2014. 352 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

The mangrove is a very important system for the maintenance of coastal biodiversity and productivity. Occur in sheltered environments, where there is interaction between the atmospheric, terrestrial and marine systems. This research systematically studied each of these systems and listed the main elements, factors and processes that operate in each of the five hierarchical levels of mangroves, according to the classification proposed by Schaeffer-Novelli et al. (2000, 2005). This study had as objective to develop an appropriate proposal for cartographic representation of each hierarchical level of mangrove. This proposal was based on the theoretical and conceptual assumptions of the General System Theory, Theory of Hierarchy of Environmental Cartography and concepts of scale and graphical representation. The following mappings to the hierarchical levels of the mangrove system were elaborated: Large Marine Ecosystem 15, composed of South Brazil Shelf in the mapping scale 1:5.000.000; Coastal Domain VII, covering the Brazilian coast between Cabo Frio - RJ and Torres – RS in the mapping scale 1:3.000.000; Setting III, represented by Cananéia-Iguape Coastal System in the mapping scale 1:300.000; Stand present at Ilha do Cardoso – SP in the mapping scale 1:5.000; and Sites of these mangroves at Ilha do Cardoso – SP. The first four hierarchical levels are presented maps and and the greater level of detail (Site) diagrams and graphs are presented summarizing the data collected during the field work. This way, following the systemic precepts, this research affirms that there is a proper mapping scale for cartographic representation of each of the hierarchical levels of mangroves, where each level must be cartographically represented by a number of elements, factors and specific processes.

Keywords: Cartography. Level Hierarchical of Mangrove. General System Theory. Graphic Representation. Scale.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Deus romano Janus.	19
Figura 2: Estrutura hierárquica aninhada para os manguezais.	21
Figura 3: Sistema de comunicação monossêmica.	38
Figura 4: Representação gráfica.	39
Figura 5: Variáveis visuais.	41
Figura 6: Fluxograma das etapas da pesquisa.	48
Figura 7: Municípios do Sistema Costeiro Cananéia-Iguape: Cananéia, Ilha Comprida e Iguape.	50
Figura 8: Distribuição espacial do embasamento Pré-cambriano e dos sedimentos Quaternários no litoral do estado de São Paulo.	53
Figura 9: Estágios evolutivos da planície costeira de Cananéia ao Morro da Juréia.	55
Figura 10: Ilha do Cardoso, município de Cananéia/SP.	59
Figura 11: Localização da estação microclimática, instalada no bosque de mangue na Ilha do Cardoso - Cananéia/SP.	61
Figura 12: Estação microclimática instalada no bosque de mangue na Ilha do Cardoso - Cananéia/SP.	61
Figura 13: Abrigo meteorológico, contendo sensor de registro de temperatura do ar e umidade relativa do ar, instalado no bosque de mangue na Ilha do Cardoso – Cananéia/SP.	62
Figura 14: Piranômetro para registro da radiação solar global, instalado no bosque de mangue na Ilha do Cardoso – Cananéia/SP.	63
Figura 15: Localização dos transectos nos bosques de mangue na Ilha do Cardoso – Cananéia/SP.	64
Figura 16: Coleta de dados microtopográficos, nos manguezais da Ilha do Cardoso, transecto 1 – Cananéia/SP.	65
Figura 17: Coleta de dados de salinidade, nos manguezais da Ilha do Cardoso – Cananéia/SP.	67
Figura 18: Refratômetro óptico utilizado na coleta de dados de salinidade, nos manguezais da Ilha do Cardoso – Cananéia/SP.	68
Figura 19: Localização das parcelas de estudo da vegetação, Ilha do Cardoso – Cananéia/SP.	69
Figura 20: Coleta de dados: altura das árvores utilizando telêmetro óptico, manguezais da Ilha do Cardoso – Cananéia/SP.	71
Figura 21: Coleta de dados: DAP (Diâmetro à Altura do Peito), nos manguezais da Ilha do Cardoso – Cananéia/SP.	72
Figura 22: Distribuição global dos manguezais ao longo das seis regiões biogeográficas e a localização da isoterma de 20 °C.	82
Figura 23: Distribuição dos manguezais no Brasil.	84
Figura 24: Distribuição generalizada de manguezais e histograma apresentando o número aproximado de espécies de manguezais a cada 15° de longitude.	88
Figura 25: <i>Rhizophora mangle</i>	97
Figura 26: Ciclo reprodutivo da <i>Rhizophora mangle</i>	99
Figura 27: <i>Avicennia schaueriana</i>	99
Figura 28: Ciclo reprodutivo da <i>Avicennia schaueriana</i>	100

Figura 29: <i>Laguncularia racemosa</i> .	101
Figura 30: <i>Conocarpus erectus</i> .	101
Figura 31: Ciclo reprodutivo da <i>Laguncularia racemosa</i> .	102
Figura 32: Diagrama esquemático do conceito de assinatura energética.	120
Figura 33: Funções de força que constituem a assinatura energética do sistema manguezal.	122
Figura 34: Modelo de sistema de energia.	123
Figura 35: Funções e forçantes que controlam o desenvolvimento dos bosques de manguezais.	124
Figura 36: Unidades de dissipação de energia para o sistema manguezal.	130
Figura 37: Principais elementos atuantes e a escala de mapeamento indicada para cada nível hierárquico do sistema manguezal.	131
Figura 38: Grandes ecossistemas marinhos – <i>Large marine ecosystem</i> .	132
Figura 39: Grande ecossistema marinho das Guianas – GUIA e do Brasil – BRAZ.	133
Figura 40: Foz do rio Amazonas - Brasil. Localização das zonas A, B e C do Grande Ecossistema Marinho das Guianas.	135
Figura 41: Grandes ecossistemas marinhos do Brasil.	136
Figura 42: Domínio Costeiro: representação das oito unidades fisiográficas brasileiras.	141
Figura 43: Unidade I: Oiapoque – AP (4° 30' N) ao Cabo Norte – AP (1° 42' N).	143
Figura 44: Unidade II: Cabo Norte – AP (1° 42' N) a Ponta Coruçá – PA (0° 36' S).	145
Figura 45: Unidade III: Ponta Coruçá – PA (0° 36' S) a Ponta Mangue Seco – MA (2° 15' S).	148
Figura 46: Unidade IV: Ponta Mangue Seco – MA (2° 15' S) ao Cabo Calcanhar – RN (5° 08' S).	150
Figura 47: Unidade V: Cabo Calcanhar – RN (5° 08' S) ao Recôncavo Baiano – BA (13° 00' S).	153
Figura 48: Unidade VI: Recôncavo Baiano – BA (13° 00' S) a Cabo Frio – RJ (23° 00' S).	156
Figura 49: Unidade VII: Cabo Frio – RJ (23° 00' S) a Torres – RS (29° 20' S).	158
Figura 50: Unidade VIII: Torres – RS (29° 20' S) ao Chuí – RS (33° 45' S).	161
Figura 51: Tipologias em ambientes terrígenos.	166
Figura 52: Tipologia dominada por rio.	166
Figura 53: Tipologia dominada por maré.	167
Figura 54: Tipologia dominada por ondas.	168
Figura 55: Tipologia dominada por ondas e rio.	169
Figura 56: Tipologia com vale fluvial afogado.	170
Figura 57: Tipologias em ambientes carbonáticos.	171
Figura 58: Bosque tipo Franja.	174
Figura 59: Bosque tipo Bacia.	175
Figura 60: Bosque subtipo Ribeirinho.	177
Figura 61: Bosque subtipo Ilhote.	178
Figura 62: Bosque subtipo Arbustivo.	179
Figura 63: Bosque subtipo Anão.	179
Figura 64: Fluxograma apresentando fatores determinantes no estabelecimento, desenvolvimento, manutenção e regeneração dos manguezais.	184
Figura 65: Elementos, fatores e processos presentes nos Sistemas Atmosférico, Terrestre e Marinho.	185

Figura 66: Centros de ação na América do Sul.	192
Figura 67: Zona de Convergência Intertropical – ZCIT.	194
Figura 68: Esquema da circulação geral dos ventos.	195
Figura 69: Zona de Convergência do Atlântico Sul.	196
Figura 70: Distribuição das massas de ar na América do Sul, segundo suas fontes e seus deslocamentos principais (MONTEIRO, 1968).	197
Figura 71: Mapa da divisão em seis zonas da plataforma continental brasileira.	215
Figura 72: Pangea e sua divisão em dois continentes, Laurásia e Gondwana.	219
Figura 73: Macro e meso compartimento do litoral e plataforma continental.	222
Figura 74: Configuração do Litoral Norte ou Amazônico.	223
Figura 75: Configuração do Litoral Nordeste ou Nordestino de Barreiras.	226
Figura 76: Configuração do Litoral Leste ou Oriental.	228
Figura 77: Configuração do Litoral Sudeste ou das Escarpas Cristalinas.	230
Figura 78: Configuração do Litoral Sul ou Meridional.	232
Figura 79: Principais fatores que influenciam nas variações dos paleoníveis do mar e paleolinhas da costa durante o Quaternário, compreendendo fatores mundiais, regionais e locais.	240
Figura 80: Representação da circulação oceânica e direção do vento na plataforma continental brasileira, segundo Peterson e Stramma (1991) e Castro e Miranda (1996).	251
Figura 81: Repartição da salinidade no oceano Atlântico.	256
Figura 82: Diagrama esquemático de um estuário. As isohalinas mostram a estratificação horizontal da salinidade média.	257
Figura 83: Sistema costeiro: interação entre os sistemas atmosférico, terrestre e marinho.	259
Figura 84: A ocorrência de manguezais em sistemas costeiros.	261
Figura 85: Síntese dos principais elementos, fatores e processos atuantes no sistema manguezal.	264
Figura 86: Massas de ar na América do Sul.	267
Figura 87: Largura da plataforma continental brasileira.	269
Figura 88: Transecto 1 - Ilha do Cardoso – SP.	283
Figura 89: Microtopografia transecto 1 - Ilha do Cardoso – SP, 28/04/2013.	283
Figura 90: Banco de areia no início do transecto 1.	285
Figura 91: Bosque arbustivo, altura média 1,3 metros - transecto 2, Ilha do Cardoso – SP.	286
Figura 92: Cipozinho encontrado no dossel do bosque arbustivo - transecto 2, Ilha do Cardoso – SP.	287
Figura 93: Microtopografia transecto 2 - Ilha do Cardoso – SP, 31/05/2013.	287
Figura 94: Microtopografia transecto 3 - Ilha do Cardoso – SP, 01/06/2013.	289
Figura 95: Mangue tipo Bacia – transecto 3, Ilha do Cardoso – SP.	290
Figura 96: Transição entre manguezal, mata atlântica e restinga – transecto 3, Ilha do Cardoso – SP.	290
Figura 97: Mangue tipo Franja – transecto 3, Ilha do Cardoso – SP.	291
Figura 98: Dados de microtopografia e salinidade no transecto 1 - Ilha do Cardoso – SP, 28/04/2013.	292
Figura 99: Dados de microtopografia e salinidade no transecto 3 - Ilha do Cardoso – SP, 01/06/2013.	295

Figura 100: Temperatura média do ar para o bosque de mangue, Ilha do Cardoso-SP, 2012 e 2013.	297
Figura 101: Radiação solar global média para o bosque de mangue, Ilha do Cardoso-SP, 2012 e 2013.	298
Figura 102: Total diário de radiação solar global para o bosque de mangue, Ilha do Cardoso-SP, 2012 e 2013.	299
Figura 103: Perfil diagrama transecto 1 - Ilha do Cardoso – SP, 28/04/2013.	300
Figura 104: Perfil diagrama transecto 2 - Ilha do Cardoso – SP, 31/05/2013.	301
Figura 105: Perfil diagrama transecto 3 - Ilha do Cardoso – SP, 01/06/2013.	301
Figura 106: Densidade Relativa (%) por espécies nos bosques de mangue, Ilha do Cardoso – SP.	306
Figura 107: Área basal (m ² /ha) por espécie nos bosques de mangue, Ilha do Cardoso – SP.	308
Figura 108: Área basal (m ² /ha) por classe de DAP nos bosques de mangue, Ilha do Cardoso – SP.	309
Figura 109: Regressão linear simples entre altura e DAP, espécie <i>A. schaueriana</i> , Ilha do Cardoso – SP.	310
Figura 110: Regressão linear simples entre altura e DAP, espécie <i>L. racemosa</i> , Ilha do Cardoso – SP.	311
Figura 111: Regressão linear simples entre altura e DAP, espécie <i>R. mangle</i> , Ilha do Cardoso – SP.	311
Figura 112: Dominância relativa (%) por espécies vivas e mortas nos bosques de mangue, Ilha do Cardoso – SP.	313
Figura 113: Proposta cartográfica dos níveis hierárquicos dos manguezais.	316

LISTA DE MAPAS

Mapa 1: Grande Ecossistema Marinho (<i>Large Marine Ecosystem</i>) – Plataforma Sul do Brasil.....	271
Mapa 2: Domínio Costeiro (<i>Coastal Domain</i>) VII - Cabo Frio – RJ a Torres – RS.....	275
Mapa 3: Tipologia (<i>Setting III</i>) – Sistema Costeiro Cananéia-Iguape.....	279
Mapa 4: Padrão (<i>Stand</i>) – Manguezais da Ilha do Cardoso – SP.....	281

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Unidades de compartimentação da paisagem segundo Bertrand (1971).....	27
Quadro 2: Síntese entre as unidades de compartimentação da paisagem e os níveis hierárquicos dos manguezais.....	30
Quadro 3: Usos e funções do sistema manguezal.....	105
Quadro 4: Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o “Clima Urbano”.....	190

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Países com as maiores áreas de manguezais do mundo.	80
Tabela 2: Amplitudes de marés na costa brasileira.	248
Tabela 3: Variáveis estruturais dos bosques de mangue Ilha do Cardoso – SP.....	303

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

°C	Graus Celsius
A.P.	Antes do Presente
APP	Área de Preservação Permanente
CIRM	Comissão Interministerial para os Recursos do Mar
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
DAEE	Departamento de Águas e Energia do Estado de São Paulo
DAP	Diâmetro a Altura do Peito
EMPLASA	Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano
EMA	Estação Meteorológica Automática
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i> (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura)
GME	Grande Ecossistema Marinho
GSD	<i>Ground Sample Distance</i> (distância amostral do terreno)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
L	Leste
LME	<i>Large Marine Ecosystem</i> (Grande Ecossistema Marinho)
km	Quilômetro
m	Metro
m ²	Metro quadrado
MJ.m ⁻²	Megajoule por metro quadrado
mm	Milímetro
mPa	Massa Polar Atlântica
mTa	Massa Tropical Atlântica
mTc	Massa Tropical Continental
n	Número de espécie
N	Norte
NE	Nordeste
NM	Nível Médio das Marés
NMAS	Nível Médio das Marés Altas de Sizígia
NRM	Nível Relativo do Mar
NW	Noroeste
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PSU	<i>Practical Salinity Units</i> (UPS - Unidades Práticas de Salinidade)
S	Sul
SE	Sudeste
SIG	Sistema de Informação Geográfica
TGS	Teoria Geral do Sistema
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a educação, a ciência e a cultura
W	Oeste
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical
ZCST	Zona de Convergência Subtropical

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
1.1. Hipótese	5
1.2. Justificativas.....	5
1.3. Objetivos	7
2. PRESSUPOSTOS TEÓRICOS E CONCEITUAIS	8
2.1. Teoria Geral do Sistema	8
2.1.1. Teoria da hierarquia	16
2.1.2. Do ecossistema ao geossistema	22
2.2. Cartografia Ambiental	32
2.2.1. Representação gráfica	36
2.2.2. Conceito de escala.....	45
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICOS	48
3.1. Área de Estudo: Sistema Costeiro Cananéia-Iguape.....	49
3.2. Procedimentos Trabalhos de Campo	59
3.2.1. Microclima.....	60
3.2.2. Microtopografia	64
3.2.3. Salinidade	66
3.2.4. Diagrama de perfil	68
3.2.5. Dados estruturais da vegetação	69
3.3. Procedimentos Cartográficos.....	75
4. SISTEMA MANGUEZAL	77
4.1. Biogeografia dos Manguezais.....	78
4.2. Características da Flora dos Manguezais.....	90
4.3. Usos e Impactos nos Manguezais.....	104
4.4. Conservação dos Manguezais.....	113
4.5. Assinatura Energética.....	119
4.6. A Estrutura Hierárquica dos Manguezais.....	126
4.6.1. Grande ecossistema marinho - <i>Large marine ecosystem</i>	131
4.6.2. Domínio costeiro – <i>Coastal domain</i>	140
4.6.3. Tipologia - <i>Setting</i>	162
4.6.4. Padrão – <i>Stand</i>	172
4.6.5. Parcela – <i>Site</i>	180

5. INTERAÇÃO DOS NÍVEIS HIERÁRQUICOS DOS MANGUEZAIS COM OS SISTEMAS ATMOSFÉRICO, TERRESTRE E MARINHO.....	183
5.1. O Sistema Atmosférico e os Manguezais	186
5.1.1. Controles climáticos	201
5.1.2. Atributos climáticos	205
5.2. O Sistema Terrestre e os Manguezais.....	213
5.2.1. Suporte geológico	214
5.2.2. Geomorfologia costeira	218
5.2.3. Suporte de substrato.....	234
5.3. O Sistema Marinho e os Manguezais.....	237
5.3.1. Importância do nível relativo do mar	238
5.3.2. Circulação de marés e correntes	244
5.3.3. Movimento de ondas.....	252
5.3.4. A componente salinidade	255
5.4. O Sistema Costeiro: síntese da interação entre os sistemas atmosférico, terrestre e marinho.....	259
 6. CARTOGRAFIA DOS NÍVEIS HIERÁRQUICOS DOS MANGUEZAIS	 265
6.1. Grande Ecossistema Marinho – <i>Large Marine Ecosystem</i>	266
6.2. Domínio Costeiro – <i>Coastal Domain</i>	272
6.3. Tipologia – <i>Setting</i>	276
6.4. Padrão – <i>Stand</i>	280
6.5. Parcela – <i>Site</i>	300
 7. CONCLUSÕES	 315
 BIBLIOGRAFIA.....	 326

¹ Formatação do texto e das referências bibliográficas de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 6023 (USP, 2009).

INTRODUÇÃO

Os sistemas costeiros são constituídos por ambientes dinâmicos, resultantes da combinação de vários agentes naturais, tais como: ondas, correntes de maré, descarga fluvial, variação do nível relativo do mar, processos erosivos e deposicionais, entre outros. Entre esses ambientes destacam-se os manguezais, que são sistemas em constante transformação, em diferentes escalas temporais e espaciais.

Schaeffer-Novelli et al. (2000; 2005) apresentaram uma proposta de organização hierárquica do sistema manguezal em cinco níveis: 1) Grande ecossistema marinho – *Large marine ecosystem*; 2) Domínio costeiro – *Coastal domain*; 3) Tipologia – *Setting*; 4) Padrão – *Stand*; e 5) Parcela – *Site*. Cada nível possui suas especificidades, entretanto, todos estão conectados por fluxos de energia e matéria.

Entender tal dinâmica e verificar os elementos², fatores e processos que atuam em cada nível hierárquico é fundamental, tanto para o entendimento do funcionamento dos manguezais quanto para a análise do grau de intervenção antrópica nesse sistema, pois o homem interfere na dinâmica desse ambiente, direta e indiretamente, podendo até destruí-lo de forma permanente.

Dessa forma, a presente pesquisa objetiva apresentar uma proposta cartográfica apropriada a cada nível hierárquico dos manguezais, assim como identificar os elementos, fatores e processos climáticos, geológicos, geomorfológicos e oceanográficos que exercem influência em cada nível.

² Elemento: é a unidade básica de um sistema. Pode variar conforme a escala de análise do sistema, assim, pode-se eleger o estudo de elementos dentro de um sistema, mas se a escala for maior esse elemento pode ser considerado como um sistema particular (CHRISTOFOLETTI, 1971).

Elementos, fatores e processos atuam de forma constante no ambiente, ora auxiliando a manutenção da sua estabilidade, ora modificando algum condicionante que poderá causar mudanças na dinâmica ambiental. Estão relacionados com a escala de análise do sistema, em cada compartimento é possível identificar os mais atuantes.

Os manguezais podem ser estudados de forma hierárquica, onde cada nível corresponde a uma escala de análise. Os elementos, fatores e processos que ocorrem em um nível superior interferem até o menor nível hierárquico e vice-versa, mas, a forma e a intensidade dessa interferência são específicas em cada compartimento.

Para a realização da presente pesquisa buscou-se apoio na discussão teórica metodológica da cartografia e da representação gráfica para propor uma representação cartográfica para cada nível hierárquico dos manguezais.

Nessa representação cartográfica do sistema manguezal foi necessário identificar os elementos, fatores e processos que atuam em cada nível, identificou-se possibilidade de, após procedimentos de análises pertinentes, elaborar uma síntese e respectiva representação gráfica. Visto que, alguns desses elementos devem estar presentes no mapeamento.

Entender a hierarquia do sistema manguezal pressupõe deter um conhecimento fundamental para a conservação desse ambiente. Pressupõe ainda, que essas informações se tornem um instrumento importante na avaliação desse sistema para as ações antrópicas e condições ambientais existentes e futuras, fazendo com que esse conhecimento possa subsidiar ações que priorizem sua conservação.

Os sistemas costeiros estão interligados por meio de fluxos de energia, matéria e informação. Desta forma, faz-se necessário a realização de uma abordagem de análise hierárquica em seu estudo, compreendendo cada nível hierárquico como um subsistema que mantém relações com os demais e que faz parte de um sistema maior. Essa abordagem proporciona uma melhor compreensão da dinâmica que opera no sistema (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2005).

Schaeffer-Novelli et al. (2000; 2005) afirmam que os sistemas naturais possuem organização própria e perpassam por diversos níveis hierárquicos. São organizados de acordo com uma escala espacial à medida que a energia do sistema é dissipada, sendo que o maior nível contém todos os demais.

Os manguezais auxiliam na estabilização da linha de costa³³, evitando erosão e podem reduzir o impacto de tsunamis e furacões. São considerados berçários marinhos por servirem como área de reprodução, abrigo, alimentação e desenvolvimento para diferentes espécies animais, além de serem utilizados como locais de descanso e alimentação para aves migratórias. Fornecem detritos orgânicos para as cadeias tróficas costeiras, favorecendo a ciclagem de nutrientes. Funcionam como filtros para os resíduos provenientes das descargas das bacias hidrográficas, tais como: poluentes, produtos químicos, etc. Servem como fonte de alimentos e produtos diversos para as comunidades vizinhas às suas áreas, além de funcionarem como local de lazer, recreação e educação.

Mesmo havendo grandes áreas de manguezais degradadas e muitas com risco de desaparecerem, esse sistema continua exercendo seu papel no meio ambiente. Demonstram toda a sua capacidade de renovação mesmo após danos severos e continuam contribuindo com os processos funcionais, o que ressalta a importância desse sistema.

A caracterização dos níveis hierárquicos dos manguezais, bem como sua descrição e a definição das principais influências atmosféricas, terrestres e marinhas presentes em cada nível dessa pesquisa, visam o melhor entendimento do funcionamento do sistema podendo prever o seu comportamento futuro frente às alterações naturais e antrópicas.

Dessa forma, esse conhecimento apresenta-se como fundamental para planejar possíveis ações e intervenções futuras nesse ambiente, visto que grande parte da população mundial vive na linha de costa e possui uma economia dependente desse

³³ Linha de costa: linha de contato específica entre o mar e o continente, em constante transformação, devido à atuação dos processos costeiros (marés, mudança do nível relativo do mar, etc.) (CHRISTOPHERSON, 2012).

ambiente. Além disso, a atenção da sociedade está voltada para a conservação e recuperação de ambientes naturais, entre eles os sistemas costeiros.

Espera-se que as informações apresentadas nessa pesquisa possam ampliar a divulgação do conhecimento sobre os manguezais, para o amplo acesso de um maior número de pessoas, e que os órgãos gestores utilizem esse conhecimento para um melhor manejo desse sistema.

O presente trabalho está organizado em sete capítulos, sendo que o primeiro apresenta a hipótese central, as justificativas e objetivos. O segundo capítulo expõe os pressupostos teóricos e conceituais utilizados ao longo dessa pesquisa: a teoria geral do sistema; a teoria da hierarquia; a cartografia ambiental; a representação gráfica e conceito de escala. O terceiro capítulo apresenta os procedimentos metodológicos e técnicos utilizados na coleta de dados, além de um resumo sobre a área de estudo (Sistema Costeiro Cananéia-Iguape) e os procedimentos cartográficos utilizados. O quarto capítulo expõe uma síntese do sistema manguezal com informações sobre sua biogeografia, características da flora, o uso e a conservação desse sistema, sua assinatura energética e as especificidades de cada nível hierárquico. O quinto capítulo descreve os pontos principais dos sistemas atmosféricos, terrestre e marinho, que podem interferir nos sistemas costeiros e na formação dos manguezais. No sexto capítulo é apresentada a proposta de mapeamento para os cinco níveis hierárquicos dos manguezais e por fim no sétimo capítulo estão dispostas as conclusões da pesquisa.

1.1. Hipótese

Existe uma escala de mapeamento adequada para a representação cartográfica de cada nível hierárquico dos manguezais. Cada nível deve ser representado cartograficamente por um conjunto de elementos, fatores e processos específicos.

1.2. Justificativas

Schaeffer-Novelli et al. (2000; 2005) apresentaram uma organização de níveis hierárquicos para a pesquisa do sistema manguezal, com uma sugestão de escala de mapeamento para cada nível, entretanto, não há, nos trabalhos citados, produto cartográfico que sintetize essa representação. Assim, a presente pesquisa pretende ampliar o avanço dos estudos sobre os manguezais, elaborando uma representação cartográfica para cada nível hierárquico dos manguezais.

A cartografia apropriada para representação dos diferentes níveis hierárquicos dos manguezais refere-se, especificamente, a buscar formas de representação gráfica que apresentem as características fundamentais de cada nível. Essa é a contribuição dos métodos de espacialização para a difusão do conhecimento e conservação dos manguezais.

Pretende-se com esse trabalho utilizar alguns pressupostos da ciência geográfica na busca de alternativas de representação cartográfica, possibilitando o avanço das pesquisas sobre como o ambiente pode ser representado em diferentes escalas de análise. Alguns elementos se destacam em cada nível e, por esse motivo,

necessitam de uma representação cartográfica adequada para revelar as informações específicas de cada compartimento.

Essa representação cartográfica irá auxiliar a sociedade, governantes e tomadores de decisão, no entendimento das informações expressas nesses mapas, proporcionando subsídios importantes ao planejamento e gestão desses sistemas.

Entender as especificidades e o funcionamento das diversas escalas espaciais do manguezal poderá auxiliar no gerenciamento integrado das zonas costeiras, possibilitando a execução de políticas públicas que viabilizem a conservação desse ambiente. Assim como a manutenção das comunidades tradicionais que tem nesse sistema a base da sua alimentação e economia.

A conservação dos manguezais gera um grande benefício econômico e social. Nas áreas costeiras preservadas é possível encontrar uma enorme biodiversidade e grande quantidade de produtos utilizados na alimentação, tais como: peixes e crustáceos. Além de serviços ambientais como a proteção contra vendavais e a preservação da linha de costa.

A falta de conhecimento sobre os verdadeiros valores e serviços ambientais prestados pelos manguezais pode levar as autoridades responsáveis a tomarem decisões equivocadas. Os manguezais por vezes são tidos, erroneamente, como áreas insalubres e, a partir dessa prerrogativa, propõe-se o desmatamento e aterro desse ambiente como forma de sanar essa suposta insalubridade. A especulação imobiliária e a utilização dos terrenos aterrados para outros fins são exemplos da falta de informação a respeito da importância dos manguezais.

Devido a sua localização ao longo das margens continentais nas zonas tropicais e subtropicais e por haver, nesse ambiente, a interferência direta dos sistemas atmosférico, terrestre e marinho, os manguezais são fundamentais para as pesquisas sobre mudanças ambientais e podem oferecer muitas respostas sobre as mesmas. Dessa forma, torna-se de extrema importância o conhecimento sobre os padrões e processos de distribuição dos manguezais. Assim, será possível acompanhar a expansão e/ou retração desse ambiente, tendo em vista um planejamento face às ações antrópicas que afetam esse sistema, direta e indiretamente.

1.3. Objetivos

Geral

Desenvolver uma proposta cartográfica e representação apropriada a cada nível hierárquico, proposto por Schaeffer-Novelli et al. (2000; 2005), que classificou níveis para manejo e conservação dos manguezais.

Específicos

Identificar os elementos, fatores e processos climáticos, geológicos, geomorfológicos e oceanográficos que exercem maior influência em cada nível hierárquico dos manguezais.

Caracterizar e mapear, na escala adequada de representação cartográfica, cada nível hierárquico proposto por Schaeffer-Novelli et al. (2000; 2005).

2. PRESSUPOSTOS TEÓRICOS E CONCEITUAIS

A presente pesquisa utilizou-se dos conhecimentos da Teoria Geral do Sistema - TGS e da Cartografia Ambiental para fundamentar a proposta de representação cartográfica dos diferentes níveis hierárquicos dos manguezais. A TGS foi escolhida mediante a idealização dos níveis hierárquicos dos manguezais, haja vista que a proposta realizada por Schaeffer-Novelli et al. (2000; 2005) também se fundamenta no pressuposto sistêmico.

A seguir, apresenta-se uma síntese das teorias e dos conceitos fundamentais para a presente pesquisa, sem a pretensão de esgotar o assunto ou mesmo de citar todos os autores que contribuíram para o seu desenvolvimento.

2.1. Teoria Geral do Sistema

Imagine o *sistema solar*, através da radiação solar enviada para a Terra, em uma escala hierárquica maior, que gera, através das diferentes taxas de absorção de calor ao longo de diferentes latitudes, um gradiente de pressão, que faz com que movimente o ar em diferentes direções e velocidades, portanto agindo no *sistema atmosférico*, em uma escala hierárquica menor e, por conseguinte, agindo este no *sistema fluvial*, em uma escala hierárquica menor ainda, através da quantidade da precipitação gerada em um dado lugar, que irá favorecer o escoamento, a erosão, o transporte e a sedimentação, que buscará um nível de base para depositar todo o sedimento e nutrientes e que possivelmente encontrará o *sistema oceânico*. Continuando com o raciocínio, esse

dado lugar pode estar entre os trópicos, numa costa abrigada, proporcionando o desenvolvimento do *ecossistema manguezal*, que possuirá dentro desta escala hierárquica, quando comparado ao sistema solar, uma dimensão muito pequena. Ainda assim, podem-se individualizar diferentes sistemas dentro do manguezal, tais como o sistema flora, o sistema sedimentológico, o sistema hidrológico, o sistema microtopográfico, etc. (VALE, 2004, p. 26).

O sistema manguezal é entendido, no presente trabalho, dentro do paradigma sistêmico, como proposto por Vale (2004). Esse paradigma sistêmico substituiu, a partir do século XX o paradigma mecanicista, onde a ênfase era dada às partes em uma visão reducionista. No paradigma sistêmico o enfoque é organicista, privilegia a visão do todo e não somente das partes (como no paradigma mecanicista), além disso, o organismo é visto como totalidade ou sistema (BERTALANFFY, 1975). Essa concepção organicista da Teoria Geral do Sistema – TGS deve-se à sua associação aos sistemas naturais, biológicos e sociais (VASCONCELLOS, 2002).

Esse paradigma sistêmico ganhou repercussão com a TGS, proposta pelo biólogo austríaco Ludwig von Bertalanffy em 1950, com o propósito de incentivar o pensamento científico integrador (BERTALANFFY, 1975). Essa teoria privilegia o estudo do sistema, palavra de origem grega *synhistanai* que significa “colocar junto ao mesmo tempo”. Ou seja, para a TGS é necessário juntar as partes pertencentes a um sistema, em seu contexto, para uma melhor compreensão desse sistema.

Entretanto, trinta anos antes da proposta da TGS, o médico, filósofo e economista russo Alexander Bogdanov desenvolveu uma teoria semelhante que chamou de “tectologia” ou “ciência das estruturas”. Essa foi a primeira teoria a tentar uma formulação sistêmica, tendo como objetivo principal esclarecer e generalizar os princípios de organização de todas as estruturas, vivas e não vivas (CAPRA, 2006).

A TGS pode propor modelos que, guardadas às devidas proporções, podem ser usados por diferentes campos científicos, sendo que seu maior propósito é a investigação da totalidade (BERTALANFFY, 1975).

De acordo com Christofolletti (1971; 1987) a TGS começou a ser utilizada na ciência geográfica a partir da década de 1960, com as contribuições de Chorley (1962), Stoddart (1965) e Chorley e Haggett (1967).

Para Bertalanffy (1969), um dos princípios básicos da TGS é considerar a natureza como um sistema dinâmico aberto e hierarquicamente organizado, sendo passível de delimitação. Além disso, a TGS propõe princípios universais, que podem ser aplicados a qualquer sistema de natureza física, biológica ou social, sendo um desses princípios a totalidade, que compreende a visão do sistema como um todo organizado.

Essa teoria propõe que os sistemas possam ser definidos como conjunto de elementos que mantêm relações entre si e com o meio ambiente, sendo um complexo de componentes em interação (CHRISTOFOLETTI, 1979). Apesar das críticas recebidas, como ocorre com toda nova teoria, a TGS passou a ser utilizada em inúmeros estudos, conforme afirma Bertalanffy (1975, p. 31 e 32):

A finalidade da teoria geral dos sistemas foi recebida com incredulidade, sendo julgada fantástica ou presunçosa. Além do mais – objetiva-se – a teoria era trivial, porque os supostos isomorfismos eram simplesmente exemplos do truismo segundo o qual a matemática pode aplicar-se a todas as espécies de coisas e, portanto, não tem maior peso do que a “descoberta” de que $2+2=4$ é igualmente verdadeira para maçãs, dólares e galáxias. Dizia-se também que era uma teoria falsa e desnortadora, porque as analogias superficiais – como na famosa similitude entre a sociedade um “organismo” escamoteiam as diferenças reais, assim conduzem a conclusões erradas e mesmo moralmente inaceitáveis. Ou, ainda uma vez, dizia-se que a teoria alegava “irreducibilidade” dos níveis superiores ou inferiores, o que era evidente em vários campos, tais como na redução da química aos princípios físicos ou dos fenômenos da vida à biologia molecular.

De acordo com Bertalanffy (1969), a obra que mais se aproximou do objetivo proposto pela TGS foi escrita em 1925 pelo matemático, físico-químico e estatístico estadunidense Alfred James Lotka. Ele ficou conhecido pelo seu trabalho sobre dinâmica populacional, pois considerava que a biologia deveria ver o organismo como totalidade, dentro de uma concepção organísmica, onde se prevê que os organismos estão dispostos em vários níveis (BERTALANFFY, 1969).

Depois da publicação *General Systems Yearbook*, na década de 1950, a TGS ampliou-se e passou a ser aceita em muitas áreas, gerou ainda novas teorias específicas (BERTALANFFY, 1975).

Bertalanffy (1969) define sistema como um complexo de componentes em interação, conceitos característicos das totalidades organizadas, geralmente aplicado a fenômenos complexos, ou seja, um conjunto de elementos variados em interação e inter-relação com o meio ambiente.

Ainda de acordo Bertalanffy (1969), a TGS é uma reorientação para as ciências em geral, pois anuncia uma nova compreensão do mundo, e apresenta impacto considerável, tendo em vista que a principal característica da teoria é ser interdisciplinar, podendo ser aplicada a qualquer sistema constituído por componentes em interação.

A TGS apresenta como avanço a questão da interdisciplinaridade, uma vez que possibilita que um mesmo sistema e/ou fenômeno possa ser investigado por diferentes ciências, tornando assim seu estudo completo.

Para Christofolletti (1979) e Odum (1988), os sistemas devem ter: elementos ou unidades, que formam seus componentes; relações entre esses elementos; atributos dos elementos, ou seja, suas qualidades; *input* = entradas por onde o sistema recebe; e *output* = saídas a partir do sistema. A entrada (*input*) é o alimento do sistema e se resume em tudo que o sistema recebe do ambiente externo: a energia solar recebida pela Terra, água que é recebida do curso d'água, etc., essas entradas sofrem transformações no interior do sistema e depois geram saídas (*output*).

No sistema manguezal denominam-se entradas (*input*) de energias subsidiárias àquelas que atuam na assinatura energética do bosque. A principal entrada, que dá o *start* para o funcionamento desse sistema é a radiação solar. No entanto, existem outras entradas importantes, tais como: circulação das marés, fluxos de água doce, formação dos substratos, etc. Dentro desse sistema essas energias são transformadas em biomassa e detritos que irão sustentar os níveis tróficos dos sistemas costeiros, se movimentando dentro do sistema manguezal em forma de alimento que sustentará não só a cadeia alimentar do próprio manguezal, mas também a cadeia trófica da plataforma continental proximal, nesse último caso, como saída (*output*). Para um melhor entendimento sobre a assinatura energética no sistema manguezal ver capítulo 4.5.

Conceituar um fenômeno como sistema implica em identificar seus elementos, atributos (variáveis) e suas relações e isso possibilita o delineamento de sua extensão (CHRISTOFOLETTI, 1999). Quando um pesquisador decide o sistema que será investigado ele define os seus elementos e as relações e dessa forma poderá delimitar espacialmente esse sistema, assim como suas relações internas e externas.

Essa é uma tarefa complexa, pois os sistemas não estão isolados, eles funcionam dentro de um ambiente e fazem parte de um conjunto maior, também chamado de universo. Assim, torna-se complicada a tarefa de identificação dos elementos e relações de cada sistema isoladamente nesse universo, pois eles estão em constante comunicação com os demais sistemas (CHRISTOFOLETTI, 1971; 1979). Para Penteado (1980), este universo engloba o conjunto de todos os fenômenos e dinâmicas que interferem em um determinado sistema, assim como todos os fenômenos e eventos que foram alterados.

Para um melhor entendimento do sistema, alguns princípios devem ser considerados, dentre eles, que as partes componentes de um sistema possuem relação, o que consiste em dizer que quando se altera alguma parte o todo passa por uma mudança e que esse só poderá ser compreendido se as suas partes forem conhecidas, bem como as relações existentes entre elas (STODDART, 1974).

Algumas características dos sistemas devem ser consideradas para uma melhor compreensão da TGS. Duas dimensões devem ser identificadas: 1) Funcionalismo – verifica as partes e os subsistemas dentro de um sistema, identifica o todo funcional. Cada elemento de um subsistema tem uma função no sistema como um todo. 2) Holismo⁴ – conceito relacionado ao funcionalismo. Pressupõe o estudo da inter-relação entre os elementos e os subsistemas. Considera que o sistema só pode ser explicado por sua totalidade e não apenas como soma das partes que o compõe (BERTALANFFY, 1975).

⁴ Holismo: o componente epistemológico do holismo é o intuicionismo, segundo o qual pode-se apreender um todo unicamente como tal e, por intuição, mais do que por análise conceitual ou empírica. Mas, de fato, somente a análise pode mostrar que algo é complexo, e apenas um estudo dos laços entre suas partes pode explicar o que as mantêm juntas. Apresenta-se a tese de que as totalidades precisam ser estudadas e entendidas em seus próprios níveis mais do que em termos de suas partes (BUNGE, 2006, p. 177).

De acordo com o critério funcional Foster, Rapoport e Trucco (1957⁵ apud CHRISTOFOLETTI, 1979) classificaram os sistemas em dois tipos:

- Sistemas isolados: dada as condições iniciais esse sistema não recebe e não perde energia e/ou matéria para o ambiente que o circunda (universo). Para Chorley (1971), um exemplo de sistema isolado seria a concepção do ciclo de erosão de Willian Morris Davis, cujo modelo prevê, de forma simplificada, um soerguimento inicial da crosta terrestre, que desencadeia os processos de erosão, que age na direção do aplainamento do relevo.
- Sistemas não-isolados: efetuam trocas de energia e/ou matéria com os demais sistemas dentro do universo. Podem ser subdivididos em: Fechados, quando há troca somente de energia e não de matéria; e Abertos, quando há trocas de energia e matéria, tanto recebendo quanto perdendo, por exemplo, uma bacia hidrográfica.

Na natureza não existem sistemas isolados, normalmente são criados modelos conceituais para esse estudo. No exemplo do modelo do ciclo de erosão, proposto por Davis (1899), o relevo passa por três fases: juventude, maturidade e senilidade, nessa última o equilíbrio estacionário é alcançado. Assim, dada às condições iniciais do soerguimento do relevo, o sistema não receberia mais energia e/ou matéria. Sendo assim, o experimento pode ser considerado um modelo de desenvolvimento do relevo, pois na natureza não ocorre exatamente esse passo-a-passo (juventude-maturidade-senilidade). Os processos erosivos permeiam as fases, assim como eventos de soerguimento e/ou rebaixamento do relevo, uma vez que o recebimento de energia e matéria é constante.

Já os sistemas não-isolados abertos são os mais abundantes na natureza, entre eles, o sistema estudado na presente pesquisa: o manguezal, que efetua trocas de energia e matéria constante com os demais sistemas circundantes.

De acordo com Bertalanffy (1969), todo organismo vivo é um sistema aberto, pois precisa se alimentar de um fluxo contínuo de matéria e energia, que são extraídos

⁵ FOSTER, C.; RAPOPORT, A.; TRUCCO, E. Some unsolved problems in the theory of non-isolated systems, **General Systems Yearbook**, n.2, p.9-29, 1957.

do meio ambiente. Assim, esse organismo pode manter-se vivo, com os sistemas abertos importando energia do ambiente.

Dessa forma, a organização hierárquica é um sistema aberto que possui seus elementos básicos: objetivos (partes ou elementos do conjunto), atributos (qualidades ou propriedades do sistema e objetos) e relações de interdependência (relações internas com seus objetos). A relação de interdependência é uma qualidade crucial dos sistemas (BERTALANFFY, 1969).

Para Christofolletti (1979), a escala adotada no estudo do sistema é muito importante, pois dependendo da escala, uma unidade pode ser caracterizada como um sistema em si mesmo ou como parte de um sistema maior. Por exemplo, um rio é um elemento de uma bacia hidrográfica, que é um sistema maior do que ele, entretanto, dependendo da escala de análise, o rio pode ser considerado um sistema em si mesmo.

Ao estudar sistema, três características de estrutura devem ser observadas: 1) tamanho: determinado pelo número de unidades que compõem o sistema; 2) correlação entre as variáveis do sistema: referindo-se ao modo que essas unidades se relacionam; 3) causalidade que apresenta a variável: relação entre causa e efeito entre essas unidades, classificada em independente quando controla, ou dependente quando é controlada (CHRISTOFOLETTI, 1979).

Tricart (1977, p. 19) considera que “o conceito de sistema é, atualmente, o melhor instrumento lógico de que dispomos para estudar os problemas do meio ambiente”, visto ser um conceito dinâmico que permite uma visão de conjunto. Para esse autor, o sistema é o conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos, tanto de matéria quanto de energia e que, por sua vez cada fenômeno constitui um subsistema que pode ser investigado individualmente.

A abordagem sistêmica serve de embasamento para uma forma dinâmica de investigação do meio ambiente (CHRISTOFOLETTI, 1999). A análise de sistemas proporcionou, em diversas áreas, a investigação de organizações hierárquicas, e tem sido objeto de grande interesse nos estudos de sistemas biológicos (SOUZA; MANZATTO, 2000).

Para Souza e Manzatto (2000, p. 156-157) os sistemas biológicos devem possuir algumas características essenciais, tais como:

Ser fechada o suficiente para evitar uma ação livre da entropia externa; ser aberta o suficiente para permitir a aquisição de matéria e energia do meio externo, permitir a saída de matéria e energia indesejáveis para o meio externo e permitir relacionamentos com outros sistemas co-imersos no mesmo espaço; ser flexível o suficiente para que o sistema possa crescer, e de maneira geral, alterar sua forma quando necessário e/ou conforme o estabelecido por sua dinâmica própria de desenvolvimento.

De acordo com Troppmair e Galina (2006), a visão sistêmica, enfatizada pela TGS, foi um marco importante para a ciência geográfica. Para Monteiro (1976, p. 76), o que realmente importa nessa teoria são as relações existentes entre as partes, pois são essas relações que conduzem à organização funcional do sistema: “(...) pois que o sistema se projeta tanto em escala ascendente para um número infinito de integrações em sistemas superiores, quanto se fraciona, também infinitamente, em sistemas inferiores”.

Os sistemas são permeáveis, ou seja, recebem influência dos subsistemas maiores onde estão inseridos e influenciam os subsistemas menores que estão contidos dentro deles. Entretanto, cada subsistema possui seus próprios limites, que o caracteriza como um sistema. Esses subsistemas, mesmo mantendo conexão, realizam seus papéis de forma específica (TRICART, 1977).

A TGS fundamenta muitas pesquisas que apresentam como princípio o estudo da totalidade com uma visão holística. Essa concepção holística prevê uma visão da natureza de forma integrada. A natureza deve ser estudada com a contribuição de vários campos de estudos, para que se tenha o entendimento do todo e não apenas das partes. Assim, é considerado importante o estudo do sistema manguezal dentro do viés da TGS.

Os sistemas naturais são sistemas abertos, tanto em relação ao fluxo de energia, quanto ao fluxo de matéria (ODUM, 1971). Dessa forma, os manguezais, assim como todos os outros sistemas naturais, são abertos e subsidiados por fontes externas de energia, tais como: radiação solar, marés, precipitação, diferentes

aportes de água e sedimentos, ou seja, ocorre a influência da inter-relação de três outros sistemas: atmosférico, terrestre e marinho.

Para Monteiro (1976), é importante que dentro de um sistema seja estabelecido o número de níveis hierárquicos existentes, pois isso irá ajudar a caracterizar este sistema. Dessa forma, torna-se importante o estudo da Teoria da Hierarquia para compreendermos melhor a organização hierárquica para o estudo dos manguezais.

2.1.1. Teoria da hierarquia

A Teoria da Hierarquia emergiu da Teoria Geral do Sistema - TGS e tem como principal conceito o nível de organização; trata-se de uma teoria de sistemas em escala. Cada nível de organização pode ser considerado um sistema que contém subsistemas em níveis mais baixos e está contido em sistemas de nível acima, dessa forma, apresenta uma organização hierárquica (O'NEILL, JOHNSON, KING, 1989). Assim, o objetivo da Teoria da Hierarquia é analisar sistemas complexos e multiescalares.

Para Morin (1986), o conceito de organização encontra-se ausente na maioria das definições de sistema, entretanto, a organização, assim como a ideia de totalidade e de inter-relação são as três noções básicas de um sistema.

De acordo com O'Neill, Johnson e King (1989), todo sistema ecológico (ecossistema), desde uma única célula até a biosfera, são sistemas complexos e não lineares e além disso compartilham três importantes propriedades: 1) são estruturados hierarquicamente; 2) possuem uma dinâmica de não equilíbrio; 3) possuem metaestabilidade.

A primeira propriedade refere-se à estrutura hierárquica dos sistemas, onde é possível estudar um sistema em determinado nível hierárquico, no entanto, não se

pode desconsiderar que ele pertence a um sistema maior (nível superior) e dentro dele há níveis hierárquicos inferiores.

A segunda propriedade considera que os sistemas ecológicos estão longe do equilíbrio, visto a atuação constante da entropia⁶ nesses sistemas. A entropia é aqui entendida como uma medida da capacidade de mudança de um sistema.

Já a terceira propriedade considera que os sistemas ecológicos são metaestáveis, ou seja, podem manter-se estáveis a partir de uma série de condições. No entanto, podem passar por alterações significativas o que não configura, entretanto, que estejam em equilíbrio.

A entropia está relacionada à transformação, ou seja, é uma medida da energia não disponível que resulta das transformações, outro termo também utilizado é o “Índice de desordem”, associada a degradação de energia (ODUM, 1988).

Segundo Christofletti (1971; 1979), o conceito de entropia pode ser utilizado quando há fluxos de matéria e energia, iniciando o funcionamento de um sistema. No início desse funcionamento ocorre uma distribuição desordenada e desigual de energia que, aos poucos, vai sendo redistribuída até que seja atingida uma ordenação do sistema, estabilizando-o, fazendo desaparecer a desordem inicial. Dessa forma, considera-se a entropia como medida do grau de desordem que prevalece no sistema, e de acordo com Prigogine (2002, p. 79 e 80):

Começamos a compreender melhor a lição do segundo princípio da termodinâmica. Por que existe a entropia? Antes, muitas vezes se admitia que a entropia não era senão a expressão de uma fenomenologia, de aproximações suplementares que introduzimos nas leis da dinâmica. Hoje sabemos que a lei de desenvolvimento da entropia e a física do não-equilíbrio nos ensinam algo de fundamental acerca da estrutura do universo: a irreversibilidade torna-se um elemento essencial para a nossa descrição do universo, portanto devemos encontrar a sua expressão nas leis fundamentais da dinâmica. A condição essencial é que a descrição microscópica do universo seja feita por meio de sistemas dinâmicos instáveis. Eis aí uma mudança radical do ponto de vista: para a visão clássica, os sistemas estáveis eram a regra, e os sistemas instáveis, exceções, ao passo que hoje invertemos essa perspectiva.

⁶ Entropia: quantidade relativa de energia dissipada de modo natural e inevitável em um sistema físico-químico, conforme a segunda lei da termodinâmica. Enquanto essa energia perdida vai aumentando, o sistema vai se aproximando cada vez mais de seu estado de equilíbrio (IBGE, 2004).

Para Prigogine (1996), a vida está associada diretamente a produção de entropia. Um organismo vivo mantém sua entropia constante ao longo do tempo, mesmo quando está em estado estacionário, pois nesse estado há uma produção mínima de entropia.

A Teoria da Hierarquia ainda possui uma relação indissociável ao conceito de escala, referente tanto à dimensão espacial quanto a dimensão temporal. Quando se fala em escala de análise normalmente refere-se a uma escala de investigação de um objeto de estudo (espacial e/ou temporal). Esse conceito está apresentado no capítulo 2.2.2.

A hierarquia denominada na presente pesquisa diz respeito à posição (lugar) dentro de uma estrutura organizada hierarquicamente, onde cada nível corresponde a uma escala. Assim, a escala é distinta do nível de organização, pois identifica um sistema e/ou subsistema dentro de uma hierarquia.

Considera-se, assim como Cleland et al. (1997), que a classificação de sistemas e a sua organização em níveis, bem como os mapeamentos determinados para cada nível hierárquico, são invenções humanas criadas para atender um princípio de classificação determinado em cada época e/ou sociedade. Pois, na natureza, os sistemas formam um continuum na superfície terrestre, alterando-se gradualmente, e não estão separados por andares e ou níveis organizacionais. Essa hierarquia é somente uma proposta didática de estudo, onde cada nível é visualizado para que o todo possa ser também compreendido.

Para Souza e Manzatto (2000), um sistema hierarquicamente auto-organizado possui canais de comunicação com seu meio, pois dessa forma garantem o fluxo de entropia. Os canais de comunicação são os responsáveis pelo transporte dos fluxos de energia e matéria no interior do sistema.

Esses canais de comunicação devem ocorrer em todos os níveis hierárquicos, promovendo fluxos de massa e energia no interior do sistema. Entretanto, não se pode esquecer que esses fluxos também podem passar por transformações e/ou permanecerem armazenados no sistema, constituindo assim suas reservas (CHRISTOFOLETTI, 1979).

Bresciani Filho e D'Ottaviano (2000) consideram que os sistemas hierárquicos são sistemas ordenados por princípio, visto que a hierarquia pressupõe uma relação de ordem.

Essa visão hierárquica da organização dos sistemas recebe o nome de efeito *Jano*⁷, referente ao nome do deus romano *Janus* (Figura 1), que possui duas faces, olhando em direções opostas. Em um nível hierárquico qualquer é possível ver a influência deste nos níveis que estão acima – sistemas superiores, como nos níveis que estão abaixo – sistemas inferiores (VASCONCELLOS, 2002).

Figura 1: Deus romano Janus.

Fonte: Fotografia do busto do deus Janus no Vaticano (disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Janus>).

Pode-se considerar que um sistema natural submetido às transformações ambientais constantes em diferentes escalas, através de contínuas transferências de energia e matéria. Provavelmente, esse sistema não alcançará um estado de equilíbrio, visto que está em constante modificação, mesmo que não seja perceptível na escala em que está sendo analisada. Para Allen e Starr (2000), cada nível hierárquico possui características e leis próprias, que não precisam se manifestar nos demais níveis.

⁷ *Jano*: de acordo com o portal da Revista de Pesquisa Científica JANUS (<http://seer.ibict.br>), Janus é um deus grego de dupla face, é o deus do começo, por isso nomeia o primeiro mês do ano Janeiro. Sua face dupla vê tanto o passado como o futuro, as entradas e saídas, o interior e o exterior, a frente e atrás, o alto e o baixo, o favor ou o contra.

No estudo da teoria da hierarquia, escalas múltiplas de análise podem ser utilizadas. Tal ação dependerá do detalhamento do estudo e da área de abrangência, tanto espacial quanto temporal. Dessa forma, não é indicado por essa teoria o uso de uma única escala de estudo, visto que, quando se altera a escala, altera-se também o que se observa. Em escalas de detalhe identificam-se processos e relações que são impossíveis de serem observados em escalas amplas. Sendo assim, é necessário determinar o objeto de estudo, o sistema que será investigado, para escolher a escala mais apropriada.

De acordo com Ahl e Allen (1996), uma organização hierárquica pode ser de dois tipos básicos: aninhada e não aninhada. Nos sistemas aninhados as partes do sistema estão contidas dentro dele mesmo, da mesma maneira que os órgãos aninhados ao corpo humano. Já nos sistemas não aninhados as partes não estão contidas umas nas outras, mas dispostas como nas cadeias alimentares, organizadas pelo critério de transferência de energia. Dessa forma, a estrutura hierárquica dos manguezais apresenta-se como uma estrutura aninhada, conforme figura 2.

Figura 2: Estrutura hierárquica aninhada para os manguezais.
 Fonte: Twilley (1995, modificado por VALE, 2004, p. 66).

De acordo com Twilley (1995), na estrutura hierárquica aninhada para os manguezais (Figura 2), parte da zona tropical e intertropical da Terra é composta por diferentes tipologias geomorfológicas existentes nas regiões costeiras: deltas⁸,

⁸ Delta: protuberância construída ao longo das linhas de costa quando rios chegam aos oceanos, mares semifechados, lagos ou lagoas costeiras, trazendo grande volume de sedimentos (...). A construção dos deltas resulta sempre da ação combinada dos agentes fluviais e os da bacia receptora, tais como ondas, marés e correntes associadas (VILLWOCK et al., 2005, p. 98).

lagunas⁹ e estuários¹⁰. Cada tipologia apresenta organizações ecológicas diferenciadas, composta por diferentes padrões de bosques: ribeirão, bacia, anão e franja, considerando a hidrografia e topografia local. No menor nível hierárquico representado estão as influências pontuais dos nutrientes e do substrato no sistema manguezal.

Na presente pesquisa cada nível hierárquico do sistema manguezal foi estudado individualmente, buscando revelar em cada compartimento os elementos, fatores e processos específicos, elaborando-se uma representação cartográfica apropriada a cada nível. Esse estudo individual mostrou-se fundamental para entender esse sistema como um todo e necessário para definir as variáveis, possibilitando a definição das técnicas empregadas na mensuração dessas variáveis e no seu mapeamento.

2.1.2. Do ecossistema ao geossistema

O conceito de ecossistema, proposto pelo botânico inglês Tansley (1935), teve como principal objetivo definir a unidade básica de interação entre todos os seres vivos, habitantes de uma mesma área, com características físicas ou ambientais comuns.

Para Tansley (1935), o ecossistema seria o sistema onde ocorre a interdependência entre seus componentes, com a existência de um ciclo de matéria, assim como mecanismos de auto-regulação. Para Tricart (1977), Tansley não foi o primeiro a discutir o conceito de ecossistema, mas foi o primeiro a sistematizá-lo como sendo

⁹ Laguna: depressão da zona costeira, abaixo do nível médio das marés mais baixas, mantendo com o mar uma comunicação permanente ou efêmera e protegida dele por um tipo qualquer de barreira (VILLWOCK et al., 2005, p. 98).

¹⁰ Estuário: corpo d'água costeiro, semifechado, livremente conectado com o mar aberto, influenciado pelas marés que nele promovem misturas entre a água do mar e a água doce proveniente da drenagem terrestre, produzindo um gradiente de salinidade (VILLWOCK et al., 2005, p. 98).

um conjunto de seres vivos mutuamente dependentes uns dos outros e do meio ambiente no qual eles vivem.

De acordo com Dajoz (1973), o ecossistema possui dois componentes: o primeiro é o componente orgânico, um conjunto dos organismos vivos, chamado de biocenose; o segundo é o componente inorgânico ou abiótico em que esses organismos vivem, denominado biótopo. Esses organismos e o ambiente interagem e se inter-relacionam em um ecossistema, unidade funcional da ecologia, também chamado de biogeocenose.

Assim, o ecossistema consiste em uma área relativamente homogênea onde os organismos interagem com o ambiente, sendo o componente principal a comunidade de seres vivos e sem esse não existe ecossistema (CHRISTOFOLETTI, 1999). Assim como propõe Dajoz (1973, p. 279):

Um ecossistema apresenta certa homogeneidade do ponto de vista topográfico, climático, botânico e zoológico, pedológico hidrológico e geoquímico. As trocas de matéria e de energia entre seus constituintes fazem-se com intensidade característica. Do ponto de vista termodinâmico o ecossistema é um sistema relativamente estável no tempo e aberto. Os constituintes que entram são a energia solar, os elementos minerais e os da atmosfera, e a água. Os elementos que saem são o calor, o oxigênio, o gás carbônico e diversos outros gases, os compostos húmicos e as substâncias biogênicas carregadas pela água, etc.

A estrutura do ecossistema está organizada e funciona ao longo de gradientes de energia, onde inúmeros fatores influenciam, tais como: clima, vegetação, solo, etc. (CLELAND et al., 1997). Dessa forma, em um ecossistema, os elementos orgânicos e inorgânicos favorecem o equilíbrio dinâmico (TANSLEY, 1935).

Sotchava (1978) considera o conceito de ecossistema biológico, visto que, por esse conceito o ambiente natural e suas bases abióticas são analisados de acordo com suas conexões com os organismos. Seria, portanto, um conceito prontamente associado às relações ecológicas.

Para Odum (1971), mesmo os menores ecossistemas naturais fazem parte de ecossistemas maiores, que por sua vez, contêm seções menores que podem ser estudadas como subsistemas. Ainda de acordo com esse autor, para o estudo dos

ecossistemas, devem ser compreendidos dois tipos de processos: as taxas de circulação dentro do limite escolhido, ou seja, dentro do ecossistema delimitado; e as taxas de fluxos de energia e matéria através das fronteiras, dentro e fora do sistema escolhido. Tanto as taxas de circulação quanto as taxas de fluxos de energia e matéria podem ocorrer dentro do compartimento escolhido (sistema), quanto entre compartimentos, integrando outros sistemas.

Existem quatro propriedades principais no conceito de ecossistemas: 1) Monístico: reúne em uma estrutura única o ambiente, o homem e os meios vegetal e animal, para análise da interação entre esses componentes, assim, a análise do ecossistema pode propor uma ênfase no funcionamento do sistema como um todo; 2) Estruturado: local onde as estruturas identificadas são investigadas e estudadas como organismos estruturados de uma forma ordenada, racional e compreensível; 3) Funcional: aqui as interações e intercâmbios são quantificados, admitindo-se que os ecossistemas são constituídos de interpenetração contínua, tanto de matéria como de energia; e 4) Estável: os ecossistemas em estado estável possuem a propriedade de auto-regulação, controlados pela ação e reação (STODDART, 1974).

A separação de diferentes ecossistemas é visto por Tansley (1935) apenas como uma proposta de estudo, um isolamento artificial, visto que os ecossistemas isolados são apenas partes de outros ecossistemas maiores, estando todos, de alguma forma, ligados entre si.

Verifica-se que, apesar da característica hierárquica intrínseca ao conceito de ecossistema, ele ainda é um conceito fundamentalmente ecológico, visto que não pressupõe uma escala espacial e temporal definida. Assim, o ecossistema não se enquadra como um conceito geográfico, pois não existe uma escala espacial definida para o seu estudo. Além disso, o trabalho com o conceito de ecossistema não pressupõe a análise do meio físico, já que não considera os atributos físicos do meio, uma interpretação fundamental para os estudos geográficos.

Para suprir esse pseudo problema, a respeito do uso do conceito ecossistema pelas ciências geográficas, Sotchava criou o conceito de geossistema em 1960, agregando a noção de espaço ao conceito de ecossistema. Esse novo termo foi

utilizado para designar um “sistema geográfico natural homogêneo associado a um território” (BERTRAND; BERTRAND, 2007, p. 51).

Para Sotchava (1977), o geossistema é uma classe de sistema aberto e hierarquicamente organizado, composto por fenômenos naturais. Entretanto, os fatores sociais e econômicos exercem influência sobre eles, sendo assim, devem ser estudados os seus componentes naturais, mas também suas conexões com os componentes sociais e econômicos. O autor considera que as mudanças nas estruturas espaciais da natureza: geologia, geomorfologia, clima, solo, vegetação, etc. ocorrem em uma escala temporal diferente das mudanças antrópicas.

Assim, o geossistema foi proposto como forma de conexão entre os fenômenos naturais, econômicos e sociais, com objetivo de estudar os fenômenos ecológicos de forma espacializada. Os ecossistemas estão ligados ao geossistema, mas deve-se tomar o cuidado de não tratá-los como conceitos sinônimos, pois a fusão desses conceitos é incorreta (SOTCHAVA, 1977).

De acordo com Bertrand e Bertrand (2007), o geossistema se constitui como uma base para os estudos sobre a organização do espaço, visto que é compatível com a escala do homem.

É preciso ressaltar que Sotchava criou o termo geossistema considerando sua realidade e o espaço geográfico no qual convivia (a ex-União Soviética). Para ele, o geossistema abrangia uma área com centenas e/ou milhares de quilômetros quadrados. Para a escola russa e alemã, o geossistema apresentava uma escala regional (TROPPMAIR; GALINA, 2006).

Já Bertrand, de acordo com Troppmair e Galina (2006), ao aplicar a teoria dos geossistemas na França, considerou as dimensões espaciais desse país e utilizou a área do geossistema com alguns quilômetros quadrados; delimitou outras categorias menores como o geofácies e o geótopos, com poucos metros quadrados.

Para Sotchava (1978), os geossistemas são uma classe de sistemas dinâmicos, flexíveis, abertos e organizados hierarquicamente, composto por três escalas principais: planetária, regional e topológica.

Sobre as unidades escalares, Christofolletti (1999, p. 42 e 43) afirmava que:

Essa unidade abrange escala de alguns quilômetros quadrados a centenas de km², podendo ser decomposta em unidades menores fisionomicamente homogêneas, representados pelos geofácies e geótopos. O geofácies, correspondendo a um setor fisionomicamente homogêneo que se sucede no tempo e no espaço no interior de um geossistema, possui também potencial ecológico, exploração biológica e ação antrópica, estando sujeito à biostasia e resistasia. Os geótopos correspondem ao último nível da escala têmporoespacial de Bertrand, apresentando, geralmente, condições diferentes do geossistema e do geofácies em que se encontram. Constituem a menor unidade homogênea diretamente visualizada no terreno, representando o refúgio de biocenoses originais, por vezes relictuais ou endêmicas.

Troppmair e Galina (2006) consideram o geossistema um sistema natural, complexo e integrado. Dentro desse sistema ocorre circulação de energia e matéria, sendo que a interferência antrópica pode ocasionar alterações, chegando até a afetar suas características e ainda assim, isso não descaracterizaria o geossistema. Esses autores definem geossistema como unidade complexa, que possui um amplo espaço dotado de certa homogeneidade, formando um ambiente físico com exploração biológica. De acordo com Morin (1986), a ideia de unidade complexa pressupõe a não redução do todo em partes e nem das partes no todo, assim, o desafio é tentar conceber um conjunto entre o todo e as partes.

Para Christofolletti (1981), o geossistema seria um sistema natural, homogêneo e delimitado, analisado a partir de uma determinada escala, caracterizado pelas suas estruturas espaciais (verticais e horizontais) e seu funcionamento depende da energia solar e gravitacional, dos ciclos da água, movimentos de massa de ar, processos morfogenéticos, etc.

O francês Georges Bertrand estabeleceu, em 1968, uma hierarquia espaço temporal para a unidade geossistêmica criada por Sotchava e essa hierarquia enfoca fatores biogeográficos e socioeconômicos, assim como considera a relação entre a evolução dos solos à cobertura vegetal e as condições de evolução do relevo, proposta pela teoria da bio-resistasia elaborada pelo pedólogo alemão Henry Erhart (NASCIMENTO; SAMPAIO, 2005).

Para Bertrand, a definição de paisagem relaciona-se diretamente a escala (NASCIMENTO; SAMPAIO, 2005). Bertrand (1971) considera o sistema de classificação com seis níveis, a saber: zona, domínio, região, geossistema, geofácies e geótopo, sendo as três primeiras consideradas unidades superiores e as três últimas unidades inferiores, conforme apresentado no quadro 1.

Quadro 1: Unidades de compartimentação da paisagem segundo Bertrand (1971).

Unidades da Paisagem	Escala tempororo-espacial (A. Cailleux, J. Tricart)	Exemplo tomado numa mesma série de paisagens	Unidades Elementares				
			Relevo (1)	Clima (2)	Botânica	Biogeografia	Unidade trabalhada pelo homem (3)
Zona	G I	Temperada		Zonal		Bioma	Zona
Domínio	G II	Cantábrico	Domínio estrutural	Regional			Domínio Região
Região Natural	G III – IV	Picos de Europa	Região estrutural		Andar Série		Quarteirão rural ou urbano
Geossistema	G IV – V	Atlântico Montanhês (calcário sombreado com faia higrófila a “ <i>Asperula odorata</i> ” em “terra fusca”)	Unidade estrutural	Local		Zona equipotencial	
Geofácies	G VI	Prado de ceifa com “ <i>Molinio-Arrhenatheretea</i> ” em solo lixiviado hidromórfico formado em depósito morânico			Estádio agrupamento		Exploração ou quarteirão parcelado (pequena ilha em cidade)
Geótopo	G VII	“Lápiés” de dissolução com “ <i>Aspidium Lonchitis Sw</i> ” em microsolo úmido carbonatado em bolsas		Microclima		Biótopo Biocenose	Parcela (casa em cidade)

Fonte: Bertrand (1971, p. 12).

Ross (2006) descreve cada um dos seis níveis taxonômicos propostos por Bertrand:

Zona: primeira ordem de grandeza, caracterizada principalmente pela zonalidade climática; correspondente aos biomas e indica a distribuição de flora e fauna ao longo do planeta;

Domínio: segunda ordem de grandeza que corresponde às divisões dentro de uma determinada zona e refere-se à combinação do relevo, solo, clima, cobertura vegetal, além das condições hidrológicas regionais;

Região: diz respeito a terceira e quarta ordem de grandeza, possui uma relativa uniformidade das características físicas;

Geossistema: corresponde a quarta e quinta ordem de grandeza. Unidade de paisagem homogênea e com dinâmica própria e se constitui como uma base para os estudos de organização do espaço, visto que é compatível com a escala humana. Quando possui uma estrutura homogênea é chamado de Geômeros e quando possui uma estrutura diferenciada, de Geócoros (SOTCHAVA, 1978). Um geócoro é o menor constituinte dessa estrutura, ou seja, é a unidade elementar no complexo dos fenômenos naturais, localizado em uma área pequena e combina-se com os geômeros elementares, assim, a estrutura de um geômero é condicionada pela combinação de feições de espaço de um dado geócoro (SOTCHAVA, 1977);

Geofácies: trata-se da sexta ordem de grandeza. É um setor fisionomicamente homogêneo, onde se desenvolve uma mesma fase de evolução geral do geossistema, corresponde a uma área de centenas de metros quadrados;

Geótopo: corresponde à sétima ordem de grandeza, é a menor unidade geográfica identificável em um terreno, sua dimensão equivale a metro ou decímetro quadrado.

Monteiro (1976) expressa sua inquietação em trabalhar com as escalas propostas por Bertrand junto às escalas climáticas apresentadas na sua Tese de Livre Docência. Também expressa a preocupação do Prof. Aziz Ab'Sáber por usar os conceitos propostos por Bertrand, para as unidades observadas nos Pireneus e as

unidades encontradas no Brasil, visto que as unidades observadas no Brasil são espacialmente maiores.

Um sistema pode ser analisado em diferentes escalas. Para Penteado (1980), quando é apresentada a definição para um geossistema é importante distinguir os elementos que serão analisados e suas relações, assim, será possível sua delimitação espacial. Mesmo definindo-o espacialmente não se pode desconsiderar que esse sistema faz parte de um sistema maior, que contém sistemas menores, e será analisado como um nível dentro de uma hierarquia organizada. É importante ressaltar que no geossistema a ênfase é dada na análise global da paisagem e na inter-relação das suas variáveis (BERTRAND; BERTRAND, 2007).

Considera-se a existência de uma convergência entre a proposta de hierarquização dos manguezais, apresentada por Schaeffer-Novelli et al. (2000; 2005), e os níveis de compartimentação da paisagem apresentados por Bertrand (1971). Na primeira proposta os manguezais são subdivididos em cinco níveis de análise: 1) Grande ecossistema marinho – *Large marine ecosystem*; 2) Domínio costeiro – *Coastal domain*; 3) Tipologia – *Setting*; 4) Padrão – *Stand*; e 5) Parcela – *Site*, que estão explicados detalhadamente no capítulo 4.6. Por sua vez, Bertrand (1971) apresenta, conforme já mencionado, seis níveis de compartimentação da paisagem: 1) Zona; 2) Domínio; 3) Região; 4) Geossistema; 5) Geofácies; e 6) Geótopo.

Assim, nota-se que as duas propostas apresentam uma tentativa de hierarquizar a paisagem para melhor entender os fluxos de energia dentro do sistema, sintetizado no quadro 2.

Quadro 2: Síntese entre as unidades de compartimentação da paisagem e os níveis hierárquicos dos manguezais.

Unidades da Paisagem (Bertrand, 1971)	Níveis hierárquicos dos manguezais Schaeffer-Novelli (2005)	Características gerais	Níveis hierárquicos para o mapeamento
Zona	Grande ecossistema marinho – <i>Large Marine Ecosystems</i>	Zonalidade planetária (zona tropical e intertropical)	Plataforma Sul do Brasil
Domínio	Domínio Costeiro – <i>Coastal Domain</i>	Configuração da linha de costa	Unidade VII – Cabo Frio/RJ – Torres/RS
Região Natural			
Geossistema	Tipologia – <i>Setting</i>	Tipologia costeira: Thom (1984) e Woodroffe (1992)	Sistema Costeiro Cananéia-Iguape
Geofácies	Padrão – <i>Stand</i>	Diferenciação de padrões fisionômicos numa planície costeira	Manguezais da Ilha do Cardoso
Geótopo	Parcela – <i>Site</i> ¹¹	Aspectos estruturais da vegetação	Parcelas de estudo

Fonte: Bertrand (1971) e Schaeffer-Novelli et al. (2000; 2005).

Organização: Santos (2014, presente trabalho).

No quadro 2 é possível visualizar as unidades de compartimentação da paisagem proposta por Bertrand (1971) e os níveis hierárquicos dos manguezais propostos por Schaeffer-Novelli et al. (2000; 2005), bem como as características gerais de cada nível. A unidade zona, maior unidade de paisagem apresentada por Bertrand (1971), equivale ao maior nível hierárquico apresentado por Schaeffer-Novelli et al. (2000; 2005), grande ecossistema marinho. A segunda e terceira unidade – domínio e região natural correspondem ao nível hierárquico domínio costeiro. A quarta unidade geossistema equivale à tipologia. A quinta unidade geofácies é representada pelo nível padrão. Já a sexta unidade de paisagem, de maior detalhe, designada por Bertrand (1971) como geótopo foi enquadrada no nível hierárquico parcela do sistema manguezal (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000; 2005).

Entretanto, de acordo com Christofletti (1999), os geótopos apresentam condições diferentes das encontradas no geossistema e no geofácies, trata-se de uma unidade destacada dentro do geofácies em que se encontra. Esse dado não pode ser observado na parcela de manguezal inserida em um padrão de bosque, pois não apresenta características diferentes do padrão e da tipologia na qual está inserida.

¹¹ Mesmo correspondendo a parcela a unidade de paisagem geótopo no quadro 2, a presente pesquisa não considera que o nível hierárquico parcela apresente características diferentes do padrão e da tipologia na qual está inserida. Ao contrário do geótopo, que se apresenta como uma unidade de paisagem em destaque dentro do geofácies e do geossistema do qual faz parte.

Considera-se que o nível hierárquico de maior detalhe do manguezal (parcela) se enquadraria na concepção de biogeocenose, apresentada por Dajoz (1973). Esse nível hierárquico apresenta uma inter-relação entre o conjunto de organismos vivos que o compõe (biocenose) e o conjunto de componentes abióticos (biótopo) na qual está inserido.

Optou-se por manter o nível hierárquico parcela correspondente a unidade de paisagem geótopo, no quadro 2, apenas para demonstrar que estão em níveis hierárquicos diferentes do geofácies e para seguir a padronização apresentada por Bertrand (1971) e Schaeffer-Novelli et al. (2000; 2005).

Na última coluna do quadro 2 é apresentada a proposta de mapeamento que foi utilizada na presente pesquisa, onde se mapeou o Grande ecossistema marinho – *Large marine ecosystem*: Plataforma Sul do Brasil, representando o maior nível hierárquico do sistema manguezal. Em seguida foram mapeados os níveis hierárquicos intermediários: Domínio costeiro – *Coastal domain*: Unidade VII entre Cabo Frio/RJ e Torres/RS; Tipologia – *Setting*: Sistema Costeiro Cananéia-Iguape; e Padrão – *Stand*: Manguezais da Ilha do Cardoso. O capítulo 4.6.3 trata especificamente das tipologias costeiras propostas por Thom (1984) e Woodroffe (1992).

O nível hierárquico de maior detalhe do sistema manguezal, denominado de Parcela – *Site*, não apresenta representação gráfica em mapa e sim por diagramas de perfis e gráficos, demonstrando a estrutura da vegetação, conforme capítulo 6.5.

2.2. Cartografia Ambiental

Um dos desafios da cartografia é a representação da complexidade, conforme aponta Martinelli e Pedrotti (2001, p. 41):

Qualquer paisagem por mais simples que seja é sempre social e natural, subjetiva e objetiva, espacial e temporal, produção material e cultural, real e simbólica. Para sua completa apreensão, não basta a análise separada de seus elementos. É preciso compreender sua complexidade, que é dada pela forma, estrutura e funcionalidade.

