

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

ELIZABETH DELL'ORTO E SILVA

**“EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO
MANGUEZAL DO ESTUÁRIO DO RIO SÃO
MATEUS EMPREGANDO TÉCNICAS DE
SENSORIAMENTO REMOTO”**

**Vitória
2010**

ELIZABETH DELL'ORTO E SILVA

EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO MANGUEZAL
DO ESTUÁRIO DO RIO SÃO MATEUS EMPREGANDO
TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia.
Orientadora: Prof^a Dr^a Claudia Câmara do Vale.

VITÓRIA
2010

“EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO MANGUEZAL DO ESTUÁRIO DO RIO SÃO MATEUS EMPREGANDO TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO”

ELIZABETH DELL'ORTO E SILVA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Aprovada em 27 de Setembro de 2010 por:

Prof^a Dr^a Claudia Câmara do Vale. – Orientadora - UFES

Prof^a Dr^a Mara Regina Labuto Fragoso da Silva. - Co-orientadora - UFES

Prof Dr. André Luiz Nascentes Coelho. - UFES

Prof^a Dr^a Renata Diniz Ferreira. - UVV

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho as comunidades tradicionais que retiram do manguezal os recursos necessários a sua sobrevivência.

AGRADECIMENTOS

Esta dissertação é resultado da contribuição de várias pessoas a quem gostaria de transmitir meus sinceros agradecimentos e gratidão, e de modo particular, agradecer:

A Cláudia Câmara do Vale, pelo trabalho de orientação e pela sempre disponibilidade e paciência em me ajudar.

A Professora Mara Regina Labuto Fragoso pelo trabalho de co-orientação e pela boa vontade em transmitir seus conhecimentos.

As Professoras Jakeline Albino e Renata Diniz Ferreira pelas dicas valiosas.

Aos colegas Jonivane e Fred pela ajuda imprescindível ao trabalho.

Aos colegas da Cepemar pelo apoio e incentivo.

A Miguel meu companheiro e maior incentivador que amo tanto.

A Esther, minha filhota, que me deu uma injeção de ânimo na reta final deste trabalho.

A minha família que torceu muito para que eu concluísse este trabalho.

“o mundo físico se reflete no mais íntimo do nosso ser, em toda a sua verdade. Tudo quanto dá caráter individual a uma paisagem: o contorno das montanhas que limitam o horizonte num longínquo indeciso, a escuridão dos bosques de pinheiros, a corrente que se escapa de entre as selvas e bate com estrépido nas rochas suspensas, cada uma destas coisas tem existido, em todos os tempos, em misteriosas relações com a vida íntima dos homens”

Alexander von Humboldt

RESUMO

Com base nos preceitos conceituais da Teoria Geral do Sistema e nos preceitos teórico-metodológicos da Estrutura Hierárquica proposta por Schaeffer-Novelli et al. (2000) e ainda na classificação dos ambientes onde ocorrem manguezais a partir do ponto de vista geomorfológico proposto por Thom (1984), esta pesquisa buscou aplicar diferentes níveis de análise ao ecossistema manguezal da embocadura do rio São Mateus (ES).

As imagens Landsat dos anos de 1985, 1997 e 2009 foram utilizadas na análise espaço-temporal da cobertura vegetal do manguezal da embocadura do rio São Mateus. Foi aplicado nestas imagens a técnica de Análise de Componentes Principais (PCA) no sentido de obter um melhor realce da vegetação de mangue. A partir da classificação supervisionada da componente Pc1 / Pc4 / Pc2 verificou-se que a vegetação de mangue no ano de 1985 era de aproximadamente 788,2 ha, no ano de 1997 era de 824,1 ha e em 2009, a área diminuiu para 790,1 ha. A partir das imagens 1985/1997/zero, 1997/2009/zero e 1985/2009/zero, em RGB, foi possível a identificação das áreas de mangue que sofreram alterações ao longo dos anos em decorrência dos processos erosivos e deposicionais e as imagens Pc1 1985 / Pc1 1997 / zero, Pc1 1997 / Pc1 2009 / zero e Pc1 1985 / Pc1 2009 / zero, em RGB, permitiram a visualização das mudanças ocorridas nas feições costeiras e da linha de costa adjacente à embocadura do rio São Mateus.