A proposta de apresentar mapas que demonstrem os diferentes níveis hierárquicos do sistema manguezal perpassa pelo desafio de representar a complexidade desse sistema, por meio de uma representação gráfica apropriada, apresentando a sua totalidade. Dessa forma, apresenta-se a seguir uma síntese sobre a Cartografia Ambiental e sobre os conceitos de Representação Gráfica e Escala, com objetivo de compreender e coinciliar esses elementos no mapeamento do sistema manguezal.

A palavra Cartografia é de origem grega e significa o ato de representar por caracteres ou sinais gráficos (*chartis* = mapa + *graphein* = escrever). De acordo com a Associação Cartográfica Internacional (1966), cartografia é o conjunto de estudos e de operações científicas, artísticas e técnicas, baseada nos resultados de observações diretas ou de análise de documentação, com vistas à elaboração e preparação de cartas, plantas e outras formas de expressão gráfica, bem como sua utilização. Há ainda outras definições de cartografia, como propõe Bakker (1965, p. 1):

Cartografia é a ciência e a arte de expressar graficamente, por meio de mapas e cartas, o conhecimento humano da superfície da Terra. É ciência porque essa expressão gráfica, para alcançar exatidão satisfatória, procura um apoio científico que se obtém pela coordenação de determinações astronômicas e matemáticas com topográficas e geodésicas. É arte quando se subordina às leis da simplicidade, clareza e harmonia, procurando atingir o ideal artístico da beleza.

A comunicação gráfica é uma das qualidades essenciais da cartografia, visto que os mapas foram um dos primeiros instrumentos de comunicação entre os homens. A palavra mapa teve origem na Idade Média e era empregada primeiramente apenas para as representações terrestres, e só depois para as representações marítimas, no século XIV (BAKKER, 1965).

No Brasil, a palavra mapa é normalmente confundida com as palavras carta e planta. Mapa é o termo utilizado mediante a representação dos aspectos físicos (naturais ou artificiais) ou abstratos da superfície terrestre, geralmente produzidos em escalas pequenas. Carta também é utilizada para representações dos aspectos físicos (naturais e artificiais) da Terra, mas é destinado a fins práticos e geralmente produzidas em escalas médias e grandes. Por último, o termo planta é utilizado para representações em grande escala, onde a curvatura da Terra pode ser desconsiderada, como nos guias de ruas (NOGUEIRA, 2009). Essa diferenciação entre os três termos é importante, principalmente na fase de alfabetização cartográfica. Entretanto, a presente pesquisa irá utilizar somente o termo mapa, para representações feitas em escalas pequenas, médias e grandes.

Um dos primeiros objetivos da cartografia foi conhecer e representar a Terra (JOLY, 1990). Essa representação normalmente é feita pelo uso de símbolos e sinais apropriados, dependendo do que se pretende apresentar. O conjunto desses sinais e símbolos estabelece a gramática da linguagem cartográfica configurando na Representação Gráfica, apresentada no capítulo 2.2.1.

As teorias cartográficas desenvolveram métodos para a produção de mapas tendo como objetivo a comunicação. A Cartografia Temática se destacou como um ramo específico da ciência cartográfica, preocupada com a melhor representação de temas específicos para essa comunicação. O primeiro mapa temático foi elaborado por Halley em 1686, onde se registrou os ventos Alísios¹² e as monções¹³ sobre os oceanos (MARTINELLI, 2005).

¹² Ventos Alísios: ventos que sopram das regiões subtropicais de alta pressão em direção as regiões equatoriais. As direções predominantes são de nordeste no hemisfério norte e sudeste no hemisfério sul (IBGE, 2004).

¹³ Monções: ventos de circulação geral da atmosfera caracterizado pela persistência estacional de uma dada direção do vento e pela variação marcante dessa direção de uma estação para outra,

Para Martinelli (1994), a cartografia ambiental pode ser considerada como um setor específico da cartografia temática. Essa cartografia ambiental procura representar graficamente as complexas relações existentes entre o meio abiótico e biótico, ou seja, o meio ambiente físico e o social, incluindo a ação do homem nesse ambiente (ROVANI; CASSOL, 2012).

Journaux (1985) considera que os mapas ambientais podem ser apresentados de três diferentes formas, por meio de mapas de análise, mapas de sistemas e mapas de síntese.

Os mapas de análise representam temas. Os elementos ou processos simples que podem ser observados no ambiente são apresentados nesses mapas, por exemplo, o mapa de cobertura superficial, onde se representa elementos por meio de simbologia convencional e o mapa geomorfológico, que representa os processos morfoclimáticos (JOURNAUX, 1985).

Os mapas de sistemas representam a correlação entre os elementos e/ou processos, com objetivo de definir sistemas ou representar mapas de aptidão e/ou de potencialidades. Cita-se o exemplo do mapa de vulnerabilidade do solo à erosão, que apresenta as relações entre as espessuras das coberturas superficiais e seu grau de permeabilidade, verificando a possibilidade de erosão. Outro exemplo são os mapas de riscos naturais, onde é possível verificar a potencialidade de deslizamentos, inundações, etc. (JOURNAUX, 1985).

Os mapas de síntese consideram tanto os elementos naturais, como as ações antrópicas, presentes e passadas. Devem vir acompanhados de um memorial descritivo, explicando a legenda, têm como objetivo auxiliar o planejamento territorial e as tomadas de decisão (JOURNAUX, 1985). Como exemplo a Carta do meio ambiente e sua dinâmica (CETESB, 1985) e o Mapa de unidades morfológicas complexas (RODRIGUES, 2005).

O presente trabalho utilizou a proposta de elaboração de mapas de sistemas, apresentada por Journaux (1985), para o mapeamento dos diferentes níveis

ocorre devido às diferenças térmicas entre áreas de terra e água, provocando mudanças na localização dos centros de alta e baixa pressão (IBGE, 2004).

hierárquicos do manguezal. Em cada mapa foram apresentados, além do próprio sistema manguezal, os elementos, fatores e processos do meio físico que interferem em cada nível. Na construção desses mapas utilizou-se o Sistema de Informação Geográfica – SIG, por meio do uso do *software ArcGis*, devido a possibilidade de integração de diferentes dados.

Para Archela et al. (2002), a cartografia ambiental permite visualizar a dinâmica ambiental, possibilitando que o leitor desse produto cartográfico compreenda o meio ambiente representado.

Essa representação cartográfica, quando se trata de ambientes naturais, apresenta um desafio a mais: identificar quais são os atributos que, em determinada escala, ajudam a caracterizar determinado nível hierárquico. Esse é o desafio enfrentado pela presente pesquisa: identificar os elementos, fatores e processos mais importantes em cada nível hierárquico do sistema manguezal e representá-los cartograficamente.

Para Klijn e Haes (1994), os sistemas ambientais podem ser mapeados em diferentes escalas espaciais, desde uma escala de detalhe até uma escala global. Assim, considera-se que os mapas também possuem níveis hierárquicos, pois os componentes do sistema estão presentes em todas as escalas, entretanto, sua importância pode variar em cada nível. Em cada escala de mapeamento pode-se cartografar somente os componentes mais importantes daquele nível, entretanto, mesmo que não estejam presentes no mapeamento, os demais componentes do sistema estão atuando de alguma forma.

A cartografia tem evoluído muito ao longo dos anos, e no período de guerras mostrou grande avanço no uso de novas tecnologias apresentando maior precisão cartográfica, por exemplo, com o aperfeiçoamento de técnicas de sensoriamento remoto. Esse conhecimento é muito significativo para as nações que disputam territórios, por sua alta potência de localização e leitura de fenômenos de superfícies.

O mapeamento do sistema manguezal tem como objetivo a identificação dos elementos, fatores e processos que ocorrem em cada um dos níveis hierárquicos e para isso é preciso modificar a escala de análise desse fenômeno, utilizando uma

escala adequada em cada nível. Além disso, esses elementos devem estar representados graficamente de forma apropriada em cada nível, sendo que as escalas de maior abrangência devem conter elementos regionais e a escala de detalhe os elementos mais pontuais do sistema.

O sensoriamento remoto tem se mostrado uma ferramenta muito útil no fornecimento de informações espaço temporais sobre a distribuição dos manguezais. Para Kuenzer et al. (2011), técnicas de sensoriamento remoto demonstram elevado potencial para detectar, identificar, mapear e monitorar as condições de manguezais, assim como verificar as mudanças nesse sistema. Entretanto, mapear somente a distribuição dos manguezais não revela toda sua complexidade.

A utilização de fotografias aéreas e imagens de satélite possibilitam a verificação da abrangência e monitoramento de áreas de manguezais. Nesse procedimento verifica-se tanto a degradação, quanto o avanço de áreas de mangue, assim, sua complexidade poderá ser revelada pelo mapeamento do sistema. Serão observados, ao longo dos anos, quais fatores ocasionaram a degradação e/ou a conservação, como exemplo, os mapas de manguezais da Baixada Santista, elaborados por Santos (2009).

2.2.1. Representação gráfica

A cartografia é a arte de conceber, levantar, redigir e divulgar mapas, que são representações seletivas da realidade, divulgadas por meio de símbolos apropriados que seguem as regras da linguagem cartográfica, também chamada de Semiologia Gráfica ou Representação Gráfica (JOLY, 1990).

Bertin chama a Representação Gráfica de “*Graphique*”, que pode ser traduzida como: neográfica, semiologia gráfica ou representação gráfica, esta última é uma

tradução adotada pelo Professor Marcello Martinelli e que também será adotada neste trabalho.

De acordo com Archela (2001), a representação gráfica é uma corrente da ciência cartográfica, elaborada na França na década de 1960, composta por um conjunto de diretrizes que visam orientar a elaboração de mapas temáticos, utilizando-se de símbolos que possuem características específicas de informações. A semiologia é a ciência que estuda os diferentes sistemas de signos. O signo é uma unidade linguística, uma associação entre significante e significado.

A representação gráfica desenvolvida por Jacques Bertin tem suas raízes no estruturalismo, desenvolvido pelo linguista suíço Ferdinand Saussure, que estudou a semiologia baseado na Teoria Geral dos Signos (ARCHELA, 1999). A corrente estruturalista faz associação entre a cartografia e a linguagem.

Jacques Bertin sistematizou a gramática da cartografia temática, como também é chamada a representação gráfica, durante a década de 1960, auxiliando no desenvolvimento teórico da cartografia e os primeiros resultados dessa sistematização foram publicados na obra *Sémiologie Graphique* em 1967 (ARCHELA, 2001).

A representação gráfica é um domínio específico inserido no mundo da comunicação visual e compartilha o universo da comunicação social. Faz parte do sistema de sinais que o homem construiu com o objetivo de se comunicar (MARTINELLI, 2010).

A imagem gráfica seria a forma visual percebida rapidamente, em um instante de tempo pode ser captada a informação dessa imagem (BERTIN, 1967; 1986). Portanto, ela deve ser monossêmica, ou seja, possuir apenas um significado. Reduzir a polissemia da imagem é uma meta para a representação gráfica.

Bertin (1978) considera que a representação gráfica não segue o esquema proposto pela comunicação geral, estabelecido pela Teoria Matemática da Comunicação (emissor – código – receptor), visto que esse esquema é essencialmente polissêmico. Para esse autor, na representação gráfica, tanto o emissor quanto o receptor são atores das três relações fundamentais da comunicação monossêmica

(diversidade, ordem e proporcionalidade), transcritas por relações visuais de mesma natureza, como apresentado na figura 3:

Figura 3: Sistema de comunicação monossêmica.
Fonte: Bertin (1978).

A relação de diversidade é transcrita por uma diversidade visual, a ordem por uma ordem visual e a proporcionalidade por uma proporcionalidade visual.

Bertin (1967) desenvolveu o Sistema Gráfico de Signos fundamentado a partir dos princípios da representação gráfica, criando, dessa forma, a gramática da cartografia temática, composta por um conjunto de signos gráficos com significado (conceito) e significante (imagem gráfica).

Segundo Salichtchev (1988), as representações gráficas podem se expressar por meio de imagens e símbolos, retratando a distribuição dos fenômenos (naturais e culturais) e suas respectivas mudanças no tempo e no espaço.

A cartografia científica contemporânea tem como finalidade a representação e a investigação dos temas espaciais de complexidade variável, por meio de sua modelagem cartográfica, e esse objetivo será alcançado com base nos conhecimentos do sistema que está sendo modelado. Nesse sentido, a ciência geográfica tem muito a contribuir, visto que é possível obter novos conhecimentos com o uso dos mapas (SALICHTCHEV, 1988). A questão ambiental evoca o estudo de objetos complexos e a cartografia ambiental deve ser capaz de representá-las.

Para Archela e Théry (2008), o mapa possui um objetivo específico: explicitar o quê, onde e como ocorre cada fenômeno, utilizando para isso símbolos gráficos (chamados de signos), esses signos devem ser selecionados para possibilitar a visualização correta do leitor. Considerando que o mapa ambiental é um tipo de mapa temático, ele deve seguir os mesmos preceitos, visto que, o mapa deve revelar graficamente (por meio de uma representação gráfica apropriada) o conteúdo da informação.

A tarefa da representação gráfica é transcrever as relações fundamentais entre objetos. Essas relações acontecem por meio da diversidade ($\neq$), onde se evidenciam as diferenças; da ordem (**O**), onde se propõe uma hierarquização; e da proporcionalidade (**Q**), evidências quantitativas existentes entre os objetos por relações visuais de mesma natureza, como resume Martinelli (2010) na figura 4.

RELAÇÕES ENTRE OBJETOS			CONCEITOS	TRANSCRIÇÃO GRÁFICA
CADERNO	LÁPIS	BORRACHA	$\neq$ DIVERSIDADE
MEDALHA DE OURO	MEDALHA DE PRATA	MEDALHA DE BRONZE	ORDEM	
1 kg DE ARROZ	4 kg DE ARROZ	16 kg DE ARROZ	PORPORCIONALIDADE	

Figura 4: Representação gráfica.
Fonte: Martinelli (2010, p. 210).

A relação de diversidade ($\neq$) apresenta uma análise qualitativa que responde à questão “O quê?”, registra a diversidade entre os objetos, fenômenos ou fatos. A relação de ordem (**O**) apresenta uma análise ordenada que responda à questão “Em que ordem?”, registra a ordem observada entre os objetos, fenômenos ou fatos, promovendo uma ideia de hierarquização. E a relação de proporcionalidade (**Q**) apresenta uma análise quantitativa, respondendo a questão “Quanto?”, registra uma proporcionalidade entre os objetos, fenômenos e fatos (MARTINELLI, 2010).

A representação gráfica se expressa mediante a construção da imagem, que é uma forma ou um conjunto de formas, captada num lapso mínimo de percepção e deve ter um caráter monossêmico (MARTINELLI, 2010). Assim, a relação entre os objetos, característica da legenda, deve ser revelada de forma a transmitir um único significado.

O mapa revela o conteúdo da informação, por isso, alguns são chamados de “mapas para ver”, pois apresentam uma percepção imediata visto que, normalmente, são formados por coleções de mapas, onde cada mapa representa um atributo ou variável. Outros são “mapas para ler”, já que requerem maior atenção, pois são construídos por superposição de atributos ou variáveis em um mesmo mapa

(BERTIN, 1988). Grande parte dos mapas elaborados pela cartografia ambiental são mapas para ler, pois são compostos de uma fusão de informações e uma legenda complexa, representada pelos signos presentes no mapa.

De acordo com Martinelli (1993), os mapas ambientais devem apresentar agrupamentos de atributos ou variáveis e estes, por sua vez, representam a fusão de conjuntos característicos.

A representação gráfica deve delimitar as regras de utilização da linguagem cartográfica. O signo (símbolo) revela a relação entre o significante, o objeto de referência e o significado, ele é constituído, portanto, de significante (expressão) e significado (conteúdo). Os signos variam conforme a forma, o tamanho, a orientação, a cor, o valor e a granulação para representar fenômenos qualitativos, ordenados ou quantitativos, de forma pontual, linear ou zonal (JOLY, 1990). Conforme apresentado na figura 5.

Implantação	Pontual	Linear	Zonal
Forma ≡			
Tamanho ≠ O Q			
Orientação ≠ ≡			
Cor ≠ ≡	Uso das cores puras do espectro ou de suas combinações. Combinação das três cores primárias cian, amarelo, magenta (tricomia).		
Valor ≠ O			
Granulação ≠ ≡ O			
Valor da percepção ≡ associativa ≠ seletiva O ordenada Q Quantitativa			

Figura 5: Variáveis visuais.
 Fonte: Joly (1990, p. 15).

Segundo Bertin (1967) e Joly (1990) as variáveis visuais são:

Forma: agrupa as variações geométricas ou figurativas. Utilizada para representar dados qualitativos; transcreve noção de diversidade e associação. Na interpretação visual, geralmente, as formas irregulares estão associadas a feições naturais (rios, vegetação, etc.) e as formas regulares correspondem a construções antrópicas (ruas, prédios, etc.).

Tamanho: corresponde a variação do tamanho grande, médio e pequeno. Utilizado para representar quantidades e proporcionalidades. É considerada a única variável visual com propriedade de transcrever a noção de proporcionalidade, além de ordem, seletividade e associação. Na interpretação visual deve-se considerar a resolução da imagem para analisar os objetos.

Orientação: corresponde a variação de posição vertical, horizontal e oblíqua. Utilizada para representar dados qualitativos. É considerada variável de separação, pois distingue os elementos da imagem, transcreve noção de diversidade, seletividade e associação.

Cor: corresponde às cores do arco-íris, sem variação de tonalidade, tendo às cores a mesma intensidade. Utilizada para representar dados qualitativos. Possui grande poder de comunicação, é considerada variável de separação e transcreve noção de diversidade, associação e dissociação.

Valor: corresponde a variação da tonalidade, seguindo a sequência monocromática, ou seja, é a quantidade de energia refletida variando do claro ao escuro (branco ao preto). É utilizada para representar dados ordenados, considerada variável da imagem e tem a propriedade de transcrever a noção de ordem, seleção e dissociação. Na interpretação visual a tonalidade se refere às gradações de cinza nas imagens preto e branco.

Granulação: corresponde à variação da repartição do preto no branco, mantendo a proporção. Utilizado para representar dados diferenciados, com precário poder de seletividade. É considerada variável de separação e tem a propriedade de transcrever a noção de ordem, seleção e associação.

Além das variáveis visuais, utilizam-se outros parâmetros para a interpretação visual, tais como a localização, a textura, a sombra e o padrão. A localização se refere às características geográficas de um lugar, alguns objetos ocupam preferencialmente determinados locais, como os rios que percorrem o fundo de vale. A textura se refere à variação de tons presente em uma imagem, a impressão visual pode ser de

rugosidade ou de suavidade. A sombra possibilita a análise do tamanho de objetos em uma imagem, mas podem também esconder alguma feição. O padrão caracteriza o arranjo espacial entre os objetos em uma imagem. Todos esses elementos possibilitam uma melhor interpretação visual, seja com imagens de satélite ou fotografias aéreas.

Na presente pesquisa essa categorização, proposta por Bertin (1967), foi utilizada na interpretação das fotografias aéreas e na elaboração dos mapas apresentados no capítulo 6, com o objetivo de melhorar a comunicação desses mapas.

De acordo com Bertin (1967), Archela e Théry (2008), as variáveis visuais podem se apresentar de forma diferenciada: pontual, linear ou zonal:

Pontual: utilizada quando o fenômeno é localizado com precisão e quando a superfície ocupada é insignificante, ou seja, o fenômeno não tem dimensão apenas posição. A disposição em que esses pontos se organizam no mapa promove uma regionalização do espaço, caracterizado principalmente pela presença ou ausência do dado.

Linear: utilizada quando o comprimento do dado é mais significativo na representação, é unidimensional, representando apenas a direção; utilizada principalmente para identificação de rede viária e hidrografia. Também serve para indicar deslocamento no espaço, indicando o sentido da rota e direção.

Zonal: utilizada quando o fenômeno ocorre em uma superfície suficiente a ser representada sobre o mapa, podendo representar largura e comprimento.

Ainda de acordo com esses autores (BERTIN, 1967; ARCHELA; THÉRY, 2008) essas variáveis visuais podem ser percebidas como um conjunto de propriedades: seletivas, associativas, dissociativas, ordenadas e quantitativas:

Seletiva: permite separar visualmente as imagens, ou seja, isolar os elementos distintos, possibilitando a formação de grupos de imagens (variáveis visuais: cor, forma, valor, granulação e tamanho).

Associativa: a visibilidade é constante, permite agrupar diversas imagens e objetos em um mesmo conjunto (variáveis visuais: forma, orientação e granulação).

Dissociativa: a visibilidade é variável, identificada quando as imagens se separam espontaneamente (variáveis visuais: valor e tamanho).

Ordenada: permite uma classificação visual segundo uma variação progressiva, ordena os elementos (variáveis visuais: tamanho e valor).

Quantitativa: permite uma relação com um valor numérico (variável visual: tamanho).

Os fenômenos qualitativos, ordenados ou quantitativos podem se apresentar em diferentes mapas (BERTIN, 1967; ARCHELA; THÉRY, 2008):

Fenômenos qualitativos: utilizam variáveis visuais seletivas: forma, orientação e cor; sendo possível sua implantação nos três modos: pontual, linear e zonal.

Fenômenos ordenados: utilizam classes visualmente ordenadas na sua representação, variável visual mais utilizada é o valor na implantação zonal.

Fenômeno quantitativo: variável visual mais utilizada é o tamanho, implantados em modo pontual ou zonal.

Todas essas características das variáveis visuais são importantes para uma proposta de elaboração de mapas, pois a compreensão de um mapa é precedida pela definição do significado de cada símbolo, presente nesse mapa, com uma legenda clara, precisa e monossêmica (TEIXEIRA NETO, 1986).

Segundo Duarte (2002), o mapa deve constituir-se num conjunto harmonioso de símbolos, letras e cores, visto que sua mensagem deve ser entendida com facilidade pelo leitor, logo, a mensagem transmitida pelo mapa deve ser clara e proporcionar a informação objetivamente.

Assim tornou-se fundamental, na presente pesquisa, o estudo das variáveis visuais para a elaboração da proposta de cartografia ambiental aplicada aos diferentes níveis hierárquicos do sistema manguezal, pois a função de um mapa é a comunicação.

2.2.2. Conceito de escala

A escala é um pré-requisito da análise geográfica, visto que é um dos mecanismos de compreensão da realidade (CASTRO, 2002). Para Marques e Galo (2009), não é possível realizar nenhuma análise sem que esteja clara a escala geográfica adotada.

De acordo com a visão sistêmica (ver capítulo 2.1), uma das diferenças entre os conceitos de ecossistema, proposto por Tansley (1935), e geossistema, proposto Sotchava (1977), está na concepção de escala. Enquanto o geossistema possui uma escala de análise definida, o ecossistema não trabalha com o conceito de escala. Pode-se considerar ecossistema apenas uma bromélia, assim como a extensão de manguezais existentes na Terra (TANSLEY, 1935; MONTEIRO, 1976). Conforme apresentado por Bertrand (2004, p. 143).

O ecossistema não tem nem escala nem suporte espacial bem definido. Ele pode ser o oceano, mas também pode ser um pântano com rãs. Não é, portanto, um conceito geográfico. Nessas condições é melhor renunciar e ajustar a taxonomia biogeográfica, a escolher livremente unidades geográficas globais adaptadas ao estudo da paisagem.

Bertrand (2004) renuncia o uso do conceito de ecossistema, nos estudos geográficos, pela ausência do conceito de escala intrínseco a esse termo. Mas deve-se tomar cuidado também com o termo escala, pois apesar de ser usado em muitos contextos, é importante o uso correto desse conceito que está diretamente relacionado à representação da realidade, e refere-se tanto à dimensão espacial, quanto temporal.

Na definição da escala espacial sempre se associa uma razão matemática, métrica ou topográfica. Bakker (1965, p. 10) aponta que a “escala pode ser definida como a relação entre o comprimento gráfico e o comprimento correspondente medido sobre a superfície da Terra”.

A escala usada para realizar um estudo pode influenciar nas conclusões tomadas no mesmo, visto que alguns processos e parâmetros de análise podem aparecer com

grande importância em uma escala, mas em outra podem não aparecer (TURNER, 1989).

De acordo com Martinelli (1994), um fenômeno tem sua organização e representação apenas em dada escala, se sua representação for feita em outra escala, não compatível com o dado fenômeno, terá seu significado alterado.

Assim, a escala deve ser escolhida de acordo com o objeto que será representado e essa escolha é fundamental para uma melhor representação deste. Portanto, não existe escala certa pré-determinada, ela poderá ser escolhida de acordo com o objeto do estudo investigado. Deve-se fazer a seleção da escala mais adequada na representação do ambiente, pois isso terá consequência no potencial de comunicação do mapa, em escala pequenas há maior generalização das informações do ambiente (NOGUEIRA, 2009).

A escolha da escala é um desafio para o pesquisador, assim como a organização hierárquica dos níveis escalares. Quando o pesquisador decide qual será o sistema a ser estudado, facilita a delimitação da escala espacial e temporal. Dessa forma, o pesquisador pode definir os elementos e as relações existentes em cada nível escalar (QUEIROZ FILHO, 2005).

Seguindo a orientação sistêmica, entende-se que estas dimensões escalares estão organizadas em níveis hierárquicos, formando uma sequência de diferentes níveis de complexidade, onde cada nível possui as suas próprias características e processos, que influencia e recebe influência dos demais níveis hierárquicos superiores e inferiores.

Dependendo da escala de observação adotada em uma investigação, diferentes subsistemas podem ser caracterizados. Desta forma, a complexidade de um sistema está também relacionada ao seu observador, além da sua própria estrutura e funcionamento (SOUZA, MANZATTO, 2000).

Um dos desafios do mapeamento de sistemas é a representação dos seus diferentes níveis de organização, dada a dificuldade em delimitar a atuação dos fatores bióticos e abióticos em cada nível, visto que estão presentes em todas as escalas, ou seja, atuam e se integram em todos os níveis hierárquicos. A presente

pesquisa estudou os diferentes níveis hierárquicos do sistema manguezal e verificou as possíveis escalas de mapeamento para sua representação.

Selecionar a escala adequada para cada nível hierárquico do estudo sobre os manguezais é fundamental, visto que a seleção da escala tem consequências importantes na aparência final do mapa, assim como no seu potencial de comunicação. Quanto menor a escala, maior será a generalização das informações - escala pequena; e quanto maior a escala maior será o nível de detalhe do mapa - escala grande, conforme apresentado por Marques e Galo (2009, p. 49):

(...) a relação das escalas cartográfica e geográfica é inversamente proporcional, ou seja, quanto maior for a área compreendida por um fenômeno, menor deverá ser a escala cartográfica adequada para a sua representação e quanto menor for a área de ocorrência de um fenômeno, maior deverá ser a escala cartográfica necessária para a sua representação. Como o mapa é uma representação reduzida da superfície terrestre, a figura auxilia a compreender a questão da escala cartográfica com a quantidade de informação representada no mapa bem como sua simbolização. Em outras palavras, quanto maior for a escala cartográfica, mais informações o mapa apresenta e a sua simbolização é muito pouco generalizada. Ao contrário, se a escala cartográfica for pequena, o mapa conterà menos informações e a sua simbolização será mais generalizada.

Portanto, na presente pesquisa, entende-se que em cada nível hierárquico dos manguezais há elementos, fatores e processos específicos que devem ser apresentados no mapeamento e esse deve ser elaborado em uma escala que represente as especificidades de cada nível.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICOS

A metodologia de trabalho para a presente pesquisa contempla as seguintes etapas: atividades de gabinete, atividades de campo e atividades cartográficas, como apresentado no fluxograma abaixo (Figura 6):

Figura 6: Fluxograma das etapas da pesquisa.
Elaboração e organização: Santos (2014, presente trabalho).

3.1. Área de Estudo: Sistema Costeiro Cananéia-Iguape

Para a presente pesquisa, optou-se por estudar o Sistema Costeiro Cananéia-Iguape, por ser uma das maiores áreas de manguezais conservados do estado de São Paulo (ROSS, 2002) e estar inserido no domínio costeiro VII, entre Cabo Frio – RJ e Torres - RS.

Dentro desse sistema costeiro, os trabalhos de campo e a coleta de dados foram realizados na Ilha do Cardoso, localizada no município de Cananéia, visto que essa ilha representa as feições de manguezais existentes ao longo do sistema. A Ilha do Cardoso pertence ao Parque Estadual da Ilha do Cardoso, unidade de conservação de proteção integral que tem como um dos seus objetivos a preservação dos ecossistemas existentes no seu território.

O Sistema Costeiro Cananéia-Iguape está localizado no litoral sul do estado de São Paulo, entre as latitudes 24° 40' S e 25° 20' S (CUNHA-LIGNON, 2005), compreendem os municípios de Cananéia, Ilha Comprida e Iguape (Figura 7).

Nesse sistema encontra-se a desembocadura de um importante rio, o Ribeira de Iguape, além de um emaranhado sistema de canais, lagos e rios que possuem ligação com o oceano Atlântico através das desembocaduras do Icapara, ao norte; de Cananéia, ao centro e de Ararapira, ao sul. Esse sistema possui influência das correntes de maré e também do fluxo de águas fluviais (SUGUIO; TESSLER, 1992).

Para Tessler (1982), os principais fatores condicionantes dos processos de mistura e renovação das águas, no Sistema Costeiro Cananéia-Iguape são as correntes de maré e as descargas fluviais.

Do ponto de vista geomorfológico, nesse sistema desenvolveram-se planícies formadas por depósitos marinhos ou flúvio-lagunares de origem quaternária, constituindo a Planície Cananéia-Iguape. A drenagem principal é realizada pelo Ribeira de Iguape, mas há outros rios importantes, tais como: Comprido, Pedras, Pequeno, Peroupava e Una da Aldeia (SUGUIO; MARTIN, 1978).

Figura 7: Municípios do Sistema Costeiro Cananéia-Iguape: Cananéia, Ilha Comprida e Iguape.
Elaboração e organização: Santos (2014, presente trabalho).

De acordo com Tessler (1988), as bacias de drenagem que ocorrem no Sistema Costeiro Cananéia-Iguape apresentam influência marinha nos cursos fluviais, até vinte quilômetros da foz. Os canais se interligam e as áreas de banhados atingem o sopé da Serra do Mar, exceção feita ao rio Ribeira de Iguape que possui influência continental até próximo da foz. Nesse sistema há presença de canais lagunares com tendência a assoreamento, formando ilhas nos mares de Cananéia, Cubatão, Pequeno e Iguape (SOUZA, 1995).

Desde a construção do Canal do Valo Grande, concluído em 1941, a dinâmica hidrológica do Sistema Costeiro Cananéia-Iguape vem sendo influenciada pelo grande volume de água doce transportado por esse canal (BONETTI-FILHO; MIRANDA, 1997). Logo após a sua construção o canal apresentava 4,40 metros de largura (BESNARD, 1950), depois de passar por processos erosivos nas suas margens essa largura aumentou para mais de 300 metros, transpondo por esse canal grande parte da vazão do rio Ribeira de Iguape.

O Canal do Valo Grande é um canal artificial, construído no município de Iguape, para interligar o rio Ribeira ao Mar Vermelho, no porto de Iguape, com objetivo de reduzir custos e facilitar o transporte das mercadorias que vinham em embarcações pelo rio até o porto. Quando foi construído, o canal possuía poucos metros de largura, mas tornou-se o caminho preferencial para as águas do rio Ribeira e com isso intensificou os processos erosivos em suas margens, ocasionando o aumento da largura do canal (SÃO PAULO, 2012).

Em 1975, o Departamento de Águas e Energia do Estado de São Paulo – DAEE elaborou um projeto de fechamento do Valo Grande, as águas foram desviadas para a calha original e o barramento foi concluído em 1978. Mas, em 1983, devido a fortes chuvas e enchentes, houve a ruptura desse barramento. Em 1990 iniciou-se a construção de uma barragem definitiva, concluída em 1992, sem as comportas que seriam instaladas posteriormente (SÃO PAULO, 2012). Essa alteração da dinâmica fluvio-marinha influenciou os ecossistemas costeiros locais e por isso, sempre que se estuda a região, é importante mencionar esse fato.

No Sistema Costeiro Cananéia-Iguape a salinidade varia conforme o período da maré e da descarga fluvial. Para Miranda, Castro e Bjorn (2012), canais construídos

artificialmente, como o Valo Grande, alteram as características naturais dos estuários, causando mudanças significativas nos padrões de salinidade e sedimentação. No caso do Valo Grande houve um aumento da quantidade de água fluvial do sistema estuarino e aumento dos processos erosivos.

De acordo com Besnard (1950), a gênese do Sistema Costeiro Cananéia-Iguape pode ser dividida em quatro cenários: 1) presença de reentrâncias margeadas pelo contraforte da Serra do Mar e algumas ilhas, sendo que a maior correspondente a Ilha do Cardoso; 2) as correntes de maré modelam as ilhas, por meio de processos erosivos e de sedimentação; 3) formação de bosques de mangue e consolidação dos sedimentos finos; 4) cenário atual resultante da dinâmica sedimentar (deposição de sedimentos carregados pelos rios e ação das marés).

O Sistema Costeiro Cananéia-Iguape apresenta planície costeira arenosa de idade quaternária, delimitada pelo complexo cristalino da Serra do Mar (SUGUIO; TESSLER, 1992). Próximo à costa há presença de ilhas, como a Ilha do Cardoso, Cananéia, Comprida, Iguape, Bom Abrigo, Cambriú, etc., se estendendo por mais de 100 km de litoral, essas ilhas encontram-se separadas por sistemas de canais e rios (BONETTI-FILHO, 1995; BONETTI-FILHO; MIRANDA, 1997; MUEHE, 2006).

A Ilha do Cardoso é formada principalmente por rochas pré-cambrianas, apresenta depósitos quaternários junto à linha de costa e ao Canal de Ararapira (PETRI; FÚLFARO, 1970). A Ilha de Cananéia apresenta predomínio de sedimentos arenosos quaternários, com destaque para a formação do Morro de São João com 120 metros de altitude. A Ilha Comprida também é formada principalmente por sedimentos arenosos quaternários, apresenta relevo baixo e plano, com destaque apenas para uma elevação denominada de Morrete. Já a quarta ilha – Iguape, é uma ilha artificial, que se originou pela abertura do Canal do Valo Grande em 1982, constituída principalmente por rochas pré-cambrianas e circundada por depósitos quaternários (TESSLER, 1988).

A Ilha Comprida possui cerca de 67 quilômetros de extensão e largura reduzida, de 2,5 a 3,5 quilômetros, formada por cordões arenosos de idade quaternária (AB'SÁBER, 1985).

Dessa forma, a formação geológica desse sistema é composta por depósito de sedimentos quaternários e pela presença de rochas cristalinas pré-cambrianas, conforme apresentado na figura 8. O embasamento geológico apresenta feições antigas, datadas do Pré-cambriano, e depósitos recentes, do período Quaternário (SUGUIO; TESSLER, 1992).

Figura 8: Distribuição espacial do embasamento Pré-cambriano e dos sedimentos Quaternários no litoral do estado de São Paulo.
Fonte: Souza (2005, p. 47).

Atualmente, os maciços rochosos existentes no litoral sul estão localizados na linha de costa, mas no passado, quando o nível do mar era mais alto e ocupava entre 14 e 15 km para o interior do continente, esses maciços formaram ilhas, como os maciços de Peruíbe (600-900 m), Juréia (550-850 m) e Iguape (350-480 m) (AB'SÁBER, 1985).

O Sistema Costeiro Cananéia-Iguape apresenta planícies costeiras com depósitos de sedimentos arenosos Quaternários, Formações Terciárias Pariqueira-Açu e as ilhas formadas principalmente por sedimentos Quaternários, assentadas sobre o Embasamento Cristalino de idade Pré-Cambriana, relacionadas ao Grupo Açungui. Esse Embasamento Cristalino aflora em alguns pontos como na Ilha do Cardoso e na Ilha do Bom Abrigo. Além desses, é possível encontrar afloramentos de rochas

alcalinas cenozóicas no Morro de São João, na Ilha de Cananéia e no morro do Morrete, na Ilha Comprida (KARNIOL-MARQUEZ, 2007).

Segundo Tessler (1988), o Sistema Costeiro Cananéia-Iguape é formado por uma planície sedimentar litorânea, limitada a sudoeste e a nordeste por afloramentos do Embasamento Cristalino de origem metamórfica.

Nas áreas próximas a linha de costa e ao Canal de Ararapira, na Ilha do Cardoso, há presença de depósitos sedimentares, assim como ao longo das margens do sistema. Nos locais atingidos pelas marés e onde ocorre o domínio dos sedimentos Quaternários é comum a presença do sistema manguezal (SUGUIO; TESSLER, 1992).

Para Suguio e Martin (1978) e Suguio e Tessler (1992), o trecho compreendido entre a Ilha do Cardoso e o Morro da Juréia, passou por cinco estágios no seu processo evolutivo, como segue:

- Primeiro estágio: ocorreu durante o máximo da Transgressão Cananéia, cerca de 120 mil anos A.P., quando o nível do mar atingiu oito metros acima do nível atual, alcançando o sopé da Serra do Mar. Houve deposição de argilas transicionais e marinhas da Formação Cananéia sobre a Formação Pariquera-Açu. A Formação Cananéia é constituída basicamente de areias, contendo argilas com espessura de 118 metros, depositadas sobre o embasamento Pré-Cambriano.
- Segundo estágio: houve uma regressão marinha, chamada de Regressão Pleistocênica, que favoreceu a deposição das cristas praias e de cordões litorâneos no topo dos depósitos arenosos da Formação Cananéia.
- Terceiro estágio: o nível mais baixo do mar foi alcançado, cerca de 110 metros abaixo do nível atual, há 18 mil anos A.P. Os rios que drenavam a planície costeira contribuíram com a erosão da Formação Cananéia.
- Quarto estágio: com a Transgressão Santos (Transgressão Holocênica, 5.100 anos A.P.) ocorre a cobertura de parte da planície, formando um extenso sistema de lagunas. Houve uma elevação do nível do mar propiciando o surgimento de um extenso sistema lagunar, cerca de 4 metros acima do nível atual, com deposição

de sedimentos arenosos e argilosos, ricos em matéria orgânica. Ocorre a erosão das partes mais altas da Formação Cananéia.

- Quinto estágio: ocorre um recuo do nível do mar, formando cordões litorâneos de regressão. O mar atingiu seu nível atual e houve formação de cristas de praias holocênicas, estabelecendo-se assim o atual sistema estuarino.

O esquema evolutivo para explicar a origem da formação do Sistema Costeiro Cananéia-Iguape, proposto por Suguio e Martin (1978), ajuda a entender esse sistema, apresentado na figura 9.

Figura 9: Estágios evolutivos da planície costeira de Cananéia ao Morro da Juréia.
Fonte: Suguio e Martin (1978, p. 23).

Em estudo realizado por Barcellos (2005), constatou-se que o Sistema Costeiro Cananéia-Iguape possui aporte continental em toda sua extensão, diminuindo apenas nos extremos norte e sul, onde há maior influência marinha. Nesse sistema foi identificado aumento da quantidade de sedimentos argilosos, provavelmente devido à tendência natural ao assoreamento da área.

De acordo com Suguio e Martin (1978) e Suguio et al. (1985), por volta de 5.100 anos A.P. o nível do mar, no trecho compreendido entre Cananéia e Iguape, estava entre 4 e 5 metros acima do nível atual, durante a Transgressão Santos. Em 3.800 A.P. houve uma diminuição desse nível do mar, inferior ao nível atual. Por volta de 3.500 A.P. houve um aumento do nível para 3 metros acima do atual e depois houve um rebaixamento progressivo, atingindo 0,5 metros acima do nível atual em 1.800 A.P.

Conti (2004) caracterizou a plataforma continental do estado de São Paulo como passiva, dominada por ondas, especificamente no litoral sul; identificou dois eixos de paleovales que se prolongam pela plataforma continental em direção a quebra de plataforma, um eixo adjacente à desembocadura atual do rio Ribeira de Iguape e outro junto à Ilha Comprida. Segundo o autor, em um primeiro momento o rio teria produzido o eixo mais ao sul (junto à Ilha Comprida) e após um ciclo glacial, escavou o segundo vale, mais ao norte, que corresponde à atual desembocadura do rio Ribeira de Iguape.

Segundo Herz (1988), o relevo existente no litoral sul, mais precisamente no Vale do Ribeira, influencia a dinâmica climática local, contribuindo com os elevados índices de pluviosidade.

O litoral sul paulista, entre Peruíbe e Cananéia, tem o clima controlado por massas de ar tropicais e polares, o que proporciona uma grande variação pluviométrica, sendo que os totais de chuvas variam de acordo com a topografia local. Esse setor é influenciado pelos sistemas extratropicais e frontais (MONTEIRO, 1973).

De acordo com Silva (1989), o Sistema Costeiro Cananéia-Iguape apresenta chuvas regulares o ano todo, com médias anuais superiores a 2.200 mm, sendo os verões mais chuvosos, com média mensal acima de 200 mm, entre os meses de dezembro a abril, e invernos com média acima de 80 mm, entre os meses de maio a novembro.

O Sistema Costeiro Cananéia-Iguape apresenta temperatura do ar elevada. Wainer, Colombo e Miguel (1996) analisaram uma série de dados climáticos de trinta e oito anos, no período compreendido entre 1956 e 1994¹⁴, e verificaram que a temperatura média anual foi de 21,4 °C, sendo o mês mais quente fevereiro, com média de 25,2 °C e o mês mais frio julho, com média de 17,7 °C, a amplitude térmica anual foi de 7,5 °C.

Silva (1989) analisou os dados da mesma base, mas com um recorte temporal de trinta anos, entre 1956 e 1985, e obteve valores aproximados para a temperatura do ar, sendo a média anual da temperatura do ar de 21,3 °C, com a média máxima mensal em fevereiro, 27,8 °C e a média mínima mensal em julho, 19,8 °C, com amplitude de 8 °C

Verifica-se que os dados apresentados pelos autores Silva (1989), Wainer, Colombo e Miguel (1996), mostraram valores aproximados, mesmo com análises feitas em períodos diferentes.

Além da análise da temperatura do ar, Wainer Colombo e Miguel (1996) analisaram a temperatura da superfície do mar e identificaram média mensal mais elevada para o mês de fevereiro, com 27,9 °C e a menor média mensal para o mês de julho, com 19,8 °C, coincidindo com os meses identificados para a temperatura do ar.

No período analisado por Wainer, Colombo e Miguel (1996), os valores médios de umidade relativa variaram entre 87 e 89%, a evaporação média anual foi de 133,6 mm, sendo que o mês de dezembro apresentou o maior valor médio 165,6 mm e o mês de maio o menor valor com 99,7 mm. A insolação média anual foi de 38,4% e a radiação solar média foi de 206.275,3 W/m². A velocidade média dos ventos de 3 - 3,5 m.s⁻¹ com direção predominante de sudoeste.

De acordo com Mesquita (1995), o regime de marés na costa paulista é do tipo micromarés¹⁵, com predominância semidiurna, com altura variando entre 1,2 metros (maré de sizígia) a 0,25 metros (maré de quadratura). Os registros de marégrafo, da

¹⁴ Dados coletados na Base Dr. João de Paiva Carvalho, localizada no Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, no município de Cananéia – SP. Coordenadas geográfica: 25° 00' 09" S; 47° 55' 06" W (WAINER; COLOMBO; MIGUEL, 1996).

¹⁵ Micromaré: maré que apresenta amplitude inferior a dois metros (IBGE, 2004).

Base do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, localizado em Cananéia, classificam a maré local como do tipo mista, predominantemente semidiurna, com altura média de 0,81 metros (MESQUITA; HARARI, 1983), sendo que a amplitude média nas marés altas de sizígia alcançam 1,25 metros (SCHAEFFER-NOVELLI; MESQUITA; CINTRÓN-MOLERO, 1990).

De acordo com Ross e Moroz (1997), as áreas de planícies situadas no Sistema Costeiro Cananéia-Iguape são denominadas como planície litorânea Iguape/Cananéia, constituídas por planícies marinha/fluvial/intertidal, apresentam variação altimétrica entre 0 e 20 metros e declividade inferior a 2%. Na litologia dominam sedimentos marinhos e fluviais inconsolidados (areia, argila e cascalho). Os solos são predominantemente Podzol Hidromórfico e Hidromórficos.

Os manguezais do litoral sul do estado de São Paulo são os mais preservados do Estado, pois se encontram em uma área com menor concentração de cidades e indústrias, comparada ao litoral norte e central (CETESB, 1998).

Para Herz (1998), o litoral do estado de São Paulo apresentava uma área de cobertura de manguezais de 240,57 km², somando todas as classes de padrões estabelecidas por esse autor, na classe de manguezais preservado o valor equivale a 203,26 km². Sendo que, as maiores concentrações de manguezais encontram-se nas planícies costeiras da Baixada Santista e no Sistema Costeiro Cananéia-Iguape.

3.2. Procedimentos Trabalhos de Campo

Após interpretação de fotografias aéreas da área de estudo – Sistema Costeiro Cananéia-Iguape e campos exploratórios, optou-se por realizar a coleta de dados em uma área localizada no Parque Estadual da Ilha do Cardoso – PEIC, município de Cananéia/SP, conforme figura 10.

Figura 10: Ilha do Cardoso, município de Cananéia/SP.
Elaboração e organização: Santos (2014, presente trabalho).

A escolha dessa área de estudo ocorreu por dois motivos: primeiro por abrigar manguezais conservados e sem interferências antrópicas diretas, visto que é uma área inserida dentro do perímetro de um parque estadual (ROSS, 2002; CUNHA-LIGNON et al., 2009). Segundo, por haver nessa área a instalação de uma Estação

Meteorológica Automática - EMA, do Projeto *Monitoramento dos manguezais: guardiões da zona costeira*¹⁶.

A coleta dos demais dados abióticos (microtopografia e salinidade) e bióticos (estrutura da vegetação) ocorreram nos meses de abril, maio e junho de 2013.

Os procedimentos adotados durante os trabalhos de campo foram baseados nas metodologias de estudo para áreas de manguezais apresentados por Cintrón e Schaeffer-Novelli (1984), Schaeffer-Novelli e Cintrón (1986) e Wilkinson e Baker (1997).

A seguir, é feita uma descrição dos procedimentos de coletas realizados tanto para os dados abióticos (microclima, microtopografia e salinidade), quanto para os dados bióticos (estrutura da vegetação).

3.2.1. Microclima

Os dados microclimáticos foram fornecidos pelo Projeto *Monitoramento dos manguezais: guardiões da zona costeira*. Esses dados foram obtidos da estação microclimática instalada no bosque de mangue (abaixo do dossel), próxima ao rio Sítio Grande, localizado na Ilha do Cardoso, município de Cananéia - SP. Localização geográfica 25° 04' 45" S e 47° 56' 55" W (Figura 11).

A estação microclimática está instalada em uma torre com dois metros de altura em relação à superfície, portanto, abaixo do dossel (Figura 12).

¹⁶ Projeto financiado pela Fundação O Boticário e CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Integrado pelos pesquisadores: Dr. Emerson Galvani, Dra. Marília Cunha-Lignon e Ms. Nádia Gilma Beserra de Lima.

Figura 11: Localização da estação microclimática, instalada no bosque de mangue na Ilha do Cardoso - Cananéia/SP.
Elaboração e organização: Santos (2014, presente trabalho).

Figura 12: Estação microclimática instalada no bosque de mangue na Ilha do Cardoso - Cananéia/SP.
Fotografia: Nádia G. B. Lima, 2013.

Nessa estação (Figura 12) há sensores que coletam dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento, precipitação e radiação solar global. O levantamento de dados ocorreu durante os anos de 2012 e 2013 e os dados que foram utilizados nessa pesquisa são: temperatura do ar e radiação solar global.

Não foi possível utilizar os dados de pluviosidade na presente pesquisa, pois nos dois anos ocorreram problemas com o registro do banco de dados, o pluviômetro “entupiu” entre os meses de agosto e novembro de 2012 e entre setembro e dezembro de 2013.

A temperatura do ar influencia o crescimento da vegetação, algumas espécies têm o crescimento interrompido quando a temperatura ideal é alcançada. Esse atributo interfere diretamente nos fluxos de energia, nas reações bioquímicas e na evapotranspiração.

Para a obtenção dos dados de temperatura do ar foi instalado um sensor na estação microclimática, modelo HMP35C fabricado pela *Campbell Scientific*, programado para registrar a temperatura do ar a cada dez minutos. Esse sensor está instalado dentro de um abrigo meteorológico, figura 13.

Figura 13: Abrigo meteorológico, contendo sensor de registro de temperatura do ar e umidade relativa do ar, instalado no bosque de mangue na Ilha do Cardoso – Cananéia/SP.
Fotografia: Nádía G. B. Lima, 2013.

De acordo com Chapman (1976), a precipitação e a temperatura são dois atributos que influenciam diretamente a ocorrência ou não de manguezais.

A radiação solar possui interferência direta no desenvolvimento da vegetação. Para os manguezais, a radiação solar também interfere no aquecimento do ar e da água, fatores limitantes para sua ocorrência (CHAPMAN, 1976).

A radiação solar global é composta pela radiação solar de onda curta, que chega à superfície de forma direta ou difusa. Esta última resulta no espalhamento causado por materiais presentes na atmosfera como moléculas de água, material particulado, etc. (OMETO, 1981).

O sensor utilizado na estação microclimática para obter medida de radiação solar global abaixo do dossel foi um piranômetro, fabricado pela empresa *Kipp & Zonen* (Figura 14).

Figura 14: Piranômetro para registro da radiação solar global, instalado no bosque de mangue na Ilha do Cardoso – Cananéia/SP.
Fotografia: Nádia G. B. Lima, 2013.

3.2.2. Microtopografia

Para a coleta dos demais dados abióticos (microtopografia e salinidade) foram demarcados três transectos próximos ao rio Sítio Grande – Ilha do Cardoso/SP, onde se identificou, na fotointerpretação, a existência de diferentes bosques de manguezais (Figura 15).

Figura 15: Localização dos transectos nos bosques de mangue na Ilha do Cardoso – Cananéia/SP. Elaboração e organização: Santos (2014, presente trabalho).

O Transecto 1 foi realizado no dia 28 de abril de 2013, entre a Baía de Trapandé e o rio Sítio Grande, totalizando 68 metros de extensão. O Transecto 2 foi realizado no dia 31 de maio de 2013, entre o rio Sítio Grande e um curso d'água, totalizando 148 metros. O Transecto 3 foi realizado no dia 01 de junho de 2013, entre a Baía de Trapandé e a Mata Atlântica, totalizando 232 metros de extensão.

Para determinação do perfil topográfico foi utilizado o método do princípio físico dos vasos comunicantes. Nessa técnica os equipamentos utilizados são duas réguas de alumínio, graduada de 0 a 200 centímetros e uma mangueira de borracha transparente e flexível com diâmetro de 5 mm e 25 metros de comprimento (PELLEGRINI, 2000; CUNHA-LIGNON, 2001).

O primeiro ponto onde se fixou a primeira régua foi chamado de ponto de referência. No transecto 1, o ponto de referência foi fixado a quatorze metros à frente do bosque de mangue, conforme sugerido por Coelho Júnior (1998), em pesquisa realizada também nos manguezais de Cananéia. Nos transectos 2 e 3 o ponto de referência foi fixado no início do bosque de mangue, pois devido a topografia local não foi possível adentrar quatorze metros à frente do bosque (Figura 16).

Figura 16: Coleta de dados microtopográficos, nos manguezais da Ilha do Cardoso, transecto 1 – Cananéia/SP.

Fotografia: Ana Lucia Gomes dos Santos, 2013.

Essa primeira medida foi chamada de ponto 0 (zero) do transecto, sendo considerada o ponto de referência. Fixou-se a mangueira no ponto onde demarcava 100 cm da régua e a próxima régua foi fixada a dois metros adentrando ao bosque, no sentido da entrada da maré. Pela leitura do nível da mangueira na segunda régua determinou-se a topografia local. A variação dos valores na régua representa, em

ordem inversa, as elevações e/ou as depressões do terreno. Foram evitadas medidas próximas às raízes das árvores e tocas de caranguejos.

De acordo com Thom (1967), um dos principais fatores ecológicos nos manguezais é a sua distribuição microtopográfica. Para Tomlinson (1994), nos manguezais é a topografia que estabelece o escoamento hídrico, tanto do vai e vem das marés, quando do escoamento fluvial e pluvial.

3.2.3. Salinidade

A salinidade corresponde ao total de material sólido dissolvido na água, ou seja, ao total de sais dissolvidos. No oceano, essa quantidade varia entre 33 e 38, sendo em média 35 gramas para cada 1 kilo de água (SOARES-GOMES; FIGUEIREDO, 2009). Os processos de evaporação da água e a formação do gelo podem aumentar a salinidade, já os processos de precipitação, descarga fluvial e o derretimento das geleiras podem diminuir.

Ao longo dos transectos de estudo microtopográficos foram coletados dados da salinidade intersticial. As medidas foram obtidas no substrato, a 10 (dez) e a 50 (cinquenta) centímetros de profundidade.

O substrato do manguezal foi retirado com o auxílio de um trado semicilíndrico, e com o uso de uma fita métrica e uma espátula retirou-se a amostra para análise da salinidade (Figura 17). Essas foram acondicionadas em lenço de papel e com auxílio de um *Garlic Presser* (espremedor de alho de aço inox), extraíram-se algumas gotas de água que foram colocadas sobre a superfície de um refratômetro óptico manual onde se obteve a leitura direta da salinidade. Após a coleta da salinidade o refratômetro e o *garlic presser* foram limpos com água destilada e secos com lenço de papel, para reduzir a contaminação das amostras seguintes.

Figura 17: Coleta de dados de salinidade, nos manguezais da Ilha do Cardoso – Cananéia/SP.
Fotografia: Luciano Ramos Gonçalves, 2013.

A salinidade da água foi medida em partes por mil, ou seja, a quantidade de sais existente em gramas, por mil gramas de água, g kg^{-1} , simbolicamente eram adotadas as unidades ppt ou ‰. Em 1978 houve uma revisão dessa definição e a salinidade passou a ser medida usando valores de condutividade, temperatura e pressão, formando a *Practical Salinity Scale* (escala de salinidade prática), que define a salinidade por meio de uma razão entre medidas de condutividade. Por algum tempo adotou-se a unidade *PSU - Practical Salinity Units* (unidades práticas de salinidade), entretanto, a salinidade é uma razão¹⁷ e assim não se utiliza mais nenhuma unidade (‰, ppt ou psu) para expressá-la (TOMCZAK, 2000).

Na presente pesquisa utilizou-se o refratômetro óptico, fabricado pela *American Optical* modelo A366ATC, para coleta dos dados de salinidade (Figura 18).

¹⁷ Razão para salinidade: *Practical Salinity Scale*, símbolo *S*, é definida em termos da razão *K*, que é a medida de condutividade elétrica de uma amostra a 15 °C e pressão igual a uma atmosfera dividida pela condutividade elétrica de uma solução de cloreto de potássio (KCl) contendo a proporção em peso de 0,0324356, na mesma temperatura e pressão. O valor de *K* igual a 1,000 corresponde por definição, a uma salinidade prática de 35. Fórmula: $S = 0.0080 - 0.1692 K^{1/2} + 25.3853 K + 14.0941 K^{3/2} - 7.0261 K^2 + 2.7081 K^{5/2}$ (TOMCZAK, 2000).

Figura 18: Refratômetro óptico utilizado na coleta de dados de salinidade, nos manguezais da Ilha do Cardoso – Cananéia/SP.
Fotografia: Luciano Ramos Gonçalves, 2013.

3.2.4. Diagrama de perfil

De acordo com Furlan (2011), o perfil é uma projeção do que se vê em um plano. O diagrama de perfil é utilizado para o estudo da estratificação da vegetação, pois ilustra a relação entre topografia e distribuição horizontal das espécies. Na presente pesquisa confeccionou-se diagrama de perfil de cada transecto estudado, apresentado no capítulo 6.5.

3.2.5. Dados estruturais da vegetação

Para a coleta de dados bióticos (estrutura da vegetação) foi delimitado parcelas de estudo ao longo dos transectos nos diferentes bosques existentes, conforme apresentada na figura 19.

Figura 19: Localização das parcelas de estudo da vegetação, Ilha do Cardoso – Cananéia/SP.
Elaboração e organização: Santos (2014, presente trabalho).

A parcela 1 foi delimitada no transecto 1, bosque tipo franja, medindo 10 X 10 m (0,01 ha). A parcela 2 foi delimitada no transecto 2, bosque subtipo arbustivo, medindo 10 X 10 m (0,01 ha). A parcela 3 foi delimitada no transecto 3, bosque tipo bacia, medindo 5 X 5 m (0,0025 ha). A parcela 4 foi delimitada no transecto 3, bosque tipo franja, medindo 10 X 10 m (0,01 ha). O tamanho da parcela variou conforme o desenvolvimento estrutural e a densidade do bosque, de modo que cada

parcela compreendesse no mínimo trinta indivíduos (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986).

Ao delimitar uma parcela de estudo deve-se atentar para alguns requisitos, pois essa parcela deve representar o bosque que está sendo investigado, assim, um dos parâmetros empregados para delimitação de parcelas em estudos de manguezais é que essas tenham entre trinta e cinquenta indivíduos. A posição e orientação da parcela também são importantes, ela deve estar orientada perpendicularmente aos gradientes ambientais. No caso de bosques do tipo franja essa parcela deve ser orientada paralela à costa, caso haja diferentes estruturas ao longo do bosque novas parcelas devem ser realizadas, assim haverá uma representatividade do sistema pesquisado (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1983).

No presente estudo, as parcelas foram orientadas perpendicularmente a entrada dos gradientes de maré no bosque, pois entende-se que essa também é a orientação do gradiente estrutural do bosque de mangue (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986).

Após a delimitação da parcela cada espécie foi identificada, coletou-se a altura de cada árvore e o Diâmetro à Altura do Peito – DAP, assim como o número de troncos vivos e mortos.

a) Altura

De acordo com Schaeffer-Novelli e Cintrón (1986), a altura é uma das variáveis fundamentais na descrição estrutural de um bosque de mangue. Alguns instrumentos podem ser utilizados em campo para medir a altura das árvores como o telêmetro óptico, a vara telescópica e o clinômetro.

No presente trabalho utilizaram-se dois instrumentos para medir a altura das árvores: uma vara telescópica com 7 metros e um telêmetro óptico (*Opti-meter Ranging®* modelo 120), com variação entre 2 e 30 metros. Como o telêmetro tem um limite inferior de 2 metros utilizou-se a vara telescópica para determinar a altura de árvores até dois metros. A precisão desse modelo de telêmetro é de ± 5 cm a

cada 5 metros, ± 50 cm a cada 20 metros e de ± 1 m a cada 30 metros (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986).

A coleta da informação da altura foi feita por um único membro da equipe (Figura 20), dessa forma, depois das medidas coletadas com o telêmetro, foi somada a altura dada pelo telêmetro à altura do pesquisador (do pé até os olhos).

Figura 20: Coleta de dados: altura das árvores utilizando telêmetro óptico, manguezais da Ilha do Cardoso – Cananéia/SP.

Fotografia: Luciano Ramos Gonçalves, 2013.

b) DAP – Diâmetro à Altura do Peito

As informações de DAP foram coletadas com uma trena calibrada para leitura direta de diâmetro (*Ritcher*), graduada em unidades de π (3,14159), o que possibilitou a tomada direta do diâmetro de cada tronco. O diâmetro deve ser medido a altura do peito do observador, mais especificamente a 1,3 m do solo, conforme figura 21.

Figura 21: Coleta de dados: DAP (Diâmetro à Altura do Peito), nos manguezais da Ilha do Cardoso – Cananéia/SP.

Fotografia: Luciano Ramos Gonçalves, 2013.

O diâmetro é uma medida utilizada para obter informações quantitativas sobre a estrutura do bosque, com ela é possível calcular a área basal e o volume de biomassa¹⁸ da área estudada (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986).

Na presente pesquisa foram coletadas medidas de DAP, obtidas a 1,3 m de altura de cada indivíduo arbóreo com altura mínima de dois metros. Conforme proposta de Schaeffer-Novelli e Cintrón (1986), para as árvores que possuíam troncos com deformações a 1,3 m a coleta da informação de DAP foi obtida abaixo e/ou acima dessa deformação; para as árvores que possuíam bifurcação abaixo de 1,3 m foram considerados troncos diferentes para um mesmo indivíduo e foi coletada a medida de diâmetro de cada tronco; para as árvores que possuíam bifurcação acima de 1,3 m foi considerado um tronco só na coleta da informação.

Para os indivíduos que possuíam entre 1 e 2 metros de altura adaptou-se a metodologia apresentada por Schaeffer-Novelli e Cintrón (1986), conforme

¹⁸ Biomassa: somatória da massa orgânica viva existente em um determinado espaço, num dado instante (RIBEIRO, 2001).

empregado por Cunha-Lignon (2005), assim, mediu-se o DAP na base da última ramificação de cada exemplar arbóreo.

Os dados de estrutura de vegetação foram organizados em planilhas do software *Excel* da *Microsoft Office*. As classes de DAP foram separadas em: inferior < 2,5 cm; intermediária entre ≥ 2,5 e < 10 cm; e superior ≥ 10 cm. Depois, foram calculados: a área basal – AB, o DAP médio, a densidade absoluta e relativa do bosque, além da dominância em área basal.

O diâmetro médio de um bosque (DAP médio) é definido como o diâmetro da árvore de área basal média. É uma medida descritiva que permite comparação com outros bosques. Obtêm-se o diâmetro médio com a equação 1 (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986):

$$(1) \text{ DAP médio} = \sqrt{\frac{(AB) * (12732.39)}{n}}$$

Onde: DAP = Diâmetro à Altura do Peito em cm

√ = Raiz quadrada

AB = Área Basal em m²

n = número de indivíduos por hectare

c) Área basal

A área basal é aquela ocupada por um tronco, de um dado diâmetro, dentro de um bosque. Sendo que a área basal do bosque é definida como a soma das áreas de todos os indivíduos por uma unidade de área, usualmente se apresenta em metros quadrados por hectare - m²/ha (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986).

Para o cálculo da área basal utiliza-se a equação 2 (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986):

$$(2) AB = 0,00007854 (DAP)^2$$

Onde: AB = Área Basal em m²/ha

DAP = Diâmetro à Altura do Peito em cm

A área basal possibilita avaliar o grau de desenvolvimento estrutural de um bosque. Para ter um parâmetro de referência e de comparação com outros bosques, a área total por parcela foi convertida em hectare.

Deve-se considerar que a biomassa de uma árvore é função de sua área basal e da sua altura. Além disso, a produtividade de biomassa aumenta em função do grau de maturidade, idade e estratégias de alocação e exportação de matéria orgânica. Em manguezais o valor de biomassa sobre o substrato fica entre 100 e 290 toneladas por hectare (CINTRÓN, SCHAEFFER-NOVELLI, 1985).

d) Densidade

A densidade representa o número de árvores por unidade de área, ou seja, a quantidade de árvores existente por hectare. Sendo que a densidade absoluta apresenta o número total de indivíduos existentes em determinada área e a densidade relativa apresenta a relação entre o número de determinada espécie na amostra total. Assim, para a densidade relativa utilizou-se a equação 3 (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986):

$$(3) \text{ Densidade relativa} = \frac{\text{número de indivíduos de uma espécie} \times 100}{\text{número total de indivíduos}}$$

A densidade é um parâmetro ecológico que expressa a ocupação de uma determinada unidade de área por indivíduos, normalmente apresentado em termos de ind/ha, indivíduos por hectare (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986).

O parâmetro densidade expressa idade e maturidade de um bosque. No início do desenvolvimento de um bosque de mangue encontra-se uma grande densidade de árvores, com diâmetros pouco expressivos. À medida que esse bosque se torna maduro há uma tendência de redução da densidade e incremento do diâmetro dessas árvores (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1983).

e) Dominância

A dominância em área basal é um parâmetro utilizado para descrever o bosque. Onde a área basal de cada espécie é indicada em percentual, tanto dos indivíduos vivos quanto dos mortos, em todas as classes de DAP (inferior < 2,5 cm; intermediária, entre ≥ 2,5 e < 10 cm e superior ≥ 10 cm). Apresenta a importância, em percentual, de cada uma das espécies no bosque.

Utilizou-se a equação 4 para determinar a dominância relativa em área basal (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986).

$$(4) \text{ Dominância relativa} = \frac{\text{dominância de uma espécie}}{\text{dominância total (área basal)}} \times 100$$

As tabelas e gráficos construídos com as informações sobre a estrutura da vegetação têm a finalidade de identificar possíveis diferenças ou semelhanças entre os bosques, ao longo das transversais estudadas. Esses dados foram relacionados com os dados abióticos (microclima, microtopografia e salinidade) e estão apresentados nos capítulos 6.4 e 6.5.

3.3. Procedimentos Cartográficos

Para o trabalho cartográfico foram utilizados os procedimentos técnicos propostos por Libault (1971), no seu trabalho sobre os quatro níveis da pesquisa geográfica, pois trata-se de um roteiro de pesquisa com base essencialmente cartográfica, composto por quatro níveis de investigação: compilatório, correlatório, semântico e normativo.

O nível compilatório contém a primeira etapa do trabalho, onde o pesquisador obtém os dados que serão trabalhados ao longo da pesquisa, em referências bibliográficas, cartográficas, sensores remotos e levantamentos de campo. Logo após a obtenção desses dados, eles são selecionados, fundamentado em uma base conceitual e teórica, o pesquisador compila os dados que possuem verdadeiro significado para a sua pesquisa (LIBAULT, 1971).

Na segunda etapa do trabalho, nível correlatório, o pesquisador correlaciona os dados que obteve na primeira fase e os analisa. São desenvolvidas atividades de inter-relação técnico-científica das informações obtidas na primeira fase. De acordo com Ross (2001), o correlacionamento dos dados é uma etapa muito importante, onde a natureza dos dados é examinada, para que não ocorra a correlação entre dados heterogêneos, o que pode ocasionar interpretações equivocadas. Nessa etapa são gerados documentos de síntese, tais como gráficos, tabelas e mapas, que permitem extrair algumas conclusões prévias (ROSS, 2006).

A terceira etapa do trabalho, nível semântico, trata da interpretação dos dados coletados. É a etapa onde se realiza generalizações e parâmetros que possibilitem a aplicação do conhecimento gerado (ROSS, 2001).

A última etapa da pesquisa geográfica é a normativa, onde o pesquisador transforma o produto da sua pesquisa em modelo a ser aplicado, com estabelecimento de diretrizes e normas gerais. Nessa etapa o pesquisador estabelece regras e preceitos a serem aplicados a partir do modelo proposto e apresenta uma síntese do trabalho que pode ser utilizado como modelo padrão (ROSS, 2001).

A presente pesquisa utilizou-se da técnica de interpretação visual das fotografias aéreas para elaboração dos mapas. Nessa técnica, as fotografias são analisadas com o intuito de identificar objetos, assim o pesquisador delimita áreas que apresentam uniformidades, definindo unidades espaciais. Essa técnica prevê três etapas principais: leitura, análise e interpretação das imagens. Os elementos para a interpretação visual são: localização, tonalidade, cor, textura, tamanho, forma, sombra e padrão, detalhados no capítulo 2.2.1.

4. SISTEMA MANGUEZAL

Os manguezais são ambientes nos quais se podem encontrar influência de três sistemas distintos que se inter-relacionam: o atmosférico, o terrestre e o marinho. Segundo Schaeffer-Novelli (1995, p. 7).

Ecossistema costeiro, de transição entre os ambientes terrestres e marinho, característico de regiões tropicais e subtropicais, sujeito ao regime das marés. É constituído de 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 costeiras abrigadas e apresenta condições propícias para alimentação, proteção e reprodução de muitas espécies animais, sendo considerado importante transformador de nutrientes em matéria orgânica e gerador de bens e serviços.

Os bosques de mangue são de extrema importância para o desenvolvimento dos demais ecossistemas costeiros, eles fornecem proteção e alimentação para o crescimento de inúmeras espécies, sendo considerado um berçário para a reprodução da vida marinha. Além disso, contribuem para a produtividade primária¹⁹ e secundária²⁰ das águas costeiras e possuem inúmeras ligações tróficas complexas.

A palavra mangue é utilizada para designar a flora típica desse ambiente, ou seja, a cobertura vegetal: árvores e arbustos, plantas lenhosas pertencentes a várias famílias que ocorrem nas regiões intermarés tropicais e subtropicais (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1992). O termo manguezal é utilizado quando se trata do

¹⁹ Produtividade primária: taxa na qual a energia radiante é convertida, pela atividade fotossintética e quimiossintética de organismos produtores, grande parte formada pelas plantas verdes, em substâncias orgânicas (ODUM, 1988).

²⁰ Produtividade secundária: taxa de armazenamento energético em níveis de consumidores (ODUM, 1988).

sistema como um todo, incluindo a flora, a fauna e todos os fatores abióticos presentes no ambiente.

Na língua inglesa a palavra *mangrove* é utilizada tanto para espécies quanto para a comunidade de árvores como um todo, ou seja, utiliza-se a mesma palavra quando se refere a uma espécie típica de mangue e também para se referir ao manguezal como um todo (TOMLINSON, 1994). Na língua espanhola é utilizado o termo *manglar* quando se refere ao bosque e a espécie, conforme verifica-se a seguir:

La palabra manglar se emplea para designar um grupo de especies de árboles o arbustos que poseen adaptaciones que les permiten colonizar terrenos anegados y sujetos a intrusiones de agua salada. El término incluye varias especies que poseen adaptaciones similares pero pertenecen a familias diferentes. Aunque sus limitaciones geográficas están generalmente ceñidas dentro de la faja entre los trópicos, ocurren importantes incursiones hacia las regiones subtropicales (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1983, p. 1).

The word “mangrove” has been used to refer either to the constituent plants of tropical intertidal forest communities or to the community itself. Usually there is no contextual confusion; otherwise, some qualification, such as “mangrove plants” or “mangrove community”, is needed. (TOMLINSON, 1994, p. 3).

4.1. Biogeografia dos Manguezais

Os manguezais colonizam a interface continental e marinha, posicionando-se preferencialmente em ambientes abrigados, onde ocorre o encontro entre a água

doce dos rios e a água salgada do mar, tais ambientes podem ser enseadas²¹, baías²², lagunas, foz de rios e demais reentrâncias costeiras.

Alcançam o seu maior desenvolvimento estrutural próximo à zona equatorial, onde há maior variação de maré, com mais de dois metros de amplitude, e elevada precipitação anual, superior a 2.000 mm (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000). Pode-se considerar que o ótimo desenvolvimento de manguezais ocorra na zona entre os trópicos de Câncer e Capricórnio, entretanto, algumas espécies resistentes de mangue se estendem por regiões costeiras subtropicais, como o gênero *Avicennia* (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1992).

Segundo o *World Atlas Mangroves* (SPALDING; KAINUMA; COLLINS, 2010), manguezais podem ser encontrados em 123 países e territórios, cobrindo uma área total de 152.000 km². Para Kuenzer et al. (2011), os manguezais estão presentes em 124 países, cobrindo cerca de 75% das linhas costeiras tropicais e subtropicais.

Para FAO (2007), a primeira tentativa de estimar a área de cobertura de manguezais mundial foi apresentada no trabalho “Avaliação dos Recursos Florestais Tropicais”, realizado pelas Nações Unidas em 1980, nessa pesquisa o total mundial de manguezais foi estimado em 15,6 milhões de hectares. Entretanto, os países com pequenas áreas de mangues não foram incluídos nesse estudo, devido à falta de informação sobre a extensão dos bosques existentes no seu território.

Em 2007 a área de cobertura de manguezais estimada foi de 15,2 milhões de hectares, sendo que a Ásia e a África continham as maiores extensões, seguidas pela América. Esse trabalho apontou que 48% da área total de manguezais concentravam-se em cinco países: Indonésia, Austrália, Brasil, Nigéria e México (FAO, 2007).

Para Lacerda (2001), os manguezais estão distribuídos de forma desigual ao longo da costa do continente americano, na costa atlântica há um cinturão quase contínuo

²¹ Enseada: parte côncava de um litoral, que se apresenta com a forma de uma meia-lua, delineando uma baía muito aberta (IBGE, 2004).

²² Baía: fração do oceano, mar ou lago que adentra pelo continente, caracterizando-se por apresentar uma linha de costa com a concavidade voltada para o exterior (IBGE, 2004).

de manguezais, que vai do sul dos Estados Unidos até o sul do Brasil, e na costa pacífica há uma distribuição restrita desses bosques.

De acordo com Giri et al. (2011), o Brasil ocupa a terceira colocação no ranking mundial de cobertura de manguezais, possuindo cerca de 962,683 ha (9.626,83 km²) o que equivale a 7% da área mundial, que seria superior a 137.500 km². O segundo colocado é a Austrália, com 977,975 ha (9.779,75 km²) ou 7,1% do total mundial e em primeiro lugar se mantém a Indonésia com 3.112,989 ha (31.129,89 km²), o que equivale a 22,6% da cobertura mundial.

Ainda de acordo com Giri et al. (2011), a maior extensão de manguezais é encontrado na Ásia cobrindo 42%, depois a África com 20%, América Central e do Norte com 15%, Oceania com 12% e América do Sul com 11%.

Os doze países com as maiores áreas de manguezais, que juntos representam mais de 68% de cobertura de manguezal do mundo estão descritos na tabela 1.

Tabela 1: Países com as maiores áreas de manguezais do mundo.

País	Área de manguezais km ²	Proporção do total global %
Indonésia	31.894	20,9
Brasil	13.000	8,5
Austrália	9.910	6,5
México	7.701	5,0
Nigéria	7.356	4,8
Malásia	7.097	4,7
Myanmar	5.029	3,3
Bangladesh	4.951	3,2
Cuba	4.944	3,2
Índia	4.326	2,8
Papua Nova Guiné	4.265	2,8
Colômbia	4.079	2,7

Fonte: Spalding, Kainuma e Collins (2010, p. 8).

Para Spalding, Kainuma e Collins (2010), o Brasil seria o segundo colocado em extensão de áreas de manguezais, possuindo cerca de 13.000 km², o primeiro lugar seria da Indonésia com 31.894 km² e o terceiro da Austrália com 9.910 km². Dados do Ministério do Meio Ambiente revelam que no mapeamento realizado em 2009 a área ocupada por manguezais brasileiros representavam 12.254,44 km² (BRASIL, 2010).

Estudos realizados anteriormente previam uma área maior de cobertura de manguezais no Brasil. No levantamento feito por Saenger, Hergel e Davie (1983), estimou-se que a área coberta por esse sistema correspondesse a 25.000 km². Para Herz (1998), essa cobertura equivaleria a uma área de 10.123,76 km².