Palavras-chave: estuário, manguezal, geoprocessamento, sensoriamento remoto, análise de componentes principais e classificação supervisionada.

ABSTRACT

Based on the conceptual precepts of the General Theory of the System and on the theoretical methodological precepts of the Hierarchical Structure proposed by Schaeffer-Novelli et al. (2000) and yet on the classification of the environments where mangroves occur, from the geomorphologic point of view proposed by Thom (1984), this research sought to apply different levels of analysis to the mangrove ecosystem of the mouth of the São Mateus river (ES).

The Landsat images of the years 1985, 1997 and 2009 were used in the time-spatial analysis of the mangrove vegetable coverage on the São Mateus river mouth. It was applied on these images the Analysis of Main Components technique in the way to obtain a better prominence of the mangrove vegetation. After the supervised classification of the Pc1/Pc4/Pc2 component it was found that the mangrove vegetation in year 1985 was approximately 788,2 ha, in 1997 it was 824,1 ha and in 2009 this area decreased to 790,1 ha. From the images 1985/1997/zero, 1997/2009/zero and 1985/2009/zero, in RGB, it was possible to identify the mangrove areas which suffered modifications through the years due to the eroding and deposition processes. Images Pc1 1985 / Pc1 1997 / zero, Pc1 1997 / Pc1 2009 / zero and Pc1 1985 / Pc1 2009 / zero, in RGB, permitted to see the changes occurred on the coast feature and on the coastline adjacent to the São Mateus river mouth.

Key-words: Estuary, mangrove, geoprocessing, remote sensing, analysis of main components and supervised classification.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa de Localização.....	31
Figura 2 - Bacia Hidrográfica do Rio São Mateus.....	32
Figura 3 - -Caracterização da circulação atmosférica na costa leste-nordeste do Brasil.....	34
Figura 4 – Zonas naturais na Bacia do Rio São Mateus.....	35
Figura 5 – Mapa de Isoietas da Bacia do Rio São Mateus.....	36
Figura 6 – Rosa dos Ventos.....	42
Figura 7 – Mapa Geomorfológico da Planície do Rio Doce.....	49
Figura 8 – Espécies predominantes no Manguezal de Conceição da Barra.....	54
Figura 9 – Mapa de uso da terra na Bacia do Rio São Mateus.....	56
Figura 10 – Modelo de Energia ilustrando os maiores armazenamentos e fluxos de energia em um ecossistema manguezal.....	65
Figura 11 – Hierarquia do ecossistema manguezal.....	68
Figura 12 – Ambientes propícios ao desenvolvimento dos manguezais.....	72
Figura 13 – Perfil praia e sua terminologia.....	77
Figura 14 – Esquema de classificação proposto por Dione.....	78
Figura 15 – Representação esquemática de um continuum de tipos de braços de mar de lagunas à deltas.....	83
Figura 16 – Classificação Fisiográfica dos estuários segundo Fairbridge (1980).....	84
Figura 17 – Classificação dos Ambientes costeiros a partir da evolução geológica....	85
Figura 18 – Fatores que controlam o nível do mar e o nível do continente, responsáveis pelas mudanças do nível relativo do mar.....	87
Figura 19 – Evolução Paleogeográfica de grande parte do litoral Brasileiro.....	89
Figura 20 – Curva de variação do nível relativo do mar para o setor compreendido pela planície costeira do Rio Doce (ES), em um encontro com a curva de Salvador..	91
Figura 21 – Estádios da evolução da Planície Costeira do Rio Doce.....	92
Figura 22 – Distribuição global de manguezais.....	94
Figura 23 – Tipos fisiográficos de manguezais.....	96
Figura 24 – Recobrimento Longitudinal entre duas fotografias aéreas consecutivas..	101
Figura 25 - Espectro Eletromagnético.....	102
Figura 26 – Curvas Espectrais de diferentes alvos.....	103

Figura 27 – Conceito ilustrativo de FOV e IFOV.....	104
Figura 28 – Fluxograma da metodologia adotada.....	116
Figura 29 - Morfologia da embocadura estuarina.....	124
Figura 30 – Formação de Esporão na direção norte-sul.....	125
Figura 31 – Sedimentação do lado direito da embocadura do Rio São Mateus.....	128
Figura 32 – Mapas elaborados a partir da classificação.....	130