De acordo com Kjerfve e Lacerda (1993), 85% dos manguezais brasileiros ocorrem ao longo da costa dos estados do Amapá, Pará e Maranhão, sendo que o último abriga os mais extensos bosques de mangue. Entre os estados do Rio Grande do Norte até o Rio de Janeiro encontram-se 10% dos manguezais e o restante, 5% localizam-se entre os estados do Rio de Janeiro até Santa Catarina.

De acordo com Maia et al. (2005), os manguezais cobrem 6.800 km da linha da costa brasileira, desde o extremo norte (4° 30' N) até a Praia do Sonho em Santa Catarina (28° 53' S). Em área essa cobertura equivale a 13.800 km², ou 50% da área total de mangues das Américas (KJERFVE; LACERDA, 1993).

Os manguezais estão distribuídos nas regiões tropicais e subtropicais, sendo que o maior desenvolvimento ocorre entre os trópicos de Câncer 23° 30' N e Capricórnio 23° 30' S (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1983). Mas, dependendo das condições podem ser encontrados acima das latitudes 30° N e S. Para Rezende et al. (2009), esse limite é 35° N e 38° S. Sua distribuição é limitada pelas correntes marinhas e pela isoterma de 20 °C (ALONGI, 2009), conforme apresentado na figura 22.

Figura 22: Distribuição global dos manguezais ao longo das seis regiões biogeográficas e a localização da isoterma de 20 °C.

Fonte: Maia et al. (2005, p. 5. Adaptado de SPALDING; BLASCO; FIELD, 1997).

Mesmo havendo essa característica tropical de distribuição, encontram-se algumas exceções. De acordo com Spalding, Blasco e Field (1997), é possível encontrar bosques de mangues até 31° 22' N no Japão e 32° 20' N nas Ilhas Bermudas, os extremos de ocorrências de manguezais ao sul ocorrem na costa oriental da África do Sul 32° 59' S, Nova Zelândia 38° 03' S e Austrália 38° 45' S.

De acordo com Duke, Ball e Ellison (1998), a vegetação de mangue inclui uma grande variedade de formas, tais como: gramíneas, arbustos, palmeiras, samambaias e árvores, que crescem na zona intertidal. Essas plantas pertencem a cerca de vinte famílias, sendo uma dessas famílias da Divisão Pteridophyta (samambaia) e as demais plantas da Divisão Angiospermae.

Para Kuenzer et al. (2011), existe aproximadamente cento e dez espécies de mangue, cerca de vinte gêneros de dezesseis famílias constituem o grupo de manguezais verdadeiros, ocorrendo apenas em habitats de mangue. Alguns dos gêneros de manguezais são: *Aegialitis*, *Aegiceras*, *Avicennia*, *Bruguiera*, *Camptostemon*, *Ceriops*, *Kandelia*, *Laguncularia*, *Lumnitzera*, *Osbornia*, *Pelliciera*, *Rhizophora*, *Scyphiphora*, *Sonneratia*, *Xylocarpus* e a palma *Nypa*. Há ainda alguns gêneros citados por outros autores, tais como: *Acanthus*, *Acrostichum*, *Conocarpus*,

Derris, *Diospyros*, *Excoecaria*, *Heritiera* e *Rhabdadenia* (WOODROFFE; GRINDROD, 1991).

São encontradas ocorrências de três gêneros em território brasileiro: *Avicennia*, *Laguncularia* e *Rhizophora*, sendo as principais espécies: *Avicennia germinans* (L.) L., *Avicennia schaueriana* Stapf. & Leechman, *Laguncularia racemosa* (L.) C. F. Gaertn., *Rhizophora mangle* L., *Rhizophora harrisonii* Leechman e *Rhizophora racemosa* G. Mey. Algumas espécies ocorrem na faixa de transição para ambientes terrestres como: *Conocarpus erectus* L., *Hibiscus tiliaceus* L., *Hibiscus pernambucensis* Arruda, *Acrostichum aureum* (L.) Mett., *Spartina alterniflora* Loisel, além de outras.

Em diversidade de espécies, a região Indo-Malásia concentra a maior riqueza, apresenta cerca de quarenta e oito espécies de mangue (DUKE; BALL; ELLISON, 1998). Para FAO (2007), a Ásia possui a maior área de manguezal do mundo, com a presença da maior biodiversidade, mais de cinquenta espécies de mangue crescem ao longo de suas costas, sendo algumas endêmicas²³ da região, tais como: *Aegiceras floridum* Roem. & Schult., *Camptostemon philippinense* (S. Vidal) Becc. e *Heritiera globosa* Kosterm.

No Brasil os manguezais estão distribuídos desde Cabo Orange no Amapá, 4° 20' N, até Laguna, em Santa Catarina 28° 30' S, em latitudes tropicais e subtropicais (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000). Somente no estado do Rio Grande do Sul os manguezais não são encontrados, como ilustra a figura 23. O limite oriental dos manguezais brasileiros ocorre na Ilha de Fernando de Noronha – PE (HERZ, 1991).

²³ Endêmica: espécie que tem ocorrência limitada em um único lugar (IBGE, 2004).

Figura 23: Distribuição dos manguezais no Brasil.

Fonte: Schaeffer-Novelli (1994, p. 4).

Elaboração e organização: Santos (2009, p. 35).

Ao longo do litoral brasileiro não há a mesma composição florística e nem a mesma organização estrutural, pois cada bosque responde localmente as características particulares do habitat, essa variabilidade estrutural está associada às funções de força presente em cada ambiente, conforme capítulo 4.5 (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1988).

²⁴ Marisma: ou pântanos salgados, inundados por preamares, equivalem à expressão em inglês *salt marsh*. Ocorrem ao longo de todo globo, nas regiões extratropicais, possuem espécies vegetais típicas, principalmente os gêneros *Spartina*, *Salicornia* e *Juncus*, que toleram a elevada concentração de sais no solo (ACIESP, 1987; VILLWOCK et al., 2005).

Para Lamberti (1969), o limite sul dos manguezais brasileiros encontram-se na foz do rio Araranguá, em São Francisco do Sul – SC, 29° S, entretanto, Schaeffer-Novelli et al. (1990; 2000) afirmam não terem encontrado verdadeiros bosque de mangue nesse local, somente vegetação associada, como *Hibiscus pernambucensis* e *Acrostichum aureum*. Para esses autores, o limite sul dos manguezais é o município de Laguna – SC (28° 30' S).

Esse limite sul de ocorrência dos manguezais ocorre pela baixa temperatura do ar e da água, devido ao avanço das correntes marinhas de origem Antártica (HERZ, 1998). Em Laguna – SC a temperatura média anual é de 19,4 °C, sendo a média do mês mais frio de 15,7 °C, nesse ponto ocorrem as espécies: *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana*, sendo que o limite sul para a espécie *Rhizophora mangle* ocorre na Praia do Sonho (27° 53' S), também em Santa Catarina (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1992).

Sobre o local de origem das espécies do sistema manguezal não há um consenso. De acordo com Ding (1960), os gêneros de mangue *Rhizophora* e *Avicennia* se originaram na região Indo-Pacífica e dispersaram-se para outras regiões, alcançando a América atravessando o Pacífico, entrando no Caribe no período do Cretáceo Superior (cerca de 135 milhões de anos).

Chapman (1975) debateu essa ideia, para ele, a história do passado geológico teria importância fundamental no entendimento da distribuição dos manguezais, por isso sua teoria baseia-se na Teoria da Deriva Continental (ver capítulo 5.2.1). Segundo esse autor, os gêneros *Rhizophora* e *Avicennia* foram os primeiros a existir, desde o final do Cretáceo (120 milhões de anos). Sendo que no final do Cretáceo e início do Eoceno as angiospermas passaram por uma evolução adaptativa conseguindo tolerar concentrações de sais no sedimento.

Para Chapman (1975), o centro de origem dos mangues foi no sudeste asiático, onde depois as espécies se dispersaram via Mar de Tethys. Durante o período Eoceno a Índia estava próxima à costa da África, dispersando até o Mediterrâneo e daí para o Atlântico e o oeste da África, passando para o oceano Pacífico através do

Istmo do Panamá, aberto aquela época, as correntes marinhas ajudaram no transporte das plântulas²⁵ de mangue.

A história da distribuição dos manguezais deve ser pensada juntamente com a história geológica da Terra, visto que esses eventos ocorreram concomitantemente. Portanto, é imprescindível considerar a deriva continental no entendimento da distribuição dos manguezais (CHAPMAN, 1975). As evidências de pólenes fósseis dos gêneros *Nypa* e *Avicennia* na Inglaterra corroboram com essa hipótese (CHAPMAN, 1975; CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1983).

Para Tomlinson (1994), o táxon mais antigo de mangue é *Nypa*, datando do fim do Cretáceo, *Pelliciera* e *Rhizophora* datam do Eoceno.

De acordo com Lacerda (2001), o local de origem das espécies de mangues ainda é uma questão de debate. Acredita-se que as primeiras espécies apareceram pela primeira vez nas águas equatoriais do sudeste asiático, há cerca de 60 a 80 milhões de anos. Posteriormente, se espalharam para a África e Américas, provavelmente a rota dessa dispersão tenha seguido as variações climáticas associadas aos períodos glaciais e interglaciais, regressões e progressões correspondentes às linhas de costa, tal qual o movimento das placas tectônicas, especialmente com relação à evolução do Mar de Tethys.

McCoy e Heck Jr (1976) defendem que ocorreu uma evolução concomitante no novo e no velho mundo para as espécies de mangues, discordam que o atual centro de diversidade de espécies corresponda ao centro de origem, visto que eventos tectônicos e climáticos causaram mudanças importantes no ambiente. Dessa forma, devido as mudanças que ocorreram na configuração da Terra, o atual centro de diversidade pode não ser o centro de origem das espécies, acreditam que o estudo do atual padrão biogeográfico dos manguezais deve considerar a Teoria da Tectônica de Placas e, além disso, considerar que processos ecológicos localizados possam ter ocasionados extinção de algumas espécies.

²⁵ Plântula: planta jovem ou recém germinada (IBGE, 2004).

No final do Cretáceo e início do Eoceno (a cerca de 60 milhões de anos), as angiospermas estavam evoluindo ativamente e é possível que tenham desenvolvido plantas com adaptações para tolerar altos níveis de sal. Devido à ampla distribuição dos gêneros *Rhizophora* (mangue vermelho) e *Avicennia* (siriúba) acredita-se que eles foram os primeiros a surgir. Seus propágulos, estruturas destinadas a propagação das plantas, colonizavam as margens dos continentes e das ilhas, sendo transportados pelas correntes marítimas desde seu centro de origem até o ocidente. (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995, p. 11).

Para Herz (1999), as atuais formações de manguezais se estabeleceram sobre sedimentos recentes, depositados no último evento de transgressão, cerca de 3.500 – 5.000 anos A.P.

Os manguezais são sistemas essencialmente tropicais, entretanto, não possuem uma distribuição e composição de espécies iguais no velho e no novo mundo. No velho mundo, ou hemisfério oriental, incluindo principalmente o leste da África, Índia, sudeste da Ásia, Austrália e Pacífico Oriental, há maior diversidade, totalizando mais de trinta espécies diferentes. No novo mundo, ou hemisfério ocidental, incluindo o oeste da África, a América do Sul, Caribe, Flórida, América Central e Pacífico norte e sul da América, possui um menor número de espécies de mangue, cerca de oito (TOMLINSON, 1994), conforme apresentado na figura 24.

Figura 24: Distribuição generalizada de manguezais e histograma apresentando o número aproximado de espécies de manguezais a cada 15° de longitude.

Fonte: Tomlinson (1994, p. 41, modificado por KUENZER et al., 2011, p. 880).

Para Woodroffe e Grindrod (1991), os manguezais sobreviveram durante as várias flutuações do nível do mar ocupando refúgios localizados na linha costeira, onde havia condições para sobreviverem. Afirmam ainda que esses refúgios eram mais abundantes na região Indo-Pacífica, ao sul da Ásia, e por esse motivo conservou o maior número de espécies de mangue.

Segundo West (1956), Walsh (1974) e Chapman (1975), os manguezais apresentam melhor grau de desenvolvimento de acordo com algumas características, como segue:

- 1- Temperaturas tropicais:** os maiores bosques de manguezais se desenvolvem onde a temperatura média do mês mais frio seja superior a 20 °C e a amplitude térmica²⁶ anual seja inferior a 5 °C;
- 2- Substratos lamosos:** os manguezais conseguem se desenvolver em diferentes tipos de substratos, tais como: lama, areia, turfa e rochas coralinas, entretanto, o seu maior desenvolvimento ocorre em substratos lamosos, formados predominantemente por silte e argila e com alta concentração de matéria orgânica;
- 3- Áreas abrigadas:** os bosques de mangue apresentam melhores condições de desenvolvimento em locais livres do embate das ondas e ventos fortes, como baías, estuários, lagunas e deltas. Nesses locais as plântulas conseguem se estabilizar e continuar o seu desenvolvimento;
- 4- Presença de salinidade:** as plantas de mangue são halófitas facultativas²⁷, a salinidade é um fator importante para o desenvolvimento dos manguezais evitando a competição com espécies não halófitas, essa salinidade deve estar na faixa entre 5 e 30;
- 5- Elevada amplitude de marés:** topografia que permita que a cunha salina adentre ao continente. Os manguezais conseguem se desenvolver até o limite da penetração das marés no continente;
- 6- Correntes marinhas:** apesar de ser um requisito que ainda requer estudos aprofundados em alguns pontos, como na costa oeste da África e na costa oeste da Austrália, o limite dos manguezais coincide com a fronteira entre a ocorrência de uma corrente de água fria e uma corrente de água quente;
- 7- Extensos baixios:** em áreas com pequena declividade, também chamado de baixios, o desenvolvimento dos manguezais ocorre de forma mais tranquila do

²⁶ Amplitude térmica: diferença entre a temperatura máxima e mínima, ou entre temperaturas médias, no decorrer de um intervalo de tempo (IBGE, 2004).

²⁷ Halófitas facultativas: não utilizam os sais no seu metabolismo, entretanto, a presença de sais facilita a sua ocorrência, visto que essas espécies possuem mecanismo de sobrevivência em ambientes salinos, ganhando em competitividade com as plantas glicófitas que não toleram salinidade.

que em áreas com declive íngreme, onde somente é possível encontrar bosque franja.

Em estudos recentes verificou-se que alguns desses requisitos não são impedimentos para ocorrência e desenvolvimento de manguezais (RIBEIRO, 2001; LIMA, 2009). Sobre a amplitude térmica anual para os manguezais, Ribeiro (2001) verificou, em estudos realizados no manguezal de Bragança – PA, que a amplitude térmica anual foi de 9,7 °C, ou seja, quase o dobro do valor apontado por West (1956) de 5 °C, sendo que o estado do Pará concentra manguezais bem desenvolvidos. Lima (2009) verificou, para os manguezais do município de Iguape – SP, que a média das temperaturas do ar para os meses de inverno ficaram abaixo de 20 °C, mesmo assim essa região concentra uma grande área de manguezais.

4.2. Características da Flora dos Manguezais

Os manguezais podem apresentar uma estrutura complexa, formada por um continuum de feições diferentes: lavado, mangue e apicum (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2012). O lavado é caracterizado pela exposição frequente a inundação, possui substrato lodoso e/ou arenoso-lodoso, não apresenta cobertura vegetal. O mangue, como já apresentado, é caracterizado por uma vegetação típica, composta por espécies arbóreas e situada sobre substrato lodoso e/ou arenoso-lodoso. O apicum é caracterizado pela inundação esporádica de marés de sizígia, equinociais e/ou marés altas causadas por eventos meteorológicos, possuem superfície areno-lodosa, seu limite ocorre entre o nível médio das preamares de sizígia e o nível das preamareas equinociais. Também chamado de salgado, a característica dessa feição é a hipersalinidade que inibe o crescimento de vegetação, mas em casos de aumento do nível do mar, onde essas áreas poderão ser inundadas pelas marés

diárias, essa seria uma área de expansão e interiorização dos bosques de mangues, assim o apicum compõe uma feição do sistema manguezal, funcionando como um reservatório de nutrientes (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2012).

Os apicuns são terrenos áridos ao redor de manguezais, são locais de elevada salinidade e/ou acidez onde somente as marés de sizígia conseguem alcançar. Formada por áreas planas, localizadas nas planícies costeiras em áreas mais interna do manguezal, recebem insolação direta e interferência das marés, mas é desprovida de espécies arbóreas vasculares, apresenta vegetação herbácea esparsa (COELHO JÚNIOR, 2010). São áreas consideradas reservatórios de nutrientes, onde se observa uma grande quantidade de caranguejos, na flora se destaca algumas espécies herbáceas como: *Sesuvium portulacastrum* (L.) L., *Eleocharis mutata* (L.) Roem. & Schult., *Sporobolus virginicus* (L.) Kunth e *Salicornia virginica* L.

Localizados em costas intertropicais, os apicuns não ocorrem em todas as áreas onde existem manguezais, mas, onde ocorrem, estão diretamente associados a estes, servindo como reservatório de nutrientes e área de possível avanço dos bosques de mangue. Normalmente acontecem onde há elevada pluviosidade e cursos fluviais, que removem o excesso de sais e possibilita o avanço do bosque (HADLICH; UCHA, 2009).

Os apicuns se desenvolvem nas zonas marginais de manguezais, entre os bosques de mangue e as terras secas mais elevadas, mas podem também ocorrer no interior dos bosques, chamados de apicuns inclusos (HADLICH; UCHA, 2009).

Portanto, os manguezais são compostos por uma série de fisionomias resistentes ao fluxo das marés, compreende desde bosques com elevada densidade de árvores, a áreas dominadas por arbustos, bancos de lama colonizados ou não por herbáceas e salgados, áreas com elevada salinidade e sem vegetação e/ou com presença de espécies esparsas, também chamados de apicuns. Dessa forma os apicuns podem ser considerados uma feição característica de zona de transição (BRASIL, 2010).

Os manguezais são as principais formações que ocupam a fronteira entre o mar e a terra, considerados verdadeiros ecótonos²⁸ (ALONGI, 2009); possuem tanto elementos dos sistemas terrestres, como dos sistemas marinhos, com características próprias, não encontradas em nenhum outro ambiente.

Para Cintrón e Schaeffer-Novelli (1992), o arranjo espacial dos manguezais é uma resposta às características topográficas e ao tipo de substrato em que ele se encontra, assim como as características climáticas e hídricas.

Os mangues são formados por plantas lenhosas que pertencem a várias famílias de dicotiledôneas²⁹, com características e adaptações específicas para o seu desenvolvimento (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1992).

As espécies de mangue possuem características de flora pioneira, tais como: grande número de propágulos com elevada dispersão, taxas de crescimento rápido, período prolongado de floração, baixa diversidade de espécies, etc. (HEUMANN, 2011). Segundo Tomlinson (1994), as espécies de mangue podem ser consideradas pioneiras devido a sua elevada capacidade reprodutiva.

De acordo com Vannucci (2001), em sistemas singulares como os manguezais a biodiversidade é baixa, pelo menos em número de espécies vegetais, no caso dos manguezais podem ser encontradas poucas espécies lenhosas, a maioria halófitas exclusivas desse ambiente. Essas espécies possuem características morfológicas e fisiológicas únicas, que ajudam a sobreviver nesse ambiente, como os mecanismos que evitam a absorção de sais e a excreção desses quando absorvidos pelas plantas, por meio de imobilização em vacúolos e tecidos especiais (VANNUCCI, 2001).

Para Lugo (1980), os manguezais são sistemas naturalmente estressados devido à presença de salinidade que faz com que as espécies vegetais tenham mais dificuldade para suprir suas necessidades de água doce, visto que elas são halófitas

²⁸ Ecótono: mistura florística entre tipos de vegetação ou região de transição entre dois tipos fisionômicos distintos onde ocorre maior diversidade florística devido à existência de tipos de vegetação pertencentes a um e outro (IBGE, 2004).

²⁹ Dicotiledôneas: Planta fanerogâmica (que produz flores), pertencente ao grupo das angiospermas, cujas sementes possuem dois cotilédones, folha embrionária da semente (IBGE, 2004).

facultativas, pois não utilizam os sais para o seu desenvolvimento, possuem adaptações para viverem em ambientes salinos, com mecanismo para barrar e/ou excretar esses sais.

Para Lugo (1980), os manguezais são sistemas que se encontram em equilíbrio no seu habitat: tropical, salino e de baixa energia. Entretanto, no mesmo trabalho Lugo (1980) afirma que os manguezais são sistemas naturalmente estressados, aqui há que se fazer uma ressalva, visto que se as espécies (animais e vegetais) estão adaptadas para viverem nesse habitat, possuem mecanismos fisiológicos que permitem crescerem, se desenvolverem e reproduzirem nesse ambiente. Sendo assim, não se pode considerar que estão naturalmente estressadas, pois o seu desenvolvimento só é afetado no caso da ação de algum fator natural (hipersalinidade, geada, tsunami, etc.) e/ou antrópico (desmatamento, derrame de petróleo, etc.).

O conceito apresentado por Lugo (1978) considera o tensor³⁰ e/ou stress como subsídio do sistema, ou seja, o tensor natural é uma condição encontrada normalmente no ambiente, em alguns sistemas quando os tensores são removidos há uma diminuição na sua produtividade e crescimento. Considera-se que os manguezais conseguem obter elevadas taxas de produtividade primária devido as suas características únicas: presença de salinidade, fluxo das marés, substrato lamoso, etc., que favorecem o estabelecimento dos mangues e não de outras espécies de plantas.

De acordo com Lugo (1980), o manguezal é considerado um sistema *steady state*, ou seja, um sistema que não apresenta tendência em se transformar em outro, isso só ocorre em casos muito especiais em costas em progradação.

As espécies de flora dos manguezais estão entre as raras espécies terrestres que toleram salinidade, essas espécies possuem diferentes mecanismos para sobreviverem em ambientes salinos, algumas excluem os sais dos seus xilemas³¹,

³⁰ Tensor é definido como qualquer evento, condição ou situação que provoque um aumento no gasto de energia para a manutenção da homeostasia do sistema (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1983).

³¹ Xilema: tecido das plantas vasculares, onde é realizada a circulação de água e sais, desde a raiz até as folhas.

usando uma filtração física, outras conseguem eliminar o excesso de sais dos seus tecidos, há aquelas que acumulam os sais no caule ou na raiz e ainda as espécies decíduas, que acumulam os sais nas folhas e quando essas senescem, os sais são removidos da planta (SPALDING; KAINUMA; COLLINS, 2010). Em determinados gêneros como *Aegialitis*, *Aegiceras* e *Avicennia* são encontrados glândulas especiais de excreção de sais, podendo ser visualizados os cristais de sais nas superfícies das folhas (SPALDING; KAINUMA; COLLINS, 2010).

Egler (1950) foi o primeiro pesquisador a relatar a tolerância de salinidade para a competição interespecífica de mangues, ele afirmou que a *Rhizophora mangle*, pode se desenvolver em ambientes sem presença de sais, mas somente se não houver competidor.

Para West (1956), os manguezais são encontrados nas zonas costeiras, na área entre marés, pois nesse local as plantas competidoras não conseguem se estabelecer, considerando que são espécies de água doce que não suportam a presença dos sais existentes nesse ambiente. De acordo com Tomlinson (1994), algumas espécies de mangue secretam soluções de íons como o cloreto de sódio (Na^+Cl^-) pelas glândulas salinas localizadas nas folhas, como as que ocorrem nos gêneros *Acanthus*, *Aegiceras*, *Aegialitis* e *Avicennia*. A salinidade é o elemento chave para a identificação de padrões nos manguezais, pois representa maior importância na organização espacial desse sistema (SNEDAKER, 1982).

Apesar da variabilidade taxonômica e da distribuição geográfica, os manguezais possuem algumas características similares em sua fisiologia e morfologia (LUGO; SNEDAKER, 1974).

Algumas espécies de mangue são vivíparas, ou seja, as sementes germinam ainda na “planta-mãe” e permanecem ali até transformarem-se em embriões, os chamados propágulos, que possuem grande quantidade de nutrientes que possibilitam a sobrevivência por algum tempo antes da fixação e do desenvolvimento. Os propágulos só desprendem-se da “planta-mãe” quando estão prontos para desenvolverem, possui uma primeira radícula, um par de folhas e nutrientes para sobreviver até se fixarem (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

Os propágulos podem flutuar nas marés por longos períodos até encontrar um ambiente adequado para se fixar, isso só é possível devido ao fato do tecido desses propágulos serem esponjosos, conhecidos como aerênquima, garantindo o poder de flutuabilidade por longos períodos (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

A maioria das espécies de mangue se dispersa por propágulos, que possuem capacidade de flutuabilidade e assim podem ser carregados pelas marés e pelas correntes para lugares distantes, antes de se fixarem e formarem novas plantas. Algumas espécies conseguem flutuar por dias, como a *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. e a *Laguncularia racemosa*; outras podem flutuar por muitos meses, como a *Avicennia germinans* e a *Rhizophora sp.* Esse tempo de flutuabilidade nas correntes marinhas irá depender de alguns fatores, tais como: temperatura da água, concentração de sais, velocidade e direção das correntes, entre outros (DUKE; BALL; ELLISON, 1998).

De acordo com Cintrón e Schaeffer-Novelli (1983), as espécies de mangue possuem um sistema radicular altamente especializado, que se adaptaram as condições do ambiente com capacidade de sustentação e areação. As principais funções das raízes de mangue são as trocas de gases, a absorção de nutrientes e o sistema de ancoragem da árvore, possibilitando a sua existência em substratos lamosos.

O gênero *Rhizophora* possui sistema radicular profundo e estruturas aéreas, chamada de rizóforos³², que contêm lenticelas³³ responsáveis pela troca gasosa entre a planta e o ambiente. Já os gêneros *Avicennia* e *Laguncularia* possuem raízes axiais e pneumatóforos, um tipo especial de raiz encontrada em espécies arbóreas de ambientes alagados que crescem por geotropismo negativo, sustentam as árvores e efetuam as trocas gasosas e a respiração (TOMLINSON, 1994).

Para Thom (1967), a característica do substrato e o regime de águas presente no ambiente influenciam muito mais a formação dos manguezais, do que o tipo de espécies e sua tolerância à salinidade, para ele cada indivíduo encontra o seu lugar

³² Rizóforo: estruturas que crescem com geotropismo positivo, portadores de raízes na extremidade (MENEZES, 2006).

³³ Lenticelas: órgãos de arejamento encontrado nas raízes, troncos e ramos de algumas espécies de plantas, são responsáveis pelas trocas gasosas entre o vegetal e a atmosfera (IBGE, 2004).

de acordo com a gradiente ambiental criado pelos regimes de substrato e fluxos de água.

Chapman (1975; 1976) considera quatro fatores fundamentais no controle dos ambientes de manguezais:

- I- inundação pela maré:** o movimento das marés influência diretamente o estabelecimento das plântulas, as marés também são responsáveis pela introdução de salinidade no ambiente;
- II- tipo de substrato:** os sedimentos presentes no substrato definem o grau de aeração, a drenagem e o próprio movimento da lâmina d'água no ambiente; os manguezais mais extensos são os que se desenvolvem em substratos lamosos, entretanto, eles também podem se desenvolver sobre areias, turfas e rochas coralinas;
- III- conteúdo de sais na água e no substrato:** cada espécie de planta de mangue possui o seu grau de tolerância à salinidade, portanto, onde houver maior nível de sais somente algumas espécies irão se estabelecer;
- IV- luz:** a luminosidade no ambiente determinará o estabelecimento e o crescimento das espécies de mangue.

Os manguezais desenvolvem-se mais acentuadamente em áreas de águas salobras ou salgadas de alta sedimentação, para cujos processos eles próprios contribuem. São capazes de conservar água e excretar sal, de sustentar-se na vertical em lama mole e anóxica, através de um sistema de raízes-suporte que exclui raízes principais, e de aerar seus tecidos por meio de um aerênquima e de raízes aéreas especializadas (ou pneumatóforos) que se posicionam eretas na superfície da lama. Para se estabelecer rapidamente em um substrato instável de lama mole, os mangues desenvolveram grandes sementes vivíparas que se implantam rapidamente tão logo cheguem à lama (LONGHURST; PAULY, 2007, p. 41).

A estrutura do bosque de mangue é uma resposta da maturidade e/ou idade do bosque, e pode ser determinada por diversos fatores, tais como: características do substrato, salinidade, processos de assoreamento e erosão, aporte de água fluvial, marinha e pluvial. Essa estrutura do bosque também varia ao longo do tempo, determinando a maturidade do bosque (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1983).

Quando o bosque é jovem, normalmente apresenta grande densidade de árvores, mas estas possuem diâmetro reduzido, enquanto os bosques maduros apresentam diâmetros maiores, mas em uma densidade menor de indivíduos presentes na área.

De acordo com Twilley (1995), a maturidade de um bosque depende das características locais do ambiente, a assinatura energética desse ambiente e existência de eventos (naturais e antrópicos) que esse bosque está suscetível. Em seus estudos o autor concluiu que bosques localizados em latitudes baixas podem atingir a maturidade entre 25-30 anos, e bosques localizados em latitudes altas entre 80-100 anos.

A seguir serão apresentadas algumas características da flora dos manguezais existentes em território brasileiro e encontradas nos trabalhos de campo realizados na Ilha do Cardoso – SP.

Família Rhizophoraceae

Gênero: *Rhizophora*

Espécies: *Rhizophora mangle* (Figura 25), *Rhizophora harrisonii*, *Rhizophora brevistyla*, *Rhizophora racemosa* (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1983).

Figura 25: *Rhizophora mangle*.
Desenho: Santos (2014, presente trabalho).

No Brasil ocorrem três espécies: *R. mangle*, *R. harrisonii* e *R. racemosa*. É comum a ocorrência em bosques do tipo franja e subtipo ribeirinho.

Apresenta tronco liso de coloração clara, quando raspado possui uma coloração vermelha, por isso em algumas regiões é conhecido como mangue vermelho. Essa cor avermelhada se deve a presença da substância química tanino, muito utilizada na indústria do couro.

É a árvore símbolo do manguezal devido a sua forma peculiar, com presença de rizóforos, estrutura que sai do tronco e dos galhos e crescem com geotropismo positivo em direção ao substrato, permitindo a planta se sustentar em substrato inconsolidado. Na extremidade dessa estrutura, no contato com o substrato, encontra-se grande número de raízes (MENEZES, 2006).

As raízes subterrâneas estão concentradas nos primeiros cinquenta centímetros de profundidade, por esse motivo a coleta da água intersticial é feita até essa profundidade. Nas raízes há presença de lenticelas, que são pequenos orifícios que realizam as trocas gasosas da planta com o ambiente. Apresenta copas arredondadas, folhas coriáceas, carnosas, opostas e ovaladas.

A reprodução das espécies do gênero *Rhizophora* ocorre por viviparidade, ou seja, as sementes permanecem na “planta mãe” até se transformarem em embriões, chamados de propágulos, apresentam uma grande quantidade de reservas nutritivas permitindo com que flutuem na maré até se fixarem, conforme o ciclo reprodutivo representado na figura 26.

Figura 26: Ciclo reprodutivo da *Rhizophora mangle*.
Desenho: Santos (2014, presente trabalho).

Família Avicenniaceae

Gênero: *Avicennia*

Espécies: *Avicennia bicolor* Standl., *Avicennia germinans*, *Avicennia nitida* Jacq., *Avicennia schaueriana* (Figura 27) e *Avicennia tonduzii* Moldenke (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1983).

Figura 27: *Avicennia schaueriana*.
Desenho: Santos (2014, presente trabalho).

No Brasil, é conhecida como mangue siriúba ou preto, devido à coloração escura do seu tronco. Possui estrutura radicular característica com raízes do tipo pneumatóforos ramificada horizontalmente, os pneumatóforos que crescem com geotropismo negativo, possuem consistência esponjosa e realizam a troca gasosa entre a árvore e o meio ambiente. As espécies da família Avicenniaceae também se reproduzem por viviparidade (Figura 28).

Figura 28: Ciclo reprodutivo da *Avicennia schaueriana*.
Desenho: Santos (2014, presente trabalho).

É a espécie mais tolerante as variações das condições climáticas e edáficas, por isso é comumente encontrada nos limites latitudinais (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1983; CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1992).

No norte do Brasil encontram-se *Avicennias* bem desenvolvidas, podendo atingir até 1 metro de diâmetro e alcançar 40-45 metros de altura, sendo que a altura média nos demais bosques é de 15 m (SANT'ANNA; WHATELY, 1981).

Família Combretaceae

Gênero: *Laguncularia* e *Conocarpus*.

Espécies: *Laguncularia racemosa* (Figura 29) e *Conocarpus erectus* (Figura 30) (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986). No Brasil encontram-se os dois gêneros e as duas espécies.

Figura 29: *Laguncularia racemosa*.
Desenho: Santos (2014, presente trabalho).

Figura 30: *Conocarpus erectus*.
Desenho: Santos (2014, presente trabalho).

A *Laguncularia racemosa* é conhecida como mangue branco, possui um sistema radicular parecido com o do gênero *Avicennia*, mas seus pneumatóforos possuem

extremidade arredondada e por vezes bifurcada, são pneumatóforos mais curtos e ramificado. As folhas possuem pecíolo vermelho, coloração verde amarelada e glândulas néctares vertiginais na base foliar, a *Laguncularia* acumula sais nas folhas e quando a folha senesce ela se solta e com isso, os sais são eliminados (SCHAEFFER-NOVELLI, 2008, informação verbal³⁴). A copa é arredondada, a estrutura do bosque alcança de 2 a 20 metros de altura, e a reprodução ocorre também por viviparidade (Figura 31).

Figura 31: Ciclo reprodutivo da *Laguncularia racemosa*.
Desenho: Santos (2014, presente trabalho).

A espécie *Conorcarpus erectus* é conhecida como mangue botão devido ao formato da sua infrutescência, possuem folhas grandes e alternadas, as árvores alcançam de 5 a 7 metros de altura, não é uma espécie vivípara. Ocorre na área de transição entre os manguezais e a restinga e/ou mata, em locais onde não são atingidos pela maré diária. Alguns autores não o caracterizam como mangue verdadeiro (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1983).

Na área de transição encontram-se outras espécies associadas aos manguezais, tais como: *Hibiscus pernambucensis* e *Hibiscus tiliaceus* arbustos com folhas em formato de coração e com grandes flores amareladas e avermelhadas, conhecido popularmente como algodoeiro da praia; *Acrostichum aureum*, conhecido como samambaia do mangue, com folhas que atingem até 2 metros de comprimento;

³⁴ Informação fornecida pela Profa. Yara Schaeffer-Novelli em aula, disciplina *O ambiente biológico dos Manguezais*, ministrada no ano de 2008 no Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo.

Crinum attenuatum Willd. ex Schult. & Schult. f., chamado de lírio do mangue; *Spartina brasiliensis* Raddi e *Spartina alterniflora* gramínea associada aos mangues.

De acordo com Coelho Júnior (2003), o termo sub-bosque não se aplica os sistemas de manguezais, visto que, as plântulas e os indivíduos jovens não representam um estrato inferior do bosque, eles formam um reservatório disponível para a recomposição natural do bosque e apresentam dinâmicas e ciclos próprios.

Os bosques de mangues apresentam diferenças importantes na sua estrutura e funcionamento, devido às condições locais dos ambientes em que se encontram (CUNHA-LIGNON, 2001).

Para Jiménez, Lugo e Cintrón (1985), o processo de desenvolvimento de um bosque de mangue possui quatro fases: 1) colonização; 2) desenvolvimento precoce; 3) maturidade e 4) senescência. A primeira fase de colonização ocorre em uma área que não era ocupada previamente ou onde se deu a mortalidade massiva dos indivíduos, sendo que o substrato é ocupado por muitas plântulas, podendo atingir densidades de 140-330 plântulas por metro quadrado, em áreas colonizadas pelo gênero *Avicennia*. O desenvolvimento precoce marca a segunda fase, onde as plântulas começam a competir por espaço, nessa fase há uma grande mortalidade de plântulas, e acontece também um incremento no diâmetro dos troncos e na altura das árvores. Na terceira fase a maturidade do bosque é atingida, a competição por espaço é reduzida e o bosque atinge o seu maior desenvolvimento, que irá depender da assinatura energética do local. Na última fase os bosques senescentes são dominados por árvores de grande porte, com baixa densidade, ocorre morte de indivíduos pela idade avançada.

Nesse modelo, proposto por Jiménez, Lugo e Cintrón (1985), a idade das árvores reflete a idade do bosque, entretanto, isso nem sempre ocorre visto que nem sempre se tem a mesma árvore desde o início da colonização até o bosque senescente e não necessariamente a morte das árvores está relacionada à sua idade. Em muitos bosques é verificada a existência de clareiras naturais ou antrópicas (ocorrência de raios, ventos fortes, baixas temperaturas, diversos tensores antrópicos) e nessas áreas as árvores terão uma idade diferente das demais árvores do bosque (DUKE, 2001).

A dinâmica de crescimento de um bosque de mangues é afetada por diferentes tensores, naturais e antrópicos. Dessa forma, as árvores não apresentam um crescimento padronizado, dificultando a determinação da idade do bosque, pois cada árvore que compõe esse bosque apresentará resposta distinta a intensidade e regularidade desses tensores (LIMA; TOGNELLA, 2012).

Segundo Schaeffer-Novelli e Cintrón (1986), os bosques de mangue, à medida que se tornam maduros, tem o diâmetro das suas árvores aumentado e a densidade do bosque diminui, há também o aumento nos índices de mortalidade de árvores no bosque, assim os bosques jovens apresentam diâmetro reduzido e elevada densidade.

4.3. Usos e Impactos nos Manguezais

Tanto o conhecimento científico quanto o senso comum, por meio do uso popular, já comprovaram a importância ecológica, socioeconômica e cultural dos manguezais. Algumas comunidades costeiras têm nesse sistema a maior fonte de renda para a sua população, de onde conseguem extrair produtos florestais como lenha, carvão vegetal, madeira para construção civil, para embarcações, etc., e produtos não florestais como mel, tanino, peixes, mariscos, crustáceos, camarões, entre outros. De acordo com Rigonato (2010), cerca de setenta atividades humanas são realizadas nesse ambiente.

Apesar de apresentarem um baixo número de espécies, fornecem um elevado valor de serviços. As florestas de mangue fornecem aproximadamente 1,6 bilhões de dólares a cada ano em serviços e meios de subsistência no mundo (POLIDORO et al., 2010).

A proteção oferecida pelos manguezais é tão eficiente contra os eventos de vendavais, ciclones e marés altas que o Departamento Florestal de Bangladesh, na Índia, determinou a plantação de mangues nas áreas costeiras a fim de minimizar os danos nesses eventos extremos, principalmente poupando a perda de vidas (LACERDA, 2001).

Menéndez, Gusmán e Priego (2006) destacam os principais serviços e funções dos manguezais, como: proteção da linha de costa; barreira do avanço da água salgada; contenção da erosão costeira; proteção contra tempestades e furacões; conservação da biodiversidade e abrigo de muitas espécies (endêmicas, raras, comuns, ameaçadas ou em perigo); manutenção da pesca costeira e oceânica; fornecimento de produtos madeireiros e não madeireiros; captura e armazenamento de carbono da atmosfera; beleza cênica de aproveitamento turístico, entre outras.

Para Diegues (1990), os manguezais podem ter seus usos/bens classificados em uso direto, uso indireto e funções e serviços, como descrito no quadro 3. Nesse quadro também constam as considerações de outros pesquisadores, que contribuíram com o estudo desse tema, tais como: Snedaker e Snedaker (1984), Hutchings e Saenger (1987), Dugan (1992), Schaeffer-Novelli (1995) e Soares (1997).

Quadro 3: Usos e funções do sistema manguezal.

Uso direto	Uso indireto	Funções e serviços
Açúcar	Captura de peixes, crustáceos e moluscos Produção de mel	Área de pouso (alimentação e repouso) para aves migratórias
Adubo vegetal		Controle de vazão e prevenção de inundações
Álcool		Elevada produção de biomassa
Alimento		Filtração de águas residuais
Carvão vegetal		Filtração de poluentes (petróleo, produtos químicos, etc.)
Lenha		Fixação de nitrogênio
Madeira		Fonte de detritos (matéria orgânica) para ecossistemas costeiros adjacentes
Medicamento		Habitat e berçário para flora e fauna
Óleo		Local de educação ambiental
Tanino		Local de recreação, lazer e turismo
		Manutenção da qualidade das águas costeiras
		Proteção contra tempestades/tormentas
		Proteção da biodiversidade costeira
		Proteção da linha de costa, diminuindo erosões
		Retenção de sedimentos

Fonte: Snedaker e Snedaker (1984); Hutchings e Saenger (1987); Diegues (1990), Dugan (1992), Schaeffer-Novelli (1995) e Soares (1997), organizado por Santos (2014, presente trabalho).

De acordo com Vale (2004), deve ser considerado também o papel geomorfológico exercido pelos manguezais, pois esse ambiente tem como função reter entre as suas raízes os sedimentos trazidos pelos cursos fluviais. Essa retenção de sedimentos e a própria existência do bosque de mangue funcionam como verdadeiras barreiras, protegendo a linha de costa dos processos erosivos promovidos por ondas, marés, ventos e correntes litorâneas.

A retenção de sedimentos trazidos pelos rios possibilita a ocupação e propagação da vegetação, o que aumenta a linha costeira. Esses locais são conhecidos pela sua dinâmica e instabilidade, devido aos processos marinhos e continentais. A capacidade para acumular sedimentos contribui com a diminuição do assoreamento dos canais de navegação (HERZ, 1998), diminuindo os procedimentos de dragagem o que equivale a diminuição dos custos de manutenção de uma área portuária.

Os manguezais conseguem estabilizar os sedimentos, abrandar os movimentos da água e reter os metais pesados, dessa forma, melhoram a qualidade da água costeira e favorecem as colônias de corais e as comunidades de peixes (KATHIRESAN; ALIKUNHI, 2011).

Essa retenção de sedimentos, exercida pelas raízes de mangue, não se restringem somente a partículas de silte, areia e argila; poluentes e metais pesados também ficam retidos nesse ambiente e essa retenção funciona como um grande filtro biológico possibilitando o trabalho de bactérias aeróbicas e anaeróbicas. Também funcionam como barreiras bioquímicas retendo os poluentes e resíduos químicos, sendo capazes de fixar metais pesados (LACERDA, 2001). É preciso lembrar que os impactos que afetam a bacia hidrográfica como um todo, como o despejo de esgoto, efluentes industriais, agrotóxicos, herbicidas, etc., vão em direção à foz e alcançam as áreas de manguezais. Não existindo esse sistema, que funciona como filtro biológico, essa carga de poluentes atingirá as águas costeiras e afetará os ciclos biológicos locais.

O papel dos manguezais na cadeia alimentar marinha é crucial. São sistemas muito produtivos, possui participação significativa na fertilidade das águas costeiras, devido à grande quantidade de matéria orgânica e a transformação de material foliar em partículas que são utilizadas como alimento por grande parte dos organismos.

Além da grande oferta de alimento para diferentes grupos de animais (peixes, aves, crustáceos, mamíferos, etc.) as águas calmas e rasas dos manguezais são locais ideais para a reprodução e desenvolvimento de várias espécies, funcionando como verdadeiros berçários marinhos. Servindo de local de reprodução e proteção para diferentes espécies animais e vegetais, auxiliando, portanto, na conservação da biodiversidade.

Os manguezais são importantes produtores de biomassa, cujos particulados orgânicos são introduzidos nas águas estuarinas e lagunares, contribuindo no aumento da produtividade da zona costeira. Para Schaeffer-Novelli e Cintrón (1993), o acúmulo de biomassa em um bosque de mangue maduro reflete a fertilidade do local, são ambientes em que predominam processos geomórficos e hidrológicos, e a quantidade de biomassa existente no ambiente varia conforme a disponibilidade de energia. Ainda sobre o valor dos manguezais, Cintrón e Schaeffer-Novelli (1983, p. 56) afirmam:

Uno de los valores principales del manglar reside en su alto nivel de productividad y el papel que esta juega en la costa. El manglar es un sistema abierto que utiliza los nutrientes traídos por las aguas continentales y marinas para transformarlos mediante la actividad fotosintética en materia orgánica.

De acordo com Twilley (2001), uma das possíveis respostas dos manguezais para o aumento da quantidade de carbono (CO_2) na atmosfera é a assimilação desse CO_2 e o aumento das taxas de crescimento do bosque e na quantidade de biomassa produzida nesse sistema. O autor esclarece que essa resposta dependerá das condições locais de salinidade do substrato, visto que esse também é um controle das resposta das espécies para o aumento da concentração de CO_2 , entretanto, há uma relação entre o aumento da quantidade de CO_2 disponível no ambiente com o aumento das taxas de produtividade nos manguezais. Os manguezais exportam quantidades significativas de carbono orgânico para o oceano (KJERFVE; LACERDA, 1993).

Alguns países possuem legislação de proteção aos manguezais, mas mesmo havendo essa proteção legal os manguezais sofrem com a degradação de seus ambientes. Para Kelleher, Bleakley e Wells (1995), cerca de 50% das áreas de

manguezais do mundo já foram perdidas em função da ocupação desordenada da zona costeira³⁵.

Segundo dados do Ministério do Meio Ambiente brasileiro existem cerca de 5 mil áreas protegidas no mundo e desse total, que corresponde a 11% da superfície terrestre, apenas 1,3 mil incluem ambientes marinhos e/ou costeiros (BRASIL, 2010).

Para Valiela, Bowen e York (2001), 35% dos bosques de mangue foram perdidos entre 1980 e 2000, esse valor é maior do que a perda das demais florestas tropicais e dos recifes de corais, também ameaçados pelo crescimento urbano desordenado e superexploração.

A maior biodiversidade de manguezais ocorre no arquipélago filipino indo-malaio, entretanto, essa mesma área conta com uma das maiores taxas de perda de manguezais do mundo, com uma redução estimada de 30% em área de mangue desde 1980, para darem espaço principalmente à criação de peixes e camarões. Em segundo lugar em perda de áreas de manguezais está o Caribe, que nos últimos vinte e cinco anos perderam aproximadamente 24% dos manguezais (POLIDORO et al., 2010).

Alongi (2002) considera que ao longo dos últimos cinquenta anos, cerca de um terço dos bosques de mangues mundiais foram perdidos. Para Spalding, Kainuma e Collins (2010), entre os anos de 1980 e 2005 cerca de 35.500 km² de manguezais foram destruídos como resultado de ações humanas que não priorizam a conservação desse sistema.

Segundo Kuenzer et al. (2011), a perda de área de manguezais nas duas últimas décadas é estimada em cerca de 36% da área mundial de mangues, a taxa de perda média anual tem diminuído nesse período, mas os manguezais estão entre os sistemas mais ameaçados e vulneráveis no mundo.

³⁵ A Zona Costeira é representada por uma faixa marítima, com 12 milhas náuticas de largura, compreendendo a totalidade do mar territorial e parte da plataforma continental geológica, correspondendo a 165 mil km²; e por uma faixa terrestre, com 50 km de largura a partir da linha da costa, totalizando 370 mil km² (VIDIGAL et al., 2006).

Deve ser destacado que quando se fala em perda de áreas de manguezais refere-se literalmente a tudo que esse ambiente representa. Significa perda de funções ecológicas, sem deixar de mencionar as perdas econômicas diretamente e indiretamente relacionadas a esse sistema. As perdas de áreas de manguezais podem ocorrer pela atuação dos tensores naturais e antrópicos.

Os tensores naturais nos manguezais ocorrem devido aos fenômenos naturais como os furacões, vendavais, inundações, maremotos, tsunamis, variações no nível do mar, erupções vulcânicas, erosões na linha costeira, aumento da temperatura e hipersalinidade, que ocorrem normalmente depois de prolongados períodos de seca e com elevação da temperatura.

Esses tensores naturais fazem parte da dinâmica natural dos sistemas costeiros, no entanto, a variação de intensidade pode provocar efeitos drásticos nos manguezais. Os furacões e tsunamis podem ocasionar a destruição dos bosques de mangue, principalmente pela quebra mecânica das árvores, causada pelo impacto dos fortes ventos. Em algumas áreas também provocam inundações e assoreamentos, mudando os padrões de drenagem que podem proporcionar a perda de bosques de mangues (JIMÉNEZ, LUGO, CINTRÓN, 1985).

Os tensores antrópicos que atuam nos manguezais são principalmente: desmatamento, deposição de lixo, práticas de aquicultura e carcinicultura, introdução de espécies exóticas, aterros, desmatamento, construções, represamento, atividades portuárias, despejo de poluentes, agrotóxicos, eutrofização, derramamento de petróleo, entre outras.

Segundo Rodríguez et al. (2006), as ações antrópicas que mais afetam os manguezais são: despejo de resíduos industriais em áreas costeiras, por diferentes tipos de indústrias (petróleo, papel, cimento, metalúrgica, alimentícia, etc.); represamento de rios, impedindo a entrada de aporte hídrico nos manguezais; construção de estradas (aterros e viadutos) que barram o fluxo de água e sedimentos; transformação de áreas de manguezais para outros usos; incêndios e atividades extrativistas sem manejo adequado.

A canalização de cursos d'água, assim como os desvios de fluxos são prejudiciais as áreas de manguezais, já que o funcionamento desse sistema depende do aporte de água doce e salgada (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1983).

Um dano muito severo aos manguezais é o derramamento de petróleo, pois, uma vez contaminado não há técnica que permita retirar todo o petróleo dos bosques de mangue. Além disso, os efeitos no ambiente são perceptíveis em longo prazo (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1983). Um dos primeiros efeitos após o evento de contaminação por petróleo é a desfolhação das árvores, suas raízes aéreas ficam sufocadas pelo encobrimento das lenticelas e a árvore não consegue realizar as trocas gasosas necessárias. Como esse contaminante permanece no substrato, os bosques de mangues que nascerem posteriormente trarão um reflexo dessa contaminação na sua estrutura. Em áreas que passam por derramamento de petróleo é verificado que as árvores apresentam alterações na morfologia das folhas, má formação de raízes e eventos de desfolhamento (LACERDA, 2001).

Um tensor antrópico que destrói por completo o sistema manguezal é a prática de aquicultura e carcinicultura, visto que essas atividades provocam impactos diretos no ambiente e também impactos indiretos, tais como: perda do bosque, remoção do substrato para construção dos tanques, bloqueio de canais de entrada de maré no sistema e alteração dos fluxos naturais, tanto de maré como fluviais, alterações no lençol freático, introdução de resíduos químicos e nutrientes no sistema ocasionando alteração na composição química do ambiente, com o desenvolvimento de substratos ácidos, além de alterações nos ciclos das cadeias alimentares (ALONGI, 2002).

Apesar de ser uma alternativa importante para a economia, principalmente dos estados do nordeste brasileiro, a carcinicultura promove impactos significativos aos manguezais, o próprio Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil (IBAMA, 2008) considera que essa prática é uma das principais responsáveis pela degradação dos manguezais.

Essa situação se agrava quando se considera que a pressão sobre esses ambientes aumenta a cada dia, cerca de 60% da população mundial habita as áreas costeiras, o que representa uma densidade populacional enorme em uma zona com

ecossistemas naturais absolutamente importantes (LACAMBRA, SPENCER, MOELLER, 2008). Para Miranda, Castro e Bjorn (2012), 60% das grandes cidades se desenvolveram ao redor de ambientes estuarinos.

No Brasil, de acordo com dados da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar – CIRM, cerca de um quarto da população nacional vive no litoral, isso corresponde a uma densidade demográfica de 87 hab/km², índice cinco vezes superior à densidade média nacional, que é de 17 hab/km², sendo que, a maioria dos habitantes está concentrada nas áreas metropolitanas que abrigam treze das vinte e seis capitais estaduais brasileiras (BRASIL, 2010).

No mesmo trabalho (BRASIL, 2010) verifica-se a delimitação da zona costeira, constituída pelo mar territorial e pelo conjunto de territórios dos municípios costeiros, e é encontrado valor maior para essa população, cerca de 44 milhões de habitantes, com uma densidade demográfica de 135 hab/km². Dessa população, cerca de 35 milhões habitam dezesseis regiões metropolitanas, correspondendo a 19% da população brasileira, ocupando 1% do território nacional.

Para Duke et al. (2007), a extinção de espécies em outros sistemas leva a perda da diversidade funcional do ambiente, sendo os manguezais um sistema muito particular, que possui poucas espécies na sua composição florística, essa perda funcional pode ser ainda mais acelerada. Conforme esse estudo, dos 120 países que possuem áreas de manguezais 26 está criticamente em perigo ou se aproximando da extinção (DUKE et al., 2007).

Estima-se que 26% das florestas de mangue no mundo estão degradadas devido à sobre-exploração de madeira, 38% à carcinicultura e 14% à aquicultura. Onze das setenta espécies de mangue, estão em elevada ameaça de extinção (POLIDORO et al., 2010).

Segundo Alongi (2002), as ameaças para a continuidade futura dos manguezais podem ser classificadas em três níveis: ameaças de alto nível, intermediária e de baixo nível. Entre as ameaças futuras de alto nível se destaca o desmatamento, a prática de aquicultura (incluindo a carcinicultura) e a superexploração de animais para consumo humano (peixes, crustáceos e moluscos). Entre as ameaças intermediárias estão alterações hidrológicas locais, alteração do clima e

eutrofização. E entre as ameaças futuras de baixo nível estão a poluição e práticas não sustentáveis de atividades turísticas.

Ações antrópicas como canalizações de curso d'água, drenagem de áreas úmidas, barramento e sedimentação (aterro) causam grandes danos aos manguezais, visto que essas atividades pressupõem alteração na entrada dos fluxos d'água no ambiente, alterando a topografia local, a circulação estuarina e os padrões de fluxo de maré, impossibilitando as trocas de energia no sistema.

Em locais onde os bosques de mangue são removidos aumentam a turbidez da água estuarina e costeira na maré vazante, assim como ocorre uma redução da produtividade primária nessas águas e nos ambientes do entorno (MAZDA; WOLANSKI; RIDD, 2007).

De acordo com Kjerfve e Lacerda (1993), a coleta e criação de caranguejo é a atividade econômica mais importante em sistemas de mangue na costa brasileira.

Para Lugo (1978), os tensores existentes no manguezal podem ocasionar um maior custo energético para o sistema em função:

- a) **Intensidade do tensor:** quanto de energia esse tensor retira do sistema e qual o tempo da sua atuação;
- b) **Efeito do tensor:** esse efeito se multiplica ou se acumula no sistema prejudicando suas funções e causando desequilíbrio no sistema;
- c) **Frequência do tensor:** com qual frequência esse tensor ocorre no sistema;
- d) **Localidade do tensor:** quais compartimentos ou setores são atingidos por esse tensor;
- e) **Como o sistema reage ao tensor:** qual a condição que o sistema apresenta após a passagem do tensor;
- f) **Intensidade de outros tensores:** o tensor possui a capacidade de aumentar a chance do ataque de outros tensores;

g) Efeito do tensor: após a sua passagem esse tensor deixará algum efeito residual;

h) Frequência de retorno: se o tensor é cíclico, de quanto em quanto tempo ele ocorre;

No mesmo trabalho Lugo (1978) expõe os cinco principais tipos de tensores, que podem atuar nos manguezais, são eles: 1) modificação da principal fonte de energia; 2) desvio da energia antes da sua absorção pelo sistema; 3) remoção da energia potencial antes de ser armazenada pelo sistema; 4) remoção da estrutura do sistema; e 5) aumento da taxa de respiração.

Apesar de todos os serviços ambientais prestados pelos manguezais eles ainda são considerados obstáculos para o desenvolvimento econômico. Muitas vezes tratados como áreas impróprias, locais de transmissão de doenças, são transformados em lixões a céu aberto, ou simplesmente, aterrados para expansão imobiliária. Verifica-se no próximo capítulo que não falta legislação de proteção aos manguezais no território brasileiro, o que falta é o cumprimento da legislação existente e a efetiva conservação desse ambiente.

4.4. Conservação dos Manguezais

A primeira lei de proteção aos manguezais brasileiros foi proclamada por Dom José, em julho de 1760, o então Rei de Portugal que detinha o poder sobre a província brasileira à época, emitiu um decreto que proibia o corte de árvores de mangue antes da exploração da sua casca, de onde se extraía substâncias como tanino e alcalóides. Nessa época havia grande exploração de florestas de mangue para utilização de madeira (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

De acordo com a Constituição Brasileira de 1988 (BRASIL, 1988a), por ser um sistema associado à Zona Costeira, os manguezais estão protegidos, conforme o Art. 225 § 4º:

A Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira são patrimônio nacional, e sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais (BRASIL, 1988a).

A Lei Federal nº7.661/1988 (BRASIL, 1988b) instituiu o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC e definiu a zona costeira como espaço geográfico de interação entre o ar, a terra e o mar, incluindo seus recursos ambientais, abrangendo uma faixa marítima, que se estende mar afora, até 12 milhas náuticas (o que equivale a 22,2 km), compreendendo a totalidade do mar territorial e uma faixa terrestre, formada pelos municípios que sofrem influência direta dos fenômenos que ocorrem na costa.

O Decreto Federal nº5.300/2004, que regulamentou a Lei Federal nº7.661/1988 (BRASIL, 1988b), acrescenta a definição de zona costeira as regiões metropolitanas litorâneas, dessa forma, até mesmo municípios não litorâneos, mas contíguos às grandes cidades fazem parte da zona costeira, que abrigam assim cerca de quatrocentos municípios em uma área de 388.000 km² (JABLONSKI; FILET, 2008).

Devido à promulgação do Código Florestal Brasileiro de 1965, Lei nº4.771/65 (BRASIL, 1965), os manguezais foram declarados como Áreas de Preservação Permanente - APP. As APPs são áreas destinadas à preservação ambiental, devido a sua importância ecológica e fornecimento de serviços ambientais indispensáveis. Internacionalmente essa proteção foi oficializada em 1971, com a Convenção Ramsar.

Desde o Código Florestal de 1934, Decreto Federal nº 23.793 de 23/01/1934 (BRASIL, 1934) havia uma preocupação em preservar algumas áreas florestais, pois se entendia que as florestas são bens de interesse comum a toda a população.

Os manguezais foram explicitamente caracterizados como APP na Resolução CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) nº303 de 2002 (BRASIL, 2002a), nessa resolução definiu manguezal como:

Ecossistema litorâneo que ocorre em terrenos baixos, sujeitos à ação das marés, formado por vasas lodosas recentes ou arenosas, às quais se associa, predominantemente, a vegetação natural conhecida como mangue, com influência flúvio-marinha, típica de solos limosos de regiões estuarinas e com dispersão descontínua ao longo da costa brasileira, entre os estados do Amapá e Santa Catarina. Resolução CONAMA 303, Art. 2º IX (BRASIL, 2002a).

No Art. 3º X, desta resolução, é posto que o manguezal, em toda a sua extensão constitui-se em Área de Preservação Permanente (BRASIL, 2002a).

Recentemente a Lei nº12.651 de 2012 (BRASIL, 2012), no seu Art. 3º - XIII, manteve a definição de manguezal, conforme já apresentado na Resolução CONAMA nº303 (BRASIL, 2002a), e foi acrescentada a definição de salgado e marismas tropicais hipersalinas, Art. 3º - XIV:

Áreas situadas em regiões com frequência de inundação intermediária entre marés de sizígias e de quadratura, com solos cuja salinidade varia entre 100 (cem) e 150 (cento e cinquenta) partes por 1.000 (mil), onde pode ocorrer a presença de vegetação herbácea específica (BRASIL, 2012).

Como já apresentado anteriormente por Aciesp (1987) e Villwock et al. (2005), as marismas são sistemas que ocorrem em regiões extratropicais e podem ser banhadas pelas marés diariamente, e não somente pelas marés mais elevadas, sendo essa uma característica dos apicuns, que por se encontrarem no interior dos bosques de mangue são banhados somente pelas marés mais altas.

A promulgação da Lei nº12.651/2012 (BRASIL, 2012), indica que as áreas de apicuns passam a não serem mais consideradas como APP. O apicum é definido no Art. 3º - XV (BRASIL, 2012) como “áreas de solos hipersalinos situadas nas regiões entremarés superiores inundadas apenas pelas marés de sizígias, que apresentam salinidade superior a 150 (cento e cinquenta) partes por 1.000 (mil), desprovidas de vegetação vascular”.

A mesma Lei nº12.651/2012 (BRASIL, 2012) considera, no seu Art. 4º - VII, os manguezais em toda a sua extensão como APP. Entretanto, não considera que os apicuns sejam uma das feições dos manguezais, dessa forma não considera os apicuns como APP. O Art. 11º §1º da mesma lei (BRASIL, 2012) permite que os apicuns e salgados possam ser utilizados nas atividades de carcinicultura, uma das atividades que mais degradam os manguezais.

O Art. 11º, da Lei nº12.651/2012 (BRASIL, 2012) também apresenta alguns requisitos para a utilização de atividades de carcinicultura em apicuns e salgados, é suficiente a citação de apenas um requisito que, por si só, já inviabiliza a prática dessa atividade: “salvaguarda da absoluta integridade dos manguezais arbustivos e dos processos ecológicos essenciais a eles associados, bem como da sua produtividade biológica e condição de berçário de recursos pesqueiros”. Se esse requisito for realmente respeitado não se fará uso de apicuns e salgados para atividades de carcinicultura, visto que essa atividade não permite a manutenção da integridade e dos processos ecológicos essenciais, pois alguns ciclos biológicos dos manguezais são realizados justamente em áreas de apicuns.

A Resolução CONAMA nº312/2002 (BRASIL, 2002b), estabelece que a atividade de carcinicultura apenas pode ser realizada mediante licenciamento ambiental, obedecendo ao zoneamento ecológico-econômico de cada área e deixa claro no Art. 2º que é vedada essa atividade em áreas de manguezais, entretanto, o que se vê na prática é o avanço dessa atividade para áreas de manguezais, contribuindo para a diminuição desse sistema.

Como visto no capítulo 4.2, as áreas de apicuns possuem ligação direta com os manguezais e devem ser entendida como feições desse sistema, pois o manguezal não é formado apenas pelos bosques de mangue, mas também pelas áreas de planícies hipersalinas.

Dessa forma, considera-se que só existe apicum associado aos manguezais, sendo a feição mais interna desse sistema, também aparecendo em formas de clareiras no interior dos bosques. Essa feição é responsável por realizar alguns ciclos biológicos do sistema manguezal, sendo fundamental para a manutenção da biodiversidade costeira (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2012).

Schaeffer-Novelli et al. (2012) apontaram os danos causados aos manguezais e a sua feição apicum com a aprovação da Lei nº12.651/2012, tais como: perda de patrimônio cultural, diminuição da pesca, prejuízo à captação de carbono, liberação de carbono devido a perda da cobertura vegetal, perda de habitat para a fauna, perda de biodiversidade, entre outras.

Foi elaborado um documento, por esses e outros autores, e enviado à Presidência da República no ano de 2012 com o objetivo de modificar o texto da Lei nº12.651/2012, promulgada posteriormente. Esse documento tinha como objetivo a inclusão das áreas de manguezais e apicuns como APP, devido a sua grande importância ecológica (SOUZA; JUCÁ; WATHELY, 2012).

De acordo com a Lei nº12.651/2012 (BRASIL, 2012), as APPs de manguezais podem sofrer intervenção antrópica quando forem declaradas de utilidade pública. Isso torna frágil a sua preservação, visto que, obras na zona costeira, podem ser denominadas de utilidade pública e com isso áreas de manguezais podem ser destruídas.

A Resolução CONAMA nº369/2006 (BRASIL, 2006) considera no seu Art. 2º as áreas de utilidade pública:

Art. 2º (...) I - utilidade pública:

- a) as atividades de segurança nacional e proteção sanitária;
- b) as obras essenciais de infraestrutura destinadas aos serviços públicos de transporte, saneamento e energia;
- c) as atividades de pesquisa e extração de substâncias minerais, outorgadas pela autoridade competente, exceto areia, argila, saibro e cascalho;
- d) a implantação de área verde pública em área urbana;
- e) pesquisa arqueológica;
- f) obras públicas para implantação de instalações necessárias à captação e condução de água e de efluentes tratados; e
- g) implantação de instalações necessárias à captação e condução de água e de efluentes tratados para projetos privados de aquicultura, obedecidos os critérios e requisitos previstos nos §§ 1º e 2º do art.11, desta Resolução. Resolução CONAMA nº369 (BRASIL, 2006).

Além das citadas legislações nacionais, os manguezais, por fazerem parte das zonas úmidas, possuem proteção da sua fauna e flora e de toda sua biodiversidade nos tratados internacionais que o Brasil é signatário, tais como: Convenção de

Washington (1940), Convenção Ramsar (1971), Convenção de Bonn (1979) e Convenção da Diversidade Biológica (1992) (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2012).

Segundo Polidoro et al. (2010), existem onze tratados e instrumentos internacionais que visam a proteção das áreas de manguezais, sendo que alguns já estão em vigor há mais de cinquenta anos. Entretanto, esses tratados e instrumentos legais infelizmente não garantem a proteção desse ambiente.

Para Borges, Rezende e Coelho Júnior (2009), os manguezais estão entre os sistemas costeiros brasileiros, e também mundiais, com maiores restrições normativas de usos. Como pode ser verificado na afirmação de Olmos (2011, p.132):

No caso dos manguezais, o percentual total de proteção chega a 75% se são consideradas as áreas de proteção ambiental (APAs), categoria de “proteção” de pouco valor real. O percentual cai para 13% se são consideradas apenas as unidades de proteção integral. Deve-se notar que o Código Florestal considera manguezais áreas de preservação permanente, embora, na prática, a disposição seja contornada por obras de “interesse social” como portos e instalações industriais.

De acordo com Diegues (1990), a Organização das Nações Unidas para a educação, a ciência e a cultura - UNESCO, por meio do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA - recomenda que no estabelecimento de uma unidade de preservação de manguezais, sejam feitas demarcações de uma zona central e a delimitação de zonas tampão ao redor dos manguezais, abrigando áreas de apicum.

Para essa organização a categoria de “Reserva da Biosfera”³⁶ se enquadra na conservação de áreas de manguezais, visto que determina a existência de uma zona central de preservação permanente e zonas tampão ao redor com atividades antrópicas controladas.

Lugo (2002) propôs algumas estratégias de conservação para os manguezais que incluem: manter as fontes naturais de águas doces e o regime hídrico original; evitar

³⁶ Reserva da Biosfera: categoria de unidade de conservação criada pela Organização das Nações Unidas para a educação, a ciência e a cultura – UNESCO, com objetivo de conservar paisagens, ecossistemas e espécies; incentivar o desenvolvimento econômico e humano (cultural, social e ecológico); incentivar pesquisas e promover a educação.

a instalação de estradas, diques e demais infraestruturas que alterem ou interrompam o fluxo de água nos bosques de mangue; preservar locais para expansão dos manguezais; preservar as dunas, cordões arenosos, recifes de corais, que protegem os manguezais da ação erosiva das ondas; evitar a modificação das formas de relevo que sustentam os manguezais, assim como evitar o excesso de sedimentação, despejo de poluentes, petróleo, etc.

Os bosques de mangue estão desaparecendo de forma alarmante, talvez mais rapidamente que as demais florestas tropicais interiores, parte restante está degradada e a maioria não está protegida (GIRI et al., 2007).

Para Cintrón e Schaeffer-Novelli (1992), os manguezais tem uma enorme capacidade de absorver tensões e se recuperar, essa capacidade chamada de resiliência foi fundamental para que ele sobrevivesse nesse ambiente altamente dinâmico. Além disso, os manguezais possuem elasticidade, ou seja, conseguem se recuperar rapidamente quando sofrem algum distúrbio e acumulam grande quantidade de biomassa dentro de um curto período de tempo. Possuem também característica de maleabilidade, adquirindo um novo estado de equilíbrio após sua recuperação, não atingindo necessariamente o estado inicial.

Cintrón e Schaeffer-Novelli (1992) também enfatizam a característica de plasticidade apresentada nos sistemas manguezais, visto que eles podem apresentar tanto um aspecto bem desenvolvido, quando aspecto raquítico em ambientes altamente impactados.

4.5. Assinatura Energética

De acordo com Cintrón, Lugo e Martinez (1985), a soma das forças que agem em qualquer ecossistema pode ser chamada de assinatura energética, essa assinatura

energética irá determinar os organismos que irão sobreviver nesse ecossistema, assim como a intensidade de crescimento e os processos ecológicos existentes em cada ambiente.

Assim, entende-se que a assinatura energética é a impressão digital do bosque de mangue, depende principalmente da radiação solar, da latitude, da quantidade de sedimentos, da natureza desses sedimentos, da quantidade de água (fluvial e marinha), entre outros. Pode-se considerar que a assinatura energética equivale a tudo que controla o sistema, todas as forças, sendo que a energia solar dá o início do funcionamento ao sistema, e a partir daí iniciam as demais forças: precipitação, escoamento, carreamento, deposição, entre outras.

Os manguezais localizam-se na faixa tropical, e dessa forma recebem radiação solar intensa, soma-se a isso a grande quantidade de nutrientes e matéria orgânica recebidas nesse ambiente, proveniente do aporte de rios e marés, que contribuem para que esse sistema seja um grande produtor primário (GRASSO et al., 1995).

Odum (1967³⁷ apud CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI 1985) propôs o conceito de assinatura energética para descrever os fatores e os elementos que interferem sobre um sistema e que influenciam suas funções, apresentado na figura 32.

Figura 32: Diagrama esquemático do conceito de assinatura energética.
Fonte: ODUM (1967 apud CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI 1985, p. 5).

³⁷ ODUM, H. T. Work circuits and system stress. In: YOUNG, H. E. (Ed.). **Symposium on primary productivity and mineral cycling in natural ecosystems**. Orono Maine: University of Marine Press, 1967. p. 81-138.

Na figura 32 verifica-se que o desenvolvimento dos manguezais é influenciado pelas energias e materiais disponíveis no ambiente (energia solar, água fluvial, precipitação, nutrientes e marés), e que os tensores reduzem o grau de desenvolvimento da estrutura desse sistema, retirando energia.

O sistema manguezal é influenciado por muitas energias externas, tais como: corrente de águas fluviais e marinhas, nutrientes trazidos por rios e marés, características do substrato, entre outras. Quando o sistema aproveita essas energias, sem grandes interferências de estressores, ocorre um maior desenvolvimento estrutural do bosque, fazendo com que o sistema tenha uma elevada produtividade.

A captação de energia fotossintética pelos manguezais se converte em aumento da estrutura das árvores. Nesse processo, devem ser considerados os demais elementos subsidiários como: água fluvial, precipitação, nutrientes, marés, entre outros. O bosque maduro irá refletir a capacidade de utilização desses elementos, caso aconteça uma utilização máxima da assinatura energética presente no ambiente, ou se houver reflexo de algum tensor, como ocorrência de furações, períodos de secas prolongadas, episódios de hipersalinidade, etc. (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1990).

De acordo com Twilley (1995), a assinatura energética seria um conjunto de energias (*forcing function*). Esse conjunto representa a combinação de fatores ambientais que apoiam e moldam os processos ecológicos que ocorrem dentro dos ecossistemas. Para esse autor, os sistemas ecológicos tendem a tornar-se organizados, pois dessa forma conseguem maximizar a força do fluxo de energia no sistema, conforme a assinatura energética disponível.

No caso dos manguezais, a assinatura energética considera os diferentes tipos de energias disponíveis, tais como: radiação solar, vento, precipitação, rios, marés, substratos e atividades humanas, conforme proposta de Twilley (1995), apresentada na figura 33.

Figura 33: Funções de força que constituem a assinatura energética do sistema manguezal.
Fonte: Twilley (1995, p. 43).

Essas forças (Figura 33) são chamadas por Soares et al. (2008) de forças subsidiárias. Além dessas, ele acrescenta que a assinatura energética dos manguezais é influenciada pela produtividade primária, taxas de respiração, ciclagem de nutrientes e troca de matéria orgânica com os sistemas adjacentes.

A hipótese apresentada por Twilley (1995) considera que quando a assinatura energética aumenta, ou seja, quando há maior disponibilidade de energia no sistema, os fluxos de energia e a ciclagem de materiais no sistema também aumentam, refletindo em maior produtividade de biomassa, maiores taxas de regeneração, etc. Portanto, quanto maior a assinatura energética em um manguezal maior a sua produtividade, seu porte e sua estrutura. Considera-se que as possibilidades de variações na assinatura energéticas são infinitas (COELHO JÚNIOR, 2003).

No modelo proposto por Lugo e Snedaker (1974), apresentado na figura 34, é possível verificar quais são as fontes externas de energia e quais os tensores que afetam o sistema manguezal.

Figura 34: Modelo de sistema de energia.

Fonte: Lugo e Snedaker (1974, p. 42).

A figura 34 apresenta um modelo de fluxos de energia no sistema manguezal, onde os tensores potenciais são representados por linhas tracejadas. O termo estressor é utilizado para descrever qualquer ação ou influência que venha a retardar ou restringir o funcionamento normal ou o desenvolvimento do sistema. Essa ação ou influência pode ser causada tanto por fatores naturais quanto antrópicos (LUGO; SNEDAKER, 1974).

O modelo de sistema de energia (Figura 34) apresenta dois armazenamentos passivos: estrutura do terreno e lama; duas forças externas: sol e áreas elevadas; sete tipos de estressores: canalização, drenagem, sedimentação, furacões, herbicidas, carga termal e azares naturais; cinco processos envolvendo a produtividade primária, a respiração subaérea, a respiração intersticial, a reciclagem de nutrientes e a exportação de matéria orgânica (LUGO; SNEDAKER, 1974). Esse modelo está baseado na linguagem do circuito ecológico proposto por Odum (1971).

A ideia do tensor invoca uma interferência na função normal de um sistema, esse tensor pode ser agudo, quando atinge o sistema por um curto período de tempo e o

mesmo consegue se recuperar após a sua passagem; ou crônico, quando o tensor perdura por longos períodos no sistema de forma contínua (LUGO, 1978).

Para Twilley (2001), os padrões espaciais de distribuição dos manguezais estão associados às respostas aos fatores ambientais que interferem no sistema, tais como: radiação solar, temperatura, precipitação, quantidade de carbono, drenagem superficial, nível do mar e do lençol freático, vento, ocorrência de tormentas, características geomorfológicas e correntes costeiras, como apresentado na figura 35.

Figura 35: Funções e forçantes que controlam o desenvolvimento dos bosques de manguezais.
Fonte: Twilley (2001, p. 20, modificado por COELHO JÚNIOR, 2003, p. 9).

Odum (1967, apud CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI 1985) descreve os fatores e compartimentos de energia que operam no sistema como assinatura energética, influenciando as funções exercidas por esse sistema.

O desenvolvimento estrutural de um bosque de manguezal é função dos níveis e periodicidade das cargas de energias subsidiárias, bem como a natureza e a intensidade dos tensores presentes no sistema, esses tensores que dificultam o desenvolvimento do bosque, podem ser naturais e/ou antrópicos (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1985).

Os manguezais apresentam uma grande variedade de desenvolvimento estrutural, pois cada bosque expressa o resultado da interação dos fatores físicos ocorridos naquele ambiente específico (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1983). Cada sistema se desenvolve para utilizar o máximo da assinatura energética disponível.

Segundo Cintrón e Schaeffer-Novelli (1992), o desenvolvimento dos manguezais é controlado pela hidrologia, fisiografia e clima. Esse desenvolvimento estrutural dos bosques também está diretamente relacionado às características funcionais de cada tipo fisiográfico. O arranjo espacial das espécies de manguezais é uma resposta dessas características ambientais: topografia, substrato, fatores climáticos e hídricos.

A matéria orgânica presente em ambientes de mangue possui uma grande quantidade de nutrientes. Essa matéria orgânica é exportada para ambientes adjacentes através do fluxo das marés como matéria orgânica dissolvida e particulada (KATHIRESAN; ALIKUNHI, 2011). Para Schaeffer-Novelli (1989, p. 2) os manguezais são grandes ambientes produtores:

As áreas de manguezal são representativas de zonas de elevada produtividade biológica uma vez que, pela natureza de seus componentes, são encontrados nesse ecossistema representantes de todos os elos da cadeia alimentar. Esse tipo de ambiente é tão produtor e fixador de energia quanto alguns estuários ou uma terra bem cultivada (ODUM, 1977). Os corpos de água, baías, lagunas e estuários, quando margeados por bosques de mangue, recebem importante contribuição dos compostos húmicos com destacada função no condicionamento biológico, favorecendo sobremaneira sua alta produção.

Portanto, considera-se que a assinatura energética é a conjunção das energias subsidiárias que existem no sistema. Um miligrama, a mais ou a menos, de energia pode mudar a assinatura energética local, por isso ela é considerada única em cada ambiente. A presente pesquisa verificou cada uma das assinaturas energéticas presentes nos diferentes níveis hierárquicos estudados.

4.6. A Estrutura Hierárquica dos Manguezais

Os sistemas costeiros estão interligados por meio de fluxos de energia, matéria e informação. Desta forma, é necessário realizar uma abordagem sistêmica para o estudo hierárquico, compreendendo cada nível como um subsistema que mantém relações com os demais e que faz parte de um sistema maior. Essa abordagem pode proporcionar uma melhor compreensão do funcionamento dessa dinâmica.

De acordo com Alongi (2009), diferentes escalas de tempo operam em diferentes partes do sistema manguezal, ele exemplifica que a escala que varia entre segundos e horas opera nos processos microbianos e fisiológicos; entre minutos e meses operam as interações tróficas; entre meses e anos se dá o crescimento das árvores; entre anos e décadas ocorrem as mudanças regionais e a sucessão florestal propriamente dita.

A estrutura hierárquica dos manguezais é composta por uma série de sistemas multiníveis estratificados, em que o nível superior suporta os níveis inferiores, contendo subsistemas subordinados. Cada nível é uma estrutura integrada, no espaço e no tempo, contendo mecanismos auto-reguláveis que operam com certo grau de autonomia, sendo caracterizadas por distintos processos, estruturas e arquiteturas (VALE, 2004).

Devido à complexidade do sistema manguezal, torna-se importante a sua divisão em níveis hierárquicos, para que se possa entender melhor o seu funcionamento e definir os seus limites espaciais.

Lugo (2002) dividiu o sistema manguezal em três níveis, mas considerou que poderiam existir outros. O nível de maior abrangência seria o regional, onde a estrutura e a composição de espécies seriam investigadas, assim como o funcionamento do ambiente costeiro, tendo como foco os fenômenos de grande escala. O segundo nível foi chamado de ecossistema manguezal, teria como objetivo o estudo da biodiversidade e função do sistema. E o terceiro e último nível, de maior detalhe, seria a comunidade de mangue, com ênfase no estudo das espécies vegetais.

Duke, Ball e Ellison (1998) apresentaram um modelo conceitual, considerando os gradientes de distribuição para os manguezais em quatro escalas distintas: global, regional, estuarina e intertidal. Alguns fatores limitantes de ocorrência de manguezais influenciam todas as escalas, como a temperatura e a dispersão de propágulos, mas em cada escala a resposta a esse fator limitante é particular. Assim, os autores consideram que cada atributo é influenciado por uma série de fatores bióticos e ambientais que se combinam para determinar os padrões de distribuição de cada espécie, nas diferentes escalas, como se vê nos parágrafos seguintes.

A escala global refere-se à ocorrência de mangues no mundo. Podem-se encontrar manguezais em regiões tropicais e subtropicais, sua limitação de distribuição ocorre principalmente devido a tolerância fisiológica das espécies de mangue a temperaturas baixas, ou seja, as espécies não conseguem sobreviver onde as temperaturas do ar e da água forem baixas durante grande parte do ano. Outro fator limitante para a ocorrência de manguezais é a presença de água doce, por precipitação e presença de cursos d'água, os manguezais mais desenvolvidos ocorrem em áreas com grande quantidade de chuvas e próximos a foz de rios perenes, como por exemplo, no norte do Brasil. Outras interferências ocorrem na escala global de distribuição de manguezais, como a dispersão e o estabelecimento de propágulos, a deriva dos continentes e os eventos tectônicos (DUKE; BALL; ELLISON, 1998).

A distribuição dos manguezais em uma ou mais regiões biogeográficas diz respeito à escala regional. Nessa escala a capacidade de dispersão e de estabelecimento das espécies de mangue é considerada fundamental para a sua distribuição. Cada espécie possui características próprias de longevidade dos propágulos, que irá determinar por quanto tempo esses propágulos conseguem flutuar antes de se fixar e germinar. Algumas características do ambiente como a temperatura da água e a quantidade de sais dissolvidos podem influenciar nessa longevidade. Na escala regional, a adequação do habitat para receber e manter esse propágulo é fundamental e irá influenciar as características de tamanho desse ambiente, principalmente em ilhas oceânicas, assim como a quantidade de chuva que esse ambiente recebe, tanto por precipitação como por escoamento das bacias fluviais, e também a influência da maré (DUKE; BALL; ELLISON, 1998).

A escala estuarina se refere à localização de áreas de mangue na costa. Duke, Ball e Ellison (1998) classificam essa distribuição das espécies de mangue no estuário em três categorias: a jusante no terço inferior do estuário, no nível intermediário representando o terço médio e à montante representando o terço superior, devido à influência de água doce no sistema. Nesses ambientes podem ocorrer diferentes espécies, devido às características fisiológicas, nas áreas à montante: espécies que toleram menos salinidade do que nas áreas à jusante.

Já a escala intertidal refere-se à localização de manguezais no estuário e a sua posição ao longo do perfil. A diferença ocorre, principalmente, em razão da entrada da maré do sistema e da cunha salina, manguezais ocorrem até onde a cunha salina adentra. Sendo que, em alguns locais as marés são diárias e em outros sazonais, dependendo da topografia local, a distribuição de espécies de mangue se diferencia ao longo do perfil intertidal (DUKE; BALL; ELLISON, 1998).

Duke, Ball e Ellison (1998) também subdividiram essa distribuição ao longo do perfil intertidal em três zonas: baixa, média e alta, sendo que a zona intertidal baixa corresponde às áreas inundadas com maior frequência pelas marés diárias; a zona intertidal média às áreas inundadas pelas marés diárias e marés altas com média frequência de inundação e a zona intertidal alta às áreas inundadas pelas marés altas, assim as espécies de mangue irão colonizar essas diferentes zonas de acordo com suas características fisiológicas.

Schaeffer-Novelli et al. (2000; 2005) consideram que os sistemas naturais possuem organização própria, perpassando por diversos níveis hierárquicos, organizados de acordo com uma escala espacial à medida que a energia do sistema é dissipada, sendo que o maior nível contém todos os demais. Ao aprofundar a escala de trabalho, é possível verificar o ambiente de maneira mais detalhada. Essa estrutura hierárquica foi dividida pelos autores em cinco níveis, formados por subsistemas que pertencem a uma unidade maior e cada um possui características particulares que funcionam de maneira específica, interagindo com os níveis superiores e inferiores por meio dos fluxos de matéria e energia.

De acordo com Schaeffer-Novelli et al. (2000; 2005), os cinco níveis hierárquicos para estudo dos manguezais são (Figura 36):

- 1- Grande Ecossistema Marinho – GEM (*Large Marine Ecosystem – LME*): também chamado de província costeira, compõe o nível hierárquico de maior abrangência espacial, equivale à região biogeográfica;
- 2- Domínio Costeiro (*Coastal Domain*): ocupam entre 500 e 1.000 km de linha de costa, corresponde as oito unidades propostas por Schaeffer-Novelli et al. (1990);
- 3- Tipologia (*Setting*): também chamada de ambientes ou séries geomorfológicas, com extensões de 10 a 100 km de linha de costa, estão submetidos às variações geomorfológicas, apresentam respostas erosivas ou deposicionais;
- 4- Padrão (*Stand*): formado pelos bosques ou unidades de paisagens, com 0,1 a 100 ha;
- 5- Parcela (*Site*): corresponde à unidade de cobertura vegetal, ocupando entre 0,01 e 0,1 ha. É a menor unidade dentro da hierarquização proposta por Schaeffer-Novelli et al. (2000).

Figura 36: Unidades de dissipação de energia para o sistema manguezal.

Fonte: Schaeffer-Novelli (comunicação pessoal In: VALE, 2004, p. 49).

Cada nível hierárquico possui elementos atuantes que caracterizam sua escala de estudo, no entanto, os fatores que interferem em um nível atingem indiretamente os demais, ascendentes ou descendentes. Na figura 37 verificam-se quais são os elementos que influenciam diretamente cada nível hierárquico e que atuam no sistema, conforme proposta apresentada por Schaeffer-Novelli et al. (2000; 2005).

Grande Ecossistema Marinho (<i>Large marine ecosystem</i>)	Domínio Costeiro (<i>Coastal domain</i>)	Tipologia (<i>Setting</i>)	Padrão (<i>Stand</i>)	Parcela (<i>Site</i>)
Processos geológicos	Processos costeiros	Componente geofísico	Processos biológicos	Processos biológicos
Processos geomorfológicos	Clima	Componente geomórfico		
Circulação oceânica		Componente biológico		
Circulação atmosférica		Escala de mapeamento: 1:20.000 - 1:250.000	Escala de mapeamento: 1:2.500 - 1:20.000	Escala de mapeamento: ≥1:2.500
Escala de mapeamento: 1:1.000.000 - 1:5.000.000	Escala de mapeamento: 1:250.000 - 1:1.000.000			

Figura 37: Principais elementos atuantes e a escala de mapeamento indicada para cada nível hierárquico do sistema manguezal.

Fonte: Schaeffer-Novelli et al. (2000; 2005).

A seguir faz-se uma apresentação detalhada de cada nível hierárquico do sistema manguezal.

4.6.1. Grande ecossistema marinho - *Large marine ecosystem*

O Grande Ecossistema Marinho – GEM (*Large Marine Ecosystem*) foi proposto por Longhurst (1998) corresponde às regiões biogeográficas dos oceanos e áreas costeiras, também chamadas de províncias costeiras. Para a delimitação dos GEMs Longhurst (1998) utilizou dados globais de temperatura, pluviosidade e correntes marinhas, mas o principal elemento do zoneamento das regiões biogeográficas

foram os dados de cobertura de clorofila³⁸ e fitoplâncton³⁹ nos mares e oceanos, assim como as estimativas de taxas de produção primária derivados da concentração de clorofila. Esse zoneamento apresentou uma série de cinquenta e um GEMs de distribuição global apresentadas na obra *Ecological geography of the sea* (LONGHURST, 1998).

Longhurst (1998) dividiu o globo terrestre em diferentes GEMs, cada província com características particulares tanto geológicas, quanto geomorfológicas e de concentração de clorofila e fitoplâncton, conforme apresentado na figura 38.

Figura 38: Grandes ecossistemas marinhos – *Large marine ecosystem*.

Fonte: Longhurst (1998).

Essa matriz de classificação das províncias costeiras detalha os fatores oceanográficos e utiliza dados globais de clorofila na delimitação dos GEMs. Durante muitos anos, especialistas de diferentes lugares do mundo contribuíram com dados para essa classificação que considerou principalmente os critérios de batimetria, hidrografia, produtividade e populações. O limite em direção ao oceano pode ser estabelecido também pelos processos oceanográficos ou pela concentração dos pigmentos fitoplanctônicos (SPALDING et al., 2007).

³⁸ Clorofila: molécula responsável pela conversão da energia luminosa em energia química, dentro do processo de fotossíntese (IBGE, 2004).

³⁹ Fitoplâncton: conjunto de organismos fotossintetizantes, em geral microscópicos que flutuam em águas marinhas e/ou doces. Responsável pela grande produção primária em águas marinhas (IBGE, 2004).

Para Sherman (1993) os GEMs equivalem às províncias biogeográficas, que são biomas marinhos e costeiros com extensão de 200.000 km² ou mais. Também para esse autor, os critérios utilizados para a delimitação dos GEMs são: batimetria, hidrografia e produtividade.

Os controles que influenciam esse nível hierárquico são as concentrações de clorofila e fitoplâncton, os processos geológicos, geomorfológicos e oceanográficos, além da topografia do continente adjacente.

No Brasil, de acordo com Longhurst (1998), há incidência de dois GEMs, denominado de Guianas – GUIA e Brasil - BRAZ, conforme figura 39.

Figura 39: Grande ecossistema marinho das Guianas – GUIA e do Brasil – BRAZ.
Fonte: Longhurst (1998).

- **Grande ecossistema marinho das Guianas – GUIA:** se estende desde Recife - PE (8° S), até a ilha de Trindade e Tobago (10° N). Na costa brasileira possui influência da Corrente Marinha do Brasil e da descarga de sedimentos do rio Amazonas, o que acarreta uma baixa concentração de clorofila na água, assim como elevada turbidez (LONGHURST, 1998).

A Corrente do Brasil se origina da bifurcação da Corrente Sul Equatorial, que também origina a Corrente Norte do Brasil (PETERSON; STRAMMA, 1991). A Corrente do Brasil é uma corrente de contorno oeste que se inicia em 10° S, e flui em direção sul até aproximadamente 38° S, onde conflui com a Corrente das Malvinas e se separa da costa brasileira (SILVEIRA, et al., 2000). De acordo com Francisco e Silveira (2004), essa separação ocorre devido à confluência das águas quentes da Corrente do Brasil com as águas de origem subpolar da Corrente das Malvinas, também chamada de Corrente das Falklands. Penteado (1964, p. 335 e 336) apresenta uma descrição da Corrente do Brasil e das Falklands:

A Corrente do Brasil possui uma largura que varia entre 120 e 150 milhas; segue nossa costa, dela afastada cerca de 200 km em média. Sua velocidade atinge 20 milhas por dia, até a latitude do Rio de Janeiro; entretanto, pode esta variar durante o ano sendo mais forte de novembro a janeiro e mais fraca de maio a julho. A Corrente do Brasil, após ultrapassar a citada latitude vai tomando, cada vez mais, o rumo leste e, já na altura da ilha de Tristão da Cunha, corre francamente para leste, em direção à costa africana, quando então sua velocidade atinge 29 milhas diárias, graças aos ventos de oeste. (...) A Corrente das Falklands tem início ao largo da costa sul da Argentina e ruma para NE até 30° sul, com 10 a 20 milhas de velocidade diária. E ela se desvia para leste, as águas quentes e azuis da Corrente do Brasil, sendo facilmente distinguível da precedente, não só pela coloração esverdeada de suas águas, como pela temperatura pouco elevada que possui e, ainda, pelo fato de serem suas águas muito piscosas.

A Corrente do Brasil flui ao longo do talude continental na costa leste, sudeste e sul do Brasil, transporta água tropical com temperaturas superiores a 20 °C e salinidade superior a 36 (VIDIGAL et al., 2006). Já a Corrente Norte do Brasil flui para o nordeste e norte, transportando água oceânica superficial quente, acima de 24 °C e salina, acima de 36,3 (VIDIGAL et al., 2006).

Além do rio Amazonas, esse GEM é influenciado pelos rios Pará, Essequibo e Orinoco, e outros rios menores. Nas desembocaduras desses rios ocorre grande deposição de sedimentos que são carregados ao longo da costa. Devido a essa grande quantidade de sedimentos em suspensão a água fica turva, prejudicando a identificação da quantidade de clorofila nas imagens de satélite, especialmente na foz dos rios Amazonas e Orinoco. A grande quantidade de descarga de água dissolve a água salina, diminuindo a salinidade desses locais (LONGHURST, 1998).

Na foz do rio Amazonas a plataforma continental chega a atingir 200 km de largura. Em estudos sobre a ecologia da Plataforma Amazônica foram identificadas três zonas ecológicas diferentes (A, B e C), como apresentado na figura 40 (LONGHURST, 1998).

Figura 40: Foz do rio Amazonas - Brasil. Localização das zonas A, B e C do Grande Ecossistema Marinho das Guianas.

Fonte: Longhurst (1998, p. 196).

Zona A: zona costeira muito próxima da foz, onde a turbidez é suficientemente alta para inibir a fotossíntese e a concentração de nitrato permanece elevada.

Zona B: ao longo e ao largo da parte dianteira da zona de turbidez (zona A), onde a produção primária deixa de ser limitada a luz e há acúmulo de clorofila.

Zona C: ao largo da pluma de clorofila, onde os valores de clorofila são reduzidos.

- **Grande ecossistema marinho do Brasil (BRAZ):** se estende desde Recife - PE até a Argentina. Apresenta influência da Corrente Marinha do Brasil e da Corrente Marinha das Malvinas (LONGHURST, 1998).

A Corrente do Brasil é delimitada com fluxo associado aos movimentos da água tropical – quente e salina. Essa corrente flui em direção a sudoeste, possui temperatura superior a 20 °C e salinidade superior a 36. Nessa zona costeira existem dois cabos proeminentes: Cabo de São Tomé e Cabo Frio, a topografia é complexa em toda sua extensão, formada por vales e desfiladeiros submarinos, ao

sul possui uma plataforma continental mais larga, mas também de circulação complexa (LONGHURST, 1998).

Os GEMs são áreas que apresentam similaridade de batimetria, hidrografia, produtividade, população pelágica e bentônica, pesca e rede trófica, abrange a plataforma continental e o oceano aberto (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000; 2005).

De acordo com classificação mais recente, apresentada por Knoppers et al. (2009), existem sessenta e quatro GEMs no mundo, sendo que no Brasil estão presente três: Plataforma Norte, Plataforma Leste e Plataforma Sul, conforme apresentado na figura 41. Essa classificação considera as características continentais, a formação da margem oceânica e a ecologia regional.

Figura 41: Grandes ecossistemas marinhos do Brasil.
Fonte: Knoppers et al. (2009, p. 544).

1) **Plataforma Norte do Brasil** – *North Brazil Shelf* (GEM 17 – Grande Ecossistema Marinho da Plataforma Norte do Brasil). Abrange a costa norte sob influência da desembocadura do rio Amazonas – 4° N a 3° S.

Constituída pela costa Quaternária norte. Possui regime de macromarés⁴⁰, com grandes áreas cobertas por manguezais. Atuação principal da Corrente Norte do Brasil (KNOPPERS et al., 2009).

A Plataforma Norte do Brasil – GEM-17 abrange uma área de 1,1 milhões de km², compreendendo as bacias hidrográficas dos rios Amazonas, Tocantins/Araguaia, Atlântico Nordeste Ocidental (KNOPPERS et al., 2009).

O GEM-17 é influenciado pela Corrente das Guianas/Corrente Norte do Brasil, possui plataforma continental com extensos manguezais com bosques densos e altos. Possui produtividade elevada, sendo o rio Amazonas a principal fonte de nutrientes, entretanto, devido à carga de sedimentos trazidos por esse rio, a água torna-se turva limitando a penetração da luz e a produção primária (HEILEMAN, 2014).

A Plataforma Norte do Brasil é uma importante área para a pesca, que também sofre com a superexploração. A poluição nessa zona é considerada moderada, aumentando em alguns pontos onde ocorrem áreas industrializadas, atividades de mineração e locais densamente povoados (HEILEMAN, 2014).

Na costa brasileira as zonas mais produtivas são a Plataforma Norte e Sul do Brasil, na primeira a descarga do rio Amazonas é a principal fonte de nutrientes e na segunda a fonte de nutrientes vem tanto do sistema Prata como do sistema Lagoa dos Patos, assim como nas ressurgências⁴¹ costeiras (KNOPPERS et al., 2009).

Os controles atuantes nesse nível hierárquico são as oscilações do nível do mar e a movimentação das placas tectônicas.

⁴⁰ Macromaré: maré que apresenta amplitude superior a quatro metros (IBGE, 2004).

⁴¹ Ressurgência: movimento vertical da água, normalmente próximo à costa, esse movimento traz nutrientes do fundo para as camadas superficiais. Geralmente induzidos por ventos que sopram da terra para o mar, empurrando as águas da plataforma continental, que são substituídas por uma corrente marinha ascendente. Esse fenômeno geralmente provoca uma excepcional abundância de fitoplâncton, zooplâncton e peixes próximos à superfície (IBGE, 2004).

2) **Plataforma Leste do Brasil – *East Brazil Shelf*** (GEM 16 – Grande Ecossistema Marinho da Plataforma Leste do Brasil). Localizado na costa nordeste e leste, desde as reentrâncias maranhenses – MA até Cabo Frio – RJ – 3° S a 22° S.

Costa Terciária possui regime de mesomarés⁴², área ocupada por manguezais, lagoas, recifes, deltas e ressurgências costeiras (KNOPPERS et al., 2009).

A Plataforma Leste do Brasil – GEM-16 abrange uma área de 1,1 milhões de km², composta pelos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Espírito Santo. Essa área é influenciada pela Corrente Norte do Brasil e pela Corrente do Brasil, apresenta plataforma continental estreita (HEILEMAN, 2014).

O GEM-16 apresenta temperaturas elevadas, mas o regime pluvial é bastante diverso, nos estados do nordeste a precipitação se concentra nos meses de inverno, com médias de 800 mm, nos demais estados, incluindo o sul baiano as médias ficam entre 1.000 e 2.400 mm, exceto na área de ressurgência de Cabo Frio onde a precipitação média fica em torno de 700 mm (MAIA et al., 2005).

Há uma redução do aporte hídrico, mas conta com a presença de importantes rios, tais como: Parnaíba, São Francisco, Jequitinhonha, Mucuri e Doce, correspondente as bacias hidrográficas do Atlântico Nordeste Oriental, rio São Francisco, Atlântico Leste e Atlântico Sudeste (KNOPPERS et al., 2009).

Na Plataforma Leste do Brasil há uma redução da biomassa fitoplanctônica, se comparada a Plataforma Sul, possuindo uma produtividade moderada, sendo que em alguns pontos, como no Banco de Abrolhos, a produtividade é maior, devido a características físicas, químicas e biológicas locais (EKAU; KNOPPERS, 2003).

No GEM-16 se destaca a pesca artesanal e a pesca comercial de lagosta e camarão, principalmente nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Espírito Santo, com destaque para a prática da carcinicultura (EKAU; KNOPPERS, 2003).

⁴² Mesomaré: maré que apresenta amplitude entre dois e quatro metros (IBGE, 2004).

Nesse GEM-16 há também problemas com a sobrepesca. De acordo com Heileman (2014), mais de 70% das populações exploradas comercialmente para pesca encontram-se superexploradas.

O problema da poluição costeira na Plataforma Leste do Brasil é considerado moderado, mas eleva-se próximo a centros urbanos, industriais, portuários e turísticos, além da proximidade com as atividades agrícolas e pecuárias. Nas grandes cidades, o despejo de efluentes não tratados é o principal problema e, para os manguezais, o principal dano é a prática da carcinicultura, só no estado do Rio Grande do Norte a perda de áreas de manguezais para essa atividade foi de cerca de 2.000 ha (HEILEMAN, 2014).

3) **Plataforma Sul do Brasil** – *South Brazil Shelf* (GEM 15 – Grande Ecossistema Marinho da Plataforma Sul do Brasil). Se estende de 22° S a 34° S, ao longo da costa sudeste e sul, abrangendo os estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Esse setor é caracterizado geologicamente como Costa Quaternária Sul – entre 29 e 34° S, e Costa Granítica Sudeste – entre 20 e 29° S. Possui regime de micromarés e áreas formadas por lagunas, baías e manguezais (KNOPPERS et al., 2009; EKAU; KNOPPERS, 2003).

A Plataforma Sul do Brasil – GEM-15 ocupa uma área de 565.500 km², a plataforma continental pode atingir até 220 km em alguns pontos (HEILEMAN; GASALLA, 2014). Abriga bacias hidrográficas importantes como o Atlântico Sudeste e Atlântico Sul, e importantes sistemas costeiros como a Baía da Guanabara – RJ, o estuário de Santos e São Vicente – SP, o Sistema Costeiro Cananéia-Iguape – SP, o estuário de Paranaguá – PR, a Lagoa dos Patos e Mirim – RS (KNOPPERS et al., 2009; HEILEMAN; GASALLA, 2014).

O GEM-15 é influenciado pela Corrente do Brasil e também pela Corrente das Malvinas, com áreas sujeitas a micromarés e ressurgências costeiras. Essa área possui produtividade elevada, com muita produção pesqueira (HEILEMAN; GASALLA, 2014). De acordo com IBAMA (2002), a Plataforma Sul do Brasil contribui

com grande parte da pesca comercial brasileira, entretanto, um dos maiores problemas enfrentados é a sobrepesca com práticas de pesca destrutivas (arrasto em águas rasas, capturas em período de defeso⁴³, etc.) que já causam a diminuição do estoque para algumas espécies de peixes, camarões, moluscos, caranguejos, entre outras.

Outro problema enfrentado no GEM-15 é a poluição costeira, causada principalmente pela grande ocupação urbana. Nessa área estão localizadas as duas maiores cidades do Brasil: São Paulo e Rio de Janeiro, grandes centros industriais e petroquímicos e importantes portos, que contribuem para a poluição costeira por meio de despejo de esgotos, resíduos industriais, químicos, óleos, etc. que causam a poluição da água, do ar e do solo, tornando esse GEM o mais impactado do Brasil (HEILEMAN; GASALLA, 2014).

A partir da Baía da Guanabara – RJ até o limite sul dos manguezais na costa brasileira apresenta um clima tropical úmido, com médias entre 1.000 e 1.500 mm, com manguezais ocorrendo somente nas áreas abrigadas (MAIA et al., 2005).

4.6.2. Domínio costeiro – *Coastal domain*

O Domínio Costeiro (*Coastal Domain*) é o segundo nível hierárquico da classificação proposta por Schaeffer-Novelli et al. (2000; 2005). Representa as oito unidades fisiográficas brasileiras, representado na figura 42.

⁴³ Defeso: período em que as atividades de caça, coleta e pesca são controladas e/ou proibidas; coincidem com o período de reprodução da fauna e tem como objetivo sua preservação e o uso sustentável, varia conforme a espécie a ser protegida e o lugar do território brasileiro.

Figura 42: Domínio Costeiro: representação das oito unidades fisiográficas brasileiras.
 Fonte: Schaeffer-Novelli et al. (1990, p. 206).

Para Schaeffer-Novelli et al. (2000), as características dos bosques de mangue estão diretamente relacionadas aos tipos de costa, o controle de primeira ordem

considera o tipo de formação da costa, podendo apresentar uma costa ativa com movimentos tectônicos ou uma costa passiva, distante das falhas das placas tectônicas. O controle de segunda ordem corresponde aos processos de sedimentação e erosão.

A costa brasileira se estende desde 4° N até 32° S, por cerca de 9.200 km de comprimento, considerando as reentrâncias costeiras (VILLWOCK, 1993). Nesse nível hierárquico a costa foi subdividida em oito unidades fisiográficas, sendo que as unidades I, II e III estão inseridas na Plataforma Norte do Brasil – GEM 17; as unidades IV, V e grande parte da unidade VI correspondem a Plataforma Leste do Brasil – GEM 16; e uma pequena parte da unidade VI e as unidades VII e VIII correspondem a Plataforma Sul do Brasil – GEM 15 (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1990; KNOPPERS et al., 2009).

Há também outras propostas de compartimentação da costa brasileira, com fundamentação ora mais geomorfológica, ora mais geológica. Como no clássico trabalho de Silveira (1964), que dividiu o litoral brasileiro em cinco grandes compartimentos, considerando as características climáticas, geomorfológicas e oceanográficas: 1) Litoral Amazônico ou Equatorial, 2) Litoral Nordeste ou das Barreiras, 3) Litoral Oriental, 4) Litoral Sudeste ou das Escarpas Cristalinas e 5) Litoral Meridional ou Subtropical, descritas no capítulo 5.2.2.

A seguir será apresentada uma descrição das oito unidades fisiográficas do Domínio Costeiro (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1990), acrescentando as contribuições de outros autores que estudaram esses compartimentos, tais como Silveira (1964), Villwock (1993), Ab'Sáber (2000, 2002, 2006, 2007a), Tessler e Goya (2005), Muehe (2006), Tessler (2008), Torres e Machado (2011), entre outros.

-Unidade I: Oiapoque – AP (4° 30' N) ao Cabo Norte – AP (1° 42' N).

Figura 43: Unidade I: Oiapoque – AP (4° 30' N) ao Cabo Norte – AP (1° 42' N).
Fonte: Google Earth (2014).

A Unidade I apresenta elevada pluviosidade. No estado do Amapá as precipitações alcançam 3.500 mm anuais e a temperatura do ar anual média fica em torno de 26-27 °C (MUEHE, 2006).

Nas Unidades I e II, predominam o clima Af – tropical úmido, segundo a proposta de classificação climática de Köppen e Geiger (1936), detalhado no capítulo 5.1. Nessa Unidade há atuação principalmente da massa de ar equatorial continental - mEc e da Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, com clima quente e úmido (acima de 2000 mm) e pequena amplitude térmica anual, inexistindo estação seca e/ou fria (TORRES; MACHADO, 2011).

Para Tessler e Goya (2005), o setor compreendido entre o Oiapoque – AP até Cabo Calcanhar – RN é influenciado pela ação de ventos da ZCIT, que formam ondas de leste e sudeste. Nessa área predominam as correntes marinhas orientadas de leste para oeste, sendo que essa preferência de orientação demonstra mais força entre o cabo de São Roque e o delta do rio Parnaíba, devido ao favorecimento dos ventos Alísios (SILVEIRA, 1964).

As marés apresentam características de macromarés, atingindo 9,8 m na Ilha de Maracá. Devido a geomorfologia do local, com predominância de planícies, favorece a inundação de grandes áreas (MUEHE, 2006). Na Baía do Oiapoque a amplitude de marés é menor, atingindo 2,7 m (TESSLER, 2008).

A zona costeira do Amapá corresponde ao Litoral Amazônico ou Equatorial, na compartimentação proposta por Silveira (1964). Nesse setor a plataforma continental apresenta grande largura, sendo que na área localizada próxima ao Cabo Orange alcança 208 km. A plataforma continental é rasa, sendo recoberta por sedimentos, tanto no fundo quanto em suspensão, trazidos pelo rio Amazonas (TESSLER, GOYA, 2005).

O Estado do Amapá apresenta uma costa retilínea com largura variando entre 10 e 120 km, as formações geológicas apresentam depósitos sedimentares de idade terciária e quaternária, sendo a primeira de origem continental e a segunda de origem flúvio-estuarina (MUEHE, 2006).

De acordo com Ab'Sáber (2000), essa área corresponde ao setor costeiro norte amapaense, localizada a beira mar, colmatada⁴⁴ por sedimentos finos, predominantemente argilas, trazidas para o mar pelo rio Amazonas e devolvidos novamente para a costa pela ação da Corrente Norte do Brasil.

Para Tessler (2008), a costa do Amapá apresenta grande mobilidade sedimentar, influenciada pela descarga hídrica e sedimentar do rio Amazonas e também pelos fatores hidrodinâmicos, principalmente pela atuação das marés. Apresenta costas retilíneas e em constante processo de acréscimo sedimentar.

Na unidade I os terrenos Terciários⁴⁵ e Quaternários se apóiam sobre embasamento cristalino pré-cambriano, formado por terrenos baixos onde se desenvolvem extensas planícies de maré lamosas ocupadas por manguezais (VILLWOCK, 1993).

⁴⁴ Colmatada: do francês *colmater*, significa direcionar águas abundantes em sedimentos para regiões mais baixas, para que ali se depositem, aterrem ou encham de sedimentos.

⁴⁵ Terciário e Quaternário: correspondem a subdivisões da Era Cenozóica, sendo o período Quaternário o mais recente da história da Terra (SUGUIO, 2005).

Na Ilha de Maracá, ocorrem pequenas faixas de mangues a sudeste e noroeste, bem como ao longo do chamado Canal do Inferno, que divide ao meio o corpo da ilha. Desde o Canal de Parapaporis até o início das largas faixas de restingas do Cabo Caciporé e Cabo Orange, existem pequeninas reentrâncias no mangue que cedem espaço a uma longa faixa de planícies fluviomarinhas (AB'SABER, 2007, p. 76).

Entre os rios Oiapoque e Amazonas encontram-se os maiores manguezais brasileiros, cuja espécie dominante é a *Avicennia nitida*, formando uma faixa contínua entre o norte do Amapá até o interior do estuário do Oiapoque, essa vegetação é importante na fixação dos sedimentos movimentados pelas marés e correntes (SANT'ANNA; WHATELY, 1981).

As unidades I, II e III, proposta na divisão do Domínio Costeiro, correspondem à classificação de Litoral Amazônico, proposto por Silveira (1964), localizado entre o extremo norte do Amapá até o Golfão Maranhense, área fortemente influenciada pela desembocadura do rio Amazonas.

-Unidade II: Cabo Norte – AP (1° 42' N) a Ponta Coruçá – PA (0° 36' S).

Figura 44: Unidade II: Cabo Norte – AP (1° 42' N) a Ponta Coruçá – PA (0° 36'S).
Fonte: Google Earth (2014).

Nessa zona costeira a temperatura do ar média anual é de 27 °C, podendo chegar à máxima de 42 °C. A pluviosidade média anual é de 2.500 mm e a principal corrente costeira é a Norte Brasileira (MUEHE, 2006). Assim como na Unidade I o clima nesta unidade também é caracterizado como Af - tropical úmido, segundo a proposta de classificação climática de Köppen e Geiger (1936).

Corresponde a uma típica costa deposicional, condicionada por macromarés, que atingem em alguns pontos até oito metros de amplitude (VILLWOCK, 1993; AB'SÁBER, 2007). Há também algumas particularidades, como na zona costeira do Pará, que é influenciada tanto pelas macromarés, com amplitudes de 5,2 m na zona oceânica, quanto pelas mesomarés, com amplitude de 3,6 m na zona estuarina (MUEHE, 2006).

Para Ab'Sáber (2002), a gênese da zona costeira amazônica é entendida mediante o conhecimento do “sobe e desce” do nível do oceano. De acordo com o autor, entre 23 e 13 mil anos A.P., o nível do mar baixou para cerca de 100 m, nesse período a precipitação na Amazônia eram menores que atualmente. Por volta de 12.700 anos A.P. houve um aumento do nível do mar de três metros acima do nível atual, o que provocou um afogamento dos bosques norte e sul do Amazonas, posteriormente o mar recuou iniciando os processos de sedimentação que criaram os suportes atuais das áreas inundáveis de Marajó – PA.

No Setor do Golfão Marajoara/Ilha de Marajó, a costa apresenta gênese complexa, tanto tectônica, quanto fisiográfica, refletindo a existência de um mosaico de sistemas (AB'SÁBER, 2006). Sendo que a costa do Pará é caracterizada por um conjunto de reentrâncias, com presença de vales afogados (TESSLER, 2008).

De acordo com Silveira (1964), essa área é caracterizada pela instabilidade das linhas costeiras. Há uma combinação entre a ação das águas marinhas, movimento de marés e correntes marinhas, combinada com a ação dos ventos e correntes fluviais, devido a essa dinâmica costeira as formas litorâneas alteram-se com rapidez.

Para Ab'Sáber (2006, p. 99), esse sítio é caracterizado pela presença de sedimentos finos (argilas) “jogados ao mar pelo Amazonas e devolvidos para a costa pela ação da corrente marinha tropical norte brasileira”.

Corresponde ao setor delta do Araguaí, planície deltaica formada pela projeção de sedimentos trazidos pelo rio Araguaí, com lagos rasos de pequeno porte. Corresponde também, ao setor costeiro sul amapaense, zona colmatada por sedimentos finos, que servem de suporte a extensas áreas de manguezais. Ao setor Amapá ribeirinho e boca norte do rio Amazonas, uma faixa lamosa extensa, com ausência de praias arenosas. Setor Golfão Marajoara, Ilha de Marajó, formado pelo delta interno de Breves, composto por um mosaico de paisagens formado sobre uma costa de gênese complexa, tectônica e fisiograficamente. A baía da Bocas, rio Pará, delta do Tocantins (Abaetetuba) e terraços de Belém e Marajó (Icoaraci/Belém), formados por terraços baixos Quaternários e composto por manguezais (AB'SÁBER, 2000).

Almeida (1996) estudou os manguezais de alguns municípios do Pará, sendo três áreas localizadas na Unidade II, nos municípios de Ananindeua, Belém e Colares, e três na Unidade III, nos municípios de Curuçá, Primavera e Bragança. Considerou que os manguezais localizados na Unidade II são influenciados diretamente pela vertente sul do rio Amazonas, e apresentam concentração de salinidade na faixa de 10 e 20, a vegetação encontrada nessas áreas é composta tanto de espécies típicas de manguezais como de espécies associadas.

Na área da foz do rio Amazonas o desenvolvimento de manguezais é inibido pela grande descarga de água fluvial. Nessa área há ocorrência de algumas árvores típicas da floresta de água doce e macrófitas, que concorrem com as espécies de mangue (KJERFVE; LACERDA, 1993).

Nas áreas mais elevadas atingidas, somente nas marés mais altas, situadas principalmente atrás dos manguezais, ocorre uma intensa evaporação e há concentração de sais na superfície formando as zonas livres de vegetação, chamadas de apicuns (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000).

Os manguezais da Ilha do Marajó são constituídos principalmente por *Rhizophora mangle*, em alguns locais há ocorrência de mangues até onde incide somente água doce, como no rio Aramá, localizado na parte ocidental da Ilha do Marajó (SANT'ANNA; WHATELY, 1981). De acordo com Ab'Sáber (2002, p. 16 e 17):

O leque de lamas que se forma em frente de Marajó graças à junção do material fino descartado pelas boca norte do Amazonas e a boca do rio Pará (Tocantins, estreitos de Breves, rio Guamá) ficou disponível para a ação das marés, em uma costa marcada por uma tropicalidade berrante. Daí decorre as duas modalidades de mangues da costa do Amapá e do litoral do Pará-Maranhão. Trata-se de manguezais frontais, fisiograficamente muito diferentes entre si: retinizados no Amapá, após o delta do Araguaí, e “trombetiformes” na zona costeira do nordeste paraense e noroeste do Maranhão, não existindo nada igual no restante da costa tropical e subtropical atlântica do Brasil (AB’SÁBER, 2002, p. 16 e 17).

-Unidade III: Ponta Coruçá - PA (0° 36' S) a Ponta Mangue Seco - MA (2° 15' S).

Figura 45: Unidade III: Ponta Coruçá – PA (0° 36'S) a Ponta Mangue Seco – MA (2° 15' S).
Fonte: Google Earth (2014).

Esse setor corresponde ao Litoral Amazônico ou Equatorial, de acordo com a classificação de Silveira (1964). Apresenta precipitação média anual superior a 1.600 mm e temperatura média do ar em torno de 24 °C (MUEHE, 2006).

Na Unidade III há influência tanto do clima Af – tropical úmido, predominante nas unidades I e II, quanto do clima Aw' – tropical com chuvas de verão-outono. Nesse último ocorre a influência da massa equatorial continental – mEc e da massa tropical atlântica – mTa que promovem grande umidade, com concentração de chuvas principalmente no verão e no outono (TORRES; MACHADO, 2011).

Nesse setor se pode encontrar macromarés com amplitudes de 7,2 metros e mesomarés com amplitudes entre 3,8 e 1,5 m (SILVEIRA, 1964).

Esse trecho da costa é caracterizado por reentrâncias. Entre o Golfão Marajoara e São João de Pirabas, no estado do Pará, há o predomínio de vales estuarinos esculpidos em sedimentos terciários do Grupo Barreiras, em contato direto com o mar. Na proximidade com o estado do Maranhão esses sedimentos se tornam mais interiorizados, ocorre costas baixas ocupadas por amplas planícies lamosas, com regimes de mesomarés, com 3,5 metros de amplitude (TESSLER, 2008).

Para Ab'Sáber (2000), essa unidade corresponde ao setor rias⁴⁶ retomadas por manguezais do nordeste do Maranhão. A costa de rias foi originada no Holoceno, e posteriormente ocupada por sedimentos argilosos, nas margens de estuários pequenos; corresponde também ao setor Baía de São Marcos e São José do Ribamar e Ilha do Maranhão, composta pelas duas mais largas rias do setor norte da costa brasileira, originadas pela ingressão marinha holocênica; e ao setor Baía de Tubarão, arquipélago costeiro de Santana, formada por rias submersas e ilhas continentais costeiras. Para Silveira (1964, p. 280):

Na parte leste do litoral do Pará e em bom trecho do litoral maranhense, a costa apresenta muitas semelhanças com os quadros gerais da paisagem amazônica. Mas a costa, mais recortada, oferece estuários mais nítidos do que os paraenses e amapaenses. A inclinação no perfil longitudinal dos vales é também maior, pois as terras altas estão bem mais próximas.

Próximo a ilha de São Luís, no Golfão Maranhense, os mangues se desenvolvem em ambientes lineares paralelos à praia (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000).

Em estudo realizado por Almeida (1996), nos municípios de Curuçá, Primavera e Bragança, no estado do Pará, verificou-se que os manguezais nesses locais possuem maior interferência dos condicionantes marinhos, sendo que as taxas de salinidade nesses bosques ficam na média de 40, nesses locais foram identificados

⁴⁶ Rias: configuração geográfica formada pela foz de um rio, um tipo de costa formando um vale costeiro submerso ou estuário que foi tomado pelo mar. São entradas do mar, continente adentro formado pelo afogamento de desembocaduras fluviais, que pode ocorrer tanto pela subida do nível do mar, como pelo abaixamento da crosta (SUGUIO, 1998).

principalmente a flora típica de mangue, composta por *R. mangle*, *R. racemosa*, *A. germinas* e *L. racemosa*.

Almeida (1996) conclui que nas áreas onde ocorre maior influência dos condicionantes marinhos, os bosques de mangue são compostos exclusivamente de espécies típicas de mangue e em áreas estuarinas, com influência também dos condicionantes terrestres/fluviais os bosques de mangue são igualmente compostos de espécies facultativas, com vegetação típica de várzea e igapó. Segundo Ab'Sáber (2007 p. 94 e 98):

Da fronteira do Pará até o Golfão Maranhense há a presença de mangues frontais e laterais mascarando uma costa de rias, um tipo de ecossistema de planícies de marés, tropicais desenvolvido em lodaçais costeiros salinos. O suporte ecológico dessa vegetação costeira depende de grandes massas de argila visitadas pela salinidade das marés.

-Unidade IV: Ponta do Manguê Seco – MA (2° 15' S) ao Cabo Calcanhar – RN (5° 08' S).

Figura 46: Unidade IV: Ponta Manguê Seco – MA (2° 15' S) ao Cabo Calcanhar – RN (5° 08' S).
Fonte: Google Earth (2014).

Na Unidade IV ocorre a influência de dois tipos climáticos, o Aw' – tropical com chuvas de verão-outono, e Aw – tropical com estação seca de inverno (KÖPPEN; GEIGER, 1936). Ambos são climas quentes, o primeiro apresenta chuvas concentradas no verão e outono e o segundo principalmente no verão, com inverno seco (TORRES; MACHADO, 2011).

Esse trecho é caracterizado por uma costa retilínea, pouco recortada. Baixa precipitação e presença constante dos ventos Alísios (SILVEIRA, 1964). A corrente marinha que exerce maior influência é a Norte Brasileira (MUEHE, 2006).

A costa maranhense, a leste de São Luís, apresenta característica retilínea, composto por planícies flúvio-marinhas e apresenta regime de mesomarés. Em Barreirinhas – MA, há presença de um extenso campo de dunas, onde se localiza o Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses. Um pouco mais a leste na costa do Ceará as planícies costeiras apresentam estreitas faixas, com largura média de 2,5 km. No setor setentrional da costa do Rio Grande do Norte ocorrem praias arenosas e falésias do Grupo Barreiras, a amplitude média das marés fica em torno de 1,3 metros, entretanto durante as marés de sizígia ocorrem amplitudes de 3,3 m (TESSLER, 2008).

Nesse segmento encontra-se o Grupo Barreiras, de origem sedimentar. A plataforma continental é estreita, com menos de 80 km (TESSLER, GOYA, 2005). Entretanto, no delta do rio Parnaíba a largura da plataforma continental é de 170 km (SILVEIRA, 1964).

Para Villwock (1993), essa formação, que se estende até o Cabo Calcanhar, é caracterizada por pequenos aportes fluviais. É comum o desenvolvimento de planícies costeiras com sistemas laguna/barreira de pequena extensão. Na costa nordestina predominam as falésias esculpidas sobre o Grupo Barreiras, há presença de dunas, que se estabelecem em função do clima semiárido e da presença dos ventos Alísios, alguns rios não conseguem ultrapassar as dunas e outros são intermitentes.

Nessa unidade encontra-se o setor Lençóis Maranhenses, onde se localiza um extenso campo de dunas. Corresponde também ao setor Delta do Parnaíba e ilhas costeiras de Futóia, área resultante da sedimentação predominantemente arenosa

do rio Parnaíba. O setor Ceará norte, com presença de enseadas rasas e extensas faixas de praias arenosas. O setor costa nordeste do Ceará e norte potiguar, com brusca transição entre os tabuleiros sublitorâneos e a borda oeste da rampa costeira da Chapada do Apodi/Mossoró, aonde a semiaridez chega ao mar (AB'SÁBER, 2000).

A zona costeira do Ceará apresenta drenagens de pequeno porte e por isso em períodos de estiagens apresentam condições de hipersalinização, sendo que os manguezais estão presentes na foz de rios perenes, principalmente nos rios Acaraú, Ceará, Coreaú, Jaguaribe e Timonha. Entretanto, nas últimas décadas muitas áreas de manguezais foram desmatadas para construção de viveiros de camarão (MUEHE, 2006).

De acordo com Ab'Sáber (2007), nos estados do Ceará e do Rio Grande do Norte, a semiaridez chega até a costa e os bosques de mangues são pouco desenvolvidos, tanto em extensão quanto em estrutura.

Devido a essa característica mais seca, essa unidade apresenta um baixo desenvolvimento estrutural dos manguezais, com ocorrência limitada aos estuários dos rios perenes (SCHAEFFER-NOVELLI, 1989; 1995; SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1990).

As unidades IV e V da divisão do Domínio Costeiro correspondem à classificação de Litoral Nordestino ou das Barreiras, proposto por Silveira (1964). Localizado entre a foz do rio Parnaíba, entre os estados do Maranhão e Piauí, até Salvador, na Bahia. Nesse segmento encontram-se duas direções de linha de costa, com mudança brusca de direção no Cabo Calcanhar. A costa localizada entre o rio Parnaíba e o Cabo Calcanhar, no Rio Grande do Norte, possui direção leste-oeste, a partir desse ponto há uma mudança brusca de direção da costa para nordeste-sudeste.

-Unidade V: Cabo Calcanhar – RN (5° 08' S) ao Recôncavo Baiano – BA (13° 00' S).

Figura 47: Unidade V: Cabo Calcanhar – RN (5° 08' S) ao Recôncavo Baiano – BA (13° 00' S).
Fonte: Google Earth (2014).

Pertencem a unidade V a zona costeira dos estados da Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e parte da Bahia. Caracterizada por vários ambientes de sedimentação com depósitos fluviais, terraços marinhos holocênicos e pleistocênicos, dunas costeiras, bancos de recifes e praias, além da presença de tabuleiros (MUEHE, 2006).

Nessa unidade a temperatura média do ar fica em torno de 23 °C e a temperatura da água superficial entre 27-28,7 °C, a precipitação média anual varia entre 2.050 mm em Pernambuco, e 1.800 mm em Alagoas. Predominam as mesomarés que variam entre 2 m de sizígia e 0,6 m de quadratura, com médias de 1 m (MUEHE, 2006).

Na Unidade V ocorrem os climas Aw – tropical com estação seca de inverno; As – tropical com estação seca de verão; Am – clima de monção, quente e úmido; e Af – tropical úmido (KÖPPEN; GEIGER, 1936; TORRES; MACHADO, 2011).

De acordo com Tessler e Goya (2005), o setor localizado entre os estados de Pernambuco e Rio de Janeiro, mais precisamente até Cabo Frio, possuem ondas efetivas no transporte sedimentar, essas ondas são geradas pelos ventos Alísios dos quadrantes nordeste e leste e possuem altura entre 1 e 2 metros.

Esse setor costeiro é caracterizado pela mudança de direção costeira, que até aqui era predominantemente no sentido leste/oeste e agora passa a ser de direção norte/sul. Apresenta praias arenosas e planas, sendo em alguns locais estreitas, devido ao contato do Grupo Barreiras com a linha de costa, por vezes recortadas por estuários (TESSLER, 2008).

A zona costeira do Rio Grande do Norte é marcada pela presença de planícies e tabuleiros costeiros, assim como rochas praias e campos de dunas. Devido sua localização geográfica esse setor é dividido entre litoral setentrional com direção leste-oeste, que pertence a Unidade IV, e litoral oriental com direção norte-sul, pertencente a essa unidade (MUEHE, 2006).

Corresponde aos seguintes setores definidos por Ab'Sáber (2000): setor costeiro Torres/Natal, formado por praias arenosas, presença de rios intermitentes sazonários, passando a perenes quando próximos da costa. Setor João Pessoa/Cabedelo, com trechos de rios perenes e semi-perenes provenientes da borda leste úmida do Planalto da Borborema. Setor Costa do Recife, com enseadas rasas e altos tabuleiros, domínio hidrográfico dos rios Capiberibe e Beberibe. Setor costa das Alagoas/Sergipe, com rias encarceradas por restingas. Setor delta do São Francisco, formação de delta arqueado, típico de litorais tropicais, com areias trazidas do rio São Francisco. Setor Aracajú/São Cristovão, com amplas planícies costeiras e recuo de tabuleiros. Setor Costa Norte da Bahia, costa retilínea com eventuais cursos d'água encarcerados. Silveira (1964, p. 285) considera que:

Do Cabo de São Roque à Baía de Todos os Santos. Os aspectos geomórficos destacados desse trecho do litoral são a presença, junto à costa, dos depósitos terciários e as linhas de recifes. A planície litorânea, que se dispõe ao pé das formações terciárias, é geralmente delgada e muito pouco elevada. Em regra, é planície de acumulação de 2 a 3 metros de altura, construída por terraços marinhos ou por cordões litorâneos (SILVEIRA, 1964, p. 285).

A unidade V é caracterizada por falésias de origem sedimentar e idade terciária. Na foz dos rios desenvolvem-se planícies costeiras constituídas por sistemas múltiplos laguna/barreira pleistocênicos e holocênicos. Esses locais, atingidos por um regime de mesomarés são ocupados por manguezais (VILLWOCK, 1993).

Nos estados da Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Sergipe, onde os sedimentos do Grupo Barreiras são dissecados pela rede de drenagem, os mangues ocupam a planície litorânea e faixas relativamente amplas (SANT'ANNA; WHATELY, 1981).

De acordo com Sant'Anna e Whately (1981), no estado da Bahia os manguezais ocupam o Recôncavo, a desembocadura do rio Paraguaçu e a parte interna da Ilha de Itaparica, além do estuário dos rios Uma, Jequié e baía de Camamu.

-Unidade VI: Recôncavo Baiano – BA (13° 00' S) a Cabo Frio – RJ (23° 00' S).

Figura 48: Unidade VI: Recôncavo Baiano – BA (13° 00' S) a Cabo Frio – RJ (23° 00' S).
Fonte: Google Earth (2014).

Na Unidade VI ocorre o clima Af – tropical úmido; Am – clima de monções, quente e úmido; e Cfb – temperado úmido com verão temperado (KÖPPEN; GEIGER, 1936). A influência da massa de ar tropical atlântica – mTa favorece a umidade e devido o relevo a ocorrência de chuvas orográficas (TORRES; MACHADO, 2011).

A temperatura média do ar fica em torno de 22 °C, em alguns locais como em Caravelas - BA a temperatura média é maior, em torno de 24,5 °C, com precipitação de 1.389 mm (MUEHE, 2006).

Nesse segmento é comum a formação de recifes de arenitos praias e de corais. Os rios mais importantes são: Contas, Pardo, Jequitinhonha, Doce, Itabapoana e

Paraíba do Sul, em sua maioria formam deltas em suas desembocaduras. A plataforma continental não apresenta largura uniforme, com extensões que variam entre 30 e mais de 200 km (TESSLER, GOYA, 2005). De acordo com Silveira (1964), no litoral de Caravelas – BA a plataforma continental alcança 200 km de largura.

A unidade VI do Domínio Costeiro equivale ao segmento do Litoral Oriental na classificação de Silveira (1964), corresponde ao mesmo trecho da costa, entre Salvador, na Bahia, até Cabo Frio no Rio de Janeiro. Nesse trecho são encontradas características do Litoral Nordeste e do Litoral de Sudeste. O Grupo Barreiras continua nesse segmento, mas é possível encontrar trechos com afloramentos do Embasamento Cristalino (SILVEIRA, 1964).

As planícies costeiras possuem depósitos sedimentares Quaternários muito desenvolvidos. São ainda mais desenvolvidos em torno da foz de alguns rios como o Jequitinhonha, o Doce e o Paraíba do Sul (VILLWOCK, 1993).

Para Ab'Sáber (2000), nessa unidade encontra-se o setor da costa do Recôncavo Baiano, marcada pela presença da Baía de Todos os Santos, caracterizado por fossa tectônica em forma de funda reentrância sul-norte. Também o setor complexo costeiro central da Bahia, com ilhas costeiras, praias arenosas e lagunas. Setor complexo costeiro sul da Bahia, costa de Ilhéus, Porto Seguro/Itacaré, Canavieiras Belmonte, com tabuleiros ondulados drenados por três rios: Contas, Pardo e Jequitinhonha. Setor delta do rio Doce e planície costeira alargada regional, com pequenas lagoas costeiras. Setor costeiro de Vitória, presença marcante da Ilha do Espírito Santo, semi-isolada por manguezais interiores, encravados por pontões rochosos. Setor costeiro sul espiritosantense, com vales de pequenos rios provenientes da Serra do Mar. E setor delta do rio Paraíba do Sul, a maior planície deltaica arqueada da costa brasileira.

Do Recôncavo Baiano – BA em direção ao sul ocorrem pequenos segmentos de praias retilíneas, interrompidas pelas desembocaduras de alguns estuários. No trecho da costa do Espírito Santo predomina a ocorrência de tabuleiros e falésias, além da ocorrência de promontórios cristalinos pré-cambrianos e planícies flúvio-marinhas de idade quaternária. No setor entre a fronteira do Espírito Santo até Cabo

Frio - RJ é caracterizado pela presença de sistemas de estreitos cordões litorâneo transgressivos, apresentando planícies costeiras de crista de praia, separadas por promontórios rochosos cristalino (TESSLER, 2008).

Em estudo realizado por Soares et al. (2008), em Caravelas – BA, foram identificadas três espécies de mangues, a *Rhizophora mangle* domina principalmente as áreas com maior frequência de inundação pelas marés, a *Avicennia schaueriana* em áreas com maior influência salina e *Laguncularia racemosa* nas áreas com maior influência do aporte de água doce.

-Unidade VII: Cabo Frio – RJ (23° 00' S) a Torres – RS (29° 20' S).

Figura 49: Unidade VII: Cabo Frio – RJ (23° 00' S) a Torres – RS (29° 20' S).
Fonte: Google Earth (2014).

A Unidade VII é caracterizada pela formação cristalina da Serra do Mar que algumas vezes adentra o oceano e planícies costeiras, ora mais larga, ora mais estreita. A temperatura média do ar variam entre 20,8 e 22 °C, a pluviosidade média anual fica acima de 2.000 mm, sendo que alguns pontos alcançam mais de 4.000 mm, predominam micromarés inferiores a 2 metros (MUEHE, 2006).

Nas Unidades VII e VIII há influência do clima Cfa – temperado úmido com verão quente, e clima Cfb – temperado úmido com verão temperado (KÖPPEN; GEIGER, 1936).

As marés são de pequena amplitude, quando comparadas ao norte do país, marés médias inferiores a um metro, sendo que no limite dos manguezais (Laguna – SC) alcançam apenas 0,24 m (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1990).

As ondas que atingem a costa brasileira entre Cabo Frio – RJ e Chuí – RS são de grande capacidade de transporte sedimentar costeiro e estão associadas aos sistemas frontais, com altura variando entre 1 e 4 metros (TESSLER, GOYA, 2005).

No litoral do estado de São Paulo a plataforma continental alcança uma largura mediana com 120 km em Ubatuba e 163 km na Barra do Icapara, município de Iguape. Sendo que em Laguna – SC apresenta uma largura inferior, com 105 km (SILVEIRA, 1964).

Parte da Unidade VII do Domínio Costeiro corresponde ao segmento de Litoral Sudeste ou das Escarpas Cristalinas proposta na classificação de Silveira (1964), no trecho entre Cabo Frio – RJ, até Cabo de Santa Marta – SC, com predomínio da presença do Embasamento Cristalino. A partir de Cabo Frio a costa passa por uma mudança de orientação, agora volta a ser de direção leste-oeste, a partir da baía da Ilha Grande até Cabo de Santa Marta, a direção volta a apresentar direção nordeste-sudeste. Nesse segmento grande parte das drenagens flui para o interior do continente, os principais rios são o Ribeira de Iguape e o Itajaí-Açú (TESSLER; GOYA, 2005).

No setor compreendido entre Cabo Frio e a Baía de Guanabara, ambos no Rio de Janeiro, apresentam estreitos cordões litorâneos também separados por promontórios rochosos cristalinos, favorecendo a formação de lagunas conhecidas como Região dos Lagos. A Baía da Guanabara, por sua vez, está disposta ao longo de um eixo de falha, que se prolonga em direção ao mar (TESSLER, 2008).

Em direção ao sul, estendendo-se para os estados de São Paulo e Paraná, ocorre a presença do complexo cristalino, com a presença da Serra do Mar convergindo, em alguns pontos, com a linha de costa. Há também presença de pequenas planícies

flúvio-marinhas que se desenvolveram no interior das enseadas. Na costa sul do estado de São Paulo a Serra do Mar torna-se mais interiorizada e isso possibilitou que, durante o Quaternário, as variações relativas do nível do mar modelassem as planícies costeiras e formasse os cordões arenosos, configurando um sistema estuarino-lagunar. No município de Laguna – SC ocorre uma longa barreira arenosa com orientação nordeste/sudoeste (TESSLER, 2008).

Nesse setor destaca-se o embasamento cristalino granito-gnáissico representado pelo complexo da Serra do Mar, cujas escarpas chegam muitas vezes até o mar. Ocorrem pequenas planícies costeiras compostas por sistemas de laguna/barreira ou por sistemas de cordões litorâneos regressivos⁴⁷, pleistocênicos e holocênicos. Em alguns locais as barreiras⁴⁸ arenosas isolam pequenas lagunas onde se desenvolvem manguezais (VILLWOCK, 1993). É o setor da Baixada Santista e do Sistema Costeiro Cananéia-Iguape, na costa do estado de São Paulo, com presença de manguezais (AB'SÁBER, 2006).

Na unidade VII encontra-se o limite sul dos manguezais na costa atlântica da América do Sul, no município de Laguna – Santa Catarina, mais precisamente no rio Ponta Grossa - 28° 30' S (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1990).

⁴⁷ Cordões litorâneos regressivos: são corpos arenosos alongados, dispostos paralelamente, ocupando amplas áreas em zonas costeiras em progradação (VILLWOCK et al., 2005, p. 97).

⁴⁸ Barreiras: são corpos de areia paralelos à linha de costa que se elevam acima do nível da mais alta maré e que estão separados do continente por uma área lagunar. Quando esse corpo arenoso está separado do continente, aplica-se o nome de ilha-barreira (VILLWOCK et al., 2005, p. 97).

-Unidade VIII: Torres – RS (29° 20' S) ao Chuí – RS (33° 45' S).

Figura 50: Unidade VIII: Torres – RS (29° 20' S) ao Chuí – RS (33° 45' S).
Fonte: Google Earth (2014).

Nesta unidade predomina o clima Cfa – temperado úmido com verão quente, e o clima Cfb – temperado úmido com verão temperado (KÖPPEN; GEIGER, 1936).

A unidade VIII apresenta uma linha de costa retilinizada, com presença de cordões litorâneos e um conjunto significativo de lagoas e lagunas costeiras. Possui regime de micromarés inferiores a 1,5 m (MUEHE, 2006).

A região sul é marcada por uma extensa planície costeira, no qual um sistema múltiplo e complexo de barreiras arenosas resguardando um grande sistema lagunar chamado Lagoa dos Patos e Mirim, além de sistemas lagunares menores. O maior aporte de água doce no mar se deve a desembocadura dessa laguna, no Rio Grande do Sul (TESSLER, GOYA, 2005).

Parte da unidade VII e toda a unidade VIII do Domínio Costeiro fazem parte do Litoral Meridional ou Subtropical da classificação de Silveira (1964), esse segmento se estende do Cabo de Santa Marta – SC, até o extremo sul brasileiro, Chuí – RS. Apresenta uma costa retilínea, com plataforma continental larga, com 160 km no Chuí (SILVEIRA, 1964).

Corresponde aos seguintes setores identificados por Ab'Sáber (2000): setor costeiro Torres/Capão da Canoa, com presença de restingas e lagoas. Setor costeiro dotado de três feixes de restingas e dois alinhamentos de lagoas, lagoinhas intradunares. Setor grande restinga do Rio Grande do Sul e Lagoa dos Patos, a mais extensa restinga da costa brasileira. Setor canal de Rio Grande e São José do Norte, acesso à Lagoa dos Patos. Setor interno da Lagoa dos Patos, costa retilínea. E setor Praia do Cassino, Lagoa Mirim, Pelotas/Chuí, último setor da costa brasileira, com extensas praias e restingas.

Na Unidade VIII não há bosques de mangue, pois a vegetação predominante da zona intertidal é formada pelas marismas (SCHAEFFER-NOVELLI, 1989; 1995; SCHAEFFER-NOVELLI et al. 1990).

4.6.3. Tipologia - *Setting*

A Tipologia (*Setting*), também denominada de ambiente, corresponde ao terceiro nível hierárquico na classificação apresentada por Schaeffer-Novelli et al. (2000; 2005).

Esse terceiro nível hierárquico foi proposto por Thom (1982; 1984) e refere-se às unidades morfodinâmicas onde os manguezais estão inseridos. Essa unidade é formada por paisagens complexas e podem conter componentes que não possuem cobertura vegetal, como as planícies salinas ou apicuns (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2005).

Este nível possui três influências principais: primeiro, o componente geofísico (clima, marés, nível do mar, etc.), correspondendo à história do ambiente. Segundo, a história geológica que construiu o componente geomórfico (tipo de sedimentação: carbonática ou terrígena; microtopografia, tipo de sedimentos, drenagem, etc.),

representando as formas ocupadas pelos manguezais. E terceiro, o conjunto das espécies existentes que seria o componente biológico (THOM, 1984). Os dois primeiros componentes: geofísico e geomórfico podem ser combinados para formar diferentes configurações físicas – tipologias, para serem habitats de mangue (THOM, 1982).

O componente geofísico atua a partir da escala global para as escalas regionais. Cada localidade costeira possui a sua própria história, que inclui a história da variação do volume do mar e seus movimentos. As características climáticas e de marés também são únicas, elas influenciam até mesmo no volume e no escoamento dos cursos d'água, interferindo dessa forma na deposição de sedimentos, na salinidade do estuário e na configuração geral da costa (THOM, 1982).

O componente geomórfico é resultante da atuação do componente geofísico, compreende a história da dinâmica da superfície costeira, que define o conjunto de habitats geomorfológicos. No nível macro há duas grandes classes de relevo: os terrígenos, proveniente da deposição de sedimentos; e os carbonáticos, resultantes do crescimento de recifes de corais e/ou deposição de carbonato.

Para Thom (1982), as forças físicas atuantes em um ambiente, para que ocorram manguezais, podem ser divididas conforme sua escala de atuação em: escala global e regional. A primeira tem uma abrangência global e continental, como a circulação atmosférica e oceânica, os processos geofísicos e a história geológica, bem como a tectônica de placas e as oscilações do nível do mar. A escala regional centra-se nos processos formadores e modeladores do relevo costeiro, clima regional, drenagem e geologia da bacia, assim como os processos marinhos de formação de ondas e regimes de maré.

A partir das condições geomorfológicas locais, que são repetidas em escalas diferentes nos continentes onde ocorrem mangues, é possível identificar padrões ambientais geomorfológicos, resultado de combinações únicas de clima, hidrografia, substratos e demais características geofísicas, configurando-se como visto no capítulo 4.5, na assinatura energética do manguezal. Esses padrões ambientais podem ser utilizados como base para os estudos dos manguezais.

Ainda de acordo com Thom (1982), os habitats dos manguezais estão sujeitos a mudanças contínuas, determinadas pelo movimento das marés, ondas, vazão dos cursos d'água, oscilação do nível do mar, etc. Esses processos variam ao longo do tempo, tanto em magnitude como em frequência.

Twilley (1995) vê bastante similaridade entre a proposta de organização do sistema manguezal de acordo com a assinatura energética do ambiente e a proposta de organização de tipologias apresentada por Thom (1984), visto que, ambas consideram importantes as energias geofísicas na organização do sistema manguezal, que incluem principalmente o estudo da precipitação, vazão dos rios, amplitude de maré, turbidez da água, energia das ondas, etc.

Mesmo Thom (1982; 1984) não utilizando a terminologia sistêmica na sua proposta ela fica implícita, à medida que propõe uma organização hierárquica dos fatores geofísicos, geomórficos e biológicos. Para Twilley (1995), a geomorfologia reflete a assinatura energética do manguezal. Assim, a proposta de classificação apresentada por Thom (1982), baseada nas características geomorfológicas do sistema, corresponde à estrutura e a função do manguezal.

O componente geofísico inclui variadas forças físicas desde uma escala global até a escala regional, tais como a variação do nível relativo do mar, as flutuações glacio-eustáticas, a mecânica das marés, as condições climáticas, a energia solar, a energia gravitacional/rotacional, dinâmica atmosférica, entre outras (THOM, 1982; VALE, 2004).

O componente geomórfico é o produto resultante das forças físicas existentes no componente geofísico. A história da superfície da Terra e a ação dos processos geomórficos determinam as condições do habitat dos manguezais (THOM, 1982). Esse componente é caracterizado por três níveis espaciais de abordagem, tais como: sedimentação, processos particulares refletindo na participação das ondas, deflúvios e efeitos secundários da maré e microtopografia; para Herz (1991, p. 21):

As mudanças geomorfológicas em tais ambientes, por processos de erosão e deposição de grande mobilidade temporal, determinam o avanço ou destruição de superfícies cobertas por esse tipo de vegetação, criando-se diferentes respostas fisiológicas aos processos geomórficos e conduzindo a adaptação de comunidades ajustadas à disponibilidade dos fatores do componente físico (HERZ, 1991, p. 21).

O componente biológico refere-se ao comportamento da flora frente aos processos físicos e geomórficos, esses influenciam no estabelecimento, crescimento, estabilização e regeneração da flora.

Os manguezais podem tanto criar novas formas de relevo, favorecendo a deposição de sedimentos e aumentando a linha de costa, como modificar as formas de relevo já existentes, até mesmo fragmentando-o. Para Thom (1982), os ambientes costeiros são ambientes em constante modificação, uma vez que podem tanto gerar novas formas de relevo como favorecer os processos erosivos costeiros. West (1956) também enfatizou a relação existente entre a vegetação de mangue e os processos geomorfológicos.

De acordo com Woodroffe (1992), as espécies que compõem os manguezais sofrem influência dos gradientes ambientais e como resposta a essas influências, apresentam uma organização própria. Os manguezais devem ser vistos como resposta ecológica às condições externas de sedimentação, microtopografia, hidrologia estuarina e geoquímica (THOM, 1982).

A classificação de tipologias costeiras proposta por Thom (1982, 1984), abrange oito tipologias, sendo as cinco primeiras localizadas sobre sedimentos terrígenos, como pode ser verificado na figura 51, e as três últimas sobre plataforma de carbonato de cálcio. No Brasil, é possível encontrar a formação das cinco primeiras.

Figura 51: Tipologias em ambientes terrígenos.

Fonte: Thom (1982, p. 9).

Tipologia 1 – dominada por rio.

Nessa tipologia ocorre pouca variação de maré, há grande entrada de sedimentos carregados pelos rios (areia/silte/argila) e grande importância da vazão dos cursos d'água. Esses sedimentos alóctones⁴⁹ são depositados formando suaves declives que amortecem a energia das ondas e adentra para o mar, elevando a linha de costa, essa grande deposição normalmente forma feições deltáicas, baías e lagunas, conforme figura 52 (THOM, 1984).

Figura 52: Tipologia dominada por rio.

Fonte: Woodroffe (1992, p. 14).

⁴⁹ Alóctone: que não é originário do local onde habita (CIPRO NETO, 2009).

São tipologias caracterizadas por mudanças rápidas nos canais distributários (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1992). Esse tipo de estrutura se origina quando a acumulação de sedimentos excede as perdas por erosão (CINTRÓN, 1987).

Para Hutchings e Saenger (1987), a tipologia 1, chamada de planície aluvial é característica de costas com baixa amplitude de marés, onde as águas fluviais depositam areias, siltes e argilas na foz, formando deltas. Essa acumulação de sedimentos ajuda a diminuir o embate da energia das ondas.

Essa tipologia é caracterizada pela diversidade morfológica e pelas rápidas mudanças de habitats. Os manguezais ocorrem nos veios abandonados e dentro da planície deltaica, formando extensos bosques, como por exemplo, o delta do rio Mississippi e o delta do rio Orinoco (THOM, 1982).

Tipologia 2 – dominada pela variação das marés.

Os sedimentos (alóctones) trazidos pelos rios são depositados na linha de costa, na foz, entre os fluxos de entrada de marés. Nesses locais há grande amplitude e correntes de marés, que dispersam os sedimentos trazidos pelos rios (THOM, 1984). Como na foz do rio Amazonas, onde os sedimentos são direcionados para o norte, em direção a costa do Amapá.

Os canais fluviais principais possuem forma de funil e são alinhados por numerosos canais de marés (Figura 53). Os manguezais ocorrem ao longo das margens dos canais (THOM, 1982).

Figura 53: Tipologia dominada por maré.

Fonte: Woodroffe (1992, p. 14).

De acordo com Hutchings e Saenger (1987), a tipologia 2 ocorre em costas com altas amplitudes de maré, que são responsáveis pela dispersão de sedimentos trazidos para o litoral. A energia das ondas é baixa, devido à atenuação intertidal (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1992).

Tipologia 3 – dominada por barreiras e lagunas.

Nesse ambiente ocorre a presença de ondas de elevada energia e pequena descarga fluvial. A plataforma possui maior declive e há grande quantidade de areia o que ajuda na formação de cordões arenosos. Os manguezais se formam nas lagoas protegidas pelas ilhas e cordões arenosos (WOODROFFE, 1992).

A costa é caracterizada como autóctone⁵⁰, com relevo costeiro típico, com ilhas-barreiras, barreiras e baías. As ilhas-barreiras encerram extensas lagunas alongadas, enquanto baías podem encerrar vales fluviais afogados (Figura 54), sendo que o grau de modificação das marés pode ser bastante variável (THOM, 1982).

Figura 54: Tipologia dominada por ondas.
Fonte: Woodroffe (1992, p. 14).

Para Hutchings e Saenger (1987), a tipologia 3, chamada de barreiras e lagoas, possui como principal característica a presença de ondas marcantes e baixa vazão dos cursos d'água. Os manguezais ocorrem próximos a lagunas, como no Sistema Costeiro Cananéia-Iguape, no estado de São Paulo.

⁵⁰ Autóctone: originário do local onde habita (CIPRO NETO, 2009).

Local com elevada energia de ondas e também elevada descarga fluvial, cujos sedimentos são trazidos pelos rios e rapidamente distribuídos ao longo da costa (THOM, 1984). A planície costeira é dominada por cordões arenosos, estreitas lagunas descontínuas com planície aluvial em direção ao continente (Figura 55).

Tipologia 5 – vale fluvial afogado.

Tipologia com presença de vale fluvial, onde esse vale rochoso foi inundado pela elevação do nível relativo do mar, nem os rios e nem o mar conseguiram ainda depositar muitos sedimentos (THOM, 1982). Os manguezais ocorrem em sedimentos próximos a cabeceiras do estuário, ou em pequenos deltas formados na foz, conforme apresentado na figura 56.

Figura 56: Tipologia com vale fluvial afogado.

Fonte: Woodroffe (1992, p. 15).

Vale (2004) comprovou que mesmo o manguezal ocorrendo em um vale afogado, como no rio Beneventes – ES pode apresentar um bom desenvolvimento estrutural. Esse estudo verificou que o estuário do rio Benevente encontra-se protegido da ação das ondas e das marés, com presença de ilhas que abrigam esse vale fluvial afogado (VALE, 2004).

Para Hutchings e Saenger (1987), a tipologia 5 é limitada por um sistema de vale afogado pelo aumento do nível do mar. Os mangues ocorrem nos sedimentos finos depositados na cabeceira do estuário e nas lagoas que ocorrem atrás das barreiras, próximo a foz do estuário.

O Sistema Estuarino de Santos, apesar de não ser facilmente encaixado em uma das tipologias propostas por Thom (1982), pode ser classificado como tipologia V, devido suas características fisiográficas (SOARES, 1997).

Tipologias 6, 7 e 8 – ambientes carbonáticos

As Tipologias 6, 7 e 8 (Figura 57) ocorrem onde a oferta de sedimentos terrestre é baixa ou praticamente ausente, dominando a formação de sedimentos carbonáticos, principalmente em ilhas oceânicas, recifes de corais e bancos de carbonato, além de substratos turfosos formado pela decomposição das plantas de mangue (WOODROFFE, 1992).