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Pluviosidade média mensal.....	39
Gráfico 2 – Precipitação acumulada.....	40
Gráfico 3 – Média mensal de temperatura máxima e mínima.....	41
Gráfico 4 – Variação Altura de maré.....	44
Gráfico 5 – Vazão media anual do Rio São Mateus (1975-1990).....	45
Gráfico 6 – Vazão media anual do Rio São Mateus (1991-2006).....	46

LISTA DE QUÁDROS

Quadro 1 – Unidade Morfoestruturais da Bacia do Rio São Mateus.....	47
Quadro 2 – Grupo Ecológico de Espécies Halófitas.....	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Zonas Naturais da Bacia do Rio São Mateus.....	35
Tabela 2 – Estações Pluviométricas.....	37
Tabela 3 – Normais Climatológicas Anuais da Estação Meteorológica de São Mateus.....	38
Tabela 4 – Pluviosidade media mensal.....	39
Tabela 5 – Média mensal de dias chuvosos.....	40
Tabela 6 – Temperatura mínima media.....	41
Tabela 7 - Temperatura maxima media.....	41
Tabela 8 – Amplitude Térmica.....	42
Tabela 9 – Classes de Uso da Terra dos municípios da Bacia do Rio São Mateus.....	58
Tabela 10 – Segmentos Costeiros Brasileiros.....	69
Tabela 11 – Número de espécies de mangue exclusivas e não exclusivas.....	94
Tabela 12 – Características dos Sensores a bordo dos satélites Landsat 4 e 5.....	108
Tabela 13 – Principais aplicações das bandas do Sensor TM.....	108
Tabela 14 – Relação dos Arquivos Digitais usados na pesquisa.....	114
Tabela 15 – Qualidade da classificação associada aos valores do índice Kappa.....	119
Tabela 16 – Quantitativo da área de manguezal para os anos de 1985, 1997 e 2009.....	129

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ALCON – Alcooleira Conceição da Barra

ANA – Agência Nacional das Águas

APA – Área de Proteção Ambiental

DISA – Destilaria Itaúnas

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEMA – Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - APRESENTAÇÃO	16
1.1 Introdução.....	17
1.2 Objetivos.....	20
1.3 Justificativa.....	21
CAPÍTULO 2 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	28
2.1 Localização da Área.....	29
2.2 Caracterização Física.....	32
2.2.1 Climatologia.....	32
2.2.1.1 Aspectos Gerais.....	32
2.2.1.1.1 Aspectos Climáticos da Bacia Hidrográfica do Rio São Mateus.....	33
2.2.1.1.2 Normais Climatológicas para a área em estudo.....	37
2.2.2 Aspectos Fluviomarinhos.....	42
2.2.2.1 Correntes Longitudinais.....	42
2.2.2.2 Marés.....	42
2.2.2.3 Ondas.....	43
2.2.2.4 Correntes.....	44
2.2.2.5 Vazão.....	45
2.2.3 Aspectos Geológico-Geomorfológicos.....	45
2.2.4 Aspectos Fitogeográficos.....	50
2.3 Uso da Terra.....	53
2.3.1 Uso da terra na Bacia do Rio São Mateus.....	53
2.3.2 Uso da terra no Município de Conceição da Barra.....	58
CAPÍTULO 3 – REFERENCIAL TEÓRICO	60
3.1 Teoria Geral dos Sistemas.....	61
3.2 Estrutura Hierárquica aplicada a pesquisa sobre manguezais.....	65
3.3 Ambientes Propícios ao desenvolvimento do Manguezal propostos por Thon.....	69
CAPÍTULO 4 – SÍNTESE DOS CONHECIMENTOS PRÉ-EXISTENTES	74
4.1 Costa.....	75
4.2 Estuários.....	76
4.2.1 Forçantes da Circulação Estuarina.....	78
4.2.2 Classificação Geomorfológica dos Estuários.....	81
4.2.3 Elevação do nível relativo do mar.....	85
4.3 Manguezais.....	92