Figura 57: Tipologias em ambientes carbonáticos.

Fonte: Woodroffe (1992, p. 15).

O carbonato se acumula de forma lenta na plataforma continental, formando recifes de corais, os recifes e o acúmulo de areia amortecem a energia das ondas, o que favorece a colonização de mangues, como no sul da Flórida nos Estados Unidos e em quase toda a região do Caribe.

Quando se compara essas três últimas tipologias com as cinco primeiras pode considerar que essas últimas ocorrem em ambientes geomorfologicamente não tão ativos, com mudanças de forma mais lenta (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1992).

A tipologia 6 ocorre sobre plataformas de carbonato de baixa energia, típicas de área oligotróficas rasas tropicais. O acúmulo de carbonatos ocorre de forma lenta na plataforma continental, os recifes de corais e as areias auxiliam no amortecimento da energia das ondas (THOM, 1984). Sendo que os manguezais crescem sobre plataformas de corais ou acumulação de carbonato de lamas e areias (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1992).

Na tipologia 7 os manguezais se estabelecem por trás de áreas protegidas por barreiras de coral, onde ocorre depósito de turfa rasas e areias derivadas de fragmentos de corais, sendo que em alguns pontos há bosques dominados por *Rhizophoras* (THOM, 1984).

A tipologia 8 ocorre em áreas sem barreiras de proteção, em ambientes de baixa energia, onde os manguezais crescem sobre superfícies carbonáticas formadas no Pleistoceno, inundadas devido à elevação do nível do mar ocorrida no Holoceno (THOM, 1984).

Entende-se que as tipologias não são categorias distintas, mas sim configurações integradas, sendo que, em algumas costas podem apresentar duas ou mais formas individuais.

4.6.4. Padrão – *Stand*

O quarto nível hierárquico Padrão (*Stand*) equivale aos tipos fisiográficos de bosques de mangue propostos por Lugo e Snedaker (1974) e posteriormente reorganizados por Schaeffer-Novelli et al. (2000).

Para Lugo (1980), as mudanças nos ambientes de manguezais são controladas por muitos fatores externos. O conceito de “assinatura energética”, apresentado no capítulo 4.5, também foi utilizado na organização da classificação fisiográfica dos bosques de mangue que corresponde ao nível Padrão.

Segundo Schaeffer-Novelli et al. (2000), o nível padrão é influenciado principalmente por três fatores: 1) taxa de recorrência de distúrbios alogênicos, mudanças nas condições do ambiente (fatores externos); 2) mudanças na hidrologia advinda de forças externas; 3) frequência de focos de doenças/insetos. Esses fatores podem causar a morte de parte do bosque ou do bosque inteiro, além da possibilidade de causar somente a renovação periódica dos bosques, com adaptações as novas condições ambientais.

Dessa forma, a escala temporal é influenciada pela taxa de distúrbios alogênicos, ou seja, pela ocorrência de mudanças ambientais como uma seca severa, um

maremoto, etc. Também pode ser determinado pela ocorrência de mudanças na hidrologia local, conduzindo a morte do bosque de mangue, assim como pela ocorrência de uma infestação de insetos ou por uma doença generalizada no bosque. Portanto, a escala temporal varia conforme a vitalidade do bosque (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000).

Para Cintrón e Schaeffer-Novelli (1985), a aparência externa dos manguezais corresponde à resposta do ambiente a uma série de características e hábitos das espécies que o compõe, desta forma, o ambiente responde formando diferentes arquiteturas de bosques. A quantidade de biomassa acumulada no bosque é um importante indicador da saúde e desenvolvimento nesse nível hierárquico (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2005).

O sistema de classificação dos tipos fisiográficos dos bosques de mangue proposto por Lugo e Snedaker (1974), baseia-se nas características estruturais e funcionais desses bosques. Os autores consideram que cada tipo fisiográfico reflete a assinatura energética local, ou seja, cada bosque possui características singulares quanto à hidrodinâmica, ao tipo de substrato e ao aporte de nutrientes. Dessa forma, cada tipo fisiográfico de mangue compartilha condições semelhantes de assinatura energética.

A classificação proposta por Lugo e Snedaker (1974), apresentava seis tipos fisiográficos de bosque: Franja, Bacia, Ribeirinho, Ilhote, Arbustivo e Anão. Depois essa classificação foi reagrupada por Cintrón e Schaeffer-Novelli (1983) e Cintrón, Lugo e Martinez (1985) que consideraram somente três tipos fisiográficos principais: Franja, Bacia e Ribeirinho. Posteriormente Schaeffer-Novelli et al. (2000) sugeriram somente dois tipos principais de bosques: Franja e Bacia e quatro subtipos: Ribeirinho, Ilhote, Arbustivo e Anão.

Essa nova organização, apresentada por Schaeffer-Novelli et al. (2000), tem como critério principal a cinética do movimento da água e o hidroperíodo de inundação, isto é, o movimento da água no bosque (entrada e saída) e o período que o ambiente estaria sujeito ao menor e ao maior fluxo de água dentro do sistema.

No tipo franja há grande fluxo de água, tanto pela variação das marés, quanto pela variação das correntes e águas fluviais. Já no tipo bacia há menor fluxo de água,

visto que nesse ambiente há entrada esporádica de marés e a água escoar lentamente, podendo ainda permanecer estagnada no bosque, permanecendo inundado por longos períodos.

Padrão bosque tipo Franja

Ocorre ao longo das linhas de costas protegidas e ilhas, em contato com a água do mar, presentes em estuários, baías e ilhas, conforme figura 58. Por estar em contato diário com a cunha salina apresenta uma ampla variação de salinidade e nutrientes. Geralmente a salinidade é próxima à da água do mar. O gênero predominante é a *Rhizophora*, exporta grande quantidade de matéria orgânica para os mares (LUGO, 1980; SCHAEFFER-NOVELLI, et al., 2000).

Figura 58: Bosque tipo Franja.

Fonte: Cintrón e Schaeffer-Novelli (1983). Desenho: Santos (2014, presente trabalho).

Quando rodeia o entorno de uma ilha, é chamado de subtipo ilhote e quando cresce ao longo de um curso d'água, onde há grande descarga de nutrientes e água doce, é chamado de subtipo ribeirão. Sendo que em ambientes oligotróficos apresenta baixo desenvolvimento estrutural formando o subtipo arbustivo.

De acordo com Cintrón e Schaeffer-Novelli (1983), a estrutura desse padrão depende da quantidade de nutrientes presentes nas águas que banham o ambiente. Exportam grande quantidade de matéria orgânica particulada para o mar, devido ao vai e vem das marés.

Para Hutchings e Saenger (1987), o bosque franja pode ser afetado por fortes ventos, por estarem expostos ao longo das costas, isso resulta em acúmulo de elevada quantidade de detritos entre as raízes. Também devido a sua exposição à entrada de ondas e marés são suscetíveis a processos erosivos (LACERDA, 2001).

O tipo franja é inundado diariamente pelas marés, e esse vai e vem diário das marés carregam a serrapilheira acumulada no substrato. Esse tipo apresenta topografia variável, por vezes íngreme, por estar na frente da costa sofre a interferência da ação dos ventos. A maior característica desse tipo de bosque é a frequência constante dos fluxos de água, tanto de água doce como de água salgada, com a entrada das marés (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000).

Padrão bosque tipo Bacia

Ocorre em áreas interiores no continente, ao longo dos canais de drenagem onde o relevo apresenta uma suave depressão “bacia”, conforme figura 59. A movimentação das águas é lenta, tanto a entrada quanto a saída, assim o fluxo de águas é de baixa frequência (LUGO, 1980).

Figura 59: Bosque tipo Bacia.

Fonte: Cintrón e Schaeffer-Novelli (1983). Desenho: Santos (2014, presente trabalho).

Ocupa regiões sujeitas ao menor fluxo de entrada das marés, podendo ser atingido somente pelas marés mais altas. Quando as marés conseguem inundar o bosque bacia ao se retirarem, normalmente, deixam uma lâmina de água salgada, que se

evapora deixando uma camada de sais na superfície, tornando a salinidade superficial e intersticial mais elevada (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000).

Seu melhor desenvolvimento ocorre onde a precipitação excede a evapotranspiração potencial, ou seja, necessita da entrada da água da chuva ou do escoamento superficial⁵¹ para aumentar o seu desenvolvimento; se não houver essa condição o bosque será estruturalmente menor, formando os subtipos arbustivo e/ou anão (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1992; SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000). Isso ocorre, pois a entrada da maré no ambiente contribui com a chegada de sais no substrato e com a lenta saída da maré, essa lâmina de água salgada favorece a concentração de sais no substrato, caso não ocorra precipitação ou escoamento de água superficial para “lavar” esse substrato essa concentração de sais pode favorecer o aparecimento de áreas hipersalinas, desprovidas de vegetação.

Devido ao restrito movimento dos fluxos d’água, seja pelas esporádicas entradas de marés, seja pelo escoamento de água pluvial, a matéria orgânica em decomposição pode ficar acumulada e formar turfa (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000). Nesse bosque é mais comum a ocorrência dos gêneros *Avicennia* e *Laguncularia* (CINTRÓN, LUGO, MARTINEZ, 1985).

Padrão bosque subtipo Ribeirinho

O subtipo ribeirinho é derivado do bosque franja; desenvolvem-se ao longo das margens dos rios e demais cursos d’água (Figura 60). A presença constante de água doce e salgada, proveniente da entrada da maré e do aporte fluvial, ocasiona um elevado desenvolvimento estrutural do bosque, devido principalmente a grande quantidade de nutrientes presentes nesse ambiente, além de serem grandes exportadores de matéria orgânica. O subtipo ribeirinho não apresenta acúmulo de sais ou falta de nutrientes, visto que os fluxos de água doce constante equilibram essas condições (LUGO, 1980; CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1983).

⁵¹ Escoamento superficial: excesso de água que não é absorvida pelo solo e flui superficialmente (RIBEIRO, 2001).

Figura 60: Bosque subtipo Ribeirinho.

Fonte: Cintrón e Schaeffer-Novelli (1983). Desenho: Santos (2014, presente trabalho).

O bosque subtipo ribeirinho apresenta fluxo intenso de água fluvial e elevada entrada de nutrientes no sistema, ocorrendo até o local onde há entrada da cunha salina. Apresenta grande desenvolvimento dos bosques, favorecido pela precipitação, escoamento, aporte de nutrientes e baixa salinidade intersticial (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1992).

Há presença de marés diárias, assim como inundações, durante a estação chuvosa. Esse vai e vem das águas (fluviais e marinhas) contribuem para a oxigenação do substrato e não permitem a acumulação de sais no ambiente (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1983).

Para Hutchings e Saenger (1987), durante a estação chuvosa a salinidade diminui, visto que há incremento de águas pluviais e o escoamento superficial aumenta. A salinidade intersticial em bosques ribeirinhos é geralmente baixa, se comparados aos outros tipos de bosques (CINTRÓN; LUGO; MARTINEZ, 1985).

De acordo com Lacerda (2001), quando o fluxo de água doce é predominante a entrada da maré, como ocorre no rio Amazonas, pode haver uma diminuição dos bosques ribeirinhos devido à competição com as macrófitas de água doce.

Padrão bosque subtipo Ilhote

O subtipo ilhote é derivado do bosque tipo franja, ocorre devido a sua organização estrutural, cercando uma ilha ou península⁵² (Figura 61). Caracteriza-se pela presença diária das marés, além de serem completamente inundados durante as marés altas, possuem grande taxa de exportação de matéria orgânica (LUGO, 1980).

Figura 61: Bosque subtipo Ilhote.

Fonte: Cintrón e Schaeffer-Novelli (1983). Desenho: Santos (2014, presente trabalho).

Padrão bosque subtipo Arbustivo

O subtipo arbustivo pode ser derivado tanto do bosque franja, quando ocorre na área de fluxos intensos de água, quanto do bosque bacia, onde ocorre menor fluxo de água. De acordo com Coelho Júnior (2003), o principal fator que limita o desenvolvimento do subtipo arbustivo são as baixas concentrações de nutrientes, (Figura 62).

⁵² Península: massa continental circundada quase completamente pelas águas, conectada ao continente por uma faixa estreita de terra (IBGE, 2004).

Figura 62: Bosque subtipo Arbustivo.

Fonte: Cintrón e Schaeffer-Novelli (1983). Desenho: Santos (2014, presente trabalho).

Padrão bosque subtipo Anão

O subtipo anão pode ser derivado tanto do bosque franja quanto do bosque bacia. Geralmente é um indicativo de algum tensor ambiental, imposto normalmente por condições edáficas. Ocorre principalmente sobre plataformas de carbonato de cálcio ou substratos turfosos, apresentam baixa estatura, normalmente as árvores adultas apresentam menos de dois metros de altura (Figura 63) muito comum no sul da Flórida (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000).

Figura 63: Bosque subtipo Anão.

Fonte: Cintrón e Schaeffer-Novelli (1983). Desenho: Santos (2014, presente trabalho).

O bosque subtipo anão cresce normalmente sobre plataformas de carbonato de cálcio ou sobre substratos turfosos apresentam um baixo desenvolvimento estrutural (LUGO, 1980). Em alguns locais ocorrem o subtipo anão devido à hipersalinidade no ambiente (SOARES, 1997).

Em um mesmo ambiente podem ocorrer associações entre os tipos de bosques, próximo ao canal pode haver o tipo franja e no interior o tipo bacia; um bosque subtipo ribeirinho pode ser seguido de um bosque tipo bacia, etc.

De acordo com as observações realizadas por Cintrón, Lugo e Martinez (1985), o bosque tipo bacia apresenta uma maior variedade de espécies do que o subtipo ribeirinho, que por sua vez apresenta maior número de espécies quando comparado ao tipo franja, isso ocorre devido às condições presente em cada bosque. O bosque franja apresenta condições estáveis de salinidade e nutrientes, além disso, está exposta a maior intensidade de energia cinética, devido à entrada constante de marés, essas condições apresentadas por esse bosque selecionam as espécies que conseguem sobreviver nesse ambiente. Nos bosques bacia e ribeirinho há maior variação nas características de salinidade e de aporte de nutrientes, além disso, a energia cinética é menor, com menor fluxo de água, dessa forma, maior variedade de espécies conseguem se adaptar e se desenvolver.

Os tensores atuantes nesse nível hierárquico são a construção de barragens, erosão costeira, aterros, derramamento de óleos, carcinicultura, desmatamento, despejo de esgoto, entre outros.

4.6.5. Parcela – Site

O nível hierárquico de maior detalhe, de acordo com a classificação apresentada por Schaeffer-Novelli et al. (2000; 2005), é a Parcela (Site). Os elementos atuantes que

se destacam nesse nível são os processos biológicos, sendo que a ocorrência de clareiras, ocasionadas principalmente pela queda de árvores senescentes, é o principal fator da dinâmica local. Essas clareiras podem ser formadas por desmatamentos, relâmpagos, ventos fortes e ataque de vermes nas árvores, sendo o mais comum o Teredo, molusco *Teredo navalis* (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000; 2005; COELHO JÚNIOR, 2003).

É possível encontrar, na parcela, uniformidade de estrutura da vegetação, substrato e topografia. Nessa escala de estudo é possível verificar dados florísticos e fisionômicos do bosque, os tensores podem ser percebidos pela morte de um indivíduo ou de um grupo de árvores. Podem também ser evidenciados os processos biológicos para busca de espaço, fixação de propágulos, busca por nutrientes, luz e água.

Elementos abióticos mais importantes nesse nível são: salinidade, temperatura, substrato, luz, umidade e nutrientes. Os processos dominantes são a forte concorrência entre as árvores por espaço, luz, água e nutrientes (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000; 2005). O ambiente físico no interior de uma parcela é diferente do que ocorre sob a copa das árvores, com relação às condições de temperatura, luz, umidade, etc., visto que há a incidência de um microclima, dadas às condições específicas de sombreamento das árvores.

A organização e a estruturação das raízes são bastante perceptíveis nesse nível hierárquico, e são responsáveis pelo acúmulo de sedimentos, que influencia na frequência de inundação do bosque, da mesma maneira são responsáveis pela metade da biomassa presente na parcela (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2005).

Blasco (1984) apresenta uma classificação para os ambientes onde podem ocorrer manguezais: áreas com temperaturas e umidade elevadas, onde se encontra 90% das áreas de manguezais. Ambientes subúmidos onde os manguezais podem ser encontrados ocasionalmente. Ambientes semiáridos onde os mangues são raramente encontrados. E áreas áridas onde praticamente não existem manguezais. Essa classificação considera somente os atributos climáticos, como: temperatura do

ar, precipitação, umidade e evapotranspiração⁵³. Esses atributos são tidos como essenciais para a ocorrência ou não de bosques de mangues, entretanto, é necessário considerar outros fatores como a geomorfologia costeira, o fluxo de águas (doce e salgada), a topografia local, entre outros. Tais considerações se encontram no capítulo a seguir

⁵³ Evapotranspiração: soma de vapor d'água evaporado, do solo e das plantas, quando o solo está com seu conteúdo real de umidade (IBGE, 2004).

5. INTERAÇÃO DOS NÍVEIS HIERÁRQUICOS DOS MANGUEZAIS COM OS SISTEMAS ATMOSFÉRICO, TERRESTRE E MARINHO

(...) os litorais constituem-se em zonas de contatos tríplexes: terra, mar e dinâmica climática. Sem falar dos notáveis mostruários de ecossistemas que se assentam e diferenciam no mosaico terra/água existente no espaço total da costa (AB'SÁBER, 2000, p. 27).

O sistema costeiro é formado pela interação entre os sistemas atmosférico, terrestre e marinho, é a chamada zona de contato tríplex (terra – mar – clima) de acordo com Ab'Sáber (2000). Essa interação possibilita o surgimento de ambientes ímpares como os manguezais, que só ocorrem devido a essa interação. Esse capítulo aborda a análise dos sistemas atmosférico, terrestre e marinho e a interação desses no sistema costeiro.

De acordo com Cintrón e Schaeffer-Novelli (1984), em cada um desses sistemas existem fatores determinantes para o estabelecimento, desenvolvimento, manutenção e regeneração dos manguezais, conforme apresentado na figura 64.

Figura 64: Fluxograma apresentando fatores determinantes no estabelecimento, desenvolvimento, manutenção e regeneração dos manguezais.
Fonte: Cintrón e Schaeffer-Novelli (1985, p. 5).

Cintrón e Schaeffer-Novelli (1985) destacam três componentes principais no fluxograma apresentado na figura 64: atmosfera, oceano e crosta terrestre. No primeiro componente – atmosfera: destacam-se os atributos climáticos vento, pluviosidade e temperatura. No segundo componente – oceanos: destacam-se as ondas, marés e correntes, além de eventos extremos como os tsunamis. O terceiro componente – crosta terrestre: corresponde à configuração da geomorfologia regional e local.

O presente trabalho descreve alguns desses componentes apresentados na figura 64. Juntamente com outros, elencados a seguir: radiação solar, massas de ar, variação do nível relativo do mar, processos erosivos e deposicionais, que influenciam no estabelecimento, desenvolvimento, manutenção e regeneração dos manguezais.

Assim, a análise foi dividida em três sistemas, onde a componente atmosfera corresponde ao Sistema Atmosférico; a crosta terrestre corresponde ao Sistema Terrestre e o oceano corresponde ao Sistema Marinho, em cada um desses sistemas foram destacados alguns elementos, fatores e processos que serão apresentados detalhadamente ao longo desse capítulo, conforme apresentado no esquema da figura 65.

Figura 65: Elementos, fatores e processos presentes nos Sistemas Atmosférico, Terrestre e Marinho. Organização: Santos (2014, presente trabalho).

A interação entre esses três sistemas (atmosférico, terrestre e marinho) estabelece o sistema costeiro, apresentado no capítulo 5.4. Os atuais ambientes do sistema costeiro são herança dos processos ocorridos ao longo do tempo de formação desse sistema, e mesmo hoje, a dinâmica costeira continua modelando e alterando esses ambientes.

Além da descrição de cada um dos sistemas, procurou-se identificar a sua influência em cada nível hierárquico do manguezal, buscando uma interpretação a respeito dos elementos, fatores e processos que afetam cada nível.

5.1. O Sistema Atmosférico e os Manguezais

Com o objetivo de identificar quais elementos, fatores e processos climáticos exercem maior influência em cada um dos níveis hierárquicos do sistema manguezal, realizou-se uma revisão bibliográfica sobre as escalas climáticas, seus controles e atributos.

O clima pode ser estudado por meio de sua dimensão espacial e temporal, sendo as duas dimensões empregadas em vários estudos. As escalas espaciais mais conhecidas são: macroescala, mesoescala e microescala; e as escalas temporais são: geológica, histórica e contemporânea (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002; MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Outros autores utilizam diferentes subdivisões de escalas espaciais para a caracterização climática. Na proposta de Monteiro (1976) são utilizadas as seguintes escalas: zonal, regional, sub-regional, local, mesoclima, topoclima e microclima, discutidas detalhadamente adiante nesse capítulo.

Para Nunes (1998), a escala é um aspecto importante das ciências atmosféricas, ela define, além da área, o período de abrangência de uma pesquisa, assim como os atributos, as técnicas e os métodos que devem ser empregados no trabalho para que os objetivos sejam alcançados.

Não se deve considerar que as escalas de análise servem apenas para organizar o estudo dos fenômenos atmosféricos, pois esses ocorrem de forma contínua, no espaço e no tempo, ou seja, mesmo delimitando diferentes escalas essas terão influência direta uma sobre a outra.

De acordo com Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002), a macroescala ou macroclima, refere-se aos fenômenos de escala zonal e regional, compreendem grandes áreas da superfície da Terra, desde o planeta, às zonas latitudinais: baixas, médias e altas. Na escala zonal os controles climáticos de maior influência são a posição relativa entre a Terra e o Sol, a latitude, a altitude, a posição geográfica da área a ser investigada (continentalidade/maritimidade), etc. Para Monteiro (1976), a escala cartográfica de tratamento do domínio climático⁵⁴ zonal é pequena, variando entre 1:45.000.000 a 1:10.000.000, portanto a extensão espacial é superior a ordem de milhões de quilômetros quadrados. A escala temporal de estudo seria no mínimo trinta anos e a fonte de dados para pesquisa as imagens de satélite do globo, como as obtidas pelos satélites *GOES EAST*, *GOES WEST*, *METEOSAT*, entre outros.

No domínio climático regional, os controles climáticos que exercem maior influência são a circulação atmosférica, as massas de ar e a configuração do relevo, nesse domínio a escala cartográfica varia entre 1:5.000.000 a 1:2.000.000. A escala temporal de estudo ideal seria trinta anos, com estudos encontrados entre cinco e dez anos e a fonte de dados secundários englobando uma rede de informações (MONTEIRO, 1976). Há também o domínio climático denominado sub-regional cuja escala cartográfica de tratamento varia entre 1:1.000.000 a 1:500.000 (MONTEIRO, 1976).

Esse padrão de escala temporal de trinta anos é denominado como normal climatológica. Nesse padrão se verifica o valor médio dos elementos/atributos

⁵⁴ Domínio climático: nomenclatura adotada na presente pesquisa em referência ao termo 'espaço climático' utilizado por Monteiro (1976).

meteorológico em períodos padronizados de trinta anos. A primeira normal elaborada abrange o período entre 1901 e 1930, a segunda entre 1931 e 1960, a terceira entre 1961 e 1990 e a quarta normal entre 1991 e 2020, ainda em andamento (WMO, 1989; IBGE, 2004).

O segundo nível de escala espacial do clima, denominado mesoescala corresponde ao clima local, ao mesoclima e ao topoclima (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002). Essa escala de análise possui um detalhamento maior que a anterior e trata de áreas que apresentam certa homogeneidade, como as áreas metropolitanas, florestas, cultivos, etc. Essa escala possibilita a análise da ação antrópica na paisagem.

No domínio climático local a escala cartográfica varia entre 1:250.000 a 1:100.000, a escala temporal e a fonte de dados são a mesma da escala regional, trinta anos. Para Monteiro (1976), o clima local é considerado a unidade básica das observações meteorológicas. Nessa escala ocorrem os registros dos dados das estações meteorológicas, convencionais e automáticas.

No mesoclima a escala cartográfica varia entre 1:50.000 a 1:25.000, seria uma fração da unidade básica do clima local. O topoclima varia entre 1:10.000 a 1:5.000 e nessa última a configuração do relevo se apresenta como o controle climático mais importante, é a posição do relevo que irá configurar a diferenciação dos atributos climáticos, por exemplo, a exposição/orientação da vertente (norte, sul, leste ou oeste) poderá determinar a temperatura e a umidade do local. A escala temporal é o estudo de um fenômeno, que pode durar um dia ou algumas horas e a fonte de dados pode incluir trabalhos de campo (MONTEIRO, 1976).

A escala de maior detalhe é denominada como microescala ou microclima, sendo o tipo de cobertura do solo o controle climático mais importante (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002). Para Monteiro (1976), a escala cartográfica de tratamento do microclima é a de maior detalhe 1:2.000. A escala temporal pode ser instantânea, a fonte de dados pode ser o trabalho de campo, assim como um banco de dados.

O quadro 4, organizado por Monteiro (1976), apresenta as subdivisões das escalas espaciais do clima, conforme exposto ao longo desse capítulo. O autor relaciona as

categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o “Clima Urbano”. A presente pesquisa utilizou essa classificação para a análise do clima nos diferentes níveis hierárquicos dos manguezais, pois foi possível extrapolar o referido quadro para o meio ambiente natural dos manguezais.

Quadro 4: Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o “Clima Urbano”.

Ordens de grandeza (Cailleux e Tricart)	Unidades de superfície	Escala cartográfica de tratamento	Espaços climáticos	Espaços urbanos	Estratégias de abordagem		
					Meios de observação	Fatores de organização	Técnicas de análise
II	10 ⁶ (milhões de km)	1: 45.000.000 1:10.000.000	Zonal	—	Satélites Nefanálises ⁵⁵	Latitude Centros de ação atmosférica	Caracterização geral comparativa
III	10 ⁴ (milhões de km)	1: 5.000.000 1:2.000.000	Regional	Megalópole grande área metropolitana	Cartas sinóticas sondagens aerológicas rede meteorológica de superfície	Sistemas meteorológicos (circulação secundária)	Redes transectos
IV	10 ² (centenas de km)	1:000.000 1:500.000	Sub-regional (fácies)			Fatores geográficos regionais	Mapeamento sistemático
V	10 (dezenas de km)	1:250.000 1:100.000	Local	Área metropolitana metrópole	Posto meteorológica Rede complementar	Integração geoecológica Ação antrópica	Análise espacial
VI	10 ⁻² (centenas de m)	1:50.000 1:25.000	Mesoclima	Cidade grande bairro ou subúrbio de metrópole	Registros móveis (episódicos)	Urbanismo	Especiais
—	Dezenas de metros	1:10.000 1:5.000	Topoclima	Pequena cidade Fácies de bairro/subúrbio de cidade	(Detalhe)	Arquitetura	
—	Metros	1:2.000	Microclima	Grande edificação habitação setor de habitação	Baterias de instrumentos especiais	Habitação	

Fonte: Monteiro (1976, p. 109).

⁵⁵ Nefanálise: análise do mapa meteorológico de área mais ou menos ampla, identificando e especificando aspectos quantitativos e qualitativos das nuvens e de outros fenômenos associados, geralmente com o objetivo de previsão do tempo.

Existem outras propostas de organização das escalas climáticas na climatologia geográfica, como as apresentadas por Ribeiro (1993) e Mendonça e Danni-Oliveira (2007), entretanto, apesar de algumas especificidades, elas apresentam semelhanças com a proposta de Monteiro (1976).

Mendonça e Danni-Oliveira (2007) evidenciam a dificuldade em se estabelecer uma organização das escalas climáticas, visto que, essa classificação é uma proposta artificial de organização, sendo uma delimitação subjetiva.

De acordo com Ribeiro (1993), os processos físicos climáticos que ocorrem em uma escala superior resultam em modificações sucessivas no comportamento da atmosfera até as escalas inferiores, entretanto, as combinações particulares dos processos físicos climáticos que ocorrem nas escalas inferiores possuem uma repercussão limitada nas escalas superiores. Esse autor considera que na escala superior do clima (macroclimática) ocorre a interação entre a radiação solar, a curvatura da Terra e os seus movimentos: rotação e translação. Na escala intermediária (mesoclimática) ocorre a interação entre a energia disponível e as feições do meio terrestre, enquanto na escala inferior (microclimática) ocorre a interação entre os sistemas ambientais e as modificações dos fluxos de energia.

Na presente pesquisa caracterizou-se o sistema atmosférico que ocorre na costa sul e sudeste do Brasil, área de localização do Grande Ecossistema Marinho 15 – Plataforma Sul do Brasil e Domínio Costeiro VII e mais detalhadamente a dinâmica climática do litoral sul do estado de São Paulo, especificamente no Sistema Costeiro Cananéia-Iguape, correspondente a Tipologia III, dos níveis hierárquicos do sistema manguezal (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000). Assim, a seguir é feito um panorama geral dos sistemas atmosféricos que podem ocorrer nas áreas referidas.

A diferença de climas existentes no Brasil ocorre devido às características particulares de cada região, visto ser um país de dimensões continentais e com grande variação latitudinal. De acordo com Monteiro (1973) e Mendonça e Danni-Oliveira (2007), a dinâmica de circulação atmosférica na América do Sul é controlada pela interação de sete centros de ação, sendo cinco positivos e dois negativos, conforme segue (Figura 66).

Figura 66: Centros de ação na América do Sul.
 Fonte: Monteiro (1973, p. 17).

- a) **Anticiclone dos Açores:** centro de ação positivo, localizado no oceano Atlântico (30° N), em uma faixa de alta pressão. Interage com os ventos Alísios do nordeste e atua principalmente na região nordeste e norte.
- b) **Doldrum:** palavra derivada do inglês que significa calmaria, também chamado de Anticiclone Amazônico. É um centro de ação positivo, localizado em uma faixa de baixa pressão na Amazônia. Importante centro produtor e exportador de massas de ar.
- c) **Anticiclone Atlântico:** também chamado de Anticiclone do Atlântico Sul, centro de ação positivo, localizado em uma faixa de alta pressão (30° S), apresenta deslocamento sazonal no sentido leste-oeste.

- d) **Anticiclone Pacífico:** centro de ação positivo, devido sua localização no oceano Pacífico, não exerce grande influência sobre o continente, por ser barrado pela Cordilheira dos Andes.
- e) **Anticiclone Migratório Polar:** centro de ação positivo, forma-se no extremo sul da América do Sul, em uma faixa de alta pressão, recebe a denominação de migratório devido ao seu deslocamento sazonal entre 30° S até 60° S.
- f) **Depressão do Chaco:** centro de ação negativo, formado no continente em um centro de baixa pressão na latitude da faixa de alta pressão subtropical do hemisfério sul.
- g) **Depressão do Mar de Weddell:** também chamado de Depressão de 60° de Latitude Sul. Centro de ação negativo, localizado na faixa subpolar de baixa pressão.

Os ciclones são áreas de baixa pressão. Nessas áreas os ventos circulam no sentido anti-horário no hemisfério norte e no sentido horário no hemisfério sul. Os anticiclones, ao contrário, são áreas de alta pressão, onde os ventos circulam no sentido horário no hemisfério norte e no sentido anti-horário no hemisfério sul (TORRES; MACHADO, 2011).

Em alguns períodos do ano, esses ventos não convergem ao mesmo tempo, formando os doldrums, células de calmaria com ventos fracos, apresentando normalmente cobertura de nuvens baixas (BARRY; CHORLEY, 2013).

A confluência dos ventos Alísios dos anticiclones do Atlântico Sul e Atlântico Norte formam a Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, que tem origem essencialmente térmica (TORRES; MACHADO, 2011).

A ZCIT é uma feição predominantemente oceânica, que se localiza preferencialmente sobre as águas superficiais quentes. Nessa área há o encontro dos ventos Alísios vindos de sudeste e de nordeste, ocasionando uma ascendência de massas de ar, normalmente úmidas, conforme figura 67. Possui um deslocamento sazonal, em janeiro esse deslocamento fica entre os 17° S e 8° N e em julho entre 2° N e 27° N (BARRY; CHORLEY, 2013).

Figura 67: Zona de Convergência Intertropical – ZCIT.

Fonte: Imagem de Satélite GOES - 12 Colorido em 13/02/2011, 11h30min. (Disponível em: <http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes.formulario.logic>)

A ZCIT funciona como um divisor entre as células de Hadley do norte e do sul (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). As células de Hadley dominam as regiões de latitudes baixas, do equador até 30º norte e sul, o ar quente se desloca do equador e desce em direção aos trópicos de Câncer e Capricórnio. Nos trópicos a pressão atmosférica é maior, o que origina os ventos Alísios, que se movimentam de nordeste para sudoeste no hemisfério norte e de sudeste para noroeste no hemisfério sul, ou seja, os ventos Alísios provêm das áreas subtropicais (alta pressão) para a área equatorial (baixa pressão) (TORRES; MACHADO, 2011), conforme apresentado na figura 68.

Figura 68: Esquema da circulação geral dos ventos.

Fonte: Torres e Machado (2011, p. 100).

No Brasil, ainda ocorre a influência no sistema atmosférico da Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS, também chamada de Zona de Convergência Subtropical – ZCST, que se forma pela intensidade de calor e umidade e resulta em massas de ar quentes e úmidas, formando uma faixa alongada de nebulosidade com orientação noroeste – sudeste, que se estende do sul da Amazônia até a região central do Atlântico Sul, estão associadas a processos pluviométricos convectivos, conforme figura 69 (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

A ZCAS pode ser influenciada pela confluência entre os ventos vindos de nordeste, do anticiclone subtropical do atlântico sul, formado por ventos quentes e úmidos, que se originam no oceano Atlântico e se direcionam para o continente. A ZCAS é uma das responsáveis pelo período chuvoso no sudeste do Brasil (REBOITA, et al., 2010).

Figura 69: Zona de Convergência do Atlântico Sul.

Fonte: Imagem de Satélite GOES - 13 Colorido em 05/01/2014, 11h30min. (Disponível em: <http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes.formulario.logic?i=br>)

As massas de ar atuantes no Brasil variam conforme a estação do ano, visto que os centros de alta e baixa pressão deslocam-se sazonalmente. De acordo com Mendonça e Danni-Oliveira (2007) e Torres e Machado (2011), ocorre a atuação de oito massas de ar na América do Sul, no território brasileiro só não há atuação das massas de ar de origem Pacífica (mEp – massa equatorial pacífica e mPp – massa polar pacífica), conforme segue (Figura 70):

Figura 70: Distribuição das massas de ar na América do Sul, segundo suas fontes e seus deslocamentos principais (MONTEIRO, 1968).
Fonte: Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 109).

a) Massas de Ar Equatorial (continental e oceânica): originária na região equatorial, em uma faixa de baixa pressão, caracterizado por elevada temperatura e umidade e baixa amplitude térmica.

mEc – massa de ar equatorial continental: localiza-se na Amazônia, caracterizado por calmarias e ventos fracos, assim como elevada temperatura e precipitação abundante.

mEa – massa de ar equatorial atlântica: no hemisfério norte é chamada de mEan – massa de ar equatorial do atlântico norte e no hemisfério sul de mEas –

massa de ar equatorial do atlântico sul. Influenciada pelos ventos Alísios, forma-se no oceano Atlântico, caracterizada como quente e úmida.

- b) Massas de ar marítimas:** associadas ao anticlone do Atlântico e do Pacífico. Caracterizada por baixa umidade, ocorrência de chuvas orográficas nos litorais e formação de frentes polares.

mTp – massa de ar tropical marítima do Pacífico: no verão influencia as condições climáticas no Brasil.

mTa – massa de ar tropical do Atlântico Sul: influencia principalmente o litoral brasileiro, atua durante o ano todo, caracterizada por temperaturas e umidades elevadas.

mTc – massa de ar tropical continental: associada à Depressão do Chaco, caracterizada como massa de ar quente, muito seca e instável. Devido à baixa umidade do ar dificulta a formação de nuvens e precipitação.

- c) Frente Polar:** originária do continente Antártico se desloca sobre os oceanos onde adquire umidade rapidamente. Penetra o continente sul-americano nos centros de ação do Pacífico e do Atlântico.

mPa: massa de ar polar atlântica: caracterizada como massa de ar fria, seca e estável, ocasiona tempo frio e causa o fenômeno da geada no sul do país. Em sua trajetória provoca precipitações frontais, quando encontra uma massa de ar com características opostas, e diminuição da temperatura.

A passagem de frentes frias com intensa pluviosidade, associadas a grandes marés (sizígia) podem ocasionar episódios de inundações e enchentes, ao longo da costa brasileira, esses eventos podem durar algumas horas e até mesmo dias. Associado a essas frentes frias podem ocorrer outros fatores climáticos, geomorfológicos e até mesmo antrópicos (SOUZA, 2005).

Para Silveira (1964), de modo geral, a costa do Brasil possui clima quente e úmido. Em alguns pontos ocorre a diminuição dessa umidade, principalmente entre o

nordeste do Maranhão e o norte do Rio Grande do Norte. Em outros pontos ocorre a diminuição da temperatura, entre os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Köppen e Geiger (1936) apresentam uma classificação climática que abrange o território brasileiro onde cada clima é designado com uma sigla, composta por duas ou três letras. Por essa classificação a primeira letra “A” caracteriza o clima tropical, com temperatura média do mês mais frio superior a 18 °C e elevada precipitação anual. A primeira letra “C” caracteriza o clima temperado e temperado quente, com temperatura média do mês mais frio entre -3 °C e 18 °C e estações do ano bem definidas, principalmente verão e inverno. A segunda letra “f” caracteriza climas úmidos, com precipitação ao longo de todo o ano e inexistência de estação seca definida. A segunda letra “m” caracteriza o clima de monções, com precipitação anual média superior a 1.500 mm, sendo que no mês mais seco a precipitação é inferior a 60 mm. A segunda letra “w” caracteriza os climas com concentração de chuvas no verão. A terceira “a” caracteriza os climas com verões quentes e temperatura média do ar no mês mais quente superior a 22 °C e a letra “b” verões temperados, com temperatura média do ar no mês mais quente inferior a 22 °C (KÖPPEN; GEIGER, 1936).

De acordo com essa classificação, no território brasileiro, temos a incidência dos seguintes climas:

- Af – clima tropical úmido;
- Am – clima tropical de monção;
- Aw – clima tropical com estação seca de inverno;
- Aw’ – clima tropical com chuvas de verão-outono;
- As – clima tropical com estação seca de verão;
- Cfa – clima temperado úmido com verão quente;
- Cfb – clima temperado úmido com verão temperado;
- Cwa – clima temperado úmido com inverno seco e verão quente;
- Cwb – clima temperado úmido com inverno seco e verão temperado.

Para o litoral do estado de São Paulo há uma proposta de delimitação climática em três setores, apresentada por Monteiro (1973): 1) Litoral Norte: localizado entre os municípios de Ubatuba e São Sebastião, onde predomina a influências das massas de ar equatorial e tropical, devido à proximidade da Serra do Mar ao oceano é comum a ocorrência de chuvas orográficas o ano todo; 2) Litoral Tropical: localizado entre os municípios de Guarujá e Itanhaém, onde as massas de ar influentes são as tropicais e as polares, essas últimas contribuem com o aumento da precipitação local; 3) Litoral Sul: localizado entre os municípios de Peruíbe e Cananéia, nesse setor também predomina a influência das massas de ar tropical e polar, mas, devido ao recuo da Serra do Mar em direção ao continente, ocorre maior variação na pluviosidade.

Pode-se observar que a climatologia geográfica busca analisar a influência dos sistemas atmosféricos em cada região, além de tentar evidenciar os atributos e os controles geográficos do clima. Entende-se por atributos as qualidades dadas aos elementos do sistema, com o objetivo de caracterizá-lo (PENTEADO, 1980). Para a Climatologia, os atributos designados também como elementos, são formados por grandezas (variáveis) que caracterizam o estado da atmosfera (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002). Esses atributos representam as propriedades da atmosfera geográfica de um dado local, tais como: temperatura, umidade, pressão atmosférica, etc., que podem se manifestar por meio da precipitação, vento, nebulosidade, ondas de calor e frio, entre outros.

Os controles são as características geográficas diversificadoras da paisagem, os agentes que condicionam os atributos, tais como: latitude, altitude, maritimidade, continentalidade, correntes marinhas, relevo, vegetação e atividades humanas (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002). Os atributos interagem na formação dos diferentes climas da Terra, variam espacial e temporalmente em decorrência da influência dos controles climáticos.

Na presente pesquisa buscou-se identificar cada controle e atributo climático que se destaca em cada um dos níveis hierárquicos do manguezal. A seguir apresentam-se os principais controles e atributos destacados por Monteiro (1976), Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002), Mendonça e Danni-Oliveira (2007).

5.1.1. Controles climáticos

Os controles climáticos são agentes causais que condicionam os atributos climáticos (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002), ou seja, são as características geográficas diversificadoras da paisagem, tais como a latitude, a altitude, o relevo, a inclinação do terreno, o efeito continentalidade/maritimidade, o tipo de corrente marinha (fria ou quente), massas e frentes de ar, vegetação, cobertura do solo e as atividades humanas (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

O macroclima apresenta alguns controles que são considerados permanentes, como a latitude, a altitude, o relevo, a relação continentalidade/maritimidade e os movimentos da Terra. Enquanto outros são considerados variáveis no tempo e no espaço, como as correntes marinhas, os centros de alta e baixa pressão e as massas de ar (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002). De acordo com esses autores, no microclima a cobertura do solo é um dos controles climáticos mais importantes, dependendo do tipo de cobertura o microclima responde de forma diferenciada.

A seguir estão relacionados alguns desses controles climáticos:

Latitude

A latitude é um controle climático importante, assim como o movimento de translação e o eixo de inclinação da Terra, que define o ângulo com que os raios solares irão incidir sobre a superfície ao longo do ano (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). A latitude interfere diretamente na radiação solar, definindo a quantidade de radiação incidente em cada ponto da Terra em cada estação do ano e consequentemente influenciando no balanço de radiação e energia.

Para os manguezais é um controle limitante, visto que esse sistema está localizado preferencialmente em baixas e médias latitudes, zonas equatorial e tropical e em alguns locais ocorrem na zona subtropical. No Brasil o limite sul ocorre em Laguna – SC (28° 30' S).

Altitude

A altitude também é um importante controle climático, pois influencia diretamente os atributos temperatura do ar e pressão atmosférica, sendo que, em altitudes elevadas, a temperatura do ar e a pressão atmosférica são menores do que próximo ao nível do mar (TORRES; MACHADO, 2011).

O atributo climático temperatura do ar tem relação direta com a altitude. Quando há elevação de altitude ocorre uma diminuição da temperatura daquele local, em média um decréscimo de 0,6 °C a cada 100 m de elevação (6,0 °C/km), o denominado gradiente térmico vertical. Essa variação deve ainda considerar a concentração de vapor d'água presente na atmosfera (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

Para as áreas de manguezais é um controle limitante, pois esse sistema só ocorre nas proximidades do nível do mar, em áreas onde ocorre a entrada da maré no ambiente.

Continentalidade/Maritimidade

A relação continentalidade/maritimidade refere-se à distância de um determinado local do oceano ou outro corpo d'água, quanto mais distante esse local estiver, maior será a amplitude térmica, quanto mais próximo menor a amplitude térmica. De acordo com Varejão-Silva (2006), o mar funciona como um regulador da temperatura do ar e possui a capacidade de atenuar a amplitude térmica.

Essa relação, continentalidade/maritimidade e temperatura, se apresentam como fundamental para a regulação climática, principalmente com relação à temperatura do ar e a umidade (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Para Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002), em uma escala geográfica maior é possível explicar o porquê das amplitudes térmicas anuais (verão e inverno) serem menores no hemisfério sul do que no hemisfério norte: a relação terra/oceano é muito maior no hemisfério norte, pois no hemisfério sul há mais oceano do que continente.

Segundo Silva e Silva (2012), a camada superficial dos oceanos representa um importante controle climático, visto que os oceanos possuem alta capacidade térmica e interferem nos processos físicos de interação com a atmosfera.

Para as áreas de manguezais esse controle é bastante homogêneo, em toda sua extensão, visto que esse sistema só ocorre em áreas próximas ao mar, onde esse enorme corpo d'água atenua a amplitude térmica.

Correntes marinhas

As correntes marinhas fazem parte do conjunto de controles climáticos, visto que, influenciam na determinação do clima local. Normalmente, as correntes marinhas frias proporcionam climas mais secos, enquanto as correntes quentes, climas mais úmidos (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002). Por se tratar de um importante componente marinho, será detalhada a importância das correntes marinhas para o sistema manguezal no capítulo 5.3.2.

Fluxos superficiais de água

Os fluxos superficiais de água se apresentam como importante controle climático a ser considerado nas análises dos microclimas (ARMANI, 2009). A ocorrência desses fluxos superficiais de água contribui para a evapotranspiração e também para a formação de chuvas locais.

Os fluxos de água que envolvem os sistemas manguezais são tanto de superfície, como o escoamento de água superficial, quanto subterrâneos. Os fluxos de água no substrato, movimentados tanto pela infiltração das águas de superfície como pela entrada das marés.

Para Mazda, Wolanski e Ridd (2007), esses fluxos de água nos sistemas manguezais variam de local para local, dependendo das características de cada ambiente, os fatores que influenciam são principalmente: topografia, tipo de

sedimento, circulação da água, alcance da maré e espécies de caranguejos que habitam o ambiente.

Relevo

O relevo é um controle geográfico que apresenta três atributos principais na definição do clima: posição, orientação de vertentes e declividade. A posição em que a forma de relevo se apresenta pode favorecer ou desfavorecer a circulação dos fluxos de calor e umidade. Por exemplo, em vertentes expostas a ventos carregados de umidade (vertente barlavento), é comum a ocorrência de chuvas orográficas (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

A declividade é um controle climático importante na análise de topoclimas, pois a irradiância varia conforme o ângulo de incidência dos raios solares em relação à superfície (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

Em áreas de manguezais a declividade é relativamente inexistente, visto que os manguezais se limitam as planícies costeiras, em área de baixa declividade, onde a cunha salina adentra no sistema.

Vegetação

A vegetação se configura como principal controle climático nas escalas inferiores do clima, uma vez que nessa escala os controles se relacionam diretamente com o uso e/ou cobertura do solo (GALVANI; LIMA, 2010). Na escala microclimática a análise da cobertura do solo é preponderante na influência dos atributos climáticos, nessa escala a vegetação influencia alguns atributos climáticos, tais como: radiação solar, temperatura, umidade do ar, precipitação e ventos.

Para Galvani e Lima (2010), as características da fisionomia da vegetação se apresentam como fundamental para os estudos microclimáticos, inclusive em ambientes de manguezais.

5.1.2. Atributos climáticos

Os atributos climáticos são variáveis que caracterizam o estado da atmosfera, são eles: radiação solar, temperatura do ar/solo/água, umidade do ar, pressão atmosférica, precipitação, velocidade e direção do vento, nebulosidade (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002), relacionados a seguir:

Radiação solar

A radiação solar pode ser tomada como atributo ou controle do clima, quando a radiação solar influencia a variação diária da temperatura do ar esta se torna um controle do clima, mas não deixa de ser, por natureza, um atributo climático. A radiação solar é a maior fonte de energia para a Terra, é responsável pelo desencadeamento dos processos meteorológicos atingindo os demais atributos: temperatura, pressão, vento, chuva, umidade, etc. (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

A incidência de raios solares sobre a Terra varia de acordo com a posição relativa entre a Terra e o Sol, sendo mais intensa na região do equador e menos intensa nas regiões dos pólos; essa diferença de incidência de radiação favorece o maior aquecimento das regiões intertropicais. Quando a radiação solar atravessa a atmosfera, pode ser absorvida, refletida ou passar por uma difusão seletiva (OMETO, 1981).

A energia solar pode chegar a Terra de forma direta, quando a radiação solar atinge diretamente a superfície terrestre; e de forma difusa, quando é espalhada pelas partículas existentes na atmosfera e depois atinge a superfície terrestre. Pode ocorrer na forma de ondas curtas, quando chega do sol para a superfície, e ondas longas, quando emitida pela superfície e demais corpos existentes (OMETO, 1981). A radiação solar de onda curta, tanto direta quanto difusa, compõe a radiação solar global (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

Parte dessa energia que chega a Terra é absorvida pelos componentes existentes na atmosfera, pela superfície e parte dessa energia é refletida de volta para a atmosfera, principalmente pelas nuvens. A energia absorvida pelo oceano pode ser irradiada para o espaço, atuar na evaporação da água superficial e ser transferida diretamente do oceano para a atmosfera, por meio de difusão (SOARES-GOMES; FIGUEIREDO, 2009).

A radiação solar interfere diretamente na luminosidade, uma vez que a luminosidade é a quantidade de energia que um corpo irradia. Para Chapman (1975), a luminosidade é um fator limitante para os manguezais, pois as espécies de mangue são consideradas heliófilas. Assim, a luminosidade interfere no desenvolvimento das plântulas, visto que as árvores precisam do contato com o sol para se desenvolverem. Quando se abre uma clareira no bosque, com a queda de uma árvore, por exemplo, as plântulas que estão nessa área poderão se desenvolver. Alguns gêneros como a *Avicennia* e a *Laguncularia* brotam novos troncos para aproveitar a luminosidade, quando há uma entrada lateral de luz.

Quando se compara a vegetação de mangue com vegetação de pequeno porte ou mesmo com áreas desmatadas, o manguezal tem maior capacidade de reter energia (HERZ, 1988). Essa grande quantidade de radiação solar incidente armazenada ajuda a reduzir o albedo⁵⁶ nesse ambiente. Essa energia também é liberada aquecendo o ar e contribuindo na manutenção do balanço térmico local.

Ribeiro (2001) verificou, em estudo realizado nos manguezais de Bragança – PA, que 78% da energia solar que chega ao manguezal se demonstrou disponível para a vegetação utilizar nos seus processos (bióticos e abióticos), sendo que desse total 69% foi utilizado no processo de evapotranspiração, o que caracteriza o manguezal como um ambiente importante na regulação da umidade, mantendo a evapotranspiração elevada.

⁵⁶ Albedo: relação de energia radiante refletida e recebida por uma superfície, expressa em porcentagem (IBGE, 2004).

Temperatura do ar

A temperatura do ar é um dos efeitos mais importantes da radiação solar, é a medida que expressa o calor sensível de um corpo. A energia radiante que atinge a superfície terrestre e aquece o ar, o solo e a água.

Esse atributo climático é influenciado por diversos controles, entre eles: latitude, altitude e efeito maritimidade/continentalidade (TORRES; MACHADO, 2011). A temperatura é maior nas latitudes baixas, próximas ao equador. O aumento de altitude diminui a temperatura do ar; um local distante do mar tende a ter maiores amplitudes térmicas.

A temperatura do ar é considerada um dos fatores limitantes para os seres vivos, sendo que nas espécies vegetais controlam as taxas de evaporação e também a fotossíntese, por meio da abertura e fechamento dos estômatos⁵⁷ (FURLAN, 2011).

Nas regiões tropicais a temperatura do ar é normalmente superior às demais regiões do globo, a variação está diretamente relacionada com a incidência de energia solar. Os manguezais não toleram variações térmicas extremas, principalmente em relação às temperaturas mínimas. Baixas temperaturas são limitantes ao desenvolvimento de manguezais, podendo ocorrer até a diminuição de altura do bosque e redução do índice de área foliar (KJERFVE, 1990).

Para Alongi (2002), na escala global o fator que mais influencia os manguezais é a temperatura, e na escala regional os fatores que exercem influencia são: precipitação, marés, ondas e rios.

Os manguezais conseguem se desenvolver em locais com temperaturas mínimas entre 10 e 12 °C (CHAPMAN, 1976). De acordo com Cintrón e Schaeffer-Novelli (1983), as plântulas estabelecidas no substrato de manguezais não sobrevivem a uma temperatura superior a 39 °C por mais de 48 horas. Temperaturas entre 39 e 40 °C provocam o desfolhamento das árvores (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1992).

⁵⁷ Estômatos: poros de dimensões reduzidas presentes nas folhas, que se abrem e fecham, permitindo as trocas gasosas, entre a folha e a atmosfera (IBGE, 2004).

Temperatura do solo

Para Sedyama e Prates (1986), a superfície do solo é um dos componentes mais importantes do microclima da planta, é o meio onde ocorre a transferência de água e nutrientes para o sistema radicular, funciona como principal mecanismo de armazenamento de energia.

Moura et al. (2006), em estudo realizado em manguezais na Ilha de Santa Rita – Alagoas, observaram que as maiores temperaturas médias do solo, nas profundidades de 5, 15 e 30 cm, ocorreram nos meses de período da seca nordestina (janeiro à abril) que registrou temperaturas entre 27 e 29 °C, nos meses de período chuvoso nordestino (maio à agosto) a temperatura variou entre 24 e 25 °C, concluíram em seu trabalho que o regime térmico do solo é regido pelos fenômenos de precipitação e pelo vai e vem das marés.

Em pesquisa realizada em manguezais do litoral sul de São Paulo, no município de Iguape, Lima e Galvani (2012) identificaram que a temperatura média do ar foi significativamente menor que a temperatura do solo, cerca de 1 °C. Sendo a maior diferença registrada nos meses de junho e dezembro, 1,36 °C e 1,35 °C respectivamente, e a menor diferença ocorreu no mês de fevereiro, 0,29 °C.

Temperatura da água

De acordo com Miranda, Castro e Bjorn (2012), a temperatura da água do mar apresenta variações diárias, sazonais e seculares, sendo que essa última apresenta relação relevante com a variação do nível relativo do mar, ocasionando mudanças eustáticas, ou seja, mudanças no volume do nível do mar, devido a episódios de congelamento e degelo dos oceanos.

A temperatura superficial dos oceanos é influenciada pela latitude, visto que a radiação solar chega à superfície de forma diferenciada entre o equador e os polos, sendo que o equador recebe 1,5 a 2 vezes mais calor. A água absorve uma quantidade maior de calor para aumentar a sua temperatura, em quantidade igual ao aumento do solo, cerca de cinco vezes mais (AYOADE, 2002).

A temperatura da água é mais importante do que a temperatura do ar para a limitação e/ou ocorrência de manguezais. Esse sistema é mais frequente nos locais onde a temperatura média da água do mar fique superior a 24 °C (WOODROFFE; GRINDROD, 1991).

Para Kjerfve (1990), a temperatura da água é o principal controle de distribuição dos manguezais. Segundo esse autor, na costa oeste da América do Sul os manguezais são limitados pela ocorrência da corrente fria de Humboldt e processos de ressurgências. Devido a esses fatores os manguezais se estabelecem a partir da latitude de 5° 32' S, no Estuário do Pídra ao norte do Peru (LACERDA, 2001).

Segundo Tomlinson (1994), a distribuição dos manguezais possui total relação com a temperatura da água do mar, seus limites estão determinados pela isoterma de 24 °C. Existem algumas exceções como na costa atlântica da América do Norte, África e Japão, onde o limite fica em 27 °C.

Umidade do ar

A umidade do ar representa a quantidade de vapor de água presente na atmosfera. É resultante da evaporação da água existente na superfície: massas d'água e cursos d'água, assim como da evapotranspiração da flora e fauna (TORRES; MACHADO, 2011). Esse atributo é influenciado diretamente pela radiação solar e temperatura do ar.

De acordo com Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002), a água existente na atmosfera, assim como suas mudanças de fase, é importante para vários processos naturais: transporte de calor, evaporação, evapotranspiração, absorção de comprimentos de onda de radiação solar, etc.

Nos manguezais ocorrem elevadas taxas de evapotranspiração. Para Ribeiro (2001), o manguezal é importante na manutenção do balanço hídrico da região norte do Brasil, introduzindo na atmosfera uma considerável quantidade de vapor d'água, por meio da evapotranspiração.

Pressão atmosférica

A pressão atmosférica resulta da força transmitida pelas moléculas de ar para a referida superfície, ou seja, é a força vertical exercida pela atmosfera sobre a superfície terrestre (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002). Ao nível do mar a pressão atmosférica padrão é 101,33 kPa⁵⁸, equivalente a 1.013,3 mb (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

A pressão atmosférica é influenciada pelos controles latitude e altitude (AYOADE, 2002). À medida que se eleva a altitude ocorre a diminuição da pressão do ar, ou seja, o peso da coluna de ar em altitudes mais elevadas é menor do que no nível do mar. Assim, na camada da atmosfera conhecida como baixa troposfera ocorre a diminuição 1/30 do valor da pressão do ar a cada elevação de 275 metros na altitude, uma variação equivalente a 1 mb para cada 10 metros de ascensão (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

A temperatura do ar também influencia na variação da pressão atmosférica. A zona equatorial, por apresentar temperaturas elevadas, é considerada uma área de baixa pressão atmosférica, no outro extremo, nos polos, com temperaturas mínimas a pressão atmosférica é alta (TORRES; MACHADO, 2011).

Os manguezais, por se localizarem no nível do mar, estão sob elevadas pressões atmosféricas.

Precipitação

A precipitação é uma das etapas do ciclo hidrológico, a quantidade e a distribuição das precipitações determinam a cobertura vegetal natural de uma dada área. Para Chapman (1975), a precipitação ideal em áreas de manguezais seria acima de 1.500 mm/ano, sem períodos secos prolongados.

⁵⁸ kPa: quilo Pascal, unidade de medida da pressão atmosférica, utilizada pelo Sistema Internacional. Existem outras unidades de medida como o mb = milibar, o mmHg = milímetros de mercúrio e o hPa = hectopascal.

Segundo Schaeffer-Novelli e Lacerda (1994), a pluviosidade tem interferência direta no estabelecimento de áreas de manguezais, assim como o aporte de água fluvial as chuvas controlam o excesso de salinidade no ambiente.

Para Ribeiro (2001), as precipitações repercutem na fisiologia das plantas halófitas, como os manguezais, e nas propriedades físicas dos solos, quando expostos as precipitações ou aos deflúvios extremos, pois reduzem a salinidade das águas no interior dos canais de drenagem das planícies costeiras, da mesma maneira que a lâmina d'água que recobre o bosque de mangue. Sendo assim, a pluviosidade é um dos atributos climáticos que mais contribuem para o desenvolvimento dos manguezais. Na região Indo-Pacífica os manguezais conseguem se estabelecer mesmo em áreas com ausência de rios perenes, visto que nessa região as chuvas são abundantes o ano todo, são as conhecidas áreas de monções (LACERDA, 2001).

Os manguezais se desenvolvem melhor onde a precipitação anual configura-se acima de 2.000 mm, nos locais onde essa precipitação é baixa (entre 1.500 e 500 mm por ano) ocorrem bosques de menor porte, assim como zonas desprovidas de vegetação, devido ao acúmulo de sais no substrato (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1983).

Velocidade e direção do vento

O atributo vento é um dos parâmetros meteorológicos de grande importância na definição do clima local. É responsável pelo transporte de umidade e vapor d'água de um lugar para outro, assim como pela renovação do gradiente de parâmetros meteorológicos como a temperatura. Ocorre como resultado do deslocamento do ar, que se movimenta preferencialmente de uma área de alta pressão atmosférica (zona mais fria) para uma área de baixa pressão atmosférica (zona mais quente).

O vento é um fenômeno atmosférico que ocorre nas três escalas: macro, meso e micro, de forma simultânea. Na macroescala, os ventos se associam à circulação geral da atmosfera, seguindo os gradientes de pressão atmosférica. Na mesoescala ocorrem devido ao aquecimento diferenciado da superfície terrestre e por

consequência da diferença de pressão entre áreas próximas. E na microescala os ventos também ocorrem devido à diferença de pressão, mas de pequenas áreas, como entre áreas ensolaradas e sombreadas; nessa escala exercem influência direta no crescimento da vegetação (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

São também responsáveis pela dinâmica costeira, ocorrência das correntes litorâneas, formação das ondas, movimentação dos sedimentos e das dunas (VILLWOCK, 1993).

A direção do vento refere-se ao ponto cardinal onde o vento se originou. No Brasil adotam-se as seguintes direções para saber de onde o vento se originou: norte (N), nordeste (NE), sul (S), sudeste (SE), oeste (W), noroeste (NW), leste (E) (TORRES; MACHADO, 2011).

A velocidade e a direção do vento variam conforme a sua área de ocorrência; em elevadas altitudes o vento flui livremente e apresenta grande velocidade, mas à medida que se aproxima da superfície ele diminui sua velocidade, devido ao aumento do atrito, ocasionado pelas barreiras do relevo, pela vegetação e construções (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

Os manguezais são considerados como barreiras importantes contra vendavais e ciclones que atingem a costa, protegendo o interior do continente desses eventos extremos (LACERDA, 2001).

Nas regiões costeiras ocorre o fenômeno das brisas marítimas e terrestres, devido às diferenças das condições entre mar e continente, principalmente diferenças de temperatura e pressão atmosférica. Durante o dia ocorre a brisa marítima, com o vento circulando do mar para o continente, visto que o continente se aquece mais rapidamente e assim se torna um centro de baixa pressão. E à noite ocorre a brisa terrestre com sentido contrário, pois o continente se resfria mais rapidamente e torna-se um centro de alta pressão; assim o vento circula no sentido continente para o oceano (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

O vento influencia outros atributos climáticos, como a umidade do ar, a ocorrência de chuvas e em alguns processos das espécies vegetais como a transpiração e a dispersão de sementes e pólen (FURLAN, 2011).

Nebulosidade

A nebulosidade refere-se ao conjunto de nuvens que se formam no céu em um determinado local. As gotículas d'água em suspensão no ar formam as nuvens, que são classificadas de acordo com sua forma.

Em ambientes costeiros é comum a ocorrência de nuvens, devido à quantidade de umidade do ar e em costas tropicais há maior incidência, visto que, além da umidade a temperatura também é elevada, favorecendo assim a evaporação. Por consequência, os movimentos ascensionais do ar úmido, que ao ser resfriado adiabaticamente alcança o ponto de saturação e atinge a temperatura do ponto de orvalho, inicia a condensação do vapor d'água existente (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

A nebulosidade interfere na penetração da radiação solar. Com a formação de nuvens, parte da radiação solar incidente é refletida e parte é absorvida pela própria nuvem. Além de influenciar a variação da amplitude térmica, diminuindo a variação diária da temperatura do ar (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

5.2. O Sistema Terrestre e os Manguezais

O desenvolvimento dos manguezais está diretamente associado a três condições fundamentais: climática, hidrológica e geomorfológica (VALE, 1999). A condição climática está apresentada no capítulo 5.1, e refere-se ao sistema atmosférico, responsável pelos controles e atributos que mantém o dinamismo do sistema costeiro. A condição hidrológica, mais especificamente os fluxos de água de marés, ondas e correntes, encontra-se no capítulo 5.3, diz respeito ao sistema marinho. E a condição geomorfológica, assim como o suporte geológico e de substrato, principais

fornecedores de material para o sistema manguezal, será apresentado neste capítulo.

Assim, identificaram-se os componentes do sistema terrestre que ocorrem em áreas costeiras, onde são encontrados os manguezais. Assim, verifica-se a seguir, um resumo dos principais elementos, fatores e processos que ocorrem no suporte geológico, na geomorfologia costeira e no suporte de substrato que interferem no estabelecimento e manutenção do sistema manguezal.

5.2.1. Suporte geológico

A descrição do suporte geológico em áreas costeiras possibilita, além da caracterização, a definição dos principais processos naturais que ocorreram durante sua evolução e até mesmo a previsão do comportamento futuro dessas áreas. As variações paleoclimáticas e as mudanças no nível relativo do mar desempenharam um papel importante na evolução costeira continental (VILLWOCK, 1993).

Durante o Quaternário ocorreram dois importantes ciclos transgressivos e regressivos, consequência das oscilações do nível do mar, que foram responsáveis pela modelagem das planícies costeiras brasileiras. Antes desses ciclos ocorreu uma antiga transgressão, há mais de 120 mil anos A.P., com evidências encontradas em alguns estados brasileiros, como a Bahia e o Sergipe (SUGUIO et al., 1985).

Para Christofolletti (1980), os acontecimentos verificados após o período glacial são importantes para explicar a morfologia litorânea, pois a linha costeira foi esculpida em função dos níveis marinhos no período Quaternário. Ao longo da costa brasileira é possível encontrar cordões praias, lagunas, paleofalésias e planícies costeiras extensas que evidenciam essa influência, além de serem verificadas nas diferentes configurações da plataforma continental.

Castro e Miranda (1996) estudaram a Plataforma Continental Atlântica Ocidental entre Cabo Orange - 4° 30' N e Chui - 34° 45' S, verificaram que a largura máxima da plataforma chega a 300 km na região amazônica e a largura mínima a 10 km na latitude 13° S, a profundidade varia entre 40 e 180 metros. Nesse estudo, a plataforma continental foi subdividida conforme os diferentes ambientes físicos existentes, apresentado na figura 71.

Figura 71: Mapa da divisão em seis zonas da plataforma continental brasileira.

Fonte: Castro e Miranda (1996. p. 210).

Na classificação proposta por Castro e Miranda (1996), na figura 71, a costa brasileira é composta por seis zonas, cada uma apresenta suas características particulares, conforme exposto:

1) AS – *Amazon Shelf (Plataforma Amazônica)*: situada entre Cabo Orange (4° N) e Turiaçu (2° S), com grande influência da Corrente Norte do Brasil. Possui grande descarga de água doce proveniente da bacia do rio Amazonas, que faz desse rio a maior fonte pontual de água doce para os oceanos. Na foz do rio Amazonas, a largura da plataforma continental alcança mais de 300 km, diminuindo em direção ao norte, atingindo 210 km no Cabo Norte e 125 km no Cabo Orange. Essa zona apresenta um comportamento de corrente altamente energética. A elevada descarga fluvial dilui a salinidade, que apresenta valores entre 36,3 e 36,8. A temperatura da superfície da água do mar fica entre 24 e 28 °C (CASTRO; MIRANDA, 1996).

2) NBS – *Northeastern Brazilian Shelf (Plataforma Brasileira do Nordeste)*: localizada entre 2° e 8° S, possui largura de 85 km próximo ao seu limite norte, mas reduz em direção ao sul, alcançando 40 km, isso se verifica também em relação a profundidade, que varia entre 80 metros ao norte e 40 metros ao sul, recebe influência da Corrente Norte do Brasil. A temperatura da superfície do mar é elevada, entre 27 e 29 °C no verão e 26 e 28 °C no inverno, a salinidade oscila entre 36 e 37, sendo que próximo à costa pode ser menor devido ao efeito da foz de rios perenes (CASTRO; MIRANDA, 1996).

3) EBS – *Eastern Brazilian Shelf (Plataforma Brasileira Oriental)*: localizada entre 8° e 15° S, caracteriza-se por ser estreita, cerca de 15 km chegando a 10 km em alguns pontos, a profundidade também é baixa entre 50 e 60 m, igualmente influenciada pela Corrente Norte do Brasil. A temperatura da superfície do mar se mantém entre 27 e 28 °C no verão e entre 25 e 26 °C no inverno. O rio São Francisco é um importante vetor de água doce para essa zona, diminuindo a concentração de sais na sua foz, apresentando valores entre 32 e 33, de forma geral a salinidade aumenta de norte a sul, com valores entre 36 e 37 (CASTRO; MIRANDA, 1996).

4) ACR – *Abrolhos Campos Region* (Região de Campos de Abrolhos):

localizada entre 15° e 23° S, possui características topográficas complexas. A plataforma continental é limitada ao norte pelos bancos rasos que emergem das profundidades, sendo que na parte norte a largura da plataforma alcança somente 35 km, na área dos Bancos Royal Charlotte atinge 110 km, depois volta a estreitar-se, atingindo 45 km para depois alargar-se novamente para 190 km próxima ao Banco de Abrolhos, estreitando para 80 km na Bacia de Campos. A temperatura da superfície da água do mar fica entre 25 e 27 °C no verão e entre 22 e 24 °C no inverno. Na Bacia de Campos a temperatura é menor devido à ressurgência de Cabo Frio. A salinidade oscila entre 36,5 e 37, a área é influenciada pela Corrente Norte do Brasil (CASTRO; MIRANDA, 1996).

5) SBB – *South Brazil Bight* (Golfo Sul do Brasil): localizado entre Cabo Frio - 23°

S e Cabo de Santa Marta - 28,5° S, próximo a esses locais a plataforma é estreita, cerca de 50 km, sendo que na parte central a largura atinge 230 km, a profundidade varia entre 120 e 180 metros. Apresenta baixa salinidade entre 35 e 35,5, devido à presença de vários estuários. A temperatura da superfície da água se mantém em torno de 25 e 27 °C no verão e entre 20 e 23 °C no inverno, sendo que próximo a Cabo Frio essa temperatura é menor, devido ao fenômeno da ressurgência (CASTRO; MIRANDA, 1996).

6) SBS – *Southern Brazilian Shelf* (Plataforma do Sul do Brasil): localizada entre

28,5° e 34° S, possui largura estreita ao norte – 110 km e alarga-se em direção ao sul – 170 km. É influenciada pela Corrente do Brasil e também pela Corrente das Malvinas. A temperatura da água superficial fica em torno de 15 °C no inverno e superior a 20 °C no verão. A salinidade oscila entre 34 e 36, diminuindo em alguns pontos próximos da costa, devido à entrada de águas continentais (CASTRO; MIRANDA, 1996).

Essa caracterização da costa brasileira foi utilizada no mapeamento do sistema manguezal, apresentados no capítulo 6 do presente trabalho.

Para Herz (1998), o cenário atual dos manguezais é de construção recente, por volta de 3.800 a 5.400 anos A.P. As superfícies geológicas jovens, desenvolvidas principalmente nos bordos dos terraços de idade pleistocênica de níveis mais altos, destacam sedimentos recentes que são inundados na atualidade pelas marés. O aparecimento de manguezais no Brasil ocorreu sobre as superfícies holocênicas resultantes dos últimos episódios transgressivos e regressivos do mar. Portanto, são formações jovens, geologicamente.

5.2.2. Geomorfologia costeira

A geomorfologia é uma das componentes da litosfera e possui relação direta com o suporte geológico e com o suporte de substrato, tanto para os sistemas manguezais, quanto para os demais sistemas terrestres. Para Penteado (1980), a geomorfologia resulta de uma hierarquia de mecanismos ou processos, associados e coordenados em um sistema. A rocha é modelada pelo clima, de forma direta, por meio dos seus atributos: temperatura, umidade, precipitação, vento, etc.; e indireta, de acordo com a presença e a característica do solo e da vegetação.

O relevo é sustentado por uma estrutura e a sua esculturação ocorre devido ao tipo climático (atual e pretérito) ao qual está exposto. Segundo Ross (1992), para entender o relevo e a sua dinâmica, é necessário compreender o funcionamento e a inter-relação entre os componentes naturais, tais como: água, solo, subsolo, clima, cobertura vegetal, entre outros.

De acordo com Summerfield (1999), na zona costeira, os aspectos geomorfológicos estão associados às variações climáticas, às alterações no nível do mar, aos processos de geotectônica, neotectônica e intemperismos físico-químicos. Esses processos são caracterizados como exógenos, mas há também processos endógenos que modelam a geomorfologia costeira, como a tectônica de placas.

A Teoria da Tectônica de Placas foi proposta pelo cientista alemão Alfred Wegener em 1912, de acordo com essa teoria, durante o período Permocarbonífero, os continentes estiveram unidos. Wegener escreveu o livro “A origem dos continentes e oceanos” em 1915, causando um grande impacto nos conhecimentos geológicos daquela época. Hoje, admite-se que essa teoria é a chave para a compreensão da história geológica da Terra e até para o futuro do planeta (TASSINARI, 2001).

Wegener chamou de *Pangea* esse supercontinente (*pan* = todo + *gea* = terra) e de *Panthalassa* o único oceano existente na época. Segundo esse autor, a fragmentação da *Pangea* iniciou-se há 220 milhões de anos, durante o Triássico. A primeira fragmentação deu origem a Laurásia, atual território da América do Norte, Europa e Ásia; e a Gondwana, atual território da América do Sul, África, Índia, Austrália e Antártida (TASSINARI, 2001), conforme apresentado na figura 72.

Figura 72: Pangea e sua divisão em dois continentes, Laurásia e Gondwana.
Fonte: Tassinari (2001, p. 98).

Para a geomorfologia costeira Shepard (1937) apresentou uma classificação dos diferentes tipos de costas, dividindo-as entre primárias e secundárias. Nas costas primárias a morfologia costeira é esculpida por agentes não marinhos, por exemplo, a ocorrência de vales fluviais afogados. Nas costas secundárias a morfologia é o resultado do trabalho de erosão, transporte e acumulação de sedimentos dos processos costeiros.

As variações do nível relativo do mar auxiliam na formação das planícies costeiras e influenciam diretamente no deslocamento da linha de costa (SUGUIO; MARTIN,

1987). Segundo Bird (2000), a linha de costa se move a medida que a maré sobe e desce, assim pode-se considerar que, há uma linha de costa durante a maré baixa e outra durante a maré alta, além de uma linha de costa de maré média.

De acordo com Ross e Moroz (1997), Penck (1953) e Gerasimov e Mescherikov (1968) propuseram uma classificação do relevo terrestre baseados em três categorias: geotextura, morfoestrutura e morfoescultura. A primeira, geotextura, corresponde as grandes feições da crosta terrestre, tanto emersas quanto submersas, como a movimentação das placas tectônicas. A segunda, morfoestrutura, refere-se às características estruturais, como as bacias sedimentares, os cinturões orogênicos e as plataformas. O terceiro, morfoescultura, equivale aos produtos morfológicos com influência do clima, tanto atual quanto pretérita, e corresponde a morfologia de formas geradas sobre as diferentes morfoestruturas, que passaram por processos de esculturação.

Ross (1992) estabeleceu uma ordem taxonômica para o relevo terrestre baseado na estrutura e escultura. Essa taxonomia fundamentou o mapeamento geomorfológico do estado de São Paulo proposto por Ross e Moroz (1997), o relevo foi dividido em seis táxons: 1º- Unidades morfoestruturais; 2º- Unidades morfoesculturais, 3º- Unidades morfológicas ou padrões de formas semelhantes; 4º- Formas de relevo encontradas nas unidades dos padrões de formas semelhantes; 5º- Setores ou elementos de cada uma das formas de relevo; 6º- Formas menores produzidas pelos processos atuais e as formas geradas pela ação antrópica.

Tricart (1977) propõe uma classificação ecodinâmica do ambiente, onde distingue três grandes tipos de meios morfodinâmicos, caracterizados em função da intensidade dos processos atuais, denominados de meios estáveis, meios intergrades e fortemente instáveis, onde relaciona as variações do relevo à morfogênese e à pedogênese.