4.4 Sistemas de Informação Geográficas.....	97
4.5 Fotografias Aéreas.....	98
4.6 Sensoriamento Remoto.....	101
4.6.1 Resolução.....	103
4.6.2 Imagem Raster.....	104
4.6.3 Sensores.....	104
4.7 Principais Características dos Satélites Landsat 4 e 5.....	106
4.8 Processamento digital de imagens.....	108
4.8.1 Análise dos Componentes Principais.....	108
4.8.2 Classificação Supervisionada.....	110
CAPÍTULO 5 - METODOLOGIA.....	112
5.1 Atividades de Campo.....	113
5.2 Atividades de Gabinete.....	113
5.2.1 Fotografias Aéreas.....	114
5.2.2 Imagens Landsat.....	114
CAPITULO 6 – ANÁLISE DOS DADOS LEVANTADOS.....	120
6.1 Níveis Hierárquicos.....	121
6.2 Ambientes propostos por Thom	122
6.3 Análise da morfologia da embocadura do rio São Mateus a partir de fotografias aéreas de 1970, 1991, 1997 e 2008.....	125
6.4 Quantificação da área de mangue por meio de imagens Landsat.....	127
CAPITULO 7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	132
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	136
ANEXOS.....	154
Anexo 1– Mapeamento do estuário inferior do Rio São Mateus a partir das fotografias aéreas de 1970, 1991, 1997 e 2009.....	155
Anexo 2- Imagens dos anos de 1995, 1997 e 2009 compostas por Pc1/Pc4/Pc2 em RGB.....	156
Anexo 3 – Composição em RGB das imagens de 1985, 1997, 2009 e zero evidenciando as mudanças na vegetação de mangue.....	157
Anexo 4 – Composição em RGB das imagens Pc1 1985, Pc1 1997, Pc1 2009, evidenciando as feições costeiras e a linha de praia.....	158

CAPÍTULO 1
APRESENTAÇÃO

1.1 INTRODUÇÃO

De acordo com IBGE (2009), o Brasil possui uma área de 8.514.876,599 km² a qual representa cerca de 50% da América Latina. A zona costeira se estende por aproximadamente 9200 km e apresenta uma grande diversidade de ambientes que foram formados durante a história geológica recente do nosso planeta.

Dominguez et al. (2009) afirmam que os movimentos entre as placas continentais e oceânicas e a separação da América do Sul do continente Africano na período Mesozóico determinaram o tipo de costa e sua orientação quanto à exposição das ondas e correntes. Associados a isto, as mudanças climáticas e a variação no nível médio relativo do mar, interagindo com o aporte de sedimentos são fatores preponderantes que levaram à formação da costa brasileira.

Segundo Ab'Sáber (2003) o litoral brasileiro possui atributos próprios dependente de componentes fisiográficos, ecológicos, climáticos e hidrológicos. Este autor afirma que:

[...] Esta delicada e estreita faixa de contato entre a terra e o mar possui uma ecodinâmica particularmente rica desdobrando-se em inúmeros ecossistemas. É possível encontrar ao longo da costa matilhas que construíram seu próprio suporte ecológico sobre as areias brancas de restingas e dunas, jundus, palmares, eventuais caatingas, diferentes tipos de cobertura de dunas e campos de dunas além de rasas planícies de lodo que margeiam setores internos de estuários ou bordas sincopadas de lagunas, onde a invasão diária da maré projeta a salinidade mínima para o suporte hidroecológico dos manguezais (AB'SÁBER, 2003, p. 21).

O ecossistema manguezal geralmente encontra-se associado às margens de baías, enseadas, barras fluviais, desembocaduras de rios, lagunas e reentrâncias costeiras, onde haja encontro de águas de rios com a do mar, ou diretamente expostos à linha de costa. São sistemas funcionalmente complexos, altamente resilientes e resistentes. A cobertura vegetal, ao contrário do que acontece nas praias arenosas e nas dunas, se instala em substratos de vasa de formação recente, de pequena declividade, sob à ação diárias das marés (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000).

O termo “mangue” é usado para designar um grupo florístico de árvores e arbustos que povoam a região tropical e possuem características fisiológicas peculiares. As adaptações ocorridas nas espécies permitiram a sobrevivência em áreas alagáveis, salinas, com pouco oxigênio e substrato inconsolidado. Já o termo “manguezal” refere-se ao ecossistema, a interação entre plantas, animais e microorganismos (SCHAEFFER-NOVELLI, op. cit.).

De acordo com Twilley (1995) em um sistema manguezal atuam forças de diferentes intensidades e frequências. Tais sistemas são altamente subsidiados por fontes externas de energia, provenientes a partir de marés, da precipitação, do aporte de água e sedimentos fluviais. Esta energia é captada pelas espécies vegetais presentes no ambiente e transformada em estrutura florestal, e quanto maior a sua disponibilidade e abundância, maior o desenvolvimento será alcançado pelos componentes vegetais.

Vale (1999) afirma que os tensores desviam energia do sistema, fazendo com que este se adapte, ou não, frente às condições de tensão, tais como longos períodos de seca, elevado índice de salinidade, excesso de aporte de sedimentos, dentre outros. Esta interação entre as forças e as respostas do ambiente, Odum (1983, apud Cintrón & Schaeffer-Novelli, 1985) denomina de “assinatura energética”. A probabilidade de que essa assinatura imprima características semelhantes ao desenvolvimento fisionômico e estrutural de bosques ao longo de sua faixa de distribuição, conduziu diversos autores a classificar os ambientes onde ocorrem os manguezais, sobretudo geomorfologicamente, em diferentes escalas espaciais.

Thom (1982) utiliza os componentes geofísicos e geomórficos para caracterizar os ambientes geomorfológicos nos quais o manguezal se insere. Estes ambientes ajudam a identificar os processos variáveis que influenciam o estabelecimento, crescimento, manutenção e regeneração dos manguezais. Este autor, afirma que as paisagens e suas formas são modeladas por um *continuum* de forças, como descarga fluvial, regime de maré e energia das ondas associados aos processos construtivos e erosivos.

Schaeffer-Novelli et al. (2000), salientam que os vários níveis de observação aplicados ao manguezal são muito importantes para se entender o funcionamento

deste ecossistema. As várias escalas têmporo-espaciais permitem observar processos particulares e padrões espaciais favorecendo assim os estudos e as estratégias de gerenciamento. Os autores (op. cit.) propõem a aplicação de uma estrutura hierárquica com enfoque geomorfológico aos estudos de manguezais. Os níveis de organização estão divididos em Grandes Ecossistemas Marinhos, Domínios Costeiros, Ambientes, Bosque e Terreno, cada qual abrangendo extensões que vão desde as continentais até um pequeno pedaço do terreno ocupado por uma árvore.

Os níveis hierárquicos definidos por Schaeffer-Novelli et al. (2000) para a pesquisa sobre os manguezais, bem como os ambientes geomórficos propostos por Thom (1982) para o crescimento e desenvolvimento dos manguezais, coadunam-se com a Teoria Geral dos Sistemas concebida por Bertalanffy (1975). Nesse sentido, os três pressupostos teórico-metodológicos apresentam-se como referencial unificador, que busca a compreensão dos sistemas, a partir de escalas espaciais e temporais superiores, perpassando por vários níveis de análise.

A aplicação de diferentes escalas espaciais aplicadas ao estudo do ecossistema manguezal ganhou um forte aliado nas últimas décadas; as imagens de satélite. Isto se deve, sobretudo, a capacidade dos sensores aerotransportados de fornecerem ao pesquisador uma visão sinóptica da área de estudo. Martinelli (2001, apud Lacoste, 1976), afirma que é quase intuitivo ao pesquisador procurar uma posição elevada que lhe permita obter uma amplitude da sua abrangência visual.

Ele ainda argumenta que:

[...] deixando o nível do chão, o olho ganha mais campo, porém perde a riqueza das visões possíveis ao levar em conta o ponto de vista, a profundidade do campo com o arranjo dos planos verticais dos volumes. Ao atingir a visão quase vertical, aérea, até zenital perde-se as particularidades, mas essa visão ganha em termos de conjunto na percepção sinótica (MARTINELLI, 2001, apud LACOSTE, 1977, p. 40).

De acordo com Tognella-De-Rosa et al. (2007), o sensoriamento remoto é uma excelente ferramenta ao estudo do manguezal, pois contribui no processo de definição do plano amostral. Além disso, os meios de observação espacial

possibilitam uma avaliação das florestas numa escala além da parcela ou estação amostral, são úteis para observações de alterações na ocupação do solo, nas modificações dos sistemas costeiros e deltaicos permitindo uma reconstrução da história da região de forma mais barata.