A morfodinâmica depende essencialmente do clima, da topografia e material rochoso. Nas unidades ecodinâmicas estáveis a pedogênese predomina sobre a morfogênese, o modelado evolui lentamente, às vezes de forma imperceptível. Sendo essa a característica essencial dessa unidade: a lenta evolução e a constância dessa evolução. Nessa unidade é possível a ocorrência de uma

vegetação clímax e uma estrutura tectonicamente estável, sem ocorrência de fraturas na crosta terrestre e/ou vulcões (TRICART, 1977).

Nas unidades ecodinâmicas intergrades há atuação tanto da morfogênese quanto da pedogênese. O termo intergrade designa uma transição entre as unidades estável e instável, nesse meio ocorre a interferência permanente da morfogênese-pedogênese (TRICART, 1977).

Nas unidades ecodinâmicas fortemente instáveis a morfogênese se sobrepõe à pedogênese, ocorre forte atuação da geodinâmica interna com deformações tectônicas. Na morfogênese se destacam os processos de transformação do relevo e na pedogênese os processos de transformação do solo (TRICART, 1977).

Para Cruz (1985), a escala temporal-espacial é muito importante para os estudos geomorfológicos, ao alterarmos as dimensões de tempo e espaço mudam-se, conseqüentemente, as relações múltiplas causais, assim os sistemas morfológicos deverão ser reconsiderados.

Silveira (1964) propôs uma divisão da costa brasileira em cinco setores, baseada em parâmetros climáticos, geomorfológicos e oceanográficos: 1) Litoral Amazônico ou Equatorial; 2) Litoral Nordeste ou das Barreiras; 3) Litoral Oriental ou Leste; 4) Litoral Sudeste ou das Escarpas Cristalinas e 5) Litoral Meridional ou Subtropical.

Posteriormente cada um desses setores foi subdividido na classificação de macro e meso compartimentação costeira apresentado por Muehe (1998, 2012) e Muehe e Nicolodi (2008), conforme figura 73.

Figura 73: Macro e meso compartimento do litoral e plataforma continental.
Fonte: Muehe e Nicolodi (2008, p. 24).

A seguir será apresentada uma síntese de cada um dos compartimentos do litoral brasileiro, baseado nas informações de Silveira (1964), Muehe (1998 e 2012), Tessler e Mahiques (2001), Villwock et al. (2005) e Muehe e Nicolodi (2008):

1) Litoral Norte ou Amazônico: estende-se deste o Cabo Orange - AP até a Ponta dos Mangues Secos - MA, totalizando aproximadamente 1.300 km de extensão, conforme figura 74. Apresenta plataforma continental larga e com predomínio de sedimentos lamosos, tendo como principal influência a desembocadura do rio Amazonas, o que contribui com a grande quantidade de água doce na zona costeira; a amplitude das marés pode alcançar mais de 12 metros. Abriga três subdivisões: a- Litoral do Amapá, do Cabo Orange ao Cabo Norte; b- Golfão Amazônico, do Cabo Norte à Ponta Taipu; c- Litoral das Reentrâncias Pará-Maranhão, da Ponta Taipu à Ponta dos Mangues Secos. Correspondem as Unidades I, II e III do Domínio Costeiro, apresentado no capítulo 4.6.2.

Figura 74: Configuração do Litoral Norte ou Amazônico.

Fonte: Muehe (2012, p. 284).

1a- Litoral do Amapá: ou Litoral Guianense, constituído por terrenos terciários instalados sobre embasamento cristalino pré-cambriano, apresenta plataforma continental extremamente larga, recoberta por sedimentos finos e muita água doce proveniente principalmente do rio Amazonas. A linha de costa apresenta

direção norte-sul, nesse local os sedimentos são remobilizados pelas ondas dando característica de turbidez à água, com muitos sedimentos em suspensão, é uma costa deposicional, onde a Corrente Equatorial Brasileira empurra os sedimentos rumo ao norte e as macromarés redistribuem a lama, caracterizando uma típica costa deposicional (VILLWOCK et al., 2005).

Apresenta clima quente, temperaturas do ar médias anuais entre 26 e 28 °C, precipitação elevada, totalizando 1.500-3.500 mm por ano. A costa emersa possui baixa altitude e largura que varia entre 10 e 100 km, nas áreas de influência marinha encontram-se manguezais. Devido à presença da corrente das Guianas a circulação oceânica na plataforma continental é predominantemente de noroeste. No Cabo Norte há presença de macromarés superiores a quatro metros, podendo atingir até doze metros de amplitude (MUEHE, 2012).

1b- Golfão Amazônico: inúmeras ilhas se localizam no Golfão Amazônico, sendo a principal a Ilha do Marajó, a plataforma continental alcança 160 km de largura. O rio Amazonas é o principal contribuinte na deposição de sedimentos e água doce. Onde há muito incremento de água doce o desenvolvimento dos manguezais fica reduzido, visto que ele perde em competitividade para outras espécies de plantas não halófitas (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1990; MUEHE, 2012).

De acordo com Villwock et al. (2005), esse litoral é composto de costas baixas e instáveis, devido aos processos fluviais e marinhos que promovem erosão e deposição de sedimentos que culminam na grande formação de ilhas.

1c- Litoral das Reentrâncias Pará - Maranhão: também chamado de Litoral Amazônico Oriental, abrange parte dos estados do Pará e Maranhão. Possui clima quente, com temperaturas do ar médias de 25 °C apresenta direção costeira de oeste para leste. Caracterizada por Herz (1991) como a área de maior cobertura de manguezais do país, abrigando 53% do total.

Para Muehe (2012), esse compartimento possui característica de litoral afogado pela transgressão marinha, com pequenos estuários e muitas reentrâncias, além de apresentar uma larga plataforma continental, variando entre 60 e 180 km. Também caracterizado pela presença de sedimentos terciários recortados por cursos de água e com a presença de macromarés que favorecem formação de

amplas planícies costeiras colonizadas por extensos manguezais (VILLWOCK et al., 2005).

2) Litoral Nordeste ou Nordestino de Barreiras: estendem-se desde a Ponta dos Mangues Secos - MA até Salvador - BA, a denominação Barreiras, refere-se aos tabuleiros do Grupo Barreiras, depósitos Terciários (MUEHE, 2012).

Predomina o relevo de tabuleiros, com arenitos e rochas praias e nesse segmento a plataforma continental é estreita, menos de 80 km, o curso d'água de maior influencia é o rio São Francisco que tem uma formação de delta na sua foz.

Abriga cinco subdivisões: a- Costa Semiárida Norte, da Ponta dos Mangues Secos à Ponta de Itapagé; b- Costa Semiárida Sul, da Ponta de Itapagé ao Cabo Calcanhar; c- Costa dos Tabuleiros Norte, do Cabo Calcanhar a Porto de Pedras; d- Costa dos Tabuleiros Centro, do Porto de Pedras ao rio São Francisco; e- Costa dos Tabuleiros sul, do rio São Francisco à Salvador, conforme apresentado na figura 75. Correspondem as Unidades IV e V do Domínio Costeiro (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1990).

Figura 75: Configuração do Litoral Nordeste ou Nordestino de Barreiras.
Fonte: Muehe (2012, p. 291).

2a- Costa Semiárida Norte: compreende os estados do Maranhão, Piauí e Ceará. A costa apresenta direção oeste-leste até a foz do rio Acaraú e depois direção nordeste-sudoeste. Predominam os depósitos sedimentares do Grupo Barreiras, à frente dessa formação desenvolvem-se numerosos campos de dunas, como os Lençóis Maranhenses, no estado do Maranhão. A plataforma continental é estreita e rasa, alcançando 70 km de largura, com predomínio de sedimentos arenosos (MUEHE, 2012).

2b- Costa Semiárida Sul: apresenta linha de costa com direção noroeste-sudeste até Macau e a partir desse ponto direção oeste-leste até Cabo Calcanhar, onde apresenta direção nor-nordeste a su-sudoeste. Também apresenta campos de dunas e estreitas planícies costeiras, devido à presença dos tabuleiros do Grupo Barreiras, além disso, apresenta estreita plataforma continental, com 47 km de largura (MUEHE, 2012). O desenvolvimento dos manguezais ocorre

preferencialmente nas desembocaduras dos cursos d'água e em áreas protegidas (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1990).

2c- Costa dos Tabuleiros Norte: compreendem os estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas, a linha costeira apresenta orientação nor-noroeste a su-sudeste, na altura do Cabo Branco muda a direção para norte-sul e depois volta a ter direção nor-nordeste a su-sudoeste. Apresenta estreita plataforma continental, com 50 km de largura, e falésias próximas da costa, além de campos de dunas, principalmente no Rio Grande do Norte, estuários e manguezais na foz dos rios perenes (MUEHE, 2012).

2d- Costa dos Tabuleiros Centro: a linha de costa segue orientação nordeste-sudoeste, com presença de falésias nas praias e estreita plataforma continental, 25-60 km de largura. Nesse compartimento ocorre a desembocadura de importantes rios como o São Francisco e o Coruripe, no primeiro há formação de um grande delta, com sedimentos lamosos que se estendem ao longo da plataforma continental (MUEHE, 2012).

2e- Costa dos Tabuleiros Sul: compreende o estado de Sergipe e parte da Bahia, possui uma linha de costa caracterizada pela acumulação de sedimentos com tendência a progradação, a plataforma continental é estreita, 12-35 km de largura. Ainda caracterizado pelo Grupo Barreiras, sendo que nas proximidades de Salvador inicia o predomínio do embasamento cristalino do Pré-cambriano e do Cretáceo (MUEHE, 2012).

3) Litoral Oriental ou Leste: estende-se de Salvador - BA até Cabo Frio - RJ, apresenta relevo tabuliforme descontínuo, assim como afloramentos do escudo Pré-Cambriano e Cretáceo, com presença de costas altas, falésias e costões rochosos, sendo que nas planícies costeiras, principalmente formadas nas desembocaduras de grandes rios ocorre a formação de manguezais (VILLWOCK et al., 2005).

Nesse compartimento é comum ocorrer recifes de arenitos praias e de corais, a plataforma continental apresenta largura entre 30 e 200 km (TESSLER; GOYA, 2005).

Abriga quatro subdivisões: a- Litoral de Estuários, de Salvador à Ilhéus; b- Banco Royal Charlotte e Abrolhos, de Ilhéus ao rio Doce; c- Embaiamento de Tubarão, do rio Doce ao rio Itabapoana; d- Bacia de Campos, do rio Itabapoana à Cabo Frio (Figura 76). O aporte fluvial é significativo, com presença de planícies costeiras em forma de deltas, como por exemplo, nas planícies dos rios Jequitinhonha - BA, Caravelas - BA, Doce - ES e Paraíba do Sul - RJ (MUEHE, 2012). Corresponde a Unidade VI do Domínio Costeiro (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1990).

Figura 76: Configuração do Litoral Leste ou Oriental.
Fonte: Muehe (2012, p. 305).

3a- Litoral de Estuários: caracterizado pela formação do gráben de Salvador, uma escarpa dissecada de bloco de falha – Maragogipe. Apresenta plataforma continental estreita, 15-20 km de largura, e inúmeros estuários com presença de manguezais (MUEHE, 2012).

3b- Banco Royal Charlotte e Abrolhos: presença de tabuleiros dos depósitos do Grupo Barreiras e formação de deltas nos rios Jequitinhonha, Caravelas e Doce, que contribuem com a progradação da linha costeira. Em Itaúnas, Espírito Santo, há ocorrência de dunas móveis. Na plataforma continental ocorrem dois terraços chamados de banco Royal Charlotte, entre a foz do rio Jequitinhonha e Porto Seguro, e o banco de Abrolhos, no arquipélago de mesmo nome (MUEHE, 2012).

3c- Embaimento de Tubarão: apresenta relevo associado ao Grupo Barreiras, mas também com presença da formação cristalina, presença de inúmeros estuários colonizados por manguezais. Possui plataforma continental estreita, 27 km de largura (MUEHE, 2012).

3d- Bacia de Campos: possui como principal característica a planície costeira com feição deltaica na foz do rio Paraíba do Sul, onde se inicia um alargamento da plataforma continental. Entre Cabo Frio e Arraial do Cabo ocorre a formação de dunas (MUEHE, 2012).

4) Litoral Sudeste ou das Escarpas Cristalinas: estende-se deste Cabo Frio - RJ até Cabo de Santa Marta - SC (SILVEIRA, 1964; TESSLER; GOYA, 2005). Caracterizado pela presença da Serra do Mar junto ao litoral, construída por rochas do Embasamento Cristalino. Nesse compartimento ocorre uma mudança de orientação da linha de costa, em Cabo Frio passa a ser leste-oeste até a Restinga da Marambaia - RJ, entre a baía da Ilha Grande até o cabo de Santa Marta a direção da costa volta a apresentar direção nordeste-sudeste (TESSLER; GOYA, 2005).

Nesse compartimento grande parte das drenagens flui para o interior do continente. Abriga cinco subdivisões: a- Litoral dos Cordões Litorâneos, de Cabo Frio à Ilha de Marambaia; b- Litoral das Escarpas Cristalinas Norte, da Ilha de Marambaia a São Vicente; c- Litoral das Planícies Costeira e Estuários, de São Vicente à Ponta do

Vigia; d- Litoral das Escarpas Cristalinas Sul, da Ponta do Vigia à Ilha de Santa Catarina; e- Litoral das Planícies Litorâneas de Santa Catarina, da Ilha de Santa Catarina à Cabo de Santa Marta (Figura 77). Tem como principal característica a proximidade da encosta da Serra do Mar, que em alguns pontos atinge diretamente o oceano (MUEHE, 2012). Corresponde a Unidade VII do Domínio Costeiro (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1990).

Figura 77: Configuração do Litoral Sudeste ou das Escarpas Cristalinas.
Fonte: Muehe (2012, p. 317).

4a- Litoral dos Cordões Litorâneos: entre Cabo Frio e a Baía de Angra dos Reis a linha costeira possui direção leste-oeste, com planícies costeiras estreitas, devido à presença do embasamento próxima a linha de costa. Também apresenta cordões litorâneos e lagunas, local conhecido como Região dos Lagos. Possui plataforma continental estreita com 4 a 25 km de largura. Nas baías de Sepetiba e Guanabara há ocorrência de extensos manguezais (MUEHE, 2012).

4b- Litoral das Escarpas Cristalinas Norte: nesse compartimento não ocorre cordões litorâneos, caracterizado como litoral afogado, com presença de inúmeras ilhas e linha de costa delimitada pela escarpa da Serra do Mar; com pequenas enseadas e praias, a plataforma continental torna-se cada vez mais larga, entre 15 e 44 km de largura, com predominância de recobrimento com sedimentos arenosos (MUEHE, 2012).

4c- Litoral das Planícies Costeiras e Estuários: corresponde à parte da costa do estado de São Paulo, ao litoral paranaense e parte do litoral de Santa Catarina, a plataforma continental possui largura média de 65 km e recobrimento sedimentar arenoso. Apresenta litoral retificado, com largas planícies costeiras e importantes estuários como Santos - SP, Cananéia - SP, Paranaguá - PR, Guaratuba - PR e São Francisco do Sul - SC, onde são encontradas importantes áreas de manguezais (HERZ, 1991; MUEHE, 2012).

4d- Litoral das Escarpas Cristalinas Sul: caracterizado por uma costa recortada, com presença de afloramento de rochas cristalinas pré-cambrianas. O principal estuário desse compartimento é o Itajaí - SC, ao norte da Ilha de Santa Catarina ocorre um estreitamento da plataforma continental, entre 5 e 13 km de largura (MUEHE, 2012).

4e- Litoral das Planícies Litorâneas: esse compartimento apresenta uma sucessão de arcos praias, além da presença de cordões litorâneos e dunas. Possui plataforma continental estreita, entre 6 e 17 km de largura, com presença de afloramentos rochosos, formando pequenas ilhas (MUEHE, 2012). Corresponde ao limite sul de ocorrência de manguezais na costa brasileira, em Laguna - SC e o início do predomínio da formação de marismas (VILLWOCK et al., 2005).

5) Litoral Meridional ou Sul: estende-se deste o Cabo de Santa Marta - SC até Barra do Chuí – RS. Caracteriza-se por uma linha retilínea a costa, com extensas planícies arenosas costeiras. Em Torres - RS ocorrem promontório basáltico junto à linha de costa, mas a feição que mais se destaca é a grande quantidade de sistemas lagunares associados a campos de dunas.

Abriga duas subdivisões: a- Litoral Retificado do Norte, de Cabo de Santa Marta a Torres; b- Litoral dos Sistemas Lagunas-Barreiras do Rio Grande do Sul, de Torres à Barra do Chuí (Figura 78). Caracteriza-se por uma linha de costa retelinizada, com presença de cordões litorâneos, campos de dunas e inúmeras lagunas; ao norte de Torres a planície costeira é mais estreita do que ao sul, onde há um significativo alargamento, atingindo 120 km (MUEHE, 2012). Corresponde a parte da Unidade VII e a Unidade VIII do Domínio Costeiro (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1990).

Figura 78: Configuração do Litoral Sul ou Meridional.
Fonte: Muehe (2012, p. 330).

5a- Litoral Retificado do Norte: formado por um único arco praiar, com mais de 117 km de extensão. Torres corresponde ao único promontório rochoso desse litoral, a plataforma continental alarga-se progressivamente em direção ao sul, variando entre 6 e 40 km (MUEHE, 2012).

5b- Litoral dos Sistemas Lagunas-Barreiras: esse compartimento estende-se pelo litoral do Rio Grande do Sul, apresenta costa retilínea com presença de cordões litorâneos, campos de dunas e inúmeras lagunas, sendo a que mais se destaca a Lagoa dos Patos e a Lagoa Mirim; a plataforma continental varia entre 20 e mais de 110 km de largura (MUEHE, 2012). No litoral do Rio Grande do Sul não ocorrem manguezais, apenas marismas (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1990).

No presente trabalho utilizou-se a classificação de Silveira (1964), Muehe (1998, 2012) e Muehe e Nicolodi (2008) para caracterizar as unidades do Domínio Costeiro, propostas por Schaeffer-Novelli et al. (1990), apresentado no capítulo 4.6.2.

Também foram utilizadas a classificação e a caracterização para o mapeamento do sistema manguezal apresentado no capítulo 6.

Os manguezais exercem um papel na geomorfologia costeira, visto que retêm entre as suas raízes os sedimentos trazidos pelos cursos d'água e pelas marés, assim como funcionam como uma barreira, impedindo a erosão costeira ocasionada pelas correntes litorâneas e pelas marés. Apresentando constante modificação, através de formas erosivas e/ou deposicionais (THOM, 1982).

Para Twilley (1995), a geomorfologia, associada à amplitude de marés, irão determinar a extensão da zona entre-marés nas regiões costeiras, portanto, são esses dois controles que definem onde os manguezais conseguiram se estabelecer.

De acordo com Jiménez (1999), dependendo das características geomorfológicas, pode haver formação de dois grupos de manguezais: o primeiro forma-se em ambientes influenciados pela presença de ondas e correntes de deriva litorânea⁵⁹, onde haja proteção de algumas feições geomórficas, tais como: cordões arenosos ou barreiras. Esses manguezais normalmente se formam em substrato arenoso e o contato com a água salina ocorre devido a pequenos canais existentes nessas barreiras. A segunda formação de manguezais ocorre onde as ondas não incidam com muita força, em áreas internas de baías, lagunas e estuários; em regiões com alta influência das correntes de maré, a textura do substrato é geralmente mais fina e há diversidade de espécies na formação dos bosques.

A geomorfologia costeira é determinada também pelo regime de marés. Em costas com macromarés as planícies são amplas e colonizadas normalmente por manguezais ou marismas, as ilhas barreiras são ausentes, como na costa brasileira, nos estados do Pará e Maranhão. Em costas com mesomarés pode haver grande desenvolvimento de manguezais e marismas, colonizando as margens de lagunas e estuários, com presença de ilhas barreiras curtas e atrofiadas de 3 a 20 km e presença de muitos canais, como na costa de Sergipe e Alagoas. Já nas costas dominadas por micromarés pode ocorrer baixo desenvolvimento de manguezais e

⁵⁹ Deriva litorânea: termo frequentemente utilizado para designar o transporte induzido pela corrente longitudinal. Esta designação causa certa confusão, pois o termo deriva é empregado para designar as correntes geradas pelo vento, ao passo que a corrente longitudinal resulta da direção de incidência das ondas (MUEHE, 2012, p. 279).

marismas, as ilhas-barreiras são alongadas com 30 a 100 km e ocorre um número pequeno de canais, como na costa de São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul (VILLWOCK, 1993).

Segundo Woodroffe (1992), os manguezais possuem uma relação estreita com o ambiente morfológico onde estão inseridos, sendo que as espécies de sua flora são influenciadas pelos gradientes ambientais do habitat, tais como: formas de relevo e processos físicos que impactam diretamente no seu desenvolvimento.

Os manguezais são protetores naturais da linha de costa, protegendo os litorais dos processos erosivos. Verifica-se a ocorrência dos maiores bosques de manguezais em costas rasas e protegidas, onde as ondas não chegam com tanta força, um suave declive da costa e a maré adentra no território, permitindo o melhor desenvolvimento do bosque (CHAPMAN, 1975).

5.2.3. Suporte de substrato

O substrato existente nos manguezais é uma das primeiras barreiras para quem adentra esse sistema. Quase sempre descrito como mal cheiroso, possui um aspecto pegajoso, composto por um tipo de lama que prende, muitas vezes impossibilitando o próximo passo.

De acordo com Herz (1998), há muitos fatores que podem afetar a distribuição das espécies nos manguezais, o substrato seria um dos fatores fundamentais para o crescimento das plantas halófitas. Ele é influenciado pela topografia local, pelos padrões de sedimentação fluvial e marinha, pelo clima, variação das marés e mudanças no nível relativo do mar.

Esse substrato pode ser formado por corais mortos, carbonatos, pedras de quartzo, mas comumente apresenta variação de sedimentos finos (areias, siltes e argilas)

assim como uma grande quantidade de matéria orgânica em decomposição, o que caracteriza o odor particular nesse ambiente (TOMLINSON, 1994; ALONGI, 2009). O cheiro característico se deve a ação de bactérias anaeróbicas, que liberam gás sulfídrico ao decompor a matéria orgânica.

Os substratos de mangues foram designados, durante muito tempo, como 'solos indiscriminados de mangue'. Na classificação apresentada por Lepsch (2002) são chamados de gleissolos sálcos, devido à presença de salinidade e grande quantidade de matéria orgânica. Para Peixoto (2010), são formados por intercalações irregulares de areia fina, silte, argila e matéria orgânica.

De acordo com Rossi e Mattos (2002), em estudo realizado nos manguezais de São Paulo, verificou-se que esses manguezais possuem solos do tipo solonchak sódico tiomórfico (gleissolo sálco sódico ou solódico tiomórficos e neossolos quartzarênico hidromórfico salino-sódico ou salino-solódico).

Andrade (2010) verificou a existência de fenômenos físicos e químicos, nos manguezais do estado de São Paulo, que podem incluir os substratos nos processos gerais de formação de solos, tais como os ciclos biogeoquímicos do ferro, do enxofre e matéria orgânica (SIMONSON, 1959).

De acordo com Palmieri e Larach (2000), os substratos presentes nos manguezais compreendem o domínio dos materiais não considerados como solos, visto que não expressam características dos processos e mecanismos de formação de solos. Os substratos existentes nos manguezais compreendem materiais de deposição recente, sujeitos à interferência permanente das marés, sem diferenciação de horizontes, com alta concentração de sais e compostos de enxofre.

Na presente pesquisa considerou-se esse material como substrato, de acordo com a caracterização apresentada por Palmieri e Larach (2000). Essa é a denominação mais encontrada na bibliografia de referência para o sistema manguezal.

O substrato do mangue é formado pela decomposição de matéria orgânica e sedimentos originados de diferentes rochas. A coloração cinza escura é resultado da decomposição da matéria orgânica, em alguns locais é formado por um lodo de vários metros de profundidade. O lodo ou lama que caracteriza o manguezal é

composto por sedimentos finos provenientes do mar e dos rios. Esse substrato possui baixa porcentagem de oxigênio, isso ocorre principalmente pela presença de muita matéria orgânica em decomposição, essa matéria utiliza o oxigênio disponível no processo de oxidação, além dos sedimentos constituírem-se de partículas muito finas e agregadas (ALONGI, 2009).

Para Woodroffe (1992), os sedimentos que formam os substratos dos manguezais possuem diferentes origens, podendo ocorrer de forma autóctone, formado no próprio ambiente, pela decomposição de folhas, galhos, etc.; ou de forma alóctone, carreados de ambientes adjacentes pelas correntes marinhas, canais fluviais, escoamento pluvial, ventos, etc.; tendo origem principalmente a partir do intemperismo de rochas graníticas, gnáissicas ou sedimentares, matéria orgânica, etc.

Segundo Wilkinson e Baker (1997), as características do substrato são um dos fatores ambientais mais importantes que afetam diretamente a produtividade e a estrutura do bosque. Para esses autores a composição de espécies nos manguezais tem relação com a composição física desses substratos. O tamanho dos grãos de areia e/ou argila influencia a permeabilidade, que irá interferir na composição de nutrientes e na quantidade de sais e água presente nesse ambiente.

Como visto é possível a ocorrência de manguezais em substratos lodosos, arenosos, turfosos e bancos de coral. O tipo de substrato atua diretamente na areação do sedimento, na drenagem do bosque e no movimento do espelho d'água (CHAPMAN, 1975).

A distribuição de partículas está relacionada com a morfologia atual da área e com a natureza dos sedimentos costeiros adjacentes. Souza-Júnior, et al. (2007) consideram que os substratos dos manguezais do estado de São Paulo apresentam diferentes texturas, variando entre arenosa a muito argilosa, possuem idade holocênica (410-3.700 anos A.P.).

5.3. O Sistema Marinho e os Manguezais

Para o melhor desenvolvimento dos manguezais, os ambientes devem apresentar temperaturas elevadas, suporte de água doce, fluvial e pluvial, assim como água salgada, proveniente da entrada da maré, além de estarem em locais abrigados do embate de ondas (WEST, 1956; WALSH, 1974). Nesse capítulo se destaca a influência do sistema marinho para os manguezais, apresentando a relevância para esse ambiente das alterações no Nível Relativo do Mar – NRM, circulação das marés e correntes, movimento das ondas e salinidade.

De acordo com Barry e Chorley (2013), ocorre uma interação importante entre a atmosfera e o oceano, o primeiro disponibiliza entrada de energia solar no sistema e os oceanos são os responsáveis por armazenar essa energia e transportá-la em grandes quantidades, principalmente na forma de energia térmica.

Alguns dos elementos e processos atuantes na modelagem das fisionomias costeiras são: as ondas, os ventos, as marés, as correntes oceânicas, as oscilações no nível do mar ocasionadas pelos efeitos glácio-eustáticos e pela neotectônica. A gênese das planícies costeiras e dos terraços marinhos está, portanto, associada às variações do NRM. Sendo que as planícies fluviais possuem interferência direta dos depósitos realizados pelos rios e as planícies intertidais, onde se encontram os manguezais, possuem interferência direta das oscilações do nível de maré (ROSS; MOROZ, 1997).

5.3.1. Importância do nível relativo do mar

Alguns fatores influenciam as condições do nível do mar, tais como: embasamento geológico, correntes oceânicas, precipitação, aquecimento global, entre outros (MESQUITA; HARARI; FRANÇA, 1995).

De acordo com Suguio et al. (1985), a altura do nível do mar pode ser modificada pelas marés, pelas correntes e turbilhonamento, além das variações de declividade, causadas pelo vento, pressão atmosférica, temperatura da água e/ou salinidade.

Pode-se concluir que alguns fatores regem essas flutuações do Nível Relativo do Mar – NRM, tais como: movimentos tectônicos horizontais e verticais, tanto instantâneos como os abalos sísmicos, e os de longa duração; movimentos isostáticos, transgressões e regressões sobre as plataformas continentais (hidroisostasia); deformações no geóide continental, modificações no volume das bacias oceânicas (tecnoeustasia), modificações no volume das águas do oceano devido aos eventos de glaciação e deglaciação (glácio-eustasia) e deformações da superfície dos oceanos (MARTIN; SUGUIO; FLEXOR, 1987).

Para Suguio (1999), o conceito de nível do mar é bastante vago, visto que esse nível pode variar de acordo com a maré, agentes meteorológicos, etc. Assim, o autor prefere reconhecer diferentes níveis do mar, como o nível de equilíbrio, o nível médio e o nível de maré média.

O nível de equilíbrio representa uma situação teórica, ou seja, seria o nível existente caso não houvesse o efeito gravitacional do Sol e da Lua. O nível médio corresponde à superfície abrangida pelas ondas de maré e o nível de maré média é representado pela média aritmética dos níveis de maré alta e baixa do local, normalmente o nível médio é usado como sinônimo de nível do mar (SUGUIO, 1999).

No Brasil as mudanças ocorridas durante o Quaternário e as diferentes características geológicas e geomorfológicas ocasionaram grande diversidade nas zonas costeiras existentes. De acordo com Suguio e Martin (1978) e Suguio et al. (1985), durante o Quaternário a costa brasileira passou por algumas mudanças no

NRM, essas oscilações associadas às modificações climáticas foram fundamentais para a evolução das planícies costeiras brasileiras.

O NRM é um valor fundamentado em níveis médios de marés registrados por hora, em um determinado local, ao longo de muitos anos. Esse nível varia ao longo das costas, devido à atuação das correntes marinhas, ondas oceânicas, marés, temperatura do ar e do mar, densidade da água do mar, pressão atmosférica, gravidade terrestre, mudança no volume oceânico, etc. (CHRISTOPHERSON, 2012).

As alterações no NRM ou variações dos paleoníveis do mar ocorreram devido a três processos principais, sintetizado por Souza et al. (2005) na figura 79, conforme segue: 1) tectonoeustasia, mudança no volume das bacias oceânicas ocasionada por eventos tectônicos, movimentação das placas tectônicas; 2) glacioeustasia, relacionada aos ciclos de glaciação (formação de geleiras) e de deglaciação (fusão de geleiras) que também modificam o volume das bacias oceânicas, refere-se ao derretimento e crescimento das geleiras, contribuindo com o aumento ou diminuição do volume de águas para os oceanos; 3) geoideustasia, ocasionada pelas deformações das superfícies oceânicas, de origem gravitacional, relacionada às variações da configuração da forma do geóide (SUGUIO, 1999; SOUZA et al., 2005).

Figura 79: Principais fatores que influenciam nas variações dos paleoníveis do mar e paleolinhas da costa durante o Quaternário, compreendendo fatores mundiais, regionais e locais.

Fonte: Souza et al. (2005, p. 116).

Os processos de tectonoeustasia e glacioeustasia contribuíram principalmente com o incremento do volume das águas oceânicas em virtude da fusão das geleiras, eventos percebidos mundialmente. Já os processos de geoidoeustasia e as mudanças de nível dos continentes são percebidos em escalas regionais e locais (SUGUIO et al., 1985; SUGUIO, 1999).

Assim, pode-se considerar que as alterações no NRM possuem causas complexas e ocorrem em escalas global, regional e local, como expõe Suguio (1999, p. 239):

Portanto, o nível do oceano em um determinado ponto da costa é o produto instantâneo de complexas interações entre os níveis das superfícies do oceano e da terra emersa adjacente. As flutuações de volumes das bacias oceânicas e as variações de volumes das águas oceânicas exercem os seus efeitos em escala global. Por outro lado, as mudanças nas superfícies dos geóides e nas superfícies dos continentes atuam em escala local ou regional. Deste modo, são mais do que lógicas as inconsistências existentes entre as reconstruções de posições de antigos níveis do mar de mesmas idades, mas em diferentes partes da superfície terrestre.

Assim, além das variações dos níveis dos oceanos, há também as mudanças nos níveis dos continentes, ocasionadas pelos movimentos tectônicos (horizontais e verticais), ocorridas em escalas geológicas e instantâneas (abalos sísmicos); pelos movimentos isostáticos vinculados a sobrecargas exercidas pela retração e expansão das geleiras sobre os continentes; hidroisostasia relacionada a transgressão e regressão sobre as plataformas continentais; e as deformações continentais originárias de causas gravitacionais (SUGUIO, 1999).

O NRM atingiu o seu valor máximo por volta de 120 mil anos A.P., os estados de Santa Catarina, Paraná e sul de São Paulo guardam evidências desse evento como a existência de terraços com altura superior a treze metros acima do NRM atual (SUGUIO; MARTIN, 1978).

De acordo com Suguio e Martin (1987), somente na planície costeira do Rio Grande do Sul foram encontrados dois níveis marinhos mais antigos do que 120 mil anos A.P.. Nesse mesmo período o NRM deve ter chegado entre oito e dois metros acima do atual, esse episódio é conhecido como Transgressão Cananéia, em São Paulo e como Penúltima Transgressão, nas planícies costeiras dos estados da Bahia, Sergipe e Alagoas (SUGUIO; TESSLER, 1992).

A Transgressão Cananéia tem idade pleistocênica (120 mil anos A.P.), ao atingir seu máximo transgressivo alcançou mais de oito metros e deslocou o nível do mar até o sopé da Serra do Mar no estado de São Paulo (SUGUIO; MARTIN, 1978).

O NRM atingiu seus valores mínimos, em relação ao nível atual, por volta de 17 mil anos A.P., onde o NRM estava cento e dez metros abaixo do NRM atual, em Cananéia-Iguape/SP. Nesse período, as planícies litorâneas ocupavam centenas de quilômetros na plataforma continental, a plataforma continental ficou exposta, quase totalmente (SUGUIO; MARTIN, 1978). No Pleistoceno ocorreu uma variação de cento e dezoito metros no NRM, em um período de cerca de cem mil anos (120.000 – 17.000 anos A.P.) (TESSLER, GOYA, 2005).

O último estágio glacial alcançou o seu máximo há 18 - 17 mil anos A.P., a partir de então a temperatura têm aumentado causando a fusão das geleiras o que proporcionou a subida do NRM, resultando na Transgressão Holocênica ou Transgressão Flandriana (VILLWOCK, 1993).

A Transgressão Flandriana, ou última transgressão marinha, iniciou entre 15 e 16 mil anos A.P., nesse período ocorreu uma rápida elevação do nível do mar, sendo que no final desse período, cerca de 7 a 2 mil anos A.P. o mar atingiu aproximadamente o nível atual, onde os vales dos rios e as planícies costeiras foram gradativamente inundados, dando origem aos estuários (MIRANDA; CASTRO; BJORN, 2012).

Entre 7 e 5 mil anos A.P., durante o Holoceno, houve uma nova elevação do nível do mar, quatro metros acima do nível atual, com picos máximos de cinco metros. Na costa de São Paulo foi denominada Transgressão Santos (SUGUIO, MARTIN, 1978).

Durante o Pleistoceno Superior, cerca de 6 mil anos A.P., o nível dos oceanos estavam a três metros e meio acima do nível atual. Após o rebaixamento desse nível, com a regressão ocorrida após 5.500 A.P., formaram-se as planícies de maré, com lodaçais salinizados, possibilitando a colonização de manguezais nas margens dos estuários, como o ocorrido no Sistema Costeiro Cananéia-Iguape (AB'SABER, 2007).

Após o último máximo glacial formaram-se as planícies de cordões litorâneos arenosas sob os depósitos arenosos e argilo-arenosos transgressivos. No período da Transgressão Holocênica ou Transgressão Santos (5.100 anos A.P.) o mar teria transgredido novamente em direção ao continente, cerca de cinco metros em direção as topografias mais baixas, nos canais de drenagem, o que favoreceu a deposição de sedimentos arenosos e areno-argilosos (SOUZA-JÚNIOR, et al., 2007). Esses depósitos de sedimentos serviram de substrato para o estabelecimento de manguezais ao longo dos meandros dos cursos d'água nas planícies litorâneas ao longo da costa.

No século XV teve início o último período frio conhecido como Pequena Idade do Gelo, onde a temperatura mundial ficou 0,5 °C abaixo da média e proporcionou o crescimento de algumas geleiras e o recobrimento de neve eterna nas grandes montanhas, e com isso, o nível do mar teve um pequeno recuo (FARIA, 2005).

Há alguns indicadores geológicos, biológicos e pré-históricos que evidenciam a existência de níveis relativos do mar acima do nível atual. Entre os indicadores geológicos se destaca a existência de depósitos sedimentares marinhos, situados

acima do atual nível do mar; terraços de abrasão marinha, formado por superfícies erosivas sustentadas por rochas antigas; e rochas praias acima do atual nível do mar, constituída por sedimentos arenosos e/ou cascalhosos de antigas praias (SUGUIO, 1999).

Os indicadores biológicos são constituídos por restos biogênicos, colônias ou traços fossilizados de animais e plantas que vivem em ambientes marinhos e que atualmente são encontrados distantes do atual nível do mar. Entre os indicadores pré-históricos destacam-se os sambaquis⁶⁰ (SUGUIO, 1999).

A existência de sambaquis, distantes do atual nível do mar, em planícies sedimentares ao longo do litoral brasileiro, pode ter sua explicação relacionada à ocorrência de um nível do mar mais elevado que o atual (SUGUIO et al., 1985).

Para Herz (1998), as modificações apresentadas no nível do mar, derivadas da glaucioeustasia, registram níveis mais antigos de terraços marinhos, onde é possível a identificação de depósitos orgânicos e minerais, originados de manguezais antigos e distribuídos em litorais mais interiores, em época que o mar atingia níveis mais elevados.

Durante o Cretáceo havia um extenso oceano tropical que favoreceu o transporte e dispersão de propágulos de mangue pelas correntes marinhas, entre os blocos continentais de Tethys e Gondwana. No Terciário ocorreram situações glaciais e interglaciais que promoveram o extermínio da biota em algumas regiões costeiras, tanto devido ao frio e a redução da umidade do ar, quanto pela própria variação dos níveis marinhos, ora favorecendo a imersão, ora a submersão das plataformas continentais (HERZ, 1991).

Os atuais manguezais foram estabelecidos após o máximo da Transgressão Santos, segundo estudos relacionados com a evolução da linha de costa paulista durante o Quaternário. Além disso, a compartimentação geomorfológica ao longo do litoral é condicionante para a sedimentação dos manguezais (SOUZA-JÚNIOR, et al., 2007).

⁶⁰ Sambaquis: ou concheiros, são montes artificiais compostos predominantemente por conchas de moluscos, também abrigam restos de instrumentos líticos e objetos de adorno, ossadas de mamíferos, espinhas de peixe e esqueletos humanos. Fornece informações sobre a posição limite da paleolinha de costa, caracterizando períodos de nível do mar mais alto que o atual (SUGUIO, 1999).

Apesar das flutuações do nível do mar durante o Quaternário, os manguezais têm conseguido se estabelecer na linha de costa, mesmo sendo algumas vezes interrompidos. Esse sistema complexo se estabelece em diferentes configurações e apresenta capacidade de adaptação, o que lhe confere uma elevada resiliência frente às mudanças ambientais em diferentes escalas temporais, sejam mudanças rápidas como na passagem de uma tempestade ou tsunamis, seja na mudança de longo tempo como nas alterações do nível do mar (WOODROFFE, 1992). Claro que essa capacidade do manguezal se recuperar irá depender do tipo de dano e da sua intensidade.

De acordo com Constanza, Kemp e Boynton (1997), os sistemas resilientes podem passar por mudanças drásticas e mesmo assim conseguem retornar ao seu ponto de equilíbrio, pois possuem uma grande capacidade de tolerar perturbações.

Os manguezais conseguem se reorganizar frente às alterações graduais no nível do mar, um dos testemunhos dessa modificação são os registros arqueológicos como os sambaquis, que demonstram que os manguezais conseguem se adaptar a esse movimento de elevação e rebaixamento do nível do mar, ocupando áreas ora mais a montante, ora mais a jusante nos estuários e mantendo assim o sistema vivo. Caso ocorram outras modificações nesse ambiente, tais como diminuição das taxas de precipitação e temperatura, pode haver outras limitações para o sistema e esse encontre maior dificuldade para sua sobrevivência.

5.3.2. Circulação de marés e correntes

O vai e vêm diários das marés é um dos maiores fenômenos naturais que ocorrem no planeta Terra. Esse fenômeno possui relação direta com as fases da Lua, apresentando como resposta as forças gravitacionais entre a Lua, o Sol e a Terra. Para Davis Júnior e Fitzgerald (2004), as marés são ondas de águas rasas, que

afetam os oceanos. São influenciadas por diversos fatores, tais como, características da bacia oceânica: tamanho, profundidade e relevo; formato da linha de costa; latitude, etc. (CHRISTOPHERSON, 2012).

O elemento modelador da linha de costa é a amplitude das marés, diferença entre o nível de maré alta e o nível de maré baixa. Onde ocorre variação expressiva de maré é notável o transporte de sedimentos costeiros (TESSLER, GOYA, 2005).

Existem algumas forças geradoras de marés, tais como: força gravitacional, força centrífuga e força produtora de maré. Além dessas forças as marés oceânicas também são afetadas pelo efeito de Coriolis⁶¹, ocasionado pela rotação da Terra, responsável pela deflexão dos objetos em movimento, em sentido anti-horário no hemisfério norte e no sentido horário no hemisfério sul (DAVIS JÚNIOR; FITZGERALD, 2004).

A força gravitacional refere-se à lei da gravitação universal de Newton, que estabelece que cada partícula de massa no universo é atraída por todas as outras partículas de massa, cuja fórmula é:

$$F = G (M1 M2)/R^2$$

Onde F = força gravitacional; G = constante gravitacional; M1 e M2 = massas dos objetos; R = distância entre eles. Ou seja, a força gravitacional está diretamente relacionada às massas de dois corpos e é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre os dois corpos, dessa forma a força gravitacional cresce com a massa dos objetos. A Lua exerce influência mediante sua proximidade com a Terra e o Sol, por conta de sua massa (DAVIS JÚNIOR; FITZGERALD, 2004).

A força centrífuga é a força existente nos objetos que possuem trajetórias curvilíneas, ela é responsável pelo equilíbrio da força de atração entre a Terra e a Lua (DAVIS JÚNIOR; FITZGERALD, 2004).

⁶¹ Efeito de Coriolis: está relacionado ao movimento latitudinal da massa de ar, ocorre devido ao movimento de rotação da Terra, que produz uma aceleração nas massas de ar, varia conforme o local em que se encontra: polo, trópico ou equador (IBGE, 2004).

A força produtora de maré é derivada da diferença entre as forças gravitacional e centrífuga, com a seguinte fórmula:

$$F = (M_1 M_2)/R^3$$

Onde F = força gravitacional; M1 e M2 = massas dos objetos; R = distância entre eles. Ou seja, a força produtora de maré é diretamente proporcional às massas e inversamente proporcional ao cubo da distância entre os corpos (DAVIS JÚNIOR; FITZGERALD, 2004).

Durante as marés de sizígia ocorre a máxima amplitude das marés, quando a Terra, a Lua e o Sol estão alinhados, nas luas novas e cheias⁶². E a menor amplitude das marés ocorre nas marés de quadratura, durante as luas minguantes e crescentes. Portanto, as marés de sizígia apresentam os valores mais elevados e mais baixos em relação ao nível de marés, enquanto as marés de quadratura apresentam valores inferiores às marés médias.

As marés meteorológicas, também chamadas de ressacas, ocorrem devido a ventos fortes soprando do mar e ocorrência de tempestades com queda abrupta de pressão atmosférica, ocasionando elevação no nível do mar. Já nas marés astronômicas, as correntes que se estabelecem entre os períodos de maré baixa e maré alta, são significativas para transporte de sedimentos em costas baixas com grande amplitude de marés (VILLWOCK, 1993).

Normalmente ocorrem dois ciclos de maré diários, com duas marés altas e duas marés baixas. Entretanto, em alguns locais ocorre somente um ciclo de maré por dia, nessas costas ocorre o que se denomina de marés diurnas, com uma única maré alta e uma única maré baixa, exemplos de locais com ocorrência de marés diurnas são o Golfo do México e o Mar de Bering (DAVIS JÚNIOR; FITZGERALD, 2004).

⁶² Luas novas e cheias acontecem quando a Terra, a Lua e o Sol estão alinhados, em uma condição chamada de sizígia. Uma lua nova ocorre quando a Lua está entre a Terra e o Sol, enquanto uma lua cheia ocorre quando Lua e Sol estão de lados opostos da Terra. Quando a Lua forma um ângulo reto com a Terra e o Sol (posição de quadratura), apenas metade da Lua é iluminada. Essa fase ocorre durante o primeiro e o terceiro quarto da lua. O ciclo lunar através dessas diferentes fases dura 29,5 dias (DAVIS JÚNIOR; FITZGERALD, 2004, p. 11).

Na maioria das costas ocorrem as marés semidiurnas, com dois ciclos de maré (duas altas e duas baixas). As chamadas marés mistas também são comuns e podem apresentar em alguns períodos somente um ciclo (DAVIS JÚNIOR; FITZGERALD, 2004).

A diferença entre o nível mais alto e o mais baixo da maré pode ser de apenas um metro, como o que ocorre na região do Caribe, até quinze metros, como ocorre na Baía de Fundy, no Canadá. Esse movimento é condicionado ao movimento da Lua ao redor da Terra e em menor escala a atração do Sol (SOARES-GOMES; FIGUEIREDO, 2009).

De acordo com Muehe (2012), a maior parte da costa brasileira apresenta amplitudes de maré inferiores a dois metros, caracterizando como micromarés, desde o estado de Alagoas até o Rio Grande do Sul. Entre os estados do Maranhão e parte do estado do Pará e sul do Cabo Norte, no litoral do Amapá, ocorrem macromarés, com amplitudes superiores a quatro metros. Em alguns trechos da costa da Bahia e do Sergipe, e no restante do país ocorrem as mesomarés, com amplitudes que variam entre dois e quatro metros. No Golfão Marajoara e na Baía de São Marcos, ambos no estado do Maranhão, as marés atingem níveis acima de 8 metros de amplitude, na Ilha de Maracá, estado do Amapá essa amplitude alcança mais de 11 m (AB'SÁBER, 2007). Em Florianópolis, no estado de Santa Catarina a amplitude é baixa, cerca de 1,85 m, como pode ser visualizado na tabela 2.

Tabela 2: Amplitudes de marés na costa brasileira.

LOCALIDADES	AMPLITUDES	
	Máxima	Mínima
Canal do Norte (Rio Grande do Sul)	1,40m	0,60m
Laguna	1,50m	0,40m
Florianópolis	1,85m	1,53m
São Francisco	2,10m	1,50m
Paranaguá	3,78m	
Santos	2,66m	1,50m
Baía de Guanabara		
em Boqueirão	2,71m	
em Brocoió	2,57m	
em Imbuí	2,12m	
Cabo Frio	2,04m	
Vitória	2,20m	0,60m
Salvador	3,60m	
Aracajú	3,25m	1,50m
Recife	3,10m	1,30m
Cabedelo	3,42m	1,68m
Natal	3,83m	
Fortaleza	4,20m	1,60m
Amarração (Luís Correia)	4,36m	
São Luís	7,80m	
Itaquí (Maranhão)	8,16m	
Belém	3,70m	2,03m

Fonte: Penteado (1964, p. 333).

Um elemento que influencia a amplitude das marés é a extensão da plataforma continental. Em plataforma extensa a amplitude de marés oceânicas tende a aumentar moderadamente e favorece a ocorrência de mesomarés, em plataforma continental restrita ocorrem as macromarés (FLORENZANO, 2008).

O fluxo das marés propicia o surgimento da vegetação de mangue, elas também são responsáveis pelo transporte de sedimentos, matéria orgânica e propágulos. Para Chapman (1975) e Cintrón e Schaeffer-Novelli (1983), as marés são responsáveis pelo transporte, seleção e estabelecimento desses propágulos.

As marés são o principal mecanismo de influência no sistema manguezal, visto que eles ocupam a zona intertidal, ou seja, o limite dos manguezais, continente adentro, coincide com a penetração da cunha salina. As trocas gasosas nas espécies de flora de mangue ocorrem durante a subida e descida da maré.

Devido à variabilidade das marés, algumas regiões de mangues são inundadas diariamente, duas vezes ao dia, enquanto outras são inundadas com menor

frequência, mas há sempre a interferência das marés em áreas de manguezais (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

As amplitudes das marés renovam as águas superficiais e intersticiais presentes no substrato dos manguezais. É por meio desse 'vai e vem' que os propágulos são transportados e podem colonizar novas áreas. De acordo com Schaeffer-Novelli (1995), essa renovação tem papel importante no transporte, seleção e fixação de propágulos, assim como no transporte e na distribuição de matéria orgânica no ambiente.

Para Coelho Júnior (2003), a renovação das águas superficiais e intersticiais, favorecida pelo fluxo e refluxo das marés, evita a acumulação de gases nocivos em ambientes de manguezais, como o sulfeto de hidrogênio ou gás sulfídrico (H_2S). Dessa forma, as marés preservam as condições físico-químicas do sistema.

A inundação pelas marés varia ao longo do sistema manguezal em função da topografia e da própria amplitude da maré. Essa entrada da maré no sistema contribui para a salinidade da água intersticial e na quantidade de água existente no substrato. Sendo que a quantidade de sais nos manguezais varia conforme a evapotranspiração local, assim como a entrada de água no ambiente, marés, água fluvial e pluvial (precipitação e escoamento).

Como visto no capítulo 4.5, as marés constituem uma importante energia subsidiária para os manguezais, sendo que em áreas com manguezais bem desenvolvidos apresentam, geralmente, grande amplitudes de marés (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1983). Quando se caracteriza ambientes de manguezais é importante descrever o regime de marés aos quais estão sujeitos.

Além das marés, outra importante circulação marinha ocorre devido às correntes oceânicas, que circulam devido às diferenças de densidade da água, gerada em virtude da temperatura e salinidade particulares em cada local, bem como devido ao movimento de rotação da Terra.

O contorno dos continentes impõe direção ao movimento das correntes marinhas e o seu local de origem contribui com a sua característica térmica, ou seja, as correntes marinhas que circulam no sentido dos polos para o equador são frias, e as que

circulam do equador para os polos são quentes (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

As correntes marinhas interagem com a dinâmica das massas de ar, influenciando a formação de massas de ar quentes, formadas sobre correntes marinhas quentes; ou massas de ar frias, formadas sobre correntes marinhas frias. Portanto, locais onde ocorre preferencialmente a incidência de correntes marinhas quentes tendem a apresentar temperatura do ar elevada e grande quantidade de precipitação, por outro lado, em locais onde ocorre preferencialmente a incidência de correntes marinhas frias tendem a apresentar baixa temperatura do ar e baixa ocorrência de chuvas. Sobre os continentes também há formações de massa de ar, que também adquirem as características das áreas em que se formam (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

Na figura 80 pode-se visualizar a incidência de algumas correntes marinhas na costa do Brasil e sua circulação. Nessa figura Peterson e Stramma (1991) e Castro e Miranda (1996) ilustram somente a ocorrência das correntes quentes: Corrente do Brasil, Norte Brasileira e Sul Equatorial. Mas, no Brasil, também há ocorrência da Corrente das Malvinas, que é uma corrente fria que atinge a costa até o litoral de São Paulo (24° S) durante o inverno.

Figura 80: Representação da circulação oceânica e direção do vento na plataforma continental brasileira, segundo Peterson e Stramma (1991) e Castro e Miranda (1996)
 Fonte: Muehe e Nicolodi (2008, p. 25).

A corrente do Brasil é uma corrente de águas quentes e de elevada salinidade. Origina-se da bifurcação da corrente sul equatorial a 8° S, desloca-se em direção a

costa sul do país, até a chamada Zona de Convergência Subtropical, encontrando-se com a corrente das Malvinas, essa área é uma das zonas de maior produtividade primária do Atlântico sul-ocidental (PETERSON; STRAMMA, 1991; CASTRO FILHO, 1994).

A corrente das Malvinas, por sua vez, é uma corrente de águas frias e rica em nutrientes, que desloca-se em direção ao norte. Durante o inverno alcança a plataforma continental do estado de São Paulo. Apesar de se mover em profundidade em alguns pontos do litoral ocorre ressurgências, formando áreas de elevada produtividade biológica (CASTRO; MIRANDA, 1996).

Na confluência da corrente do Brasil, que flui em direção ao sul e possui água tropical menos densa, com a corrente das Malvinas, que flui em direção ao norte e traz águas frias e densas, forma-se a Zona de Convergência Subtropical, entre 33 e 38° S. Nessa zona as correntes marinhas citadas deixam a costa e fluem em direção à leste (CASTRO FILHO, 1994), conforme exemplificado no mapa 1 do capítulo 6.1.

As correntes marinhas frias inibem e até limitam o desenvolvimento dos manguezais (CHAPMAN, 1975), haja vista a corrente fria de Humboldt que limita o desenvolvimento dos manguezais na costa oeste da América do Sul, proporcionando, inclusive, o surgimento de áreas desérticas (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1990).

5.3.3. Movimento de ondas

A circulação atmosférica influencia na circulação oceânica, à medida que os ventos movimentam as superfícies marítimas, produzindo ondas que chegam até a linha de costa, modelando essa área, erodindo a superfície atingida e carregando

sedimentos e depositando. Portanto, pode-se dizer que as ondas fazem um trabalho tanto de erosão como de construção da linha de costa.

De acordo com Tessler e Goya (2005, p. 14), “é a energia das ondas, a intensidade e a recorrência das tempestades que comandam a dinâmica dos processos de erosão e acúmulo na interface entre continente e oceano”.

As ondas podem ser geradas tanto pelos ventos que sopram sobre a superfície da água, quanto por abalos sísmicos, como os maremotos. A energia provinda dos ventos é transmitida para a superfície da água, e à medida que esse vento sopra as ondulações na superfície do mar aumentam tanto em comprimento, quanto em altura e velocidade. Quando a onda é gerada ela continua sua trajetória mesmo que fora da área de atuação desses ventos até atingir a linha de costa, conforme descrição de Soares-Gomes e Figueiredo (2009, p. 14).

As massas d'água superficiais estão em constante movimento, produzido primariamente pela ação de ventos soprando sobre a superfície da água. Estes ventos produzem dois tipos de movimento: ondas e correntes. As ondas variam de tamanho, desde poucos centímetros de altura a ondas de tempestades que se erguem a altura de até 30 m. Além da altura, as ondas são caracterizadas pelo comprimento de onda, que é a distância horizontal entre o topo de cristas de ondas sucessivas. O período de uma onda é o tempo requerido para duas cristas de ondas sucessivas passarem por um ponto fixo. Em adição ao vento, as ondas podem ser geradas por maremotos, terremotos e atividades vulcânicas. As ondas geradas por esses fenômenos possuem alto poder destrutivo e são conhecidas como tsunamis. A altura de uma onda depende da força do vento, da distância entre o local de origem e o de observação, e do período de duração do vento.

As ondas são formadas no meio dos oceanos, devido à ação dos ventos que sopram durante determinado intervalo de tempo e espaço, sendo que a altura das ondas geradas é determinada pela estrutura de turbulência e pela temperatura da camada limite ar-mar (NEVES; MUEHE, 2008). Para Muehe (2012), na costa brasileira faltam dados sobre medições de altura e direção das ondas, somente em áreas próximas a portos esses dados são medidos.

Nas áreas tropicais o sistema costeiro é frequentemente afetado por ondas gigantes que deslocam grandes massas de água oceânica. Essas ondas gigantes são

formadas pelas tempestades tropicais, que geram fortes ventos que dão origem a fortes ondas (FLORENZANO, 2008).

Um dos principais condicionantes oceanográficos é o chamado “clima de ondas”, indutor dos processos costeiros de curto e médio prazo e principal responsável pelo transporte de sedimentos nos sentidos longitudinal e transversal à linha de costa (MUEHE, 2012).

Na América do Sul o clima de ondas é controlado por três grandes sistemas atmosférico: a Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, que atua próxima a linha do equador, principalmente na circulação da costa norte do Brasil, responsável pelas precipitações no norte e nordeste, possui um deslocamento norte-sul entre 14° N e 5° S ao longo do ano; o Anticiclone Tropical do Atlântico Sul – ATAS, centro de alta pressão, formado por elevadas temperaturas, responsável pela formação dos ventos Alísios, que sopram de NE e E; e Anticiclones Polares Migratórios – APMs, responsável pela passagem dos sistemas frontais, deslocando massas de ar, com baixas temperatura, no sentido sudeste para nordeste. Os sistemas frontais são perturbações atmosféricas, importantes para o clima do sul e sudeste brasileiro (TESSLER; GOYA, 2005).

No Brasil, os ventos Alísios de nordeste promovem as ondulações que dominam a costa desde o Cabo Orange - AP, até o Cabo Calcanhar - RN, abaixo desse ponto até o Arroio Chuí - RS, dominam as ondulações geradas pelo cinturão subpolar do Atlântico Sul, com predomínio dos ventos vindos de sudeste (VILLWOCK et al., 2005).

Em território brasileiro é possível distinguir três regiões oceânicas: a Costa Nordeste Setentrional, influenciada pelos ventos Alísios e tempestades ocorridas no Atlântico Norte; a Costa Leste, influenciada pelas ondas geradas por ventos do anticiclone semiestacionário do Atlântico Sul; e a Costa Sul-Sudeste, influenciada pelas ondas geradas em altas latitudes e por ciclones extratropicais (MELO et al., 1995).

As ondas que chegam a linha da costa formam correntes que transportam uma grande quantidade de sedimentos, formando a deriva litorânea, que de acordo com Villwock et al. (2005), é um dos processos mais significativos de transporte de

sedimentos ao longo das costas arenosas, sendo responsável pelas migrações laterais das desembocaduras fluviais, estuarinas e lagunares.

Para Mazda, Wolanski e Ridd (2007), os bosques de mangues conseguem absorver grande parte da energia ocasionada pelos tsunamis, quando esses incidem sobre a costa, sendo uma barreira de proteção na linha de costa onde esses eventos ocorrem.

5.3.4. A componente salinidade

A salinidade corresponde à quantidade de sais dissolvidos na água e varia ao longo dos oceanos. Esse índice de sais é afetado pelas taxas locais de precipitação e evaporação, fortes chuvas reduzem a salinidade da superfície, visto que os sais são diluídos pela precipitação. Por outro lado a evaporação remove parte da água, concentrando os sais existentes. A taxa média da salinidade dos oceanos é 35, sendo que as maiores salinidades ocorrem em locais com temperatura elevadas (ODUM 1977, BAILEY, 1998).

A salinidade das águas superficiais varia conforme a latitude, próximo à linha do equador é menor, atingindo o máximo na latitude de 20° norte e sul, decaindo em direção aos polos. No oceano Atlântico a salinidade média é 37 e no oceano Pacífico a salinidade é 35,5 (SOARES-GOMES; FIGUEIREDO, 2009).

No equador a salinidade diminui devido à grande quantidade de chuvas nessa zona, que tem média de salinidade de 34,5. Já nos oceanos subtropicais, que possuem elevada evaporação, a salinidade é mais concentrada, chegando a 36 (CHRISTOPHERSON, 2012).

Para Penteado (1964), o oceano Atlântico, na costa brasileira, apresenta salinidade acima da média dos oceanos – 35,2, por vezes ultrapassando 37, entre o litoral do

Ceará e Bahia, entretanto, em direção ao norte, na foz do rio Amazonas, essa salinidade atinge apenas 15 (Figura 81).

Figura 81: Repartição da salinidade no oceano Atlântico.
Fonte: Penteado (1964, p. 331).

De acordo com Herz (1988; 1998), a água do mar pode ter salinidade entre 30 e 38. Em ambientes estuarinos, onde ocorre a mistura com águas fluviais, essa salinidade diminui consideravelmente, atingindo 25 a 12, sendo que na desembocadura de alguns rios pode variar entre 4 e 0,5.

Miranda, Castro e Bjorn (2012) apresentam uma distribuição horizontal da salinidade média em um estuário de forma esquematizada apresentado na figura 82, onde a salinidade varia entre 1 e 36. Como se pode observar, à medida que se afasta do

oceano, em direção ao rio, a salinidade diminui, devido à diluição dos sais na água fluvial.

Figura 82: Diagrama esquemático de um estuário. As isohalinas mostram a estratificação horizontal da salinidade média.

Fonte: Miranda, Castro e Bjorn (2012, p. 36).

A quantidade de sais presente na água estuarina varia de acordo com o ciclo de marés (diária e mensal) e com as estações do ano. Na estação seca, onde ocorre menor volume pluviométrico, há também menor descarga fluvial o que colabora para o aumento da salinidade, assim como durante as marés de sizígia (marés altas) há maior disponibilidade de sais do que durante a estação chuvosa e nas marés baixas. De acordo com Ball (1988), a salinidade encontrada nos sistemas manguezais se deve principalmente a concentração de cloreto de sódio (NaCl), essa concentração de sais varia no tempo e no espaço, podendo estar presente em quantidade reduzida na água doce até em águas com condições hipersalinas.

Para Hutchings e Saenger (1987), alguns fatores influenciam a salinidade intersticial em áreas de manguezais, tais como: entrada das marés no sedimento, tempo e frequência de inundação, tipo de sedimento presente no substrato, topografia, profundidade do lençol freático, descarga dos cursos d'água, taxas de evaporação, retenção de salinidade do substrato, quantidade e sazonalidade da pluviosidade.

A salinidade intersticial é um parâmetro físico de grande importância para os manguezais, em ambientes com muita salinidade pode não ocorrer vegetação, e quando essas ocorrem, podem apresentar diminuição na altura do bosque e no tamanho das folhas (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1983).

A salinidade presente nas águas e no substrato dos manguezais provém da variação da maré. É devido a essa salinidade que somente a flora típica de manguezal pode ser encontrada, pois essa vegetação é composta de espécies halófitas facultativas, ou seja, espécies que podem se desenvolver mesmo com a presença de sais (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

De acordo com Twilley (1995), a salinidade do substrato é um índice que integra o balanço de massa de marés e de água doce em sistemas manguezais. Sendo assim, a frequência de inundação por marés e a quantidade de água doce que entra no sistema estabelece as características distintas para os diferentes tipos fisiográficos de mangues: franja e bacia.

Além da água salgada, os manguezais precisam também de água doce, haja vista o maior desenvolvimento dos bosques ribeirinhos, que possuem grande aporte de nutrientes e fluxo de água doce. Nas áreas onde existe pouco aporte fluvial há também pouco aporte de nutrientes e sedimentos, ocasionando baixo crescimento dos bosques (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1983).

Cada espécie de mangue possui determinada sensibilidade à salinidade, e isso varia em cada fase do seu desenvolvimento. Algumas espécies de mangue são altamente tolerantes a presença de sais, outras impedem a entrada de sais em seus organismos e ainda há aquelas que excluem os sais à medida que entram em seu metabolismo (BALL, 1988).

As espécies de mangue respondem de formas variadas a presença da salinidade no substrato, algumas apresentam uma grande tolerância e outras não. A salinidade em áreas de manguezais pode chegar a 70, as espécies de mangue normalmente se desenvolvem em substratos que variam entre 13 a 35, sendo que as mais tolerantes como do gênero *Avicennia* podem tolerar até 90 (TOMLINSON, 1994; HERZ, 1998). De acordo com Alongi (2009), espécie *Avicennia marina* pode ser considerada uma planta halófito obrigatória, visto que não crescem em áreas onde não há presença de sais.

Para Lugo e Snedaker (1974), em regiões com elevada salinidade os manguezais sofrem uma diminuição nas suas taxas de produtividade, e em regiões com salinidade reduzidas as espécies de mangues perdem em competição para as

demais espécies vegetais não halófitas. O melhor desenvolvimento de manguezais ocorre em locais com salinidade entre 5 e 30 (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1983).

5.4. O Sistema Costeiro: síntese da interação entre os sistemas atmosférico, terrestre e marinho.

Os sistemas costeiros são formados pela interação entre os sistemas atmosférico, terrestre e marinho, conforme figura 83. Devido às particularidades que ocorrem nessa interação, podem ser encontrados diferentes tipos de sistemas costeiros.

Figura 83: Sistema costeiro: interação entre os sistemas atmosférico, terrestre e marinho.
Fonte: Santos (2014, presente trabalho).

O sistema costeiro é uma estreita faixa de contato entre a terra e o mar, exposta aos elementos, fatores e processos dos sistemas atmosférico, terrestre e marinho. Trata-

se de um sistema dinâmico, com características únicas, compostas pelo grupo dos psamobiomas, plantas que possuem preferência por solos arenosos como a vegetação de restinga e pelo grupo dos helobiomas, plantas que possuem preferência por solos lodosos e salinos, como a vegetação de manguezais (AB'SÁBER, 2007).

Para Florenzano (2008), uma das principais características do sistema costeiro são as frequentes mudanças espaciais e temporais. Nesse sistema ocorre uma complexa interação de processos (deposicionais e erosivos) causados pela ação das ondas, tempestades tropicais, correntes litorâneas e de maré, entre outros, que caracterizam o dinamismo local.

Nos sistemas costeiros tropicais é comum a ocorrência de manguezais, que também se apresentam de forma diferenciada em cada ambiente, devido às variações significativas ocasionadas pela assinatura energética local. Dessa forma, pode-se considerar que a ocorrência de manguezais em sistemas costeiros é resultante da combinação de determinados elementos, fatores e processos presentes nos sistemas atmosférico, terrestre e marinho.

Na figura 84 selecionou-se alguns desses elementos, fatores e processos dos sistemas atmosférico, terrestre e marinho que se inter-relacionam no sistema costeiro para que possam ocorrer manguezais, entre eles: radiação solar, precipitação, aporte de água fluvial e marinho, sedimentos, nutrientes, entre outros.

Figura 84: A ocorrência de manguezais em sistemas costeiros.
Elaboração: Santos (2014, presente trabalho).

Considerando o que foi apresentado até agora, verifica-se que é possível relacionar os níveis hierárquicos da pesquisa sobre os manguezais, propostos por Schaeffer-Novelli et al. (2000; 2005) com os elementos, fatores e processos dos sistemas atmosférico, terrestre e marinho, apresentados no capítulo 5.

Os controles e atributos climáticos são importantes para os manguezais, visto que, influenciam o sistema como um todo na disponibilidade de água doce, pois é necessária a ocorrência de precipitação ao longo da bacia hidrográfica para que o curso d'água seja perene; na salinidade do ambiente, tanto a frequência de precipitação quanto o volume interfere na quantidade de sais dissolvidos no ambiente, assim como o fluxo de entrada de marés e a evapotranspiração; na manutenção de temperaturas elevadas: do ar, do solo e da água, entre outros.

De acordo com Jiménez (1999), para analisar os efeitos do clima sobre a estrutura e função dos bosques de mangue é necessário distinguir duas zonas diferentes: uma zona externa e uma zona interna. Na zona externa predominam os processos estuarinos, cujo elemento principal é o balanço hídrico, onde as águas marinhas se misturam as águas provenientes dos rios. Já na zona interna há o predomínio dos

processos terrestres, sendo que os processos reguladores do balanço hídrico se dão pelo escoamento superficial, infiltração, precipitação e evaporação.

Na presente pesquisa apresentaram-se os controles e atributos climáticos que mais influenciam os diferentes níveis hierárquicos do sistema manguezal (Capítulo 5.1). Na relação entre o quadro 4, apresentado por Monteiro (1976), com os níveis hierárquicos propostos por Schaeffer-Novelli et al. (2000; 2005) identifica-se que o nível hierárquico grande ecossistema marinho corresponde ao domínio climático zonal e regional; o nível hierárquico domínio costeiro possui características do domínio sub-regional e local; o nível hierárquico tipologia compreende o domínio climático mesoclima e topoclima; e os níveis hierárquicos padrão e parcela correspondem ao microclima.

Na escala do nível hierárquico grande ecossistema marinho o sistema atmosférico pode ser representado pelos controles geográficos: latitude, circulação geral da atmosfera (centros de ação e massas de ar); sendo o principal atributo climático a radiação solar. O sistema terrestre contribui com o suporte geológico e o sistema marinho com a circulação geral oceânica, correntes marinhas e concentração de fitoplâncton e clorofila.

No segundo nível hierárquico, domínio costeiro, o sistema atmosférico também é representado pela latitude e circulação geral da atmosfera, representando os diferentes tipos climáticos, sendo os principais atributos a temperatura do ar, da água e a precipitação. O sistema terrestre é representado pela configuração geomorfológica, principalmente pela morfologia costeira e o sistema marinho pela circulação das correntes marinhas e profundidade batimétrica.

No nível hierárquico tipologia, o sistema atmosférico é representado principalmente pela temperatura do ar, da água e pela precipitação. O sistema terrestre pela geomorfologia costeira, apresentando diferenças morfológicas na desembocadura fluvial e hidrodinâmica da bacia e o sistema marinho pela amplitude das marés, energia das ondas e batimetria.

No quarto nível hierárquico, padrão, o sistema atmosférico é representado pelos dados microclimáticos de temperatura do ar, água e solo, umidade relativa,

precipitação e radiação solar. O sistema terrestre pela topografia costeira e pelo tipo de bosque e o sistema marinho pela amplitude das marés e salinidade.

No nível hierárquico de maior detalhe, parcela, o sistema atmosférico também é representado pelos dados microclimáticos. O sistema terrestre pela microtopografia e estrutura da vegetação e o sistema marinho pela amplitude das marés.

Conforme visto, na presente pesquisa foram elencados os principais elementos, fatores e processos, dos sistemas atmosférico, terrestre e marinho, que mais se destacam em cada nível hierárquico do sistema manguezal, sintetizado na figura 85. Entretanto, entende-se a pesquisa hierárquica como uma pesquisa sistêmica, assim pressupõe-se que os elementos, fatores e processos que estão em um nível hierárquico superior influenciam até o menor nível hierárquico e vice-versa. Mas, sua importância se destaca naquele determinado nível hierárquico, com possibilidade de refletir a presença ou ausência do sistema manguezal naquele ambiente.

Grande ecossistema marinho <i>Large marine ecosystem</i>	Domínio costeiro <i>Coastal domain</i>	Tipologia <i>Setting</i>	Padrão <i>Stand</i>	Parcela <i>Site</i>
<i>Escala: Global</i>	<i>Escala: Regional</i>	<i>Escala: Subregional</i>	<i>Escala: Local</i>	<i>Escala: Pontual /Detalhe</i>
<i>Sistema Atmosférico:</i> latitude, circulação geral da atmosfera, principal atributo climático ^I radiação solar.	<i>Sistema Atmosférico:</i> latitude, circulação geral da atmosfera (diferentes tipos de clima ^{VI}), principais atributos climáticos ^I temperatura do ar, da água e precipitação.	<i>Sistema Atmosférico:</i> principais atributos climáticos ^I temperatura do ar, da água e precipitação.	<i>Sistema Atmosférico:</i> principais atributos climáticos ^I radiação solar global, umidade relativa temperatura do ar, da água e do solo e precipitação.	<i>Sistema Atmosférico:</i> principais atributos microclimáticos ^I radiação solar global, temperatura do ar, do solo e da água, precipitação e evapotranspiração.
<i>Sistema Terrestre:</i> suporte geológico (tectônica de placas ^{II} , flutuações glacio-eustáticas ^{III}).	<i>Sistema Terrestre:</i> geomorfologia costeira ^{VII} .	<i>Sistema Terrestre:</i> morfologia da foz ^{IX} , hidrodinâmica da bacia, processos erosivos e deposicionais ^{IX} , tipo de sedimento depositado ^{IX} .	<i>Sistema Terrestre:</i> tipo de bosque ^{XII} e topografia costeira;	<i>Sistema Terrestre:</i> estrutura da vegetação ^{XIV} e microtopografia.
<i>Sistema Marinho:</i> circulação oceânica (variação do NRM ^{IV}), correntes marinhas, concentração de fitoplâncton e clorofila ^V .	<i>Sistema Marinho:</i> circulação das correntes marinhas ^{VIII} e batimetria.	<i>Sistema Marinho:</i> amplitude das marés ^X , energia das ondas ^{XI} e batimetria.	<i>Sistema Marinho:</i> amplitude das marés ^X e salinidade ^{XIII} .	<i>Sistema Marinho:</i> amplitude das marés ^X .

Figura 85: Síntese dos principais elementos, fatores e processos atuantes no sistema manguezal.

Fonte: ^IPereira, Angelocci e Sentelhas (2002); ^{II}Tassinari (2001); ^{III}Suguio (1999); ^{IV}Suguio et al. (1985); ^VLonghurst (1998); ^{VI}Köppen e Geiger (1936); ^{VII}Muehe e Nicolodi (2008); ^{VIII}Peterson e Stramma (1991) e Castro e Miranda (1996); ^{IX}Thom (1982; 1984) e Woodroffe (1992); ^XDavis Júnior e Fitzgerald (2004); ^{XI}Tessler e Goya (2005); ^{XII}Lugo e Snedaker (1974) e Schaeffer-Novelli et al. (2000); ^{XIII}Penteado (1964); ^{XIV}Schaeffer-Novelli e Cintrón (1986).
Organizado por Santos (2014, presente trabalho).

6. CARTOGRAFIA DOS NÍVEIS HIERÁRQUICOS DOS MANGUEZAIS

Após identificar os elementos, fatores e processos existentes nos sistemas atmosférico, terrestre e marinho e selecionar quais exercem maior influência em cada um dos níveis hierárquicos dos manguezais, esse capítulo apresenta uma proposta de representação cartográfica para os quatro primeiros níveis hierárquicos dos manguezais, assim como a representação do quinto nível de maior detalhe (parcela).

Nessa proposta de representação cartográfica foram testadas as escalas de mapeamento sugeridas por Schaeffer-Novelli et al. (2000; 2005), com objetivo de verificar se essas escalas representam cada nível hierárquico. Como visto no capítulo 4.6, Schaeffer-Novelli et al. (2000; 2005) sugerem que o maior nível hierárquico Grande Ecossistema Marinho seja representado em uma escala de mapeamento entre 1:1.000.000 a 1:5.000.000; o segundo nível hierárquico Domínio Costeiro possui a escala de mapeamento entre 1:250.000 e 1:1.000.000; o terceiro nível Tipologia entre 1:20.000 até 1:250.000; o quarto nível hierárquico Padrão a escala de mapeamento deve ter entre 1:2.500 a 1:20.000; e o último nível hierárquico Parcela maior ou igual a 1:2.500.

6.1. Grande Ecossistema Marinho – *Large Marine Ecosystem*

Conforme apresentado no capítulo 4.6.1, o conceito de Grande Ecossistema Marinho - GEM foi proposto por Longhurst (1998), composto por grandes províncias que possuem características semelhantes de formação geológica, geomorfológica e oceanográfica, principalmente na cobertura de fitoplâncton e clorofila.

Longhurst (1998) apresentou uma proposta de divisão do globo terrestre em diferentes províncias que posteriormente foram reorganizadas por Knoppers et al. (2009). A divisão proposta por Knoppers et al. (2009) apresenta sessenta e quatro GEMs, sendo que no Brasil há incidência de três GEMs, a primeira chamada de *North Brazil Shelf LME* (GEM 17– Plataforma Norte do Brasil), a segunda *East Brazil Shelf LME* (GEM 16– Plataforma Leste do Brasil) e a terceira *South Brazil Shelf LME* (GEM 15– Plataforma Sul do Brasil). Essa classificação também considera as características continentais, a formação da margem oceânica e a ecologia regional.