Partindo do princípio de que os fenômenos não atuam de forma isolada, mas que funcionam dentro de um ambiente e fazem parte de um universo maior, esta pesquisa buscou estudar o ecossistema manguezal da embocadura do rio São Mateus a partir de um enfoque geomorfológico, e para isso, utilizou os níveis hierárquicos propostos por Schaeffer-Novelli et al. (2000) bem como os ambientes propícios ao desenvolvimento do manguezal segundo Thom (1982). O uso de imagens do satélite Landsat e de fotografias aéreas auxiliaram na aplicação de diferentes níveis de análise ao estudo do manguezal a partir das diferentes escalas espaciais fornecidas pelos respectivos sensores.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo principal desta pesquisa é fazer uma análise espaço-temporal das mudanças ocorridas no quantitativo de área do manguezal do baixo estuário do rio São Mateus, a partir do uso de um Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e técnicas de sensoriamento remoto em imagens Landsat 5 / TM dos anos de 1985, 1997 e 2009.

Os objetivos específicos deverão abordar os seguintes temas:

- Inserir a área de estudo nos níveis de organização propostos por Schaeffer-Novelli et al. (2000);
- Correlacionar um ou mais ambientes propostos por Thom (1982) com a embocadura do rio São Mateus;
- Elaborar mapa da embocadura do rio São Mateus com base em fotografia área de 2007/2008 na escala de 1/15.000 e comparar as mudanças ocorridas nas feições costeiras por meio dos mapas elaborados por Vale (1999) dos anos de 1970, 1991 e 1997.

- Empregar a técnica de Análise de Componentes Principais (ACP) em imagens Landsat 5 / TM;
- Quantificar as perdas ou ganho de área de manguezal para cada ano (1985, 1997 e 2009) na escala de 1/50.000 a partir da classificação supervisionada;
- Criar composições em RGB que facilitem a análise espaço-temporal das mudanças ocorridas no quantitativo de área de manguezal para o período analisado.

1.3 JUSTIFICATIVA

A zona costeira é um lugar diferenciado que apresenta características que lhe são inerentes. A interface com o mar possibilita usos quase exclusivos da costa, tais como a exploração dos próprios recursos marinhos, a alocação dos portos terminais, vias de contato com a hinterlândia, a apropriação cultural que a transforma em espaço de inigualável lazer, o crescente turismo litorâneo, a alocação de segundas residências notadamente de veraneio, entre muitos outros (MORAES, 1999).

De acordo com Yáñez-Arancibia (1987), cerca de 2/3 da população mundial vive na zona costeira e das dez maiores metrópoles do mundo, sete encontram-se bordejando as áreas estuarinas. A região costeira é responsável por cerca de 20% da produção mundial de petróleo e aproximadamente 70% das reservas petrolíferas encontram-se em baixo do solo oceânico desta região, além de ser uma importante fonte de turismo e recreação e palco para a expansão urbana.

Brasil (1996) afirma que a costa brasileira experimentou vários ciclos de ocupação e exploração de seus recursos, desde os índios Tupi-guaranis, caçadores e coletores, passando pela implantação de feitorias pelos portugueses, pela introdução e expansão da cultura da cana-de-açúcar no Nordeste Oriental e pela bananicultura no Sudeste, saltando para o grande impulso imobiliário que vem utilizando a imensa costa para especulações de todos os tipos.

Sobre o assunto Ab'Sáber (2003), afirma que:

[...] Podem-se acompanhar as relações e os comportamentos entre o homem e o litoral desde a Pré-História até a chegada dos colonizadores. Na zona costeira, sucederam-se personagens e comunidades. Os homens dos sambaquis vivendo às margens das lagunas da retroterra litorânea. Os povos tupis se assenhorando da costa em seu todo, com forte preferência pelas “pontas de praias”, onde existiam pequenas barras de rios, água doce e sítios favoráveis para pesca e portos canoeiros (AB'SÁBER, 2003, p. 26).

A influência das atividades do homem sobre as regiões costeiras e conseqüentemente nas áreas estuarinas, não foi reconhecida como importante até meados do século XIX. Antes dessa época, a influência estava limitada aos efeitos da descarga de efluentes de natureza doméstica e, mais remotamente, à erosão nas áreas agrícolas, que ocasionavam um maior transporte de sedimentos para os rios e destes até o mar. A partir de meados desse século, houve uma enorme expansão das atividades em complexos industriais instalados nas proximidades dos estuários, da agricultura, da construção de barragens para a instalação de usinas hidroelétricas e da indústria pesqueira (MIRANDA, 2002).

A fragilidade face à intensa ocupação e exploração dos recursos naturais da planície costeira pode ser melhor entendida se levarmos em conta que é uma região de relevo plano, solos arenosos e inconsolidados, nível freático próximo à superfície, rica em biodiversidade e berçário para reprodução de inúmeras espécies animais (ROSS, 2006).

Os manguezais colonizam as planícies costeiras ocupando a zona intermaré de deltas e rios tropicais, lagunas e sistemas estuarinos costeiros que têm uma significativa entrada de sedimentos terrígenos (materiais alóctones). Sua função ecológica dominante é a manutenção dos habitats marinhos e o concomitante suprimento de alimento e refúgios para uma variedade de organismos em diferentes níveis tróficos (SNEDAKER & GETTER, 1985).

O manguezal funciona como hábitat de diversas espécies animais, como caranguejos, camarões, siris e diversas espécies de peixes desempenhando as funções de berçário e de proteção contra predadores fornecendo ainda alimento

com certa abundância. As raízes do mangue têm importante função ecológica, pois servem de substrato para um grande número de moluscos e crustáceos, além de fornecer proteção para as crias de peixes aí desovadas. Os sedimentos depositados no manguezal aprisionados entre as raízes e os troncos de mangue, servem de substrato para um grande número de crustáceos cavadores de galeria que vivem nesse ambiente.

Outro papel importante deste ecossistema é a sua contribuição para a preservação da qualidade da água devida sua habilidade em extrair nutrientes das águas costeiras evitando a eutrofização (enriquecimento excessivo de nutrientes). Atua também como um “filtro” retendo os sedimentos continentais e partículas poluentes trazidos pelos rios e pelo escoamento superficial.

É difícil mensurar o valor sócio-econômico do manguezal, visto que muitas comunidades ribeirinhas possuem uma relação de grande dependência com este ecossistema. Segundo Schaeffer-Novelli (1995), existem povoados inteiros construídos a partir da extração da madeira que também é utilizada para construção de barcos e para o cozimento de alimentos. Boa parte da dieta alimentar dessas comunidades provém do manguezal e o uso de espécies vegetais para fins medicinais nos permite avaliar a importância desse ecossistema para o etnoconhecimento e a etnobotânica.

Vanucci (1999) afirma que com a chegada dos europeus com sua experiência nos manguezais da África e da Ásia, e posteriormente com a chegada de cerca de 4 milhões de escravos oriundos principalmente de regiões litorâneas da África, o uso dos manguezais se intensificou drasticamente. Atualmente, o uso de recursos do manguezal de forma artesanal é amplo em várias regiões do litoral, principalmente os litorais dos estados do Pará e Maranhão em que comunidades tradicionais ainda dependem em grande parte desse ecossistema para sua subsistência.

Várias foram as pesquisas realizadas sobre o manguezal do Espírito Santo que levaram em conta seu potencial alimentício e de renda, tais como; Ferreira (1989), Vale (1992), Gollner (1992), Vale & Ferreira (1998), dentre outros.

Além da importância ecológica e sócio-econômica, os manguezais contribuem efetivamente no equilíbrio geomorfológico, pedológico e hídrico da planície flúvio-marinha, protegendo as margens e terraços das ações erosivas, favorecendo os processos de sedimentação e formação dos solos, mantendo o nível do lençol freático e reduzindo o impacto das marés e cheias fluviais, além de equilibrar o balanço sedimentar entre erosão e deposição (MEIRELES et al., 2002).

Durante muito tempo se atribuiu aos manguezais à capacidade de “construir novas terras” (Davis, 1940), porém Woodroffe (2003) salienta que as plantas halófitas possuem a capacidade de colonizar o substrato lamoso inconsolidado rumo o mar, e este processo está fortemente ligado a controles externos de maior escala, como aumento do nível relativo do mar e aporte de sedimentos disponibilizados pela deriva litorânea.

A perspectiva de aumento do nível médio relativo do mar para as próximas décadas leva a indagações a respeito de como os tipos fisiográficos dos bosques de mangue irão responder a estes eventos.

De acordo com Ab’Sáber (2008) à ascensão do nível dos mares poderá promover benefícios aos manguezais em termos de mini-biomas devido a penetração progressiva de lâminas d’água salinas, no ritmo das marés. Contudo com o aumento das espessuras das camadas argilosas que formam o suporte ecológico dos manguezais poderá ocorrer um aumento da pressão para ampliar o espaço dos mangues nas margens internas dos mesmos, onde existe hoje vegetação de planícies aluviais. Em algumas áreas de transição os manguezais poderão ser “espremidos” pelos espaços ocupados por atividades agrárias ou áreas urbanas consolidadas.

De acordo com Alfredini (2005), em embocaduras costeiras, a possível subida do nível do mar fará com que a maré se propague mais rápido ocasionando o aumento do prisma de maré e mudança na ressonância da onda de maré. Sendo assim, é importante a preservação do ecossistema manguezal visto que as raízes das plantas auxiliam na ligação sedimentar contribuindo para a atenuação da velocidade da propagação da maré no estuário acima, e promovendo uma desaceleração no

escoamento evitando o solapamento da linha de costa e propiciando ainda mais a deposição de siltes e argilas.

De acordo com BRASIL (2006), o litoral de Conceição da Barra encontra-se em processo de retrogradação acelerada. Uma das principais causas deste processo pode estar relacionada com a intervenção do homem nos processos costeiros como a urbanização da orla. Esta constatação é importante à medida que se relega a erosão provocada por fenômenos naturais a um segundo plano, principalmente a decorrente da suposta elevação do nível do mar.

Os efeitos erosivos e deposicionais observados na embocadura do rio São Mateus podem ter como causas as mudanças naturais no padrão da dinâmica atual, como oscilação do nível marinho, alterações nos regimes de ondas e marés associados aos ciclos climáticos, além da interferência humana sobre os mecanismos da dinâmica costeira.

Tessler & Goya (2005) afirmam que os processos sedimentares são influenciados pelo uso e ocupação da faixa litorânea em uma escala de tempo humana e por tendências evolutivas naturais verificadas em uma escala de tempo geológica.

A expansão urbana da cidade de Conceição da Barra pode ser um exemplo de interferência humana no processo sedimentar costeiro, pois uma barra estuarina “fixada” pela urbanização e a realização de obras costeiras alteraram o balanço sedimentar podendo aumentar a tendência erosiva na linha de praia e na boca estuarina. Em decorrência deste processo, a cidade enfrenta vários problemas sociais e econômicos, relacionados à destruição de dezenas de residências, bem como à dificuldade de navegação de embarcações pesqueiras.

Devido ao exposto acima, é importante que se faça um monitoramento do manguezal da área estuarina do rio São Mateus, no sentido de preservá-lo, pois este ecossistema possui um importante papel socioeconômico, ecológico, além de contribuir no equilíbrio do balanço sedimentar da costa.

O monitoramento ambiental de extensas áreas de manguezais pode ser realizado por meio do sensoriamento remoto, cuja técnica é empregada em áreas de difícil

acesso e que necessitam de ter dados regularmente atualizados. Além de ser uma ferramenta que permite economizar tempo, recursos humanos e materiais.

O sensoriamento remoto têm sido utilizado por diversos autores para o monitoramento de manguezais. Long & Skewes (1995), utilizaram imagens Landsat / TM para o monitoramento das áreas de manguezais no Golfo de Carpentaria no Norte da Austrália. Estes autores fizeram a razão de bandas infra-vermelho próximo/vermelho, melhorando a discriminação das áreas com cobertura densa de mangue e áreas remanescentes. Os dados obtidos na classificação da imagem foram inseridos em um Sistema de Informações Geográficas e regras topológicas foram aplicadas, como proximidade com a água e altimetria do terreno, diminuindo o erro da classificação.

Kampel; Amaral & Soares [s.d.] realizaram uma análise multi-temporal nos manguezais do Nordeste brasileiro a partir de imagens dos satélites CBERS e Landsat. Estes autores concluíram que as bandas 2, 3 e 4 CCD do satélite CBERS, foram eficientes para a distinção da classe manguezal.

Almeida; Soares e Kampel (2008) analisaram a variação da área de manguezal na região de Guaratiba (RJ) através de técnicas de sensoriamento remoto. Eles utilizaram o sensor TM de imagens Landsat de 1984, 1994 e 2003 e após classificação e quantificação das áreas de manguezal, verificaram que houve uma conservação