Para a presente proposta de mapeamento escolheu-se a representação do GEM 15– Plataforma Sul do Brasil, que corresponde à costa brasileira iniciando ao sul de Cabo Frio - RJ até Chuí - RS, entre 22° S e 34° S (HEILEMAN; GASALLA, 2014), conforme apresentado no mapa 1. O GEM 15 está inserido na Província Costeira do Brasil (LONGHUST, 1998), que tem como característica a influência das correntes marinhas do Brasil e das Malvinas (MONTEIRO, 1973), representadas no mapeamento.

Nesse setor do litoral brasileiro as massas de ar que se destacam são: a mPa – Massa Polar Atlântica, massa de ar fria e seca; a mTa – Massa Tropical Atlântica, massa de ar úmida e quente; e a mTc – Massa Tropical Continental, massa de ar quente e seca (MONTEIRO, 1973).

No presente estudo tentou-se incluir o mapeamento das massas de ar e do mecanismo geral da circulação celular na América do Sul, elaborados por Monteiro (1973), mas devido a escala de mapeamento adotada para o GEM 15,

correspondente a 1:5.000.000, essa representação do mapeamento das massas de ar presente na figura 86 não apresentou-se como viável, pois grande parte do GEM 15 ficaria recoberto pela atuação da massa de ar Tropical Atlântica – Ta e não seria possível a visualização das demais massas de ar, como a mTc e mPa.

Figura 86: Massas de ar na América do Sul.

Fonte: Monteiro (1973, p. 17).

A representação elaborada por Monteiro (1973), figura 86, é adequada para um mapa que represente toda a costa brasileira e/ou sul americana, apresentando as características dos GEMs 15, 16 e 17.

Além da influência das massas de ar, no GEM 15 – Plataforma Sul do Brasil, ocorrem também a atuação do Anticiclone Atlântico, do Anticiclone Migratório Polar e Depressão do Chaco, conforme apresentado no capítulo 5.1. Esses centros de ação

apresentam deslocamento sazonal, sendo que os dois primeiros são centros de ação positivo e formam uma faixa de alta pressão, e a Depressão do Chaco é um centro de ação negativa de alta pressão. Esses centros de ação são os responsáveis pela formação da ZCIT – Zona de Convergência Intertropical e ZCST – Zona de Convergência Subtropical, associadas à elevação da pluviosidade nesse setor.

De acordo com Ekau e Knoppers (2003), Muehe e Garcez (2005), a plataforma continental brasileira se estende por cerca de 8.000 km ($4^{\circ} 25,6' N - 33^{\circ} 44,6' S$), possui largura muito variada, sendo que no litoral norte pode alcançar 320 km. Na foz do rio Amazonas apresenta 300 km, mais especificamente em frente à Ilha do Marajó, no sudeste e no sul a largura máxima é de 220 km em São Paulo e 200 km no Rio Grande do Sul, sendo o maior estreitamento em Salvador – BA, com apenas 17 km (Figura 87). A localização da plataforma, em relação à circulação oceânica, não favorece a ocorrência de áreas de ressurgência e o deságue da rede hidrográfica ocorre predominante nas extremidades norte e sul.

Figura 87: Largura da plataforma continental brasileira.
 Fonte: Muehe e Garcez (2005, p. 70).

O mapeamento apresentado por Muehe e Garcez (2005), para a largura da plataforma continental brasileira foi utilizado no mapeamento do GEM 15, como pode ser observado no mapa 1.

A plataforma continental brasileira apresenta baixa concentração de clorofila, somente na foz do rio Amazonas, no litoral do Amapá e no estado do Rio Grande do Sul essa concentração é mais elevada (MUEHE; GARCEZ, 2005). Ao longo do GEM 15 - Plataforma Sul do Brasil o Rio Grande do Sul apresenta concentração de clorofila superior a 10 mg/m³, sendo que a maior quantidade está nas áreas próximas à costa. Os estados de Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Rio de Janeiro apresentam valores um pouco menores, entre 10 e 0,1 mg/m³ (IBGE, 2011). Essa distribuição da concentração de clorofila também foi representada graficamente no mapa 1.

De acordo com Ab'Sáber (1970), o Brasil é geologicamente formado por áreas de maciços antigos⁶³, também chamadas de escudos⁶⁴ e por bacias sedimentares, que possuem diferentes níveis altimétricos. Os maciços possuem idade Pré-Devoniana e Pré-Cambriana e as bacias sedimentares idade Paleozóica, Mesozóica e Cenozóica (AB'SÁBER, 1954a).

O embasamento geológico que destaca-se no GEM 15 é composto por rochas antigas e também por rochas recentes, datadas do Arqueano (rochas metamórficas); Proterozóico médio (rochas sedimentares e/ou magmáticas e sedimentares); Proterozóico superior (rochas magmáticas e rochas sedimentares ou metamórficas – meta-sedimentos); Paleozóico (rochas sedimentares); Mesozóico (rochas magmáticas vulcânicas básicas e rochas sedimentares/arenitos) e Cenozóico (sedimentos terciários e/ou quaternários e sedimentos holocênicos) (IBGE, 1990). O mapeamento do GEM 15 apresentou o embasamento geológico elaborado pelo IBGE (1990), conforme verifica-se no mapa 1.

A área localizada ao sul de Laguna – SC (28° 30' S) não teve o sistema manguezal mapeado, visto que esse ponto é o limite sul dos manguezais na costa brasileira (HEILEMAN; GASALLA, 2014). O mapeamento do GEM 15 teve como objetivo a representação do manguezal e dos elementos que influenciam esse sistema, conforme exposto acima. Dessa forma, o mapa abrange o GEM 15 – Plataforma Sul do Brasil e a escala de mapeamento que se apresentou mais adequada foi 1:5.000.000, portanto dentro da proposta de representação sugerida por Schaeffer-Novelli et al. (2000; 2005), entre 1:1.000.000 a 1:5.000.000.

⁶³ Maciços antigos: os maciços antigos brasileiros são todos constituídos por estruturas Pré-Cambriana e localmente Pré-Devoniana. Trata-se de velhos escudos rígidos de estrutura complexa, predominantemente arqueo-proterozóico, e, eventualmente, incorporando formações do Paleozóico Inferior (cambriano-ordoviciano-siluriano) (AB'SÁBER, 1954a, p. 117).

⁶⁴ Escudos: por “escudos” entende-se em geologia todas as grandes massas rochosas cristalinas ou cristalofílicas, de estrutura complexa, oriundas de sedimentações e diatrofismos antigos, os quais, após longa história geológica, restaram na categoria de blocos rígidos, funcionando predominantemente como áreas fornecedoras de sedimentos para as bacias sedimentares adjacentes (AB'SÁBER, 1954a, p. 118).

6.2. Domínio Costeiro – *Coastal Domain*

Dentre as oito Unidades do Domínio Costeiro, propostas por Schaeffer-Novelli et al. (1990), escolheu-se a Unidade VII para a representação cartográfica. Essa unidade está inserida no GEM 15 – Plataforma Sul do Brasil e abrange uma área que se estende desde Cabo Frio - RJ (23° 00' S) até Torres - RS (29° 20' S), apresentada no mapa 2.

A divisão da costa brasileira em oito unidades de domínio costeiro considera principalmente as características climáticas, geomórficas, hídricas e oceanográficas de cada compartimento (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1990). Para maiores detalhes verificar capítulo 4.6.2.

De acordo com Ab'Sáber (2000), nessa unidade são encontradas os setores de restingas Macaé/Cabo Frio – Búzios/Ponta Armação, com planície costeira arenosa e vegetação semiárida; setor Guanabara e serrinhas e pontões rochosos do Rio de Janeiro e Niterói, formada por uma baía alargada e complexo tectônico, fisiográfico, paleo-climático e ecológico; setor Baía Grande no sul fluminense, formada por estreitas e alongadas restingas; setor norte e São Paulo, com inúmeras baías e enseadas de porte médio e pequeno, considerada como a zona costeira mais recortada do país; setor ilha e canal de São Sebastião no norte paulista, ilha continental elevada, separada da Serra do Mar pelo canal de São Sebastião; setor sul do litoral norte de São Paulo, presença de baías e costões; setor Baixada Santista e ilhas de São Vicente e Santo Amaro, área com aumento das faixas de sedimentação e extensos manguezais; setor Praia Grande, Itanhaém e Iguape, com praias extensas e feixes de restingas; setor maciço da Juréia / rio Verde, a maior paleo ilha florestada paulista; setor estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape/Baía de Trepandé, formada por restingas e manguezais; setor baía de Paranaguá-Antonina, a mais aprofundada baía sul brasileira; setor Guaratuba – PR e São Francisco do Sul, Joinville – SC, com pequenas baías de ingressão marinha de 5.500-6.000 anos A.P., com recuo posterior e extensão de manguezais na retroterra; setor recortado

central de Santa Catarina, ao sul da enseada da Barra Velha – SC, até a retroterra serrana da Ilha de Santa Catarina (sítio de Florianópolis), últimas serranias do embasamento regional da bacia do Paraná; setor Ilha de Santa Catarina e canal do Estreito, costa marcada por demorados processos tectônicos, fisiográficos e eustáticos; setor costeiro de Laguna, com praias sincopadas entre esporões de maciços costeiros que foram paleoilhas; e setor costeiro de Araranguá, primeiro trecho de linha de costa retilinizada que se prolonga para o sul.

Na geomorfologia do território brasileiro se destacam os planaltos cristalinos, os planaltos sedimentares e as planícies continentais (AB'SÁBER, 1954b). O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2006) elaborou um mapa de unidades de relevo para o Brasil, com uma classificação sistemática dos fenômenos geomorfológicos que foram utilizados no mapeamento do domínio costeiro, unidade VII, apresentado no mapa 2.

Entre as unidades de relevo que se destacam nesse nível hierárquico estão: as Depressões do Rio Paraíba do Sul e Periférica Paulista; os Patamares da Borda Oriental da Bacia do Rio Paraná; os Planaltos das Araucárias, de Paranapiacaba e do Rio Paraná; as Planícies Marinhas; as Serras do Mar, da Mantiqueira-Itatiaia e do Leste Catarinense; e os Tabuleiros Costeiros (IBGE, 2006). Sendo que ao longo da costa se destacam as Planícies Marinhas, as Serras do Mar e do Leste Catarinense.

No mapa 2 representou-se também a batimetria existente ao longo da costa na Unidade VII. No setor entre São Paulo e Paraná a batimetria apresentou-se menos profunda nas proximidades da costa, já na região costeira dos estados do Rio de Janeiro e Santa Catarina ocorrem profundidades maiores no oceano próximo da costa (CPRM, 1996).

A Unidade VII caracteriza-se como uma zona de marés baixas, inferiores a dois metros de amplitude, com temperaturas variadas ao longo do ano e pluviosidade elevada, acima de 2.000 mm (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1990; MUEHE, 2006).

De acordo com a classificação climática de Köppen e Geiger (1936), nessa unidade há incidência dos climas: Af – tropical úmido; Am – tropical de monção; Aw – tropical com estação seca no inverno; Cfa – temperado úmido com verão quente; Cfb –

temperado úmido com verão temperado; Cwa – temperado úmido com inverno seco e verão quente; e Cwb – temperado úmido com inverno seco e verão temperado. Sendo que no litoral ocorrem somente os climas: Af, Am, Aw, Cfa e Cwa.

De acordo com Schaeffer-Novelli e Lacerda (1994), a temperatura média anual diminui em direção ao sul do Domínio Costeiro VII, sendo no Rio de Janeiro 22,8 °C e em Laguna - SC 19,6 °C, a amplitude térmica corresponde a 5,6 °C no Rio de Janeiro e 8 °C em Laguna - SC. A precipitação, ao contrário, aumenta em direção a costa sul, em Cabo Frio - RJ a média anual é de 1.090 mm, em Laguna - SC 1.447 mm e 1.400 mm em Torres - RS, em alguns pontos do litoral a precipitação média excede 2.000 mm. A amplitude das marés médias varia entre 1,25 m no Rio de Janeiro e 0,24 m em Laguna - SC, e as marés de sizígia entre 1,8 m e 0,37 m respectivamente.

Nessa unidade ocorre o limite sul dos manguezais na costa brasileira (Laguna – SC, 28° 30' S), dessa forma o mapeamento proposto não apresenta manguezais ao sul desse limite (Mapa 2). Ao norte desse limite há presença de manguezais, principalmente em estuários e baías abrigadas, visto que nessa área o embasamento cristalino da Serra do Mar avança até o mar em alguns pontos da costa (VILLWOCK, 1993). Nas regiões abrigadas e de extensas planícies costeiras pode-se encontrar grandes áreas de manguezais como na Baía de Guanabara – RJ, Baixada Santista – SP, Sistema Costeiro Cananéia-Iguape – SP e Baía de Paranaguá – PR (AB'SÁBER, 2006).

O mapeamento do Domínio Costeiro VII – Cabo Frio - RJ a Torres - RS, mapa 2, foi realizado com escala cartográfica 1:3.000.000. Para a representação desse domínio a escala de mapeamento sugerida por Schaeffer-Novelli et al. (2000; 2005), entre 1:250.000 e 1:1.000.000, não se mostrou adequada.

6.3. Tipologia – *Setting*

De acordo com Thom (1982; 1984), o nível Tipologia (*Setting*) pode ser dividido em oito tipos, conforme suas características geofísicas, geomorfológicas e biológicas. Para esse autor, os manguezais se instalam e permanecem devido às características do meio ambiente. Por ser um ambiente dinâmico, em alguns momentos as condições físicas favorecem os processos de deposição de sedimentos e o aumento de áreas de manguezais e outras vezes favorecem a erosão e a perda de habitats para os manguezais.

No Brasil é possível encontrar a formação das cinco primeiras tipologias propostas por Thom (1982; 1984), conforme apresentado no capítulo 4.6.3. Para a representação cartográfica da presente pesquisa estudou-se a Unidade VII do domínio costeiro que se estende de Cabo Frio - RJ a Torres - RS, e dentro dessa área foi escolhido o Sistema Costeiro Cananéia-Iguape, localizada no litoral sul do estado de São Paulo para análise do nível hierárquico tipologia, visto que é uma das áreas de manguezais conservados dentro na Unidade VII, mesmo estando localizado em um estado com grande população.

O estado de São Paulo possui uma zona costeira com 700 km de extensão e uma área com 22 mil km², o que corresponde a 9% do território paulista, abrangendo trinta e seis municípios, nesse território vivem mais de 2,3 milhões de pessoas, o equivalente a 6% da população do estado (SÃO PAULO, 2012).

A geologia da fachada atlântica do estado de São Paulo está relacionada ao fim do Cretáceo e Eoceno, compreendendo as escarpas de falhas do Planalto Atlântico, e também ao período Cenozóico e Quaternário, referente aos movimentos epirogênicos e eustáticos (AB'SÁBER, 1955).

De acordo com Almeida (1964), as baixadas litorâneas localizadas no estado de São Paulo são constituídas de sedimentos detríticos não anteriores ao Pleistoceno. Sendo que os sedimentos mais antigos foram identificados no baixo vale do rio

Ribeira de Iguape, correspondendo a antigas planícies, formadas quando o nível do mar estava bem acima do nível atual.

No litoral sul paulista a Serra do Mar adentra ao continente alguns quilômetros, favorecendo a ocorrência de amplas planícies costeiras, que estão associadas a um grande sistema estuarino-lagunar e a maior bacia hidrográfica costeira paulista, do rio Ribeira de Iguape (SOUZA, 2012).

Nessa unidade se destaca a presença da estrutura cristalina da Serra do Mar, e na planície costeira ocorrem lagoas e barreiras, além de áreas abrigadas como enseadas e baías, com ocorrência de manguezais em praticamente toda a costa, ocupando uma área aproximada de 72 km² (CUNHA-LIGNON et al., 2003).

O Sistema Costeiro Cananéia-Iguape faz parte de uma importante área estuarina, apresenta características da tipologia III, com formação de cordões arenosos, ilhas e lagoas que protegem os manguezais do embate das ondas (THOM, 1982; 1984; HUTCHINGS; SAENGER, 1987; WOODROFFE, 1992).

No mapa 3 a geomorfologia foi representada de acordo com o mapeamento geomorfológico do estado de São Paulo, elaborado por Ross e Moroz (1997). No Sistema Costeiro Cananéia-Iguape a geomorfologia é representada por três feições: planalto, depressão e planície, sendo que os planaltos são constituídos por formas residuais, as depressões por processos erosivos circundacionais e as planícies por processos agradacionais, ocasionadas por deposição de sedimentos recentes (ROSS, 1996). No caso do Sistema Costeiro Cananéia-Iguape refere-se especificamente ao Planalto Atlântico, a Depressão do Baixo Ribeira e as Planícies Fluvial e Litorânea.

O Planalto Atlântico ocorre em uma faixa de orogenia antiga, correspondente ao cinturão orogênico do Atlântico, com relevo sustentado por diversas litologias, a maioria metamórfica associada às rochas intrusivas. No Sistema Costeiro Cananéia-Iguape ocorre o Planalto do Ribeira/Turvo, a Escarpa/Serra do Mar e os Morros Litorâneos, que se caracterizam por relevo denudacional, formado por morros altos com topos aguçados e convexos (ROSS; MOROZ, 1997).

A Depressão do Baixo Ribeira pertence à morfoestrutura da Bacia Sedimentar Cenozóica do Baixo Ribeira, com predomínio de relevo denudacional composto por colinas e patamares aplanados (ROSS; MOROZ, 1997).

As planícies fluviais ocorrem em áreas associadas aos depósitos de origem fluvial, com predomínio de processos agradacionais. Formados por terrenos planos de origem sedimentar fluvial de idade quaternária, sujeitos a inundações periódicas (ROSS; MOROZ, 1997).

As planícies litorâneas ou costeiras pertencem à morfoestrutura das bacias de sedimentação marinha e fluviais descontínuas, estão localizadas na linha de costa e dependem dos processos que ocorrem nessa interação oceano-continente. No Sistema Costeiro Cananéia-Iguape é representada pela Planície litorânea de Iguape/Cananéia (ROSS; MOROZ, 1997).

Para Monteiro (1973), a posição geográfica ocupada pelo estado de São Paulo, bem como seus fatores geográficos, caracteriza o limite de duas zonas climáticas. A primeira seria a zona climática intertropical, compreendendo grande parte do estado, com interferência direta dos sistemas atmosféricos tropicais e equatoriais, localizada ao norte do Trópico de Capricórnio. A segunda seria a zona climática subtropical, localizada ao sul do Trópico de Capricórnio, com atuação das massas tropicais e polares e elevada pluviosidade nas margens orientais e subtropicais do continente.

De acordo com Silva (1989), conforme apresentado no capítulo 3.1, o Sistema Costeiro Cananéia-Iguape apresenta elevada pluviosidade anual, com média anual acima de 2.200 mm e média mensal acima de 150 mm na maior parte do ano para o município de Cananéia. A temperatura média do ar anual também é elevada, acima de 21 °C, para essa localidade. No mapa 3 apresenta-se essas informações em um climograma ombrotérmico, assim como, a batimetria do estuário (BRASIL, 2008).

O mapa da Tipologia III – Sistema Costeiro Cananéia-Iguape foi elaborado com escala cartográfica de 1:300.000, maior que a escala de mapeamento sugerida por Schaeffer-Novelli et al. (2000; 2005), para representação desse nível hierárquico (entre 1:20.000 e 1:250.000).

6.4. Padrão – *Stand*

Conforme proposta de classificação dos bosques de manguezais apresentados por Lugo e Snedaker (1974) e Schaeffer-Novelli et al. (2000) o nível hierárquico Padrão (*Stand*) é subdividido em dois diferentes tipos de bosques: Franja e Bacia, e quatro subtipos: Ribeirinho, Ilhote, Arbustivo e Anão. Cada tipo ou subtipo é classificado de acordo com suas características estruturais e funcionais, sendo a grande diferença decorrente dos fluxos d'água dos bosques, quando esses fluxos são diários e rápidos, ocorre o bosque tipo franja, caracterizado pelo vai e vem constante das marés, mas quando esse fluxo é devagar e não ocorre diariamente, verifica-se a ocorrência do bosque tipo bacia, conforme apresentado no capítulo 4.6.4.

Dentro da Tipologia III - Sistema Costeiro Cananéia-Iguape, escolheu-se representar cartograficamente os bosques de mangue próximo ao rio Sítio Grande, localizado na Ilha do Cardoso – SP. Nesse bosque há exemplares dos dois padrões propostos por Lugo e Snedaker (1974) e Schaeffer-Novelli et al. (2000): franja e bacia, além do subtipo arbustivo, conforme representado no mapa 4.

O mapa 4 foi elaborado com escala cartográfica de 1:5.000, dentro do intervalo sugerido para o mapeamento do nível padrão entre 1:2.500 e 1:20.000 (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000; 2005).

Para identificação dos bosques de manguezais foram interpretadas fotografias aéreas e realizado trabalhos de campo na Ilha do Cardoso, próximo ao rio Sítio Grande, na Baía de Trapandé. As fotografias aéreas foram fornecidas pelo “Projeto Mapeia São Paulo” (EMPLASA, 2011). Esse local recebe a influência de diferentes agentes ambientais, as correntes de maré derivadas da Baía do Trapandé carreando lama e sedimentos diversos e o aporte de areias trazidas pelo rio Sítio Grande (CUNHA-LIGNON, 2005).

Mapa 4: Padrão (Stand) Manguezais da Ilha do Cardoso/SP

281

- Estação microclimática (instalada abaixo do dossel)
- Radiação solar global (total acumulado 2013 - 35,25 MJ.m-2)
- Temperatura do ar (média anual 2013 - 21,2 °C)
- Transecto
- Hidrografia
- Corpos d'água
- Manguezal bosque franja
- Manguezal bosque bacia
- Manguezal bosque arbustivo
- Restinga
- Floresta Ombrófila Densa

Referências:
Diagrama de Perfil: Trabalho de Campo.
Temperatura e Radiação: Estação microclimática.
Manguezais: Fotointerpretação e Trabalho Campo.
Fotografias Aéreas: EMPLASA (2011).

De acordo com Souza-Júnior et al. (2007), a planície da Ilha do Cardoso é composta por depósitos arenosos deixados pelos eventos transgressivos/regressivos pleistocênico e holocênico. Sendo que, durante o Quaternário, as topografias mais baixas da ilha foram recobertas por depósitos arenosos pleistocênicos, retrabalhados durante a Transgressão Santos, o que contribuiu para a formação dos atuais depósitos arenosos. A Ilha do Cardoso também possui uma grande área formada por rochas pré-cambrianas, que forneceram sedimentos arenosos para as áreas de planícies (PETRI; FULFARO, 1970; SUGUIO; MARTIN, 1978). Além dessa contribuição, os sedimentos arenosos presentes nos manguezais são provenientes da ação erosiva, hídrica e eólica dos cordões arenosos das áreas de restingas (SOUZA-JÚNIOR, et al., 2007).

Realizaram-se trabalhos de campo para identificar se os diferentes tipos de bosques de mangue visualizados nas fotografias aéreas correspondiam à realidade. Durante as expedições de campo foram coletadas informações tanto para o nível padrão quanto para o nível hierárquico parcela.

Foram executadas três transversais de estudo para compreender a estruturação dos diferentes tipos de padrões de bosques. O Transecto 1, localizado entre a Baía de Trapandé e o rio Sítio Grande; o Transecto 2, entre o rio Sítio Grande e um curso d'água secundário; e o Transecto 3, entre a Baía de Trapandé e a Mata Atlântica identificados no mapa 4.

Em cada transecto foi traçado um perfil microtopográfico e realizada coleta de dados de salinidade intersticial, além do perfil diagrama e dos dados da estrutura da vegetação por meio de parcelas fixas, conforme verifica-se no capítulo 6.5.

Análise da microtopografia

Para a coleta dos dados de microtopografia no transecto 1 (Figura 88) marcou-se o ponto de referência quatorze metros à frente do bosque de mangue, conforme proposta apresentada por Coelho Júnior (1998). Nesses primeiros 14 m havia

somente presença de substrato e como a maré estava vazante verificou-se uma grande quantidade de lama.

Figura 88: Transecto 1 - Ilha do Cardoso – SP.
Fotografia: Ana Lucia Gomes dos Santos, 2013.

O ponto de referência foi considerada como cota 0 de altura topográfica, e as demais medidas foram feitas a cada dois metros ao longo do transecto, compreendendo no total 68 metros (Figura 89).

Figura 89: Microtopografia transecto 1 - Ilha do Cardoso – SP, 28/04/2013.
Elaboração: Santos (2014, presente trabalho)

Na figura 89 nota-se um rebaixamento no início do transecto 1, da cota 0 (ponto de referência), até o valor de -7 cm quatro metros à frente do início do transecto, logo depois verifica-se o retorno ao valor da cota de referência 0 e depois uma abrupta elevação até 15 cm, em seguida há um retorno para 3 cm para haver uma nova elevação abrupta até 23 cm, isso tudo somente nos primeiros quatorze metros do transecto antes do início do bosque de mangue.

Essa microtopografia identificada no início do transecto altera-se diariamente com o vai e vem das marés, pois o ambiente é bastante lamoso e não há vegetação para estabilizar esses sedimentos.

Distante quatorze metros do transecto iniciou-se a colonização do bosque de mangue. Nesse ponto, o nível de elevação foi de 7 cm, aumentando acentuadamente nos dois metros seguintes atingindo 42,9 cm e depois elevando-se gradualmente até alcançar 72,8 cm a uma distância de vinte e seis metros no transecto. Depois houve uma diminuição gradual até 48,3 cm a cinquenta e dois metros de distância. Essa elevação no início do bosque de mangue é composta por um banco de sedimentos arenosos logo no início do transecto, conforme apresentado na figura 90.

Figura 90: Banco de areia no início do transecto 1.
Fotografia: Ana Lucia Gomes dos Santos, 2013.

Após esse banco de areia a topografia variou pouco, decaindo abruptamente somente no último ponto, a sessenta e oito metros de distância, atingindo 25,3 cm já no encontro com o rio Sítio Grande.

Conforme é possível observar na figura 89, a área do transecto 1 pode ser atingida tanto pelo Nível Médio das Marés – NM, que alcança 81 cm (MESQUITA; HARARI, 1983), quanto pelo Nível Médio das Marés Altas de Sizígia – NMAS 125 cm (SCHAEFFER-NOVELLI; MESQUITA; CINTRÓN-MOLERO, 1990). Esse bosque de mangue foi caracterizado como padrão tipo franja.

O início do transecto 2 foi marcado no encontro do bosque com o rio Sítio Grande e o último ponto foi delimitado no final do bosque no encontro com o curso d'água secundário, totalizando 148 metros (Mapa 4).

Nesse transecto não foi possível seguir a proposta apresentada por Coelho Júnior (1998), visto que em ambos os lados do transecto apresentavam cursos d'água e por isso ocorreu um rebaixamento topográfico acentuado. O primeiro ponto foi

marcado no limite da margem com o rio, determinado como ponto de referência cota 0, as demais medidas foram feitas a cada dois metros ao longo do transecto.

Houve dificuldade na realização do transecto 2, pois o bosque apresentou uma característica muito particular, com árvores de porte baixo, altura média de 1,3 metros e o dossel possuía uma cobertura de uma espécie de cipozinho emaranhado, que dificultou a circulação para tomadas das medidas de microtopografia e salinidade, além da dificuldade de tomada de dados da estrutura da vegetação, conforme figuras 91 e 92.

Figura 91: Bosque arbustivo, altura média 1,3 metros - transecto 2, Ilha do Cardoso – SP.
Fotografia: Ana Lucia Gomes dos Santos, 2013.

Figura 92: Cipozinho encontrado no dossel do bosque arbustivo - transecto 2, Ilha do Cardoso – SP.
Fotografia: Ana Lucia Gomes dos Santos, 2013.

Na figura 93 pode-se verificar o comportamento da microtopografia ao longo dos 148 metros do transecto 2.

Figura 93: Microtopografia transecto 2 - Ilha do Cardoso – SP, 31/05/2013.
Elaboração: Santos (2014, presente trabalho).

Na figura 93 identifica-se que no início do transecto 2 há uma elevação abrupta no terreno passando da cota 0 (ponto de referência) para 44,8 cm nos primeiros dois

metros do transecto, logo depois há um rebaixamento para 40,5 cm, nesse início percebe-se a formação de um banco de sedimentos depositado.

Após os quatro metros do transecto há uma elevação gradual na topografia e na distância de sessenta e dois metros percebe-se um rebaixamento no terreno possibilitando a formação de um pequeno canal de escoamento preferencial, nesse ponto havia água acumulada no substrato. Após esse canal verifica-se uma variação muito baixa da topografia até o final do transecto onde ocorre um rebaixamento do terreno até 21,5 cm no ponto final, onde o bosque de mangue encontra-se com um curso d'água.

Verifica-se, na figura 93, que a área do transecto 2 também pode ser banhada tanto pelo NM = 81 cm (MESQUITA; HARARI, 1983), quanto pelo NMAS = 125 cm (SCHAEFFER-NOVELLI; MESQUITA; CINTRÓN-MOLERO, 1990). Identificou-se esse padrão como tipo franja, mas subtipo arbustivo, devido às características estruturais do bosque.

O transecto 3 foi delimitado entre a Baía de Trapandé e a mata atlântica e restinga (Mapa 4). O ponto inicial do transecto (ponto de referência) foi demarcado no encontro do canal com o bosque de mangue e o último ponto na transição do bosque de mangue para a mata atlântica e restinga, totalizando 232 metros de transecto (Mapa 4). As medidas de microtopografia foram tomadas a cada dois metros ao longo do transecto.

Nessa transversal também não foi possível seguir a sugestão de Coelho Júnior (1998) de iniciar a marcação há quatorze metros à frente do início do bosque, pois no início da coleta de dados a maré estava cheia e o rebaixamento topográfico era acentuado.

Na figura 94 apresenta-se a variação microtopográfica do transecto 3, ao longo dos 232 metros de extensão.

Figura 94: Microtopografia transecto 3 - Ilha do Cardoso – SP, 01/06/2013.
Elaboração: Santos (2014, presente trabalho).

Na figura 94 verifica-se que ao longo da transversal há uma elevação da topografia, sendo que no início apresentou-se uma elevação acentuada variando entre 0 e 71,5 cm nos primeiros trinta metros do transecto, depois continua uma elevação de forma gradual entre 71,5 e 88,3 cm até a distância de setenta metros no transecto. A partir desse ponto verifica-se uma elevação mais acentuada de 88,3 a 103,1 cm até os noventa metros no transecto. Nesse ponto foi encontrado um rebaixamento no terreno de 103,1 para 95,6 cm, na distância de noventa e oito metros no transecto; nesse local forma-se uma barreira para o fluxo d'água no bosque, visto que a maré de sizígia consegue alcançar essa área até quase o final do bosque, mas, ao retornar esse ponto, funciona como uma barreira para a água, diminuindo a velocidade do fluxo d'água. Nesse local verifica-se a existência do bosque de mangue tipo bacia (Figura 95). E ao final do transecto ocorre uma elevação abrupta, 132,6 cm, no encontro com a mata atlântica e restinga (Figura 96).

Figura 95: Mangue tipo Bacia – transecto 3, Ilha do Cardoso – SP.
Fotografia: Ana Lucia Gomes dos Santos, 2013.

Figura 96: Transição entre manguezal, mata atlântica e restinga – transecto 3, Ilha do Cardoso – SP.
Fotografia: Ana Lucia Gomes dos Santos, 2013.

Verifica-se na figura 94, que somente parte da área do transecto 3, até aproximadamente cinquenta e seis metros de distância, pode ser banhado pelo NM

= 81 cm (MESQUITA; HARARI, 1983), sendo que a partir desse ponto a topografia apresenta elevação acima de 82 cm até próximo ao final do bosque o substrato só é atingido pelo NMAS = 125 cm (SCHAEFFER-NOVELLI; MESQUITA; CINTRÓN-MOLERO, 1990), visto que no último ponto do transecto a topografia atinge 132,6 cm, não sendo banhado pelo NMAS.

Identificou-se o início do transecto 3 como padrão do tipo franja (Figura 97), mas a partir de aproximadamente noventa metros foi verificado o padrão do tipo bacia, devido a estrutura do bosque e a variação dos fluxos d'água.

Figura 97: Mangue tipo Franja – transecto 3, Ilha do Cardoso – SP.
Fotografia: Ana Lucia Gomes dos Santos, 2013.

Ao final do transecto foram identificadas algumas espécies típicas de áreas de transição como a *Hibiscus sp.* e a partir de 232 metros no transecto ocorreu somente espécies da mata atlântica e restinga.

De acordo com Coelho Júnior (2003), os bosques franja, em Cananéia, são inundados diariamente pelas marés. No presente estudo verificou-se que os bosques tipo franja apresentam inundações diárias pelas marés.

Para Twilley et al. (1996), os fatores de microtopografia determinam condições hidrológicas e químicas do sedimento, no caso dos manguezais, controlam também a entrada das marés, e são fundamentais na determinação dos padrões fisionômicos do bosque. A microtopografia induz variações de respostas fisiológicas de diferentes espécies (VALE, 2004). Dessa forma, com o levantamento microtopográfico é possível identificar os diferentes padrões existentes.

Análise da salinidade

Conforme apresentado no capítulo 3.2.3, foram coletadas amostras de salinidade intersticial no substrato a 10 e a 50 cm de profundidade ao longo de cada transversal estudada.

No transecto 1 foram coletadas quatorze amostras de salinidade a 10 cm de profundidade e mais quatorze a 50 cm, sendo que a primeira coleta foi realizada a quatorze metros do início do transecto, onde estava a primeira árvore do bosque, depois as medidas foram feitas a cada quatro metros de distância, conforme apresentado na figura 98.

Figura 98: Dados de microtopografia e salinidade no transecto 1 - Ilha do Cardoso – SP, 28/04/2013. Elaboração: Santos (2014, presente trabalho).

Na figura 98 estão presentes os dados de microtopografia e salinidade no transecto 1. Ao longo desse transecto a salinidade variou entre 26 e 37 a 10 cm e entre 28 e 36 a 50 cm. No início do transecto, próximo a Baía de Trapandé, apresentam-se os maiores valores de salinidade, tanto a 10 quanto a 50 cm, sendo que o maior valor registrado ocorreu a vinte e seis metros de distância, justamente em uma área de elevação no terreno causado por um banco de areia. Nesse ponto nota-se que a salinidade a 10 cm (37) ultrapassou o valor da salinidade a 50 cm (36), esses valores decaem em alguns pontos ao longo do transecto (34, 50 e 66 metros de distância), justamente nos pontos onde ocorre uma declividade no terreno e onde observou-se *in loco* a possibilidade de acúmulo de água pluvial.

Na figura 98 verifica-se que entre 18 e 30 metros no transecto há um banco de areia, elevando a topografia nesse ponto; nessa mesma área foram verificados valores acentuados de salinidade intersticial, tanto a 10 quanto a 50 centímetros de profundidade. Nesse banco de areia a salinidade foi coletada em um nível topográfico superior, ou seja, ao longo do transecto as amostras de sedimentos foram coletadas com o trado a partir da superfície do substrato, assim, a profundidade intersticial é sempre em relação à superfície (10 e 50 centímetros), quando a topografia se elevou a mostra foi coletada em um nível topográfico superior, quando a topografia rebaixou a coleta de substrato foi feita em um nível topográfico inferior. Uma possibilidade para o ocorrido nesse ponto: por estar próximo à margem da costa notou-se maior incidência da cunha salina, logo, a salinidade constatada foi maior.

No perfil apresentado (Figura 98) verifica-se que a salinidade medida a 10 cm de profundidade ultrapassou os valores da medida a 50 cm somente em três pontos do transecto (26, 38 e 62 metros de distância), em quatro pontos apresentou a mesma concentração de sais (22, 34, 54 e 58 metros de distância), e, nos demais pontos a salinidade a 10 cm ficou com valores inferiores do que a 50 cm (14, 18, 30, 42, 46, 50 e 66 metros de distância), portanto, os maiores valores de salinidade se mantiveram nas amostras coletadas a 50 cm.

Em um transecto, também realizado na Ilha do Cardoso, Coelho Júnior (2003) identificou a elevação da salinidade em um ponto onde houve aumento da topografia

do relevo, considerou em sua análise que nesse ponto, devido à predominância da espécie *Laguncularia racemosa* de pequeno porte estrutural e com dossel ralo; em virtude da maior evaporação os sais poderiam se acumular no substrato, elevando a concentração de salinidade intersticial. Logo depois desse ponto houve uma depressão no terreno e uma queda nos valores de salinidade, nessa depressão foi observado um acúmulo de água pluvial fato que causou a diminuição da concentração de sais (COELHO JÚNIOR, 2003).

O transecto 2 apresentou 148 metros de distância, entre o rio Sítio Grande e o curso d'água secundário (mapa 4), entretanto, nesse transecto foram coletados apenas três medidas de salinidade com espaçamento irregular devido a dificuldade da coleta das amostras, dessa forma optou-se por não analisar esse transecto quanto a variação da salinidade.

O transecto 3 apresentou 232 metros de distância, entre a Baía de Trapandé e a mata atlântica e restinga (mapa 4). Nesse transecto coletaram-se quinze amostras de salinidade em cada profundidade (10 e 50 cm), sendo que a primeira coleta foi feita no início do transecto, onde estava a primeira árvore do bosque, entretanto, como no início das coletas a maré estava cheia essa medida foi a última a ser tomada; a segunda coleta de salinidade foi feita somente a quatorze metros de distância no transecto, ponto onde a maré não estava mais inundando o ambiente. Depois, as medidas foram feitas a cada dez metros de distância até cento e vinte metros no transecto. Como as medidas de salinidade não estavam apresentando variação optou-se por fazer apenas mais duas coletas no final do transecto a duzentos e dezesseis e duzentos e vinte e oito metros, conforme apresentado na figura 99.

Figura 99: Dados de microtopografia e salinidade no transecto 3 - Ilha do Cardoso – SP, 01/06/2013. Elaboração: Santos (2014, presente trabalho).

Na figura 99 estão presentes os dados de microtopografia e salinidade do transecto 3. A salinidade variou entre 10 e 33 a 10 cm de profundidade e entre 9 e 33 a 50 cm. O início do transecto apresentou salinidade baixa (25 e 26 respectivamente a 10 e a 50 cm de profundidade), mas depois essa salinidade aumentou, voltando a decair significativamente ao final do transecto.

Os maiores valores de salinidade a 10 cm ocorreram a cinquenta e sessenta metros de distância (33 e 32 respectivamente) e os maiores valores de salinidade a 50 cm ocorreram a vinte e cinquenta metros de distância no transecto, marcando 33.

Verifica-se no transecto 3 (Figura 99) que a salinidade a 10 cm manteve-se entre 25 e 33 até a distância de noventa metros no transecto, sendo que a partir de cem metros essa salinidade diminuiu, tendo apenas uma pequena elevação a cento e vinte metros, apresentando 26 e ao final do transecto, já no encontro com a mata atlântica e restinga, houve o menor valor registrado apenas 10.

A salinidade coletada a 50 cm de profundidade apresentou a mesma tendência (Figura 99), permanecendo entre 26 e 33 até noventa metros no transecto e a partir de cem metros houve uma diminuição gradual na salinidade até o valor de apenas 9

no final do transecto. Essa configuração já era esperada, visto que as espécies de mata atlântica e restinga não sobrevivem em locais com salinidade elevada.

No perfil do transecto 3 (Figura 99) nota-se que a salinidade medida a 10 cm de profundidade ultrapassou os valores da medida a 50 cm somente no último ponto do transecto, a duzentos e vinte e oito metros de distância (10 e 9 respectivamente). Em três pontos apresentaram a mesma concentração de sais (50, 60 e 216 metros de distância) e nos demais pontos a salinidade a 10 cm ficou com valores inferiores do que a 50 cm.

Assim como no transecto 1 o transecto 3 apresentou os maiores valores de salinidade amostrados a 50 cm de profundidade, e assim pode-se inferir que a infiltração da precipitação e o escoamento de água pluvial interferem nos valores da salinidade a 10 cm e que a mistura da cunha salina se mantém preservada a 50 cm de profundidade.

De acordo com Coelho Júnior (1998), os valores obtidos para a salinidade intersticial do substrato dos manguezais possuem relação direta com as características de inundação do bosque, assim como com as características climáticas locais e com o aporte de água doce.

Em estudo realizado por esse autor (COELHO JÚNIOR, 2003) em uma transversal também na Ilha do Cardoso – SP a salinidade intersticial média variou entre 15,4 e 31,5, sendo mais elevada próximo ao canal e menor próximo a área de transição para outras vegetações. O presente estudo verificou essa mesma distribuição, salinidade mais elevada próxima ao canal e menor no interior do bosque, sendo que os menores valores foram observados no transecto 3, na área de transição entre os manguezais e a mata atlântica e restinga. Em Cananéia, o clima úmido associado aos aportes de água doce (fluvial, pluvial ou drenagem terrestre) dificulta o acúmulo de sais nos sedimentos (COELHO JÚNIOR, 1998).

Os dados de microclima para os bosques de manguezais da Ilha do Cardoso foram coletados em uma estação microclimática instalada pelo projeto “Monitoramento dos manguezais: guardiões da zona costeira”, conforme explicado no capítulo 3.2.1.

Essa estação microclimática coletou dados abaixo do dossel, visto que a torre possui altura de dois metros. Esses dados estão também apresentados no mapa 4.

Na figura 100 verifica-se a média mensal da temperatura do ar, registrada no bosque de mangue, para os anos 2012 e 2013.

Figura 100: Temperatura média do ar para o bosque de mangue, Ilha do Cardoso-SP, 2012 e 2013. Elaboração: Santos (2014, presente trabalho).

Em 2012 a média anual da temperatura do ar foi de 21,7 °C e em 2013 de 21,2 °C, sendo que o mês que apresentou maior temperatura média do ar foi o mês de fevereiro, 25,4 °C em 2012 e 25,1 °C em 2013. E o mês que apresentou a menor temperatura média do ar foi o mês de julho, 17,6 °C em 2012 e 16,7 °C em 2013.

A temperatura média do ar no bosque de mangue da Ilha do Cardoso, registrada abaixo do dossel do bosque (21,7 °C – 2012 e 21,2 °C – 2013) ficou muito próxima à temperatura registrada por Wainer, Colombo e Miguel (1996) para o município de Cananéia, 21,4 °C no período entre 1956 e 1994, conforme capítulo 3.1. Esses autores também verificaram, para esse período, que o mês de fevereiro registrou a maior temperatura média do ar, 25,2 °C e o mês de julho a menor temperatura média do ar 17,7 °C. Portanto, coincidindo com os meses da presente pesquisa para os anos de 2012 e 2013, e com valores muito próximos, mesmo a estação microclimática estando instalada abaixo do dossel de manguezal, no bosque de mangue tipo franja, conforme mapa 4.

Nos anos de 2012 e 2013 a maior temperatura do ar foi registrada no mês de dezembro, 36,6 °C dia 26/12/2012 e 35,1 °C dia 31/12/2013. No mesmo período a menor temperatura do ar foi registrada no mês de julho 9,7 °C dia 14/07/2012 e 6,7 °C dia 24/07/2013.

A temperatura do ar e da água são fatores limitantes para ocorrência de manguezais. Para Chapman (1976), as temperaturas mínimas toleradas para bosques de mangue variam entre 10 e 12 °C. Verifica-se com os dados apresentados que os bosques de mangue da Ilha do Cardoso passaram por temperaturas inferiores as citadas por Chapman (1976) entre os anos de 2012 e 2013, com valores abaixo dos 10 °C, mesmo assim o bosque de mangue permanece vivo sem apresentar características de menor crescimento e/ou morte das árvores.

Na presente pesquisa também foram analisados os dados de radiação solar global, registrados na estação microclimática, instalada abaixo do dossel do bosque de mangue tipo franja. Na figura 101 verifica-se a radiação solar global média mensal, para o bosque de mangue, nos anos 2012 e 2013.

Figura 101: Radiação solar global média para o bosque de mangue, Ilha do Cardoso-SP, 2012 e 2013.

Elaboração: Santos (2014, presente trabalho).

Verifica-se que no ano de 2012 a radiação solar global média foi de 2,92 MJ.m⁻² e em 2013 foi 2,95 MJ.m⁻², o mês que registrou a maior média de radiação solar global

em 2012 foi o mês de fevereiro $3,49 \text{ MJ.m}^{-2}$ e no ano 2013 foi o mês de dezembro $5,1 \text{ MJ.m}^{-2}$. Em 2012 e 2013 o mês que registrou a menor média de radiação solar global foi junho $1,49 \text{ MJ.m}^{-2}$ e $1,77 \text{ MJ.m}^{-2}$, respectivamente. No acumulado de 2012 o total de radiação solar global atingiu $35,4 \text{ MJ.m}^{-2}$, e em 2013 o total acumulado foi de $35,25 \text{ MJ.m}^{-2}$.

A radiação solar influencia diretamente no crescimento e desenvolvimento da vegetação (CHAPMAN, 1976). O tipo de cobertura vegetal também influencia na quantidade de radiação solar que pode ser absorvida, transmitida e refletida, pois cada tipo de vegetação também possui características próprias para capturar essa energia, que chega da radiação solar, e transformá-la em produtividade biológica.

Na figura 102 verifica-se o total diário da radiação solar global para o bosque de mangue da Ilha do Cardoso entre os anos de 2012 e 2013.

Figura 102: Total diário de radiação solar global para o bosque de mangue, Ilha do Cardoso-SP, 2012 e 2013.

Elaboração: Santos (2014, presente trabalho).

Durante esses dois anos verificou-se que o valor máximo diário de radiação solar global ocorreu no dia 31/10/2012, com registro de $6,52 \text{ MJ.m}^{-2}$, e no dia 29/10/2013, com registro de $9,14 \text{ MJ.m}^{-2}$. Os valores mínimos foram registrados nos dias 26/04/2012, com $0,2 \text{ MJ.m}^{-2}$, e no dia 24/06/2013, com $0,13 \text{ MJ.m}^{-2}$.

6.5. Parcela – Site

A Parcela é considerada o nível hierárquico de maior detalhe no estudo do sistema manguezal. Para o estudo desse nível cada uma das transversais delimitadas no nível padrão foi identificada quanto à estrutura da vegetação e a organização do bosque, assim não foi elaborado mapa desse nível hierárquico, sua representação foi realizada por meio de perfis diagramas e gráficos.

Após a realização da micropotografia elaborou-se o diagrama de perfil para cada um dos transectos, conforme apresentado nas figuras 103, 104 e 105.

Figura 103: Perfil diagrama transecto 1 - Ilha do Cardoso – SP, 28/04/2013.
Elaboração: Santos (2014, presente trabalho).

O transecto 1 (Figura 103) apresentou padrão de bosque franja, com fluxos diários de água, pela entrada da maré e curso d'água. A composição de espécies apresentou a maior diversidade entre os três transectos, com vários exemplares de *A. schaueriana*, *L. racemosa* e *R. mangle*, sendo essa última predominante ao longo do transecto.

Figura 104: Perfil diagrama transecto 2 - Ilha do Cardoso – SP, 31/05/2013.
Elaboração: Santos (2014, presente trabalho).

O diagrama de perfil do transecto 2 (Figura 104) também apresentou padrão de bosque tipo franja, com fluxos diários de água, por entrada da maré e cursos d'água. Entretanto, esse bosque apresentou característica muito particular com a estrutura da vegetação baixa, as árvores tinham aproximadamente 1,3 metros e havia predomínio da espécie *L. racemosa*, caracterizando esse bosque como subtipo arbustivo.

Figura 105: Perfil diagrama transecto 3 - Ilha do Cardoso – SP, 01/06/2013.
Elaboração: Santos (2014, presente trabalho).

O perfil diagrama do transecto 3 (Figura 105) apresentou uma diferenciação na organização da estrutura da vegetação ao longo da transversal. No início do transecto, até aproximadamente noventa metros de distância, identificou-se característica do bosque tipo franja, com fluxos diários de água, altura e composição de árvores muito parecidas com o transecto 1, apresentando as três espécies de árvores: *R. mangle*, *A. schaueriana* e *L. racemosa*.

A partir dos noventa metros no transecto houve uma mudança significativa na topografia com uma área mais elevada que forma uma barreira para o escoamento da água. Verificou-se que o fluxo de água não era diário (havia muita água empoçada) e que houve mudança na estrutura da vegetação, as árvores ficaram mais baixas, apresentando menor DAP e grande densidade de indivíduos, havia presença somente das espécies *R. mangle* e *L. racemosa*. No final do transecto, na transição para a mata atlântica e restinga, foram identificadas algumas espécies arbustivas associadas aos manguezais.

Verifica-se que cada transecto apresentou uma organização particular do bosque de mangue. Assim, após essa análise do perfil diagrama, decidiu-se pela elaboração de quatro parcelas para análise da estrutura da vegetação, referente ao estudo do nível parcela.

No transecto 1, localizado entre a Baía de Trapandé e o rio Sítio Grande, identificou-se somente um padrão de bosque, tipo franja, e delimitou-se uma parcela para estudo da estrutura da vegetação. No transecto 2, realizado entre o rio Sítio Grande e um curso d'água secundário, também identificou-se somente um padrão de bosque, do tipo franja, subtipo arbustivo, assim também delimitou-se somente uma parcela de estudo. No transecto 3, realizado entre a Baía de Trapandé e a mata atlântica e restinga, foram identificados dois padrões de bosque, no início da transversal o bosque tipo franja e no meio da transversal o bosque tipo bacia, assim duas parcelas de estudo foram delimitadas, conforme já apresentado na figura 19, capítulo 3.2.5.

Para análise dos dados da estrutura da vegetação, as áreas das parcelas foram transformadas em hectares para comparações com outros estudos já realizados no

sistema manguezal da Ilha do Cardoso – SP. Na tabela 3 pode-se ver um resumo das características dos bosques, com informações sobre número de troncos por indivíduos (árvores), área basal (m^2/ha), DAP médio (cm), densidade (troncos/ha) e altura média (m).

Tabela 3: Variáveis estruturais dos bosques de mangue Ilha do Cardoso – SP.

Bosques	Tronco/ indivíduo	Área Basal (m^2/ha)	DAP médio (cm)	Densidade (troncos/ha)	Altura média (m)
1 Franja	1,6	38,6	7,5	8.700	6,9
2 Arbustivo	-	-	-	-	1,3
3 Bacia	1,2	39,4	5,1	19.600	3,7
4 Franja	1,0	41,6	11,5	4.000	6,9

Elaboração e organização: Santos (2014, presente trabalho).

O bosque 1 – Franja possui uma relação tronco/indivíduo de 1,6 a maior entre os bosques estudados e uma densidade absoluta de 8.700 troncos/ha. Esse bosque apresentou DAP médio de 7,5 cm, pode ser classificado na classe diamétrica intermediária ($\geq 2,5$ e < 10 cm) e altura média de 6,9 metros.

O segundo bosque, denominado bosque 2 – Arbustivo, possui uma organização muito emaranhada e ramificada, o que dificultou a diferenciação do número de indivíduos e de troncos, dessa forma não foi possível coletar os dados de DAP desse bosque. A altura média foi de 1,3 metros.

O bosque 3 – Bacia apresentou uma relação de 1,2 tronco/indivíduo, com algumas árvores ramificadas, e uma elevada densidade absoluta de 19.600 troncos/ha, a maior entre os bosques estudados. Esse bosque possui o menor DAP médio, com 5,1 cm e elevada quantidade de indivíduos com DAP inferior a 2,5 cm, altura média de 3,7 metros.

O quarto bosque, denominado bosque 4 – Franja apresentou a melhor relação tronco/indivíduo 1,0, quanto mais próximo de 1 significa que o bosque possui árvores menos ramificada. Possui a menor densidade entre os bosques, 4.000 troncos/ha e o maior DAP médio 11,5 cm, altura média foi de 6,9 metros.

Pode-se considerar o bosque 4 - Franja como o mais desenvolvido entre os bosques identificados nesse estudo, visto que conforme Schaeffer-Novelli e Cintrón (1986)

quanto mais desenvolvido um bosque de mangue, maior o número de indivíduos com DAP elevado e menor densidade.

A área basal dos três bosques apresentaram valores aproximados: bosque 1 – Franja 38,6 m²/ha, bosque 3 – Bacia 39,4 m²/ha e bosque 4 – Franja 41,6 m²/ha. Mesmo o bosque 3 – Bacia apresentando o menor DAP médio 5,1 cm, o valor da área basal ficou próximo aos demais bosques, isso ocorreu devido à elevada quantidade de troncos existentes nesse bosque.

De acordo com Schaeffer-Novelli e Cintrón (1986), a densidade de um bosque é função tanto da idade quanto do nível de amadurecimento. Assim, em um bosque jovem há grande número de árvores, de pequeno diâmetro, como no bosque 3 – Bacia. Conforme o bosque torna-se maduro a densidade de árvores diminui e o diâmetro aumenta, isso ocorre, pois, à medida que as árvores aumentam o seu diâmetro, há maior competição por espaço, tanto das copas em procura de luz, como nas raízes devido ao aumento do sistema radicular, assim em bosques desenvolvidos há menor número de árvores com maior diâmetro, como no bosque 4 – Franja, no presente estudo.

Para Cintrón, Lugo e Martinez (1985), a densidade de árvores com diâmetro superior a 10 cm são maiores em bosques franja, seguido pelos bosques ribeirinhos e por último pelos bosques bacia. No presente estudo os bosques 1 e 4 – Franja apresentaram o DAP médio mais elevado (7,5 e 11,5 cm respectivamente), enquanto o bosque 3 – Bacia o menor DAP médio (5,1 cm). Cunha-Lignon (2005) verificou DAP médio de 8 cm para bosques de manguezais considerados desenvolvidos na Ilha do Cardoso – SP. Assim os bosques 1 e 4 – Franja podem ser considerados os mais desenvolvidos entre os bosques identificados.

No mesmo estudo na Ilha do Cardoso – SP, Cunha-Lignon (2005) verificou que os bosques de mangue melhores desenvolvidos apresentaram altura média entre 6 e 7 metros, o que também coincide com a altura média dos bosques 1 e 4 – Franja, ambos com 6,9 metros.

Coelho Júnior (2003) analisou bosques de mangue em uma transversal com 330 metros de comprimento na Ilha do Cardoso – SP, constatou que grande parte do

bosque apresentou uma correlação próxima a 1 tronco/indivíduo, sendo que essa correlação variou entre 1,0 e 2,2 nas vinte e seis parcelas estudadas. A área basal variou entre 11,2 e 50,5 m²/ha; o DAP médio entre 3,7 e 12,5 cm, a densidade absoluta entre 5.577 e 25.200 troncos/ha e a altura do dossel entre 2,9 e 11,1 metros.

Quando comparados os dados obtidos por Coelho Júnior (2003), com os obtidos na presente pesquisa, verifica-se uma aproximação entre a relação tronco/indivíduo, sendo que a variação no presente estudo se manteve entre 1,0 e 1,6 tronco/indivíduo, abaixo do limite superior observado por Coelho Júnior (2003). A área basal ficou dentro do intervalo obtido por Coelho Júnior (2003), apresentando valores acima do limite inferior e abaixo do limite superior, variando entre 38,6 e 41,6 m²/ha. Assim como os valores de DAP médio que variou entre 5,1 e 11,5 cm. Os valores de densidade absoluta nessa pesquisa foram inferiores aos verificados por Coelho Júnior (2003) variando entre 4.000 e 19.600 troncos/ha. Os dados de altura média tiveram um maior intervalo nas análises de Coelho Júnior (2003) do que nesse estudo, variando entre 1,3 e 6,9 metros. Assim como Coelho Júnior (2003), verificou-se na presente pesquisa que o maior desenvolvimento estrutural ocorreu no bosque tipo Franja.

Nos bosques estudados identificou-se a presença das três espécies arbóreas de mangue: *A. schaueriana*, *L. racemosa* e *R. mangue*. Essa última se destacou em três das quatro áreas estudadas, somente no bosque 2 – Arbustivo houve maior presença da espécie *L. racemosa*, como se pode verificar na figura 106, que apresenta os dados de densidade relativa para os quatro bosques.

Figura 106: Densidade Relativa (%) por espécies nos bosques de mangue, Ilha do Cardoso – SP.
Elaboração: Santos (2014, presente trabalho).

Observa-se na figura 106 que no bosque 1 – Franja predominou os troncos da espécie *R. mangle* com 67,8% de troncos vivos e 4,6% mortos. Em seguida destacou-se a *A. schaueriana*, com 20,7% de troncos vivos e 1,1% mortos. A *L. racemosa* apresentou apenas troncos vivos, representando 5,8%.

No bosque 2 – Arbustivo havia somente exemplares de *L. racemosa*. No bosque 3 – Bacia a *R. mangle* se destacou com 69,4% dos troncos vivos e nenhum morto; a *L. racemosa* apresentou 24,5% dos troncos vivos e 6,1% mortos. Nesse bosque não houve registro de *A. schaueriana*.

No bosque 4 – Franja também predominou a *R. mangle*, com 92,5% dos troncos vivos e 2,5% mortos. Tanto a *A. schaueriana* quanto a *L. racemosa* apresentaram apenas troncos vivos, com 2,5% cada uma.

Coelho Júnior (1998) identificou que o maior número de indivíduos representado no bosque de mangue na Ilha do Cardoso – SP foi de *R. mangle*, em menor número haviam espécies de *L. racemosa* e apenas alguns indivíduos de *A. schaueriana*. A mesma configuração que também verificou-se nas transversais 1 e 3 no presente estudo.

De acordo com Schaeffer-Novelli e Cintrón (1986), a área basal - AB é um excelente índice de desenvolvimento de um bosque, visto que ela está diretamente relacionada à quantidade de biomassa existente. Dessa forma, um bosque desenvolvido terá uma área basal maior do que um bosque em início de desenvolvimento.

Na presente pesquisa identifica-se que o bosque 4 – Franja apresenta o melhor desenvolvimento, visto que apresentou a maior valor em área basal (Tabela 3).

Verifica-se na figura 107 que nos três bosques a espécie que mais contribuiu em área basal foi a *R. mangle*, no bosque 1 – Franja, apresentou 32,8 m²/ha de AB viva e 0,9 m²/ha morta, em seguida a *A. schaueriana* contribuiu com 4,1 m²/ha e a *L. racemosa* 0,8 m²/ha. No bosque 3 – Bacia a *R. mangle* contribuiu com 32 m²/ha e a *L. racemosa* 4,9 m²/ha viva e 2,5 m²/ha morta. O bosque 4 – Franja apresentou AB da espécie *R. mangle* 36,4 m²/ha viva e 0,2 m²/ha morta, as demais espécies contribuíram com área basal viva, sendo a *A. schaueriana* 4,8 m²/ha e a *L. racemosa* 0,2 m²/ha.

Figura 107: Área basal (m^2/ha) por espécie nos bosques de mangue, Ilha do Cardoso – SP.
Elaboração: Santos (2014, presente trabalho).

Para Coelho Júnior (2003), a *R. mangle* também apresentou a maior concentração de área basal, seguida pela *L. racemosa* e *A. schaueriana*. Esse mesmo destaque para concentração de área basal para a espécie *R. mangle* se repetiu no presente estudo. No entanto, nos bosques tipo franja (bosques 1 e 4) houve maior destaque para a *A. schaueriana* do que para a *L. racemosa*, que se destacou no bosque tipo bacia (bosque 3) e subtipo arbustivo (bosque 2).

Identificou-se também a área basal por classe diamétrica (DAP) e depois foi feita uma comparação com os dados verificados por Coelho Júnior (1998; 2003), conforme figura 108.

Figura 108: Área basal (m^2/ha) por classe de DAP nos bosques de mangue, Ilha do Cardoso – SP. Elaboração: Santos (2014, presente trabalho).

Na figura 108 verifica-se que o bosque 1 – Franja possui a maior concentração de área basal na classe diamétrica intermediária ($\geq 2,5$ cm e < 10 cm) $22,7 \text{ m}^2/\text{ha}$, sendo que a classe diamétrica superior (≥ 10 cm) possui $15,6 \text{ m}^2/\text{ha}$ e a classe diamétrica inferior ($< 2,5$ cm) apenas $0,4 \text{ m}^2/\text{ha}$.

O bosque 3 – Bacia também apresentou a mesma distribuição do bosque 1 – Franja, com a maior concentração de área basal na classe diamétrica intermediária, com $31,4 \text{ m}^2/\text{ha}$, seguido pela classe diamétrica superior $6,7 \text{ m}^2/\text{ha}$ e por último a classe diamétrica inferior $1,4 \text{ m}^2/\text{ha}$.

Já o bosque 4 – Franja concentrou a maior quantidade de área basal na classe diamétrica superior, com $36,1 \text{ m}^2/\text{ha}$ e apenas $5,5 \text{ m}^2/\text{ha}$ na classe diamétrica intermediária. Esse é o bosque mais desenvolvido dentre os três estudados.

Coelho Júnior (2003) identificou maior concentração de área basal na classe diamétrica superior (≥ 10 cm) nas parcelas localizadas próximas ao canal, no início do transecto, como também foi o caso do presente estudo (bosques 1 e 4 – Franja). Ele verificou uma maior concentração de área basal na classe diamétrica intermediária ($\geq 2,5$ cm e < 10 cm) nas parcelas localizadas em direção ao continente, como no bosque 3 – Bacia do presente estudo.

Das vinte e seis parcelas identificadas por Coelho Júnior (2003), treze apresentaram maior concentração de área basal na classe diamétrica superior, até 130 metros de distância no transecto, nesse intervalo somente uma parcela localizada a 50 metros apresentou maior concentração de área basal na classe diamétrica intermediária. Após os 140 metros do transecto até o final, as doze parcelas apresentaram maior concentração de área basal na classe diamétrica intermediária. Nenhuma parcela analisada por esse autor apresentou maior concentração de área basal na classe diamétrica inferior (< 2,5 cm).

Nas figuras 109, 110 e 111 relaciona-se o DAP e a altura das árvores para as três espécies identificadas, *A. schaueriana* n = 9, *L. racemosa* n = 11 e *R. mangle* n = 111.

Figura 109: Regressão linear simples entre altura e DAP, espécie *A. schaueriana*, Ilha do Cardoso – SP.

Elaboração: Santos (2014, presente trabalho).

Na figura 109 verifica-se que grande parte das espécies de *A. schaueriana* possuem DAP na classe diamétrica intermediária ($\geq 2,5$ cm e < 10 cm) e altura entre 4 e 8 metros, com destaque para um indivíduo que apresentou DAP muito elevado 24,8 cm e também uma altura emergente para o bosque, mais de 11 metros.

Figura 110: Regressão linear simples entre altura e DAP, espécie *L. racemosa*, Ilha do Cardoso – SP.

Elaboração: Santos (2014, presente trabalho).

Na figura 110 verifica-se que a espécie *L. racemosa* apresenta concentração dos indivíduos na classe diamétrica intermediária ($\geq 2,5$ cm e < 10 cm) e baixa estatura entre 2 e 6 metros.

Figura 111: Regressão linear simples entre altura e DAP, espécie *R. mangle*, Ilha do Cardoso – SP.

Elaboração: Santos (2014, presente trabalho).

Na figura 111 verifica-se que a espécie *R. mangle* foi a que apresentou maior número de indivíduos, totalizando cento e onze. A maioria dos indivíduos apresentou

DAP na classe diamétrica intermediária ($\geq 2,5$ cm e < 10 cm), mas também houve uma boa representação das demais classes diamétricas inferior ($< 2,5$ cm) e superior (≥ 10 cm). A altura do bosque se concentrou entre 2 e 10 metros com alguns indivíduos emergentes, acima de 12 metros de altura.

Na presente pesquisa identificou-se o melhor ajuste da curva para *A. schaueriana* com o maior coeficiente de determinação $R^2 = 0,78$ (Figura 109), em segundo lugar a *R. mangle* com $R^2 = 0,74$ (Figura 111) e a *L. racemosa* apresentou o menor coeficiente $R^2 = 0,47$ (Figura 110). Assim, pode-se considerar que os dados de DAP e altura estão associados em 78% para a *A. schaueriana*, 74% para a *R. mangle* e apenas 47% apresentam certa dependência para a *L. racemosa*.

Coelho Júnior (2003) identificou, para os dados da sua pesquisa ($n = 46$ para *A. schaueriana*, $n = 887$ para *L. racemosa* e $n = 2.627$ para *R. mangle*), uma distribuição semelhante de ajuste das curvas para as mesmas espécies. Sendo que o melhor ajuste foi identificado também para *A. schaueriana* com o maior coeficiente $R^2 = 0,92$, seguido pela *R. mangle* que apresentou $R^2 = 0,75$, valor muito próximo ao da presente pesquisa, e a *L. racemosa* o menor coeficiente $R^2 = 0,68$.

Ressalta-se que os gráficos de regressão linear simples entre altura e DAP, apresentados nas figuras 109, 110 e 111, não pretendem demonstrar que há uma tendência infinita de crescimento dessas espécies, ou seja, mesmo que o sistema receba cada vez mais energia as espécies arbóreas identificadas não irão crescer em altura e DAP infinitamente.

Nos bosques a dominância em área basal também se destacou para a espécie *R. mangle*, conforme figura 112.

Figura 112: Dominância relativa (%) por espécies vivas e mortas nos bosques de mangue, Ilha do Cardoso – SP.

Elaboração: Santos (2014, presente trabalho).

No bosque 1 – Franja a *R. mangle* viva representou 85% e morta 2,2%, seguido pela *A. schaueriana* 10,5% viva, 0,1% morta e *L. racemosa* viva 2,2%. No bosque 3 – Bacia também predominou *R. mangle* viva com 81,2%, seguida pela *L. racemosa* 12,4% viva e 6,4% morta. No bosque 4 – Franja a *R. mangle* viva representou 87,5% e morta 0,5%, *A. schaueriana* viva 11,6% e a *L. racemosa* viva 0,4% (Figura 112).

Em estudos realizados na Ilha do Cardoso, por Peria et al. (1990) e Coelho Júnior (1998), identificou-se que a espécie *R. mangle* é a dominante nos manguezais, tanto em número de indivíduo, quanto em área basal, essa última varia entre 80,3% no rio Perequê e 54,5% no rio Sítio Grande (PERIA et al., 1990). O presente estudo também constatou a dominância dessa espécie nos bosques com mais de 80% de representatividade.

Conforme já apresentado no capítulo 4.5, cada bosque apresenta sua própria assinatura energética, o que foi constatado na presente pesquisa no nível hierárquico parcela, visto que mesmo em bosques com o mesmo padrão (bosques 1 e 4 – Franja), cada um apresentou suas próprias características estruturais, topográficas, salinidade, etc.

7. CONCLUSÕES

Tendo em vista os objetivos propostos na presente pesquisa, e depois de apresentado os resultados, seguem algumas considerações gerais e conclusões.

Os pressupostos teóricos e conceituais apresentados no início desse trabalho: Teoria Geral do Sistema, Teoria da Hierarquia, Cartografia Ambiental, Representação Gráfica e Conceito de Escala (Capítulo 2), foram fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa, pois nortearam o levantamento bibliográfico, os trabalhos de campo, as coletas de dados, a elaboração dos mapas, dos perfis diagramas, dos gráficos e a escrita da presente tese. Mostraram-se coerentes e contribuíram para construção da proposta de representação cartográfica dos diferentes níveis hierárquicos dos manguezais, apresentados por Schaeffer-Novelli et al. (2000; 2005).

Os níveis hierárquicos dos manguezais, propostos por Schaeffer-Novelli et al. (2000; 2005), apresentam uma organização sistêmica fundamentado pela Teoria Geral do Sistema - TGS, elaborada por Bertalanffy (1975), e Teoria da Hierarquia, derivada da TGS. No quadro 2 (Capítulo 2.1.2) apresentou-se uma concepção de conexão entre essas duas organizações de níveis hierárquicos, em uma tentativa de relacionar as unidades de paisagem apresentadas por Bertrand (1971), com os níveis hierárquicos dos manguezais propostos por Schaeffer-Novelli et al. (2000; 2005). Nesse quadro os níveis de maior abrangência estariam diretamente relacionados (zona ↔ grande ecossistema marinho); os níveis intermediários se relacionariam em três grupos (domínio e região ↔ domínio costeiro); (geossistema ↔ tipologias costeiras); (geofácies ↔ padrões de bosques) e por último os níveis de maior detalhe (geótopo/biogeocenose ↔ parcela de estudo).

Conforme afirmado no capítulo 2.1.2, o nível hierárquico de maior detalhe dos manguezais (parcela) se encaixaria melhor na definição de biogeocenose, apresentada por Dajoz (1973). Entretanto, como o quadro 2 relaciona os níveis hierárquicos dos manguezais, propostos por Schaeffer-Novelli et al. (2000; 2005) com as unidades de paisagem, apresentadas por Bertrand (1971) e, dentro dessa classificação, o nível hierárquico de maior detalhe é o geótopo, decidiu-se relacionar a parcela de estudo de manguezais a esse nível. Sabe-se que diferentemente do geótopo que apresenta características divergentes do geofácies em que se encontra a parcela de estudo de manguezais segue as características do padrão do bosque que está inserida.

O objetivo geral a que se propôs esta pesquisa visava desenvolver uma proposta cartográfica e representação apropriada a cada nível hierárquico do sistema manguezal, proposto por Schaeffer-Novelli et al. (2000; 2005), conforme síntese apresentada na figura 113:

Figura 113: Proposta cartográfica dos níveis hierárquicos dos manguezais.
Elaboração: Santos (2014, presente trabalho).

De acordo com Schaeffer-Novelli et al. (2005), a escala de mapeamento para o Grande Ecossistema Marinho - GEM estaria entre 1:1.000.000 até 1:5.000.000. Verifica-se no mapa 1, que a escala cartográfica 1:5.000.000 foi eficiente para o mapeamento do GEM 15 – Plataforma Sul do Brasil (Figura 113). Na presente pesquisa não se realizou o mapeamento dos demais grandes ecossistemas marinhos: GEM 16 – Plataforma Leste do Brasil, GEM 17 – Plataforma Norte do Brasil e para toda a costa brasileira, abrangendo os três GEMs. Assim, a escala sugerida por Schaeffer-Novelli et al. (2005) é possível de ser utilizada para representar pelo menos um dos GEMs existentes na costa brasileira. Para representação dos demais GEMs e/ou de toda a costa será necessário a verificação da escala mais apropriada de representação cartográfica.

O mapeamento do nível hierárquico GEM 15 (Mapa 1) representou a Plataforma Sul do Brasil, entre Cabo Frio – RJ (22° S) e Chuí – RS (34° S) (HEILEMAN; GASALLA, 2014). A representação gráfica do sistema manguezal nesse nível hierárquico foi linear na variável visual cor verde. Adotou-se a representação linear, pois nessa escala de mapeamento (1:5.000.000) a abrangência do dado é mais significativa para sua representação, por ser um sistema que ocorre em faixas costeiras restritas a representação zonal não se mostrou adequada nessa escala. Foram mapeados os manguezais em toda a costa desde Cabo Frio - RJ, 22° S, até o seu limite sul em Laguna - SC, 28° 30' S (SCHAEFFER-NOVELLI, 1994).

Nesse nível hierárquico mapearam-se alguns elementos, fatores e processos importantes para os manguezais. Em relação ao sistema atmosférico foram mapeadas as massas de ar: mPa – Massa Polar Atlântica, mTa – Massa Tropical Atlântica e a mTc – Massa Tropical Continental (MONTEIRO, 1973). No mapa 1 optou-se por fazer essa representação gráfica de forma pontual, pois assim foi possível a representação das três massas de ar. Sabe-se que os fenômenos: massas de ar e circulação geral da atmosfera ocorrem de forma zonal, entretanto, devido ao recorte de representação ser somente da Plataforma Sul do Brasil e a escala de mapeamento (1:5.000.000) a representação zonal como propõe Monteiro (1973), apresentado na figura 86 do capítulo 6.1, não se mostrou adequada. Dessa forma, sugere-se que para um mapa de representação com todos os GEMs da costa

brasileira (GEM 15, 16 e 17) adote-se a representação zonal apresentada por Monteiro (1973).

O sistema terrestre está representado pelo embasamento geológico presente no GEM 15, conforme mapeamento efetuado pelo IBGE (1990). Na costa da Plataforma Sul do Brasil se destacaram os sedimentos holocênicos, datados do Cenozóico, as rochas magmáticas e rochas sedimentares ou metamórficas – metas-sedimentos, datadas do Proterozóico superior e as rochas metamórficas, datadas do Arqueano (IBGE, 1990). Adotou-se a representação gráfica zonal representada pela variável visual cor, as cores utilizadas são as padronizadas no mapa do IBGE (1990).

O sistema marinho foi representado no mapa 1 com as correntes marinhas do Brasil e das Malvinas (MONTEIRO, 1973), pois essas correntes influenciam a Plataforma Sul do Brasil. A representação gráfica adotada foi a forma linear, ao final dessa representação colocou-se uma terminação em seta para representar o sentido do movimento efetuado por essas correntes. Adotou-se também a diferenciação por cor, pois cada corrente apresenta características particulares. A Corrente do Brasil é uma corrente quente originária do equador, assim adotou-se a cor vermelha para sua representação (cor quente), já a Corrente das Malvinas é uma corrente fria, vinda do pólo sul, assim adotou-se a cor azul na sua representação (cor fria).

Nesse nível hierárquico, o sistema marinho também se destacou a largura da plataforma continental, conforme mapeamento apresentado por Muehe e Garcez (2005), na figura 87 do capítulo 6.1. Para essa representação no mapa 1 adotou-se a representação gráfica zonal em caixa transparente e borda marcada na cor azul escuro, a caixa transparente se apresentou como opção para a visualização da concentração de clorofila, incidente na mesma área mapeada.

A concentração de clorofila e fitoplâncton são características fundamentais para a diferenciação dos GEMs. Não foi encontrado, em escala adequada de representação, um mapa que apresentasse a distribuição de fitoplâncton na costa do Brasil, os mapas disponíveis nas referências bibliográficas consultadas (LONGHURST, 1998; KNOPPERS, 2009; HEILEMAN, 2014; HEILEMAN, GASALLA, 2014) apresentam essa distribuição em escala mundial. Encontrou-se um mapa

representativo da concentração de clorofila ao longo da costa do Brasil em IBGE (2011) e utilizou-se essa referência na representação do mapa 1. Adotou-se a representação zonal ao longo de toda a superfície do oceano Atlântico e Lagoa dos Patos e Mirim, no Rio Grande do Sul, correspondente ao GEM 15. Como nesse recorte espacial a concentração de clorofila varia entre 0,1 a mais de 10 mg/m³, esse dado foi separado em cinco classes de representação e diferenciou-se cada classe pela granulação na cor verde. A variável granulação foi escolhida por ser considerada uma variável que representa ordem, maior concentração de clorofila textura mais agregada, menor concentração de clorofila, textura mais espaçada.

Para o segundo nível hierárquico Domínio Costeiro, de acordo com Schaeffer-Novelli et al. (2005), a escala de mapeamento estaria entre 1:250.000 - 1:1.000.000. Na presente pesquisa mapeou-se a Unidade VII, entre Cabo Frio - RJ (23° 00' S) e Torres - RS (29° 20' S), unidade inserida no GME 15 – Plataforma Sul do Brasil (Mapa 2). A escala que se apresentou adequada para esse recorte espacial foi 1:3.000.000 (Figura 113), por ser um recorte espacial de grande abrangência a escala de mapeamento precisou ser diferente da sugerida por Schaeffer-Novelli et al. (2005). Entretanto, não foram realizados testes para o mapeamento das demais unidades ao longo da costa brasileira, sendo necessária a realização de representação cartográfica das demais unidades (I, II, III, IV, V, VI e VIII) propostas por Schaeffer-Novelli et al. (1990), para verificar se a escala sugerida apresenta-se de forma adequada.

No Domínio Costeiro VII ocorre o limite sul dos manguezais na costa brasileira (Laguna – SC, 28° 30' S), assim, mapeou-se o sistema manguezal até esse limite, utilizando a representação gráfica linear e a variável visual cor verde, visto que também nessa escala de mapeamento (1:3.000.000) a representação zonal não se mostrou apropriada.

O sistema atmosférico do domínio costeiro VII foi representado por meio da classificação climática elaborada por Köppen e Geiger (1936). No limite costeiro de ocorrência dos manguezais houve a incidência dos climas: Af – tropical úmido, Am – tropical de monção, Aw – tropical com estação seca no inverno, Cfa – temperado úmido com verão quente e Cwa – temperado úmido com inverno seco e verão

quente. A representação gráfica adotada foi zonal, apresentando a área de abrangência dessa classificação climática e as variáveis visuais adotadas foram a forma e a orientação, utilizadas para representar dados qualitativos e noção de diversidade, escolheu-se uma representação transparente para que fosse possível a visualização do sistema terrestre, com a classificação das unidades de relevo ao longo desse domínio costeiro.

Para a representação do sistema terrestre no domínio costeiro VII (Mapa 2) foram mapeadas as unidades de relevo de acordo com a classificação realizada pelo IBGE (2006). Segundo essa classificação, ao longo da costa brasileira, na unidade VII se destaca as Planícies Marinhas, as Serras do Mar e do Leste Catarinense. A representação gráfica adotada foi zonal e a variável visual escolhida foi a cor, por representar dados qualitativos, adotou-se a padronização de cores utilizadas no mapeamento realizado pelo IBGE (2006).

O sistema marinho foi representado no mapa 2 por meio da batimetria, de acordo com dados da CPRM (1996). Adotou-se a representação gráfica zonal e a variável visual valor, por meio da diferenciação de tonalidades da cor azul. Adotou-se a cor azul por ser uma cor que representa o oceano e a tonalidade variou entre as profundidades mais rasas (tonalidades claras) e as profundidades mais fundas (tonalidades escuras). No domínio costeiro VII é possível a diferenciação de seis classes de batimetria, variando entre 0 a menos de 4.000 metros (CPRM, 1996).

A escala de mapeamento proposta por Schaeffer-Novelli et al. (2005) para o nível hierárquico Tipologias costeiras está entre 1:20.000 e 1:250.000. Na presente pesquisa mapeou-se a tipologia presente no Sistema Costeiro Cananéia-Iguape, localizado no litoral sul do estado de São Paulo, inserido no GEM 15 – Plataforma Sul do Brasil e Domínio Costeiro VII – Cabo Frio - RJ a Torres – RS (Mapa 3). A escala de mapeamento para esse recorte espacial foi de 1:300.000 (Figura 113), portanto, uma escala diferente da sugerida por Schaeffer-Novelli et al. (2005).

O Sistema Costeiro Cananéia-Iguape representa a Tipologia III proposta por Thom (1982; 1984), na presente pesquisa não foram realizados testes de representação cartográfica para as demais tipologias: I, II, IV, V, VI, VII e VIII, conforme capítulo

4.6.3. Assim, torna-se necessário a realização de mapeamentos dessas outras tipologias costeiras para verificar se a escala de mapeamento apresentada por Schaeffer-Novelli et al. (2000; 2005) se mostra adequada.

O sistema manguezal foi mapeado por meio da análise de fotografias aéreas do Sistema Costeiro Cananéia-Iguape, com a utilização de fotografias aéreas fornecidas pela EMPLASA (2011). No mapeamento desse dado adotou-se a representação gráfica zonal, visto que nessa escala de mapeamento (1:300.000) o sistema manguezal apresenta-se com superfície suficiente (largura e comprimento) para ser representada sobre o mapa. A variável visual adotada foi uma forma padronizada no *software ArcGis 9.3* para representação de manguezais.

Para a representação do sistema atmosférico, nesse nível hierárquico, optou-se pela representação gráfica de um climograma ombrotérmico com as informações apresentadas por Silva (1989), visto que no mapa 3 já havia outras representações gráficas e a informação climática poderia dificultar a leitura do mapa. Assim, adotou-se o gráfico do climograma ombrotérmico como forma de representar a informação sobre a pluviosidade e temperatura do ar para essa área. O dado de pluviosidade aparece no gráfico em forma de barras por meio da variável visual cor azul, e a temperatura do ar em representação linear com a variável visual cor vermelha. Para um melhor entendimento sobre a área de estudo é comum a junção de diferentes representações como mapas e gráficos, dessa forma, é possível garantir a qualidade da informação e favorecer a compreensão dessa informação pelo leitor.

No mapa 3, o sistema terrestre foi representado de acordo com o mapeamento geomorfológico do estado de São Paulo (ROSS; MOROZ, 1997). No Sistema Costeiro Cananéia-Iguape se destacou a presença do Planalto Atlântico, da Depressão do Baixo Ribeira e das Planícies Fluvial e Litorânea. Foi adotada a representação gráfica zonal para essa classificação geomorfológica e a variável visual cor, de acordo com a padronização das cores adotada por Ross e Moroz (1997).

O sistema marinho foi representado no mapa 3 por meio da variação da batimetria (BRASIL, 2008). Para a representação desse dado, tanto no mapa 3 como no mapa

2, adotou-se a representação gráfica zonal e a variável visual valor, por meio da diferenciação de tonalidades da cor azul, variando do mais claro, profundidade mais rasa, para o mais escuro, maior profundidade.

De acordo com a proposta apresentada por Schaeffer-Novelli et al. (2005), a escala de mapeamento para o quarto nível hierárquico Padrão está entre 1:2.500 até 1:20.000. Na presente pesquisa optou-se por mapear os manguezais que ocorrem próximos a foz do rio Sítio Grande, localizado na Ilha do Cardoso – SP (Mapa 4). Esse recorte espacial está inserido no Sistema Costeiro Cananéia-Iguape e foi escolhido por ser representativo dos padrões de manguezais que ocorrem ao longo desse sistema costeiro. A escala de mapeamento apresentada no mapa 4 foi 1:5.000 (Figura 113), portanto, dentro da proposta sugerida por Schaeffer-Novelli et al. (2005).

Nesse nível hierárquico o sistema manguezal foi separado em diferentes tipos de bosques, de acordo com a proposta de classificação dos bosques de manguezais apresentados por Lugo e Snedaker (1974) e Schaeffer-Novelli et al. (2000), conforme capítulo 4.6.4.

Para o mapeamento dos manguezais da Ilha do Cardoso realizou-se a interpretação das fotografias aéreas da área de estudo (EMPLASA, 2011), também foram realizados trabalhos de campo para a identificação dos diferentes tipos de bosques de manguezais. As fotografias aéreas se apresentaram como subsídio importante para o mapeamento dos manguezais nos níveis tipologia e padrão.

No mapa 4 é possível visualizar a incidência dos dois tipos de bosques: franja e bacia, e do subtipo arbustivo (LUGO; SNEDAKER, 1974; SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000). Nesse mapeamento adotou-se a representação gráfica zonal e a variável visual escolhida foi a forma na cor verde padronizada no *software ArcGis 9.3*. Nessa escala hierárquica é possível a diferenciação dos tipos de bosques de mangue, assim adotou-se a variável visual valor para diferenciar os três tipos de bosques encontrados nesse recorte espacial, a tonalidade de verde mais escuro representou o bosque tipo franja, a tonalidade intermediária o bosque tipo bacia e a tonalidade mais clara o bosque arbustivo.

No mapa 4 também foram mapeados a vegetação de restinga e floresta ombrófila densa que ocorreram ao longo do recorte espacial mapeado. Essas vegetações foram representadas de forma zonal com as variáveis visuais: forma e cor, identificadas por meio da fotointerpretação e trabalhos de campo.

O sistema atmosférico está representado com as informações adquiridas na estação microclimática instalada no bosque de mangue (abaixo do dossel). No mapeamento optou-se por representar de forma pontual os dados referentes ao ano 2013 para a temperatura do ar e radiação solar global. Sabe-se que essa caracterização climática possui representação gráfica zonal, mas para não dificultar a leitura do mapa, optou-se pela representação pontual com formas padronizados pelo *software ArcGis 9.3*, além da descrição do valor correspondente a média anual da temperatura do ar e ao total anual acumulado de radiação solar global.

De acordo com Schaeffer-Novelli et al. (2005), a escala de mapeamento para o nível hierárquico parcela (*Site*) é menor ou igual a 1:2.500. Entretanto, entende-se na presente pesquisa, que esse nível hierárquico pode ser representado por meio de perfis diagramas e gráficos que representam as informações sobre a área de estudo, conforme capítulo 6.5. Embora a proposta da presente tese fosse mapear todos os níveis hierárquicos apresentados por Schaeffer-Novelli et al. (2005), tendo em vista a realidade apresentada em campo e a escala de detalhe do nível parcela, optou-se pela representação utilizando os perfis diagramas e os gráficos para esse nível hierárquico (Figura 113).

A parcela é o nível hierárquico de maior detalhe e está inserido no nível padrão, dessa forma, optou-se por apresentar no mapa 4, os perfis diagramas elaborados nas três transversais executadas nos manguezais da Ilha do Cardoso - SP. O perfil diagrama do transecto 1 representa a configuração da estrutura do bosque de mangue tipo franja. O perfil do transecto 2 a configuração do bosque subtipo arbustivo e o perfil diagrama do transecto 3 apresenta a configuração dos bosques tipo franja no início do transecto e tipo bacia no meio até o final do transecto.

Na presente pesquisa verificou-se a existência de quatro assinaturas energéticas diferentes para cada uma das parcelas estudadas, cada assinatura corresponde às

características específicas encontradas em cada uma das parcelas. A assinatura energética é a impressão digital do bosque de mangue, no qual ocorre a atuação das forçantes: radiação solar, precipitação, marés, fluxo de água doce, sedimentos, etc., que são captadas pelas espécies vegetais e transformadas em estrutura do bosque (Capítulo 4.5).

O nível padrão apresenta três assinaturas energéticas, uma para o bosque tipo franja, outro para o bosque tipo bacia e uma terceira para o bosque subtipo arbustivo; cada assinatura energética é responsável pelo tipo de bosque encontrado. Nos demais níveis hierárquicos, tipologia, domínio costeiro e grande ecossistema marinho, foi identificada uma assinatura energética, que corresponde a existência ou não do sistema manguezal.

Portanto, na presente pesquisa cada parcela estudada (nível *Site*) apresentou uma assinatura energética. No nível padrão (*Stand*) a assinatura energética mostrou-se diferente para cada tipo de bosque identificado na Ilha do Cardoso - SP: franja, bacia e arbustivo. A tipologia (*Setting*) apresentou uma assinatura energética característica dos manguezais presentes no Sistema Costeiro Cananéia-Iguape. O nível domínio costeiro (*Coastal Domain*) possui uma assinatura energética para os manguezais da unidade VII. E o grande ecossistema marinho (*Large marine ecosystems*) apresentou uma assinatura particular do GEM 15 – Plataforma Sul do Brasil.

Considera-se que os objetivos específicos apresentados nessa pesquisa foram alcançados, visto que ao longo do trabalho identificaram-se os elementos, fatores e processos dos sistemas atmosférico, terrestre e marinho que mais influenciam cada um dos níveis hierárquicos dos manguezais. Assim como elaborou-se os mapeamentos dos diferentes níveis hierárquicos dos manguezais, na escala adequada de representação cartográfica.

De acordo com as escalas de mapeamento dos níveis hierárquicos propostos por Schaeffer-Novelli et al. (2005), considera-se apropriadas as escalas sugeridas para os níveis Grande Ecossistema Marinho e Padrão. Para os níveis Domínio Costeiro e Tipologia a escala de mapeamento não se mostrou adequada. Entretanto, conforme já exposto, foi realizada a representação de apenas um recorte espacial de cada

nível hierárquico: GEM 15 – Plataforma Sul do Brasil, Domínio Costeiro VII, Tipologia III Sistema Costeiro Cananéia-Iguape, Padrão Manguezais da Ilha do Cardoso e Parcela Manguezais da Ilha do Cardoso.

Sugere-se, para estudos futuros, a elaboração de representações cartográficas dos demais recortes espaciais: GEM 16 – Plataforma Leste do Brasil, GEM 17 – Plataforma Norte do Brasil; Domínio Costeiro I, II, III, IV, V, VI e VIII e Tipologias I, II, IV, V, VI, VII e VIII; para melhor entendimento sobre as escalas mais apropriadas de representação cartográfica dos níveis hierárquicos do sistema manguezal, visto que, estudos com esse grau de abrangência e complexidade não são possíveis de serem realizados no prazo de apenas uma tese. Entende-se que cada nível hierárquico e ambiente de mangue é único, dessa forma, verifica-se a necessidade de mapear cada nível hierárquico com as particularidades existentes, destacando as especificidades e as influências encontradas em cada local.

Conclui-se, conforme exposto na hipótese inicial, que existe sim uma escala de mapeamento adequada para a representação cartográfica dos níveis hierárquicos dos manguezais. Onde cada nível deve ser representado por um conjunto de elementos, fatores e processos específicos.

O mapeamento adequado do sistema manguezal irá contribuir com a divulgação de informações científicas sobre esse sistema. Assim, a população poderá ter acesso ao conhecimento sobre esse importante ambiente costeiro. A sociedade e os governantes poderão conhecer os benefícios (direto e indireto) dos manguezais, tanto para os demais ambientes naturais, os quais ele mantém contato, como para as comunidades que dependem economicamente desse ambiente. Espera-se que a atual pesquisa possa auxiliar na propagação do conhecimento sobre os manguezais, visto que, a melhor forma desse sistema continuar exercendo suas inúmeras funções ambientais é continuar vivo!

BIBLIOGRAFIA

AB'SÁBER, A. N.; BESNARD, W. Sambaquis da região lagunar de Cananéia. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, São Paulo, v. 4, n. 1-2, p. 215-238, 1953.

AB'SÁBER, A. N. Notas sobre a estrutura geológica do Brasil. **Paideia**, Sorocaba, v. 2, n. 41, p. 117-133, 1954a.

AB'SÁBER, A. N. O relevo do Brasil. **Revista da Universidade Católica de São Paulo**, São Paulo, v. 8, n. 16, p. 40-54, 1954b.

AB'SÁBER, A. N. Contribuição a geomorfologia do litoral paulista. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, p. 3-48, 1955.

AB'SÁBER, A. N. Conhecimentos sobre as flutuações climáticas do Quaternário no Brasil. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, v. 6, p. 41-48, 1957.

AB'SÁBER, A. N. A geomorfologia no Brasil. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, n. 2, p. 1-18, 1958.

AB'SÁBER, A. N. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 20, p. 1-26, 1970.

AB'SÁBER, A. N. A Ilha Comprida e o litoral de Cananéia-Iguape. Texto inédito, 1985. In: MODENESI-GAUTTIERI, M. C. et al. (Org.). **A obra de Aziz Nacib Ab'Sáber**. São Paulo: Beca-BALL edições, 2010. 588 p.

AB'SÁBER, A. N. Fundamentos da geomorfologia costeira do Brasil Atlântico inter e subtropical. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 27-43, 2000.

AB'SÁBER, A. N. Bases para o estudo dos ecossistemas da Amazônia Brasileira. **Estudos Avançados**, v. 16, n. 45, p. 7-30, 2002.

AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 159 p.

AB'SÁBER, A. N. **Brasil paisagens de exceção: o litoral e o pantanal mato-grossense: patrimônios básicos**. Cotia: Ateliê Editorial, 2006. 182 p.

AB'SÁBER, A. N. **Litoral do Brasil**. São Paulo: Metalivros, 2007. 287 p.

ACIESP, Academia de Ciências do Estado de São Paulo. **Glossário de ecologia**. São Paulo: ACIESP/CNPQ/FINEP, 1987. 271 p.

AHL, V.; ALLEN, T. F. H. **Hierarchy theory**: a vision, a vocabulary and epistemology. New York: Columbia University Press, 1996. 202 p.

ALLEN, T. F. H.; STARR, T. B. Hierarchy: perspectives for ecological complexity. In: KELLER, D. R.; GOLLEY, F. B. **The philosophy of ecology**: from science to synthesis. Chicago: The University of Georgia Press, 2000. p. 226-231.

ALMEIDA, F. F. M. **Fundamentos geológicos do relevo paulista**. São Paulo: Instituto Geográfico e Geológico, 1964. 110 p.

ALMEIDA, S. S. Estrutura e florística em áreas de manguezais paraenses: evidências da influência do estuário amazônico. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi**, Série Ciências da Terra, n. 8, p. 93-100, 1996.

ALONGI, D. M. Present state and future of the world's mangrove forests. **Environmental Conservation**, v. 29, n. 3, p. 331-349, 2002.

ALONGI, D. M. **The energetics of mangrove forests**. Queensland: Springer Science, 2009. 216 p.

ANDRADE, G. R. P. **Argilominerais em solos de manguezais da costa brasileira**. 2010. 187 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

ARCHELA, R. S. Imagem e representação gráfica. **Geografia**, Londrina, v. 8, n. 1, p. 5-11, 1999.

ARCHELA, R. S. Contribuições da semiologia gráfica para a cartografia brasileira. **Geografia**, Londrina, v. 10, n. 1, p. 45-50, 2001.

ARCHELA, R. S. et al. Abordagem metodológica para cartografia ambiental. **Geografia**, Londrina, v. 11, n. 1, p. 57-65, 2002.

ARCHELA, R. S.; THÉRY, H. Orientação metodológica para construção e leitura de mapas temáticos. **Confins**, n. 3, 2008. Disponível em: <<http://confins.revues.org/3483>>. Acesso em: 31 jul. 2012.

ARMANI, G. **Análise topo e microclimática tridimensional em uma microbacia hidrográfica de clima tropical úmido de altitude**. 2009. 123 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

ASSOCIAÇÃO CARTOGRÁFICA INTERNACIONAL. **Comissão para a formação de cartógrafos**. Paris: UNESCO, 1966.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Tradução Maria Juraci Zani dos Santos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. 332 p.

AZEVEDO, A. (Ed.). **Brasil: a terra e o homem**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1964. 588 p.

BAILEY, R. G. **Ecoregions: the ecosystem geography of the oceans and continents**. New York: Springer, 1998. 176 p.

BAKKER, P. R. **Cartografia, noções básicas**. Rio de Janeiro: DNH, 1965. 242 p.

BALL, M. C. Ecophysiology of mangroves. **Tress**, n. 2, p. 129-142, 1988.

BARCELLOS, R. L. **Distribuição da matéria orgânica sedimentar e o processo sedimentar atual no Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape (SP)**. 2005. 2 v. Tese (Doutorado) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, tempo e clima**. Tradução Ronaldo Cataldo Costa. Porto Alegre: Bookman, 2013. 512 p.

BERTALANFFY, L. V. **General system theory: foundations, development, applications**. New York: George Braziller, 1969. 295 p.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria geral dos sistemas**. Tradução Francisco M. Guimarães. Petrópolis: Vozes, 1975. 351 p.

BERTALANFFY, L. V. **Perspectivas en la teoría general de sistemas**. Estudios científico-filosóficos. Madrid: Alianza Editorial, 1986. 166 p.

BERTALANFFY, L. V. et al. **Tendencias en la teoría general de sistemas**. Madrid: Alianza Editorial, 1972. 323 p.

BERTIN, J. **Semiologie graphique: les diagrammes, les réseaux, les cartes**. Paris: Éditions Gauthier-Villars, 1967. 431 p.

BERTIN, J. **La graphique et le traitement graphique de l'information**. Paris: Flammarion, 1977. 277 p.

BERTIN, J. Théorie de la communication et théorie de la graphique. **Canadian journal of research in semiotics**, v. 1, p. 75-85, 1978.

BERTIN, J. **Neográfica e o tratamento gráfico da informação**. Tradução Cecília Maria Westphalen. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1986. 273 p.

BERTIN, J. Ver ou ler. Tradução Margarida M. de Andrade. **Seleção de Textos (AGB)**, São Paulo, n. 18, p. 45-62, 1988.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**, São Paulo, n. 13, p. 1-27, 1971.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **RA'E GA: espaço geográfico em análise**, Curitiba, v. 8, p. 141-152, 2004.

BERTRAND, G.; BERTRAND, C. **Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades**. Organizador Messias Modesto dos Passos. Maringá: Ed. Massoni, 2007. 332 p.

BESNARD, W. Considerações gerais em torno da região lagunar de Cananéia-Iguape II. **Boletim Inst. Paul. Oceanografia**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 3-28, 1950.

BIRD, E. C. F. **Coastal geomorphology: an introduction**. Chichester: Hoboken, 2000. 411 p.

BLASCO, F. Climatic factors and the biology of mangrove plants. In: SNEDAKER, S. C.; SNEDAKER, J. G. **The mangrove ecosystem: research methods**. Paris: United Nations Educational, 1984. p. 18-35.

BONETTI-FILHO, J. **Transporte de sedimentos por suspensão nas proximidades da Barra de Cananéia-SP**. 1995. 114 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

BONETTI-FILHO, J.; MIRANDA, L. B. Estimativa da descarga de água doce no sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape. **Revista Brasileira Oceanografia**, v. 45, n. 1/2, p. 89-94, 1997.

BORGES, L. A. C.; REZENDE, J. L. P.; COELHO JÚNIOR, L. M. Aspectos técnicos e legais que fundamentam o estabelecimento das APP nas zonas costeiras – restingas, dunas e manguezais. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 9, n. 1, p. 39-56, 2009.

BRASIL. Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934. Institui o Código Florestal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 9 fev. 1934.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Novo Código Florestal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 set. 1965. Seção 1, p. 9.529.

BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil, de 5 de outubro de 1988. Brasília, DF: Senado, 1988a.

BRASIL. Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988. Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 mai. 1988b. Seção 1, p. 8.633.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 mai. 2002a. Seção 1, p. 68.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 312, de 10 de outubro de 2002. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 out. 2002b. Seção 1, p. 60-61.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 369, de 28 de março de 2006. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 29 de mar. 2006. Seção 1, p. 150-151.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Cotas batimétricas da região oceânica da bacia de Santos**. Brasília: Diretora Nacional de Navegação – DHN, 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/SBF/GBA, 2010. 148 p.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 mai. 2012. Seção 1, p. 1.

BRESCIANI FILHO, E.; D'OTTAVIANO, I. M. L. Conceitos básicos de sistêmica. In: D'OTTAVIANO, I. M. L.; GONZALES, M. E. Q. (Org.). **Auto organização: estudos interdisciplinares**. Campinas: UNICAMP, 2000. p. 283-306.

BUNGE, M. A. **Dicionário de Filosofia**. São Paulo: Perspectiva, 2006. 407 p.

CAPRA, F. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. Tradução Newton Roberval Eicheberg. São Paulo: Cultrix, 2006. 256 p.

CARTER, R. W. G. **Coastal environments: an introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines**. New York: Academic Press, 2002. 617 p.

CARTER, R. W. G.; WOODROFFE, C. D. (Ed.). **Coastal evolution: late Quaternary shoreline morphodynamics**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994. 517 p.

CASPERS, H. Estuaries: analysis of definitions and biological considerations. In: LAUFF, G. H. (Ed.) **Estuaries**. Washington: American Association for the advancement of science, 1967. p. 6-8.

CASTRO, B. M.; MIRANDA, L. B. Physical oceanography of the western Atlantic continental shelf located between 4° N and 34° S. **The Sea: the global coastal ocean regional studies and syntheses**, v. 11, p. 209-251, 1996.

CASTRO, I. E. O problema da escala. In: CASTRO, I. E. (Org.). **Geografia: conceitos e temas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. p. 117-140.

CASTRO FILHO, B. M. Oceanografia Física. In: IKEDA, Y. (Coord.). **Diagnóstico ambiental oceânico e costeiro das regiões Sul e Sudeste do Brasil**. São Paulo: Fundespa, v. III, 1994. p. 4-253.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Baixada Santista: memorial descritivo: carta do meio ambiente e de sua dinâmica – metodologia do Prof. André Journaux**. São Paulo: CETESB, 1985. 33 p.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Mapeamento dos ecossistemas costeiros do estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 1998. 108 p.

CHAPMAN, V. J. Mangrove biogeography. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOLOGY AND MANAGENMENT OF MANGROVES, 1975, Honolulu. **Anais...** Honolulu: Teas East-West Center, 1975. p. 3-22.

CHAPMAN, V. J. **Mangrove vegetation**. Vaduz: J. Cramer, 1976. 447 p.

CHORLEY, R. J. Geomorphology and general systems theory. **U.S. Geol. Survey Prof. Paper**, n. 500-B, p. 1-10, 1962.

CHORLEY, R. J. A geomorfologia e a teoria dos sistemas gerais. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v. 11, n. 21, p. 3-22, 1971.

CHORLEY, R. J.; HAGGETT, P. **Models in geography**. London: Methuen, 1967. 816 p.

CHORLEY, R. J.; HAGGETT, P. (Coord.). **Modelos integrados em geografia**. Tradução Arnaldo Viriato de Medeiros. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1974. 222 p.

CHORLEY, R. J.; KENNEDY, B. A. **Physical geography: a systems approach**. London: Prentice-Hall International Inc., 1971. 370p.

CRISTOFOLETTI, A. A teoria dos sistemas. **Boletim de Geografia Teorética**, v. 1, n. 2, p. 43-60, 1971.

CRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em geografia**. São Paulo: Hucitec, 1979. 106 p.

CRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1980. 188 p.

CRISTOFOLETTI, A. Geografia Física. **Boletim Geografia Teorética**, Rio Claro, v. 11, n. 21-22, p. 5-18, 1981.

CRISTOFOLETTI, A. Significância da teoria de sistemas em geografia física. **Boletim de Geografia Teorética**, Rio Claro, v. 16-17, n. 31-34, p. 119-128, 1987.

CRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 236 p.

CHRISTOPHERSON, R. W. **Geossistemas: uma introdução à geografia física**. Tradução Francisco Eliseu Aquino. Porto Alegre: Bookman, 2012. 728 p.

CINTRÓN, G. Caracterización y manejo de áreas de manglar. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA, 1., 1987, Cananéia. **Anais...** Cananéia: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1987. p. 77-91.

CINTRÓN, G.; LUGO, A. E.; MARTINEZ, R. Structure and functional properties of mangrove forest. In: D'ARCY, W. G.; CORREA, M. D. (Eds.). **The botany and natural history of Panama**. St. Louis: Missouri Botanical Garden, 1985. p. 53-66.

CINTRÓN, G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Introducción a la ecología del manglar**. Montevideo: UNESCO-ROSTLAC, 1983. 109 p.

CINTRÓN, G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Methods for studying mangrove structure. In: SNEDAKER, S. C.; SNEDAKER J. G. (Eds.). **The mangrove ecosystem: research methods**. United Kingdom: UNESCO, 1984. p. 91-113.

CINTRÓN, G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Características y desarrollo estructural de los manglares de norte y sur América. **Ciencia Interamericana**, Washington, v. 25, n. 1-4, p. 4-15. 1985.

CINTRÓN, G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Ecology and management of new world mangroves. In: SEELIGER, U. **Coastal plant communities of Latin America**. New York: Academic Press, 1992. p. 233-258.

CIPRO NETO, P. **Dicionário da Língua Portuguesa**. Barueri: Gold Editora, 2009. 640 p.

CLELAND, D. T. et al. National hierarchical framework of ecological units. In: BOYCE, M. S.; HANEY, A. **Ecosystem management applications for sustainable forest and wildlife resources**. New Haven: Yale University Press, 1997. p. 181-200.

COELHO JÚNIOR, C. **Manguezal, desenvolvimento estrutural da cobertura vegetal ao longo de gradientes de inundação, município de Cananéia. São Paulo, Brasil**. 1998. 108 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

COELHO JÚNIOR, C. **Ecologia de manguezais: zonação e dinâmica da cobertura vegetal em gradientes ambientais, Cananéia, São Paulo, Brasil**. 2003. 166 f. Tese (Doutorado em Oceanografia) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

COELHO JÚNIOR, C. Gradiente de inundação pelas marés e a drenagem terrestre sobre o comportamento da salinidade intersticial de bosque de mangue de Cananéia, São Paulo, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, número especial 2, Manguezais do Brasil, p.1-10, 2010.

CONSTANZA, R.; KEMP, M.; BOYNTON, W. Scale and biodiversity in coastal and estuarine ecosystems. In: PERRINGS, C. et al. (Ed.). **Biodiversity Loss**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. p. 84-99.

CONTI, L. A. **Geomorfologia da plataforma continental do estado de São Paulo**. 2004. 179 f. Tese (Doutorado em Oceanografia) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **Batimetria**. 1996. Disponível em: <<http://geobank.sa.cprm.gov.br>>. Acesso em: 1 abr. 2014.

CRUZ, O. A geografia física, o geossistema, a paisagem e os estudos dos processos geomórficos. **Boletim de Geografia Teorética**, Rio Claro, v. 15, n. 29-30, p. 53-62, 1985.

CUNHA-LIGNON, M. **Dinâmica do manguezal no Sistema de Cananéia-Iguape, estado de São Paulo – Brasil**. 2001. 105 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

CUNHA-LIGNON, M. **Ecologia de manguezais: desenvolvimento espaço-temporal no Sistema Costeiro Cananéia-Iguape, São Paulo, Brasil**. 2005. 178 f. Tese (Doutorado em Oceanografia) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

CUNHA-LIGNON, M.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; COELHO JÚNIOR, C. Utilização de ferramentas de diferentes escalas espaço-temporais como subsídios para análise do estudo dos níveis hierárquicos do manguezal. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO SOBRE CIÊNCIAS DEL MAR, 2001, San Andrés Isla. **Anais...** San Andrés Isla: Congresso Latinoamericano sobre Ciências del Mar, 2001. p. 1-4.

CUNHA-LIGNON, M. et al. Organização hierárquica dos manguezais: uma aplicação ao Sistema Costeiro Cananéia-Iguape, estado de São Paulo, Brasil. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 6., 2003, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2003. p. 243-245.

CUNHA-LIGNON, M. et al. Estudos de caso nos manguezais do estado de São Paulo (Brasil): aplicação de ferramentas com diferentes escalas espaço-temporais. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 9, n. 1, p. 79-91, 2009.

DAJOZ, R. **Ecologia geral**. Tradução Francisco M. Guimarães. Petrópolis: Vozes, 1973. 474 p.

DAVIS, W. M. The geographical cycle. **Geographical Journal of the Royal Geographical Society**, n. 14, p. 481-504, 1899.

DAVIS JÚNIOR, R. A.; FITZGERALD, D. M. **Beach and Coasts**. Malden: Blackwell Publishing, 2004. 432 p.

DIAS, J. A. et al. Importância do conhecimento sobre a morfodinâmica estuarina e costeira para a gestão do litoral. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 11, n. 3, p. 271-272, 2011.

DIEGUES, A. C. Comunidades litorâneas e os manguezais no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA: estrutura, função e manejo, 2., 1990, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: Academia de Ciência do Estado de São Paulo, v. 3, 1990. p. 123-146.

DING, H. A review of the genus *Rhizophora* with special reference to the Pacific species. **Blumea**, v. 10, n. 2, p. 625-634, 1960.

D'OTTAVIANO, I. M. L.; GONZALES, M. E. Q. (Org.). **Auto organização**: estudos interdisciplinares. Campinas: UNICAMP, 2000.

DUARTE, P. A. **Fundamentos de cartografia**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2002. 208 p.

DUGAN, J. P. **Conservación de humedales**: un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias. Gland: IUCN, 1992. 100 p.

DUKE, N. C. Gap creation and regenerative processes driving diversity and structure of mangrove ecosystems. **Wetlands Ecology and Management**, Netherlands, v. 9, p. 257–269, 2001.

DUKE, N. C.; BALL, M. C.; ELLISON, J. C. Factors influencing biodiversity and distributional gradients in mangroves. **Global Ecology and Biogeography Letters**, n. 7, p. 27–47, 1998.

DUKE, N. C. et al. A world without mangroves? **Science**, v. 317, p. 41-42, 2007.

EGLER, F. E. Southeast saline Everglades vegetation. Florida, and its management. **Veg. Acta Geobot.** n. 3, p. 213-265, 1950.

EKAU, W.; KNOPPERS, B. A review and re-definition of the Large Marine Ecosystems of Brasil. In: HEMPEL, G; SHERMAN, K. (Ed.). **Large Marine Ecosystems of the world**. Berlin: Elsevier, v. 12, n. 15, p. 355-372, 2003.

EMPLASA, Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano SA. **Projeto Mapeia São Paulo**. São Paulo: Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo, 2011.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The world's mangroves 1980-2005**. Rome: FAO, 2007. 77 p.

FARIA, A. P. Eustasia global e a realidade do litoral brasileiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 6, n. 2, p. 65-72, 2005.

FIERZ, M. S. M. **As abordagens sistêmicas e do equilíbrio dinâmico na análise da fragilidade ambiental do litoral do estado de São Paulo**: contribuição à geomorfologia das planícies costeiras. 2008. 394 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciência Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia**: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 317 p.

FOSTER, C.; RAPOPORT, A.; TRUCCO, E. Some unsolved problems in the theory of non-isolated systems. **General Systems Yearbook**, v. 2, p. 9-29, 1957.

FRANCISCO, C. P. F.; SILVEIRA, I. C. A. Estudo teórico da dinâmica da confluência Brasil-Malvinas. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 22, n. 2, p. 163-180, 2004.

FRANKLIN, J. Predictive vegetation mapping: geographic modelling of biospatial patterns in relation to environmental gradients. **Progress in Physical Geography**, v. 19, n. 4, p. 474-499, 1995.

FRISSELL, C. A. et al. A hierarchical framework for stream habitat classification: viewing streams in a watershed context. **Environmental Management**, New York, v. 10, n. 2, p. 199-214, 1986.

FURLAN, S. Â. Técnicas de Biogeografia. In: VENTURI, L. A. B. (Org.). **Geografia: práticas de campo, laboratório e sala de aula**. São Paulo: Editora Sarandi, 2011. p. 135-170.

GALVANI, E.; LIMA, N. G. B. Caracterização microclimática dos manguezais da Barra do Ribeira, Iguape/SP e suas relações com os aspectos fisionômicos da vegetação. **GEOUSP – Espaço e Tempo**. São Paulo, n. 20, p. 79-100, 2006.

GALVANI, E.; LIMA, N. G. B. Estudos climáticos nas escalas inferiores do clima: manguezais da Barra do Rio Ribeira, Iguape, SP. **Mercator**, v. 9, n. 1, p. 25-38, 2010.

GERASIMOV, I. P.; MESCHERIKOV, J. A. Morphostructure. In: FAIRBRIDGE, R. W. (Ed.). **The encyclopedia of geomorphology**. New York: Reinhold Book, 1968. p. 731-732.

GIRI, C. et al. Monitoring mangrove forest dynamics of the Sundarbans in Bangladesh and India using multi-temporal satellite data from 1973 to 2000. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, n. 73, p. 91-100, 2007.

GIRI, C. et al. Mangrove forest distributions and dynamics (1975-2005) of the tsunami-affected region of Asia. **Journal of Biogeography**, n. 35, p. 519-528, 2008.

GIRI, C. et al. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. **Global Ecology and Biogeography**, n. 20, p. 154-159, 2011.

GOLLEY, F. B. A proper scale. **Landscape Ecology**, v. 2, n. 2, p. 71-72, 1989.

GOOGLE EARTH. **Imagens de satélite**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps>>. Acesso em 20 mar. 2014.

GRANEK, E.; RUTTENBERG, B. I. Changes in biotic and abiotic processes following mangrove clearing. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, n. 80, p. 555–562, 2008.

GRASSO, M. et al. Aplicação de técnicas de avaliação econômica ao ecossistema manguezal. In: MAY, P. H. **Economia ecológica: aplicações no Brasil**. Rio de Janeiro: Campus, 1995. p. 49-81.

GRUBER, N. L. S.; BARBOZA, E. G.; NICOLODI, J. L. Geografia dos sistemas costeiros e oceanográficos: subsídios para gestão integrada da zona costeira. **Gravel**, Porto Alegre, n. 1, p. 81-89, 2003.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: IBGE, 2003. 652 p.

HADLICH, G. M.; UCHA, J. M. Apicuns: aspectos gerais, evolução recente e mudanças climáticas globais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 10, n. 2, p. 13-20, 2009.

HEILEMAN, S. **XVI-52 North Brazil Shelf, XVI-53 East Brazil Shelf**: LME 16 e 17. Disponível em: <<http://www.lme.noaa.gov/index>>. Acesso em: 21 jan. 2014.

HEILEMAN, S.; GASALLA, M. **XVI-54 South Brazil Shelf**: LME 15. Disponível em: <<http://www.lme.noaa.gov/index>>. Acesso em: 21 jan. 2014.

HERZ, R. **Distribuição dos padrões espectrais associados à estrutura física dos manguezais de um sistema costeiro subtropical**. 1988. 378 f. Tese (Livre-Docência em Oceanografia) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988.

HERZ, R. **Manguezais do Brasil**. São Paulo: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 1991. 221 p.

HERZ, R. **Manguezais do Brasil**. Ceará: Universidade Federal do Ceará, 1998. 716 p.

HERZ, R. Procesamiento digital de imágenes de satélite para el reconocimiento de patrones espectrales de los manglares. In: YÁÑEZ-ARANCIBA, A.; LARA-DOMÍNGUEZ, A. L. (Ed.). **Ecossistemas de manglar en América Tropical**. México: Instituto de Ecología, UICN/ORMA, 1999. p. 83-108.

HEUMANN, B. W. Satellite remote sensing of mangrove forests: recent advances and future opportunities. **Progress in Physical Geography**, n. 35, v. 1, p. 87-108, 2011.

HUGGETT, R. J. **Geoecology: an evolutionary approach**. London: Routledge, 1995. 320 p.

HUTCHINGS, P. A.; SAENGER, P. **Ecology of mangroves**. Queensland: University of Queensland Press, 1987. 388 p.

IBAMA, Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Geo-Brasil 2002: perspectivas do meio ambiente no Brasil**. Brasília: IBAMA, 2002. 447 p.

IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil**. Brasília: MMA, 2008. 242 p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa Geológico do Brasil**. Escala 1:22.000.000. Brasília: IBGE, 1990.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Vocabulário básico de recursos naturais e meio ambiente**. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. 344 p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de Unidades de Relevo do Brasil**. Escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. 176 p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Base cartográfica 2010**. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais>>. Acesso em: 10 fev. 2014.

IKEDA, Y. (Coord.). **Diagnóstico ambiental oceânico e costeiro das regiões Sul e Sudeste do Brasil**. São Paulo: Fundespa, 1994.

JABLONSKI, S.; FILET, M. Coastal management in Brazil: a political riddle. **Ocean & Coastal Management**, n. 51, p. 536-543, 2008.

JIMÉNEZ, J. A. Ambiente, distribución y características estructurales de los manglares del Pacífico de Centro América: contrastes climáticos. In: YÁÑEZ-ARANCIBA, A.; LARA-DOMÍNGUEZ, A. L. (Ed.). **Ecossistemas de manglar en América Tropical**. México: Instituto de Ecología, UICN/ORMA, 1999. p. 51-70.

JIMÉNEZ, J. A.; LUGO, A. E; CINTRÓN, G. Tree mortality in mangrove forests. **Biotropica**, v. 17, n. 3, p. 177-185, 1985.

JOLY, F. **A cartografia**. Tradução Tânia Pellegrini. Campinas: Papirus, 1990. 136 p.

JOURNAUX, A. Cartographie intégrée de l'environnement: un outil pour la recherche et pour l'aménagement. **Notes Techniques du MAB**, Paris, n. 16, 1985.

KARNIOL-MARQUEZ, M. R. **Morfodinâmica de um segmento da praia da Ilha Comprida, litoral sul do estado de São Paulo**. 2007. 123 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

KATHIRESAN, K.; ALIKUNHI, N. M.; Tropical Coastal ecosystems: rarely explored for their interaction. **Ecologia**, n. 1, p. 1-22, 2011.

KELLEHER, G. A global representative system of marine protected areas. **Protected areas: making the global connection**, v. 15, n. 3, p. 17-24, 1998.

KELLEHER, G.; BLEAKLEY, C.; WELLS, S. (Eds.). **A global representative system of marine protected area**. Washington D.C.: The World Bank the World Conservation Union - IUCN, 1995.

KJERFVE, B. **Manual for investigation of hydrological process in mangrove ecosystems**. Columbia: UNESCO/UNDP, 1990. 79 p.

KJERFVE, B.; LACERDA, L. D. Mangroves of Brazil. In: LACERDA, L. D. (Coord.). Conservation and sustainable utilization of mangroves forests in Latin America e Africa regions. **Mangroves Ecosystem technical reports**, v. 2, 1993. p. 245-272.

KLIJN, F.; HAES, H. A. U. A hierarchical approach to ecosystems and its implications for ecological land classification. **Landscape Ecology**, v. 9, n. 2, p. 89-104, 1994.

KNOPPERS, B. et al. A interface terra-mar no Brasil. In: PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. (Org.). **Biologia marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, 2009. p. 529-553.

KOHLER, H. C. A escala na análise geomorfológica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 21-33, 2001.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Classificação climática de Köppen-Geiger**. 1936. Disponível em: <<http://portais.ufg.br/uploads/68/original.pdf>>. Acesso em: 30 mai. 2014.

KUENZER, C. et al. Remote sensing of mangrove ecosystems: a review. **Remote Sensing**, n. 3, p. 878-928, 2011.

LACAMBRA, C.; SPENCER, T.; MOELLER, I. Tropical coastal ecosystems as coastal defences. **ProAct Network**, Unitec Kingdom, p. 1-22, 2008.

LACERDA, L. D. **Mangrove ecosystems: function and management**. New York: Springer, 2001. 280 p.

LAMBERTI, A. Contribuição ao conhecimento da ecologia das plantas do manguezal de Itanhaém. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras**, São Paulo, série Botânica, n. 23, p. 1-217, 1969.

LANCE, G. N.; WILLIAMS, W. T. A general theory of classificatory sorting strategies. hierarchical systems. **The Computer Journal**, v. 9, n. 4, p. 373-380, 1967.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178 p.

LIBAULT, A. Quatro níveis de pesquisa geográfica. **Métodos em Questão**, São Paulo, n.1, p.1-14, 1971.

LIBAULT, A. **Geocartografia**. São Paulo: EDUSP, 1975. 388 p.

LIMA, N. G. B. **Análise microclimática dos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP**. 2009. 183 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

LIMA, N. G. B.; GALVANI, E. Análise da temperatura do solo e do ar no manguezal do litoral sul do estado de São Paulo. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v. 2, n. 5, p.1.256-1.266, 2012.

LIMA, T. M. J.; TOGNELLA, M. M. P. Estrutura e função dos manguezais: revisão conceitual. **Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 1.801-1.827, 2012.

LONGHURST, A. **Ecological geography of the sea**. San Diego: Academic Press, 1998. 398 p.

LONGHURST, A. R.; PAULY, D. **Ecologia dos oceanos tropicais**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2007. 419 p.

LUGO, A. E. Stress and ecosystems. In: THORP, J. H.; GIBBONS, J. W. (Ed.). **Energy and environmental stress in aquatic ecosystems**. Tennessee: Symposium Series, 1978. p. 62-101.

LUGO, A. E. Mangrove ecosystems: successional or steady state? **Biotropica**, v. 12, n. 2, Supplement: Tropical Succession, p. 65-72, 1980.

LUGO, A. E. Some aspects of the interactions among nutrient cycling, hydrology and soils in wetlands. **Water International**, v. 7, p. 178-184, 1982.

LUGO, A. E. Conserving Latin American and Caribbean mangroves: issues and challenges. **Madera y Bosques**, v. 8, n. 1, p. 5-25, 2002.

LUGO, A. E.; SNEDAKER, S. C. The ecology of mangrove. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 5, p. 39-64, 1974.

MAIA, L. P. et al. **Atlas dos manguezais do nordeste do Brasil**: avaliação das áreas de manguezais dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. Relatório final. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2005. 62 p.

MAIA, R. C.; COUTINHO, R. Structural characteristics of mangrove forests in Brazilian estuaries: a comparative study. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, v. 47, n. 1, p. 87-98, 2012.

MARQUES, A. J.; GALO, M. L. B. T. Escala geográfica e escala cartográfica: distinção necessária. **Boletim de Geografia**, n. 1, p. 47-55, 2009.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J. M.. Flutuações do nível relativo do mar no Quaternário e seu papel na sedimentação costeira: exemplos brasileiros. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA: síntese dos conhecimentos, 1987, Cananéia. **Anais...** Cananéia: Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira, v. 1, 1987. p. 40-61.

MARTINELLI, M. Cartografia ambiental: que cartografia é essa? In: SOUZA, M. A. A. et al. (Org). **O novo mapa do mundo**. Natureza e sociedade de hoje: uma leitura geográfica. São Paulo: HUCITEC, 1993. p. 232-242.

MARTINELLI, M. Cartografia ambiental: uma cartografia diferente? **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 7, p. 61-80, 1994.

MARTINELLI, M. Cartografia dinâmica: tempo e espaço nos mapas. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 18, p. 53-66, 2005.

MARTINELLI, M. A sistematização da cartografia temática. In: ALMEIDA, R. D. **Cartografia escolar**. São Paulo: Contexto, 2010. p. 193-220.

MARTINELLI, M.; PEDROTTI, F. A cartografia das unidades de paisagem: questões metodológicas. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 14, p. 39-46, 2001.

MAZDA, Y.; WOLANSKI, E.; RIDD, P. V. **The role of physical processes in mangrove environments**. Manual for the preservation and utilization of mangrove ecosystems. Tokyo: TERRAPUB, 2007. 64 p.

MCCOY, E. D.; HECK JR., K. L. Biogeography of corals, seagrasses and mangroves: an alternative to the center of origin of concept. **Systematic Zoology**, v. 25, n. 3, p. 201-210, 1976.

MELO, E. et al. Instrumental confirmation of the arrival of North Atlantic swell to the Ceara coast. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COASTAL AND PORT ENGINEERING IN DEVELOPING COUNTRIES, 4., 1996, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: COPEDEC, 1995. p. 1-13.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206 p.

MENÉNDEZ, L.; GUZMÁN, J. M.; PRIEGO, Á. Manglares del Archipiélago Cubano: aspectos generales. In: CARRERA, L. M.; MENÉNDEZ, J. M. G. (Eds.). **Ecosistema de manglar em el archipiélago cubano: estudios y experiencias enfocados a su gestión**. Habana: Editorial Academia, 2006. p. 15- 25.

MENEZES, N. L. Rizóforos em *Rhizophora mangle* L: uma interpretação alternativa das chamadas “raízes aéreas”. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 78, n. 2, p. 213-226, 2006.

MESQUITA, A. R. Variações do nível médio do mar nas escalas decadal e interdecadal na costa sudeste do Brasil. In: PRIMEIRO SEMINÁRIO SOBRE ONDAS E MARÉS OCEÂNICAS, Arraial do Cabo - RJ. **Resumos...** Arraial do Cabo, 1995. p. 52-53.

MESQUITA, A. R.; HARARI, J. Tides and tide gauges of Cananéia and Ubatuba - Brazil (Lat 24°). **Relatório Interno do Instituto Oceanográfico**, Universidade de São Paulo, n. 11, p. 1-14, 1983.

MESQUITA, A. R.; HARARI, J.; FRANÇA, C. A. S. Interannual variability of tides and sea level at Cananéia, Brazil, from 1955 to 1990. **Publicação Especial do Instituto Oceanográfico**, São Paulo, n. 11, p. 11-20, 1995.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; BJORN, K. **Princípios de oceanografia física de estuários**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012. 426 p.

MONTEIRO, C. A. F. Clima. **Grande Região Sul**, Rio de Janeiro, IBGE, v. 4, t. 1, p. 114-166, 1968.

MONTEIRO, C. A. F. **A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo**: estudo geográfico sob a forma de atlas. São Paulo: Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 1973. 130 p.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. 1976. 181 f. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistema**: a história de uma procura. São Paulo: Contexto, 2001. 127 p.

MORIN, E. **Ciência com consciência**. Tradução Maria D. Alexandre e Maria Alice Sampaio Dória. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 350 p.

MORIN, E. **O método I**. A natureza da natureza. Tradução Maria Gabriela de Bragança. Lisboa: Europa-América, 1986. 363 p.

MOURA, M. A. L. et al. Alguns aspectos da interação da maré e precipitação na variação sazonal da temperatura do solo em um manguezal tropical. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2006.

MUEHE, D. Estado morfodinâmico praias no instante da observação: uma alternativa de identificação. **Revista Brasileira de Oceanografia**, São Paulo, v. 46, n. 2, p. 157-169, 1998.

MUEHE, D. (Org.). **Erosão e progradação do litoral brasileiro**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006. 476 p.

MUEHE, D. Geomorfologia costeira. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **Geomorfologia**: exercícios, técnicas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 191-238.

MUEHE, D. O litoral brasileiro e sua compartimentação. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, 2012. p. 273-349.

MUEHE, D.; GARCEZ, D. S. A plataforma continental brasileira e sua relação com a zona costeira e a pesca. **Mercator**, ano 4, n. 8, p. 69-88, 2005.

MUEHE, D.; NICOLODI, J. L. Geomorfologia. In: IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil**. Brasília: MMA, 2008. p. 23-39.

NASCIMENTO, F. R.; SAMPAIO, J. L. F. Geografia física, geossistemas e estudos integrados da paisagem. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral, v. 6/7, n. 1, p. 167-179, 2005.

NEVES, C. F.; MUEHE, D. Vulnerabilidade, impactos e adaptação a mudanças do clima: a zona costeira. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, n. 27, p. 217-295, 2008.

NOGUEIRA, R. E. **Cartografia**: representação, comunicação e visualização de dados espaciais. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2009. 327 p.

NUNES, L. H. A escala nas ciências atmosféricas. **Revista IG**, São Paulo, v. 19, n. 1/2, p. 71-73, 1998.

ODUM, E. P. **Ecologia**. São Paulo: Pioneira, 1977. 201 p.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Tradução Christopher J. Tribe. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1988. 434 p.

ODUM, H. T. Work circuits and system stress. In: YOUNG, H. E. (Ed.). **Symposium on primary productivity and mineral cycling in natural ecosystems**. Orono Maine: University of Marine Press, 1967. p. 81-138.

ODUM, H. T. **Environment, power and society**. New York: Wiley-Interscience, 1971. 331 p.

OLIVEIRA, L. Estudo metodológico e cognitivo do mapa. In: ALMEIDA, R. D. **Cartografia escolar**. São Paulo: Contexto, 2010. p. 15-41.

OLMOS, F. **Espécies e ecossistemas**. São Paulo: Editora Blücher, 2011. 207 p.

OMETO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1981. 440 p.

O'NEILL, R. V.; JOHNSON, A. R.; KING, A. W. A hierarchical framework for the analysis of scale. **Landscape Ecology**, v. 3, n. 3/4, p. 193-205, 1989.

PABLO, C. T. L. Cartografía ecológica: conceptos y procedimientos para la representación espacial de ecosistemas. **Paisaje, Territorio y Gestión Ambiental**, Real Sociedad Española de Historia Natural, p.1-21, 1999.

PALMIERI, F.; LARACH, J. O. I. Pedologia e geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. p. 59-122.

PEIXOTO, C. A. B. **Geodiversidade do estado de São Paulo**. São Paulo: CPRM, 2010. 176 p.

PELLEGRINI, J. A. C. **Caracterização da planície hipersalina (apicum) associada a um bosque de mangue em Guaratiba, Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro**. 2000. 101 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

PENCK, W. **Morphological analysis of land forms**: a contribution to physical geology. London: Macmillan and Co., 1953. 429 p.

PENTEADO, A. R. O Atlântico Sul. In: AZEVEDO, A. (Ed.). **Brasil: a terra e o homem**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1964. p. 307-339.

PENTEADO, M. M. **Fundamentos da Geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1980. 186 p.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. (Org.). **Biologia marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, 2009. 631 p.

PERIA, L. C. S. et al. Estudos estruturais comparativos entre bosques de mangue impactados (Canal da Bertioga) e não impactados (Ilha do Cardoso), Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA, 1990, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: Academia de Ciência do Estado de São Paulo, 1990. p. 183-193.

PETERSON, R. G.; STRAMMA, L. Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean. **Progress in Oceanography**, v. 26, p. 1-73. 1991.

PETRI, S.; FÚLFARO, V. J. Nota sobre a geologia e terraços marinhos da Ilha do Cardoso. **Notícia Geomorfológica**, v. 10, n. 20, p. 21-31, 1970.

POLIDORO, B. A. et al. The loss of species: mangrove extinction risk and geographic areas of global concern. **Plos ONE**, v. 5, p. 1-10, 2010.

PRIGOGINE, I. **O fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza**. Tradução Roberto Leal Ferreira. São Paulo: Editora UNESP, 1996. 199 p.

PRIGOGINE, I. **As leis do caos**. Tradução Roberto Leal Ferreira. São Paulo: Editora UNESP, 2002. 109 p.

PRITCHARD, D. W. What is an estuary? Physical viewpoint. In: LAUFF, G. H. (Ed.) **Estuaries**. Washington: American Association for the advancement of science, 1967. p. 3-5.

QUEIROZ, D. R. E. A semiologia e a cartografia temática. **Boletim de Geografia**, n. 18, p. 121-127, 2000.

QUEIROZ FILHO, A. P. A escala nos trabalhos de campo e de laboratório. In: VENTURI, L. A. B. (Org.) **Praticando a geografia: técnicas de campo e laboratório em geografia e análise ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. p. 55-67.

QUEIROZ FILHO, A. P.; MARTINELLI, M. Cartografia de análise e de síntese na geografia. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, n. 87, p. 07-44, 2007.

REBOITA, M. S. et al. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 2, p. 185-204, 2010.

REZENDE, C. E. et al. Ecologia e biogeoquímica de manguezal. In: PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. (Org.). **Biologia marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, 2009. p. 361-382.

RIBEIRO, A. G. As escalas do clima. **Boletim de Geografia Teorética**, Rio Claro, v. 23, n. 45/46, p. 288-294, 1993.

RIBEIRO, J. B. M. **Micrometeorologia do manguezal e o impacto do desmatamento em Bragança-PA**. 2001. 130 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

RICO-GRAY, V. Origen y rutas de los mangles: una revisión con énfasis en las especies de América. **Acta Botânica Mexicana**, v. 25, p. 1-13, 1993.

RIGONATO, J. **Diversidade de Cianobactérias em manguezais do estado de São Paulo**. 2010. 107 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

RODRIGUES, C. A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 14, p. 69-77, 2001.

RODRIGUES, C. Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplo na metrópole paulista. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 17, p. 101-111, 2005.

RODRÍGUEZ, L. et al. Manglares del archipiélago Cubano: estado de conservación actual. In: CARRERA, L. M.; MENÉNDEZ, J. M. G. (Eds.). **Ecosistema de manglar em el archipiélago cubano: estudios y experiencias enfocados a su gestión**. Habana: Editorial Academia, 2006. p. 35-43.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 6 p. 17-29. 1992.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 2001. 85 p.

ROSS, J. L. S. A morfogênese da bacia do rio Ribeira do Iguape e os sistemas ambientais. **Revista GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 12, p. 21- 26, 2002.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 208 p.

ROSS, J. L. S. MOROZ, I. C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. Escala 1: 500.000. Volume I e II. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1997.

ROSSI, M.; MATTOS, I. F. A. Solos de mangue do estado de São Paulo: caracterização química e física. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 15, p. 101-113, 2002.

ROVANI, F. F. M.; CASSOL, R. Cartografia ambiental: contribuições nos estudos geográficos. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 64/3, p. 389-403, 2012.

RUSSEL, R. J. Origins of estuaries. In: LAUFF, G. H. (Ed.). **Estuaries**. Washington: American Association for the advancement of science, 1967. p. 93-99.

SAENGER, P.; HERGEL, E. J.; DAVIE, J. D. S. Global status of mangrove ecosystems. **The Environmentalist Supplement**, Switzerland, v. 3, n. 3, p. 1-88, 1983.

SALICHTCHEV, K. A. Alguns reflexos sobre o objeto e método da cartografia depois da sexta Conferência Cartográfica Internacional. **Seleção de Textos (AGB)**, São Paulo, n. 18, p. 17-24, 1988.

SANT'ANNA, E. M.; WHATELY, M. H. Distribuição dos manguezais do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 43, n. 1, p. 47-63, 1981.

SANTOS, A. L. G. **Manguezais da Baixada Santista-SP: alterações e permanências (1962-2009)**. 2009. 169 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Programa de Pós Graduação em Ciência Ambiental - PROCAM, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SANTOS, A. L. G. Os manguezais da Baixada Santista – SP. In: JACOBI, P.R. (Org.). **Novos paradigmas, práticas sociais e desafios para a governança ambiental**. São Paulo: Annablume, 2012. p. 55-81.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Zona Costeira Paulista: Relatório de Qualidade Ambiental 2012**. São Paulo: SMA/CPLA, 2012. 130 p.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Perfil dos ecossistemas litorâneos brasileiros, com especial ênfase sobre o ecossistema manguezal. **Publicação Especial do Instituto Oceanográfico São Paulo**, São Paulo, n. 7, p. 1-16, 1989.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. (Org.). **Manguezal, conhecer para conservar**. São Paulo: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 1994. 45 p.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar**. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1995. 64 p.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. CINTRÓN, G. Métodos para la descripción y estudio de áreas de manglar. In: VIVALDI, J. L. **Compendio Enciclopédico de los Recursos Naturales de Puerto Rico**. San Juan: Departamento de Recursos Naturales, v. 3, 1983. 49 p.

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

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN, G. Manguezais brasileiros: uma síntese sobre aspectos históricos (século XVI a XIX), zonação, estrutura e impactos ambientais. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA BRASILEIRA, 3., 1993, Serra Negra. **Anais...** Serra Negra: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1993. p. 333-341.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. et al. **Expedição nacional aos manguezais do Amapá – Ilha de Maracá**. Relatório Técnico CNPq. Coordenação de Ciências Biológicas - Linhas de ação em botânica - Ecossistema manguezal, 1988. 99 p.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. et al. Variability of mangrove ecosystems along the Brazilian coast. **Estuaries**, v. 13, n. 2, p. 204-218, jun. 1990.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. et al. Brazilian mangroves. **Aquatic Ecosystem Health and Management Society**, n. 3, p. 561-570, 2000.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. et al. A conceptual hierarchical framework for marine coastal management and conservation: a *Janus-Like* approach. **Journal of Coastal Research**, Florida, Special Issue, v. 42, p. 191-197, 2005.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. et al. Alguns impactos do PL 30/2011 sobre os manguezais brasileiros. In: SOUZA, G.; JUCÁ, K.; WATHELY, M. (Org.). **Código florestal e a ciência: o que nossos legisladores ainda precisam saber**. Brasília: Comitê Brasil, 2012. p. 18-27.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; LACERDA, L. D. Manguezais. In: IKEDA, Y. (Coord.). **Diagnóstico ambiental oceânico e costeiro das regiões Sul e Sudeste do Brasil**. São Paulo: Fundespa, v. VII, 1994. p. 3-414.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; MESQUITA, H. S. L.; CINTRÓN-MOLERO, G. The Cananéia Lagoon Estuarine System. **Estuaries**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 193-203, 1990.

SEDIYAMA, G. C.; PRATES, J. E. O microclima: possibilidades de modificação. **Inf. Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 138, p. 36-42, 1986.

SHEPARD, F. P. Revised classification of marine shorelines. **Journal of Geology**, n. 45, p. 602-624, 1937.

SHERMAN, K. Large marine ecosystems as global units for marine resources management – an ecological perspective. In: SHERMAN, K.; ALEXANDER, L. M.; GOLD, B. D. (Eds.). **Large marine ecosystems: stress, mitigation and sustainability**. Washington D. C.: American Association for the Advancement of Science Press, 1993. p. 3-14.

SILVA, J. F. Dados climatológicos de Cananéia e Ubatuba (Estado de São Paulo). **Boletim Climatológico do Instituto Oceanográfico**, São Paulo, n. 6, p.1-21, 1989.

SILVA, M. E. S.; SILVA, C. B. Variabilidade climática – processos físicos e dinâmicos nos oceanos e atmosfera. **Revista do Departamento de Geografia**, volume especial 30 anos, p. 372-406, 2012.

SILVEIRA, I. C. A. et al. A corrente do Brasil ao largo da costa leste brasileira. **Revista Brasileira Oceanográfica**, v. 48, n. 2, p. 171-183, 2000.

SILVEIRA, J. D. Morfologia do litoral. In: AZEVEDO, A. (Ed.). **Brasil: a terra e o homem**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1964. p. 253-305.

SIMONSON, R. W. Outline of a generalized theory of soil genesis. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madson, v. 23, p. 152-156, 1959.

SNEDAKER, S. C. Mangrove species zonation: why? In: Contributions to the ecology of holophytes. **Tasks of vegetation Science**, Miami: D. N. Sem; K. S. Rajpurohit, v. 2, p. 111-125, 1982.

SNEDAKER, S. C.; SNEDAKER, J. G. **The mangrove ecosystem: research methods**. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 1984. 251 p.

SOARES, M. L. G. **Estudo da biomassa aérea de manguezais do sudeste do Brasil – análise de modelos**. 1997. 294 f. Tese (Doutorado em Oceanografia) - Instituto de Oceanografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

SOARES, M. L. G. et al. Caracterização das florestas de mangue do complexo estuarino de caravelas (Bahia – Brasil). **Boletim Técnico-Científico do CEPENE**, v. 16, n. 5, p. 23-41, 2008.

SOARES-GOMES, A.; FIGUEIREDO, A. G. O ambiente marinho. In: PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. (Org.). **Biologia marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, 2009. p. 1-34.

SOTCHAVA, V. B. O estudo de geossistemas. **Métodos em Questão**, São Paulo, n. 16, p. 1-51, 1977.

SOTCHAVA, V. B. Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre. **Biogeografia**, São Paulo, n. 14, p. 1-24, 1978.

SOUSA, M. C. S. **As propostas metodológicas para a cartografia ambiental: uma revisão**. 2009. 122 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SOUZA, C. R. G. Suscetibilidade morfométrica de bacias de drenagem ao desenvolvimento de inundações em áreas costeiras. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 6, n. 1, p. 45-61, 2005.

SOUZA, C. R. G. Praias arenosas oceânicas do estado de São Paulo (Brasil): síntese dos conhecimentos sobre morfodinâmica, sedimentologia, transporte costeiro e erosão costeira. **Revista do Departamento de Geografia**, volume especial 30 anos, p. 307-371, 2012.

SOUZA, C. R. G. et al. (Ed.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005. 378 p.

SOUZA, G.; JUCÁ, K.; WATHELY, M. (Org.) **Código florestal e a ciência: o que nossos legisladores ainda precisam saber**. Brasília: Comitê Brasil, 2012. 115 p.

SOUZA, G. M.; MANZATTO, A. G. Hierarquia auto-organizada em sistemas biológicos. In: D'OTTAVIANO, I. M. L.; GONZALES, M. E. Q. (Orgs.). **Auto organização: estudos interdisciplinares**. Campinas: UNICAMP, 2000. p. 153-173.

SOUZA, L. A. P. **A planície costeira Cananéia-Iguape, litoral sul do estado de São Paulo: um exemplo de utilização de métodos geofísicos no estudo de áreas costeiras**. 1995. 207 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

SOUZA-JÚNIOR, V. S. et. al. Evolução quaternária, distribuição de partículas nos solos e ambientes de sedimentação em manguezais do estado de São Paulo. **R. Bras. Ci. Solo**, n. 31, p. 753-769, 2007.

SPALDING, M. D.; BLASCO, F.; FIELD, C. D. (Eds.). **World mangrove atlas**. Okinawa: The International Society for Mangrove Ecosystems, 1997. 178 p.

SPALDING, M. D. et al. Marine Ecoregions of the World: a bioregionalization of coastal and shelf areas. **BioScience**, v. 57, n. 7, p. 573-583, 2007.

SPALDING, M.; KAINUMA, M.; COLLINS, L. **World Atlas of Mangroves**. London: Earthscan, 2010. 319 p.

STEERS, J. A. Geomorphology and coastal processes. In: LAUFF, G. H. (Ed.). **Estuaries**. Washington: American Association for the advancement of science, 1967. p. 100-107.

STODDART, D. R.; Geography and the ecological approach: the ecosystem as a geographic principle and method. **Geography**, n. 50, p. 242-251, 1965.

STODDART, D. R. Organismo e eco-sistema como modelos geográficos. In: CHORLEY, R. J.; HAGGETT, P. (Coord.). **Modelos integrados em geografia**. Tradução: Arnaldo Viriato de Medeiros. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1974. p. 67-100.

SUGUIO, K. **Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 1.222 p.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais: (passado + presente = futuro?)**. São Paulo: Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, 1999. 366 p.

SUGUIO, K. Introdução. In: SOUZA, C. R. G. et al. (Ed.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005. p. 21-27.

SUGUIO, K. et al. Flutuações do nível do mar durante o quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 273-286, 1985.

SUGUIO, K.; MARTIN, L. Formações quaternárias marinhas do litoral paulista e sul fluminense. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY, São Paulo, **Special Publication**, n. 1, 1978. 55 p.

SUGUIO, K.; MARTIN, L. Classificação de costas e evolução geológica das planícies litorâneas quaternárias do sudeste e sul do Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA: síntese dos conhecimentos, 1987, Cananéia. **Anais...** Cananéia, v. 1, 1987. p. 1-28.

SUGUIO, K; TESSLER, M. G. Depósitos quaternários da planície costeira de Cananéia-Iguape (SP). **Publicação Especial do Instituto Oceanográfico**, São Paulo, n. 9. p. 1-33, 1992.

SUMMERFIELD, M. A. (Ed.). **Geomorphology and global tectonics**. New York: John Wiley & Sons, 1999. 367 p.

TANSLEY, A. G. The use and abuse of vegetational concepts and terms. **Ecology**, n. 16, p. 284-307, 1935.

TASSINARI, C. C. G. Tectônica global. In: TEIXEIRA, W. et al. (Org.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2001. p. 98-112.

TEIXEIRA, W. et al. (Org.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2001. 568 p.

TEIXEIRA NETO, A. Haverá, também, uma semiologia gráfica? **Boletim Goiano de Geografia**, v.4, 5 e 6, n.1/2, p.13-54, 1986.

TESSLER, M. G. **Sedimentação atual da região lagunar de Cananéia-Iguape estado de São Paulo**. 1982. 110 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.

TESSLER, M. G. **Dinâmica sedimentar quaternária no litoral sul paulista**. 1988, 2 volumes. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988.

TESSLER, M. Potencial de risco natural. In: IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil**. Brasília: MMA, 2008. p. 93-102.

TESSLER, M. G.; GOYA, S. C. Processos costeiros condicionantes do litoral brasileiro. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 17, p. 11-23, 2005.

TESSLER, M. G.; MAHIQUES, M. M. Processos oceânicos e a fisiografia dos fundos marinhos. In: TEIXEIRA, W. et al. (Org.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2001. p. 262-284.

THOM, B. G. Mangrove ecology and deltaic geomorphology. **Journal of Ecology**, Tabasco, México, n. 55, p. 301-343, 1967.

THOM, B. G. Mangrove ecology: a geomorphological perspective. In: CLOUGH, B. F. **Mangrove ecosystems in Australia: structure, function and management**. Canberra: University Press, 1982. p. 3-17.

THOM, B. G. Coastal landforms and geomorphic processes. In: SNEDAKER, S. C.; SNEDAKER, J. G. (Ed.). **The Mangrove Ecosystem: research methods**. UNESCO, 1984. p. 3-17.

TOMCZAK, M. **Propriedades da água do mar**. 2000. Traduzido por Aurea Ciotti. Disponível em: <http://www.es.flinders.edu.au/~mattom/IntroOc/por/notes/lecture03.html>. Acesso em: 9 abr. 2014.

TOMLINSON, P. B. **The botany of mangroves**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994. 419 p.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. O. **Introdução à climatologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 256 p.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. 97 p.

TROPPEMAIR, H. **Biogeografia e Meio Ambiente**. Rio Claro: Divisa, 2008. 227 p.

TROPPEMAIR, H.; GALINA, M. H. Geossistemas. **Mercator – Revista de Geografia da UFC**, Ceará, ano 5, n. 10, p. 79-89, 2006.

TURNER, M. G. Landscape ecology: the effect of pattern on process. **Annual Review of Ecology and Systematic**, n. 20, p. 171-197, 1989.

TWILLEY, R. R. Properties of mangrove ecosystems related to the energy signature of coastal environments. In: HALL, C. A. S. (Ed.). **Maximum Power: the ideas and applications of H. T. Odum**. Colorado: University Press of Colorado, 1995. p. 43-62.

TWILLEY, R. R. Patterns process of mangrove ecosystems: response to changing environmental conditions of coastal regions. In: CONGRESO LATINOAMERICANO SOBRE CIENCIAS DEL MAR, 9., 2001, San Andres. **Anais...** San Andres, 2001. p. 16-20.

TWILLEY, R. R. et al. Biodiversity and ecosystem processes in tropical estuaries: perspectives of mangrove ecosystems. In: MOONEY, H. A.; CUSHMAN J. H.; MEDINA E. (Eds.). **Functional roles Biodiversity: a global perspective**, 1996. p. 327-370.

USP, Universidade de São Paulo. **Diretrizes para apresentação de dissertações e teses da USP: documento eletrônico e impresso Parte I (ABNT)**. São Paulo: Sistema Integrado de Bibliotecas da Universidade de São Paulo, 2009. 102 p.

VAIPHASA, C. et al. Tropical mangrove species discrimination using hyper spectral data: A laboratory study. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, n. 65, p. 371-379, 2005.

VALE, C. C. **Contribuição ao estudo dos manguezais como indicadores biológicos das alterações geomórficas do estuário do Rio São Mateus (ES)**. 1999. 170 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

VALE, C. C. **Séries geomórficas costeiras do estado do Espírito Santo e os habitats para o desenvolvimento dos manguezais: uma visão sistêmica**. 2004. 386 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

VALE, C. C. Por uma metodologia para o estudo das áreas de manguezais: uma visão sistêmica. In: NUNES, J. O. R.; ROCHA, P. C. **Geomorfologia: aplicações e metodologias**. São Paulo: Expressão Popular, UNESP, 2008. p. 117-131.

VALE, C. C. Teoria geral do sistema: histórico e correlações com a geografia e com o estudo da paisagem. **Entre-Lugar**, Dourados, n. 6, p. 85-108, 2012.

VALIELA, I.; BOWEN, J. L.; YORK, J. K. Mangrove Forests: one of the world's threatened major tropical environments. **BioScience**, v. 51, n. 10, p. 807-815, 2001.

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

VANNUCCI, M. What is so special about mangroves? **Braz. J. Biol.**, v. 61, n. 4, p. 599-603. 2001.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Brasília: INMET, 2006. 449 p.

VASCONCELLOS, M. J. E. **Pensamento sistêmico: o novo paradigma da ciência**. Campinas: Papirus, 2002. 252 p.

VENTURI, L. A. B. (Org.). **Geografia: práticas de campo, laboratório e sala de aula**. São Paulo: Editora Sarandi, 2011. 528 p.

VIDIGAL, A. A. F. et al. **Amazônia azul: o mar que nos pertence**. Rio de Janeiro: Record. 2006. 305 p.

VILLWOCK, J. A. A costa brasileira: geologia e evolução. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA BRASILEIRA, 3., 1993, Serra Negra. **Anais...** Serra Negra: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1993. p. 1-15.

VILLWOCK, J. A. et al. Geologia e geomorfologia de regiões costeiras. In: SOUZA, C. R. G. et al. (Ed.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005. p. 94-113.

WAINER, I. E. K.; COLOMBO, P. M.; MIGUEL, A. J. Boletim de monitoramento climatológico para as bases norte e Dr. João de Paiva Carvalho do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. **Relatório Técnico Instituto Oceanográfico**, São Paulo, n. 38, p. 1-13, 1996.

WALSH, G. E. Mangroves: a review. In: REIMOLD, R. J.; QUEEN, W. H. **Ecology of Halophytes**. New York: Academia Press Inc., 1974. p. 51-174.

WEST, R. C. Mangrove swamps of the Pacific coast of Columbia. **Ann. Ass. Amer. Geogr.** n. 46, p. 98-121, 1956.

WILKINSON, C.; BAKER, V. (Ed.). **Survey manual for tropical marine resources**. Townsville: Australian Institute Marine Science, 2nd edition, 1997. 390 p.

WMO, World Meteorological Organization. Calculation of monthly and annual 30-year standard normals. **Technical document**, n. 341; WCDP, n.10, Washington, 1989. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/html/clima/OMM_WCDP_N10.pdf>. Acesso em 8 jun. 2014.

WOLANSKI, E.; MAZDA, Y.; RIDD, P. Mangrove hydrodynamics. **Coastal and estuarine studies**, v. 41, p. 43-62, 1992.

WOODROFFE, C. D. Mangrove sediments and geomorphology. **Coastal and Estuarine Studies**, v. 41, p. 7-41, 1992.

WOODROFFE, C. D.; GRINDROD, J. Mangrove biogeography the role of Quaternary environmental and sea-level change. **Journal of Biogeography**, n. 18, p. 479-492, 1991.

WU, Jianguo. Effects of chaging scale on landscape pattern analysis: scaling relations. **Landscape Ecology**, n. 19, p.125-138, 2004.

YÁÑEZ-ARANCIBIA, A. Lagunas costeras y estuarios: cronologia, criterios y conceptos para una clasificacion ecológica de sistemas costeros. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA, 2., 1987, Cananéia. **Anais...** Cananéia: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1987. p. 1-38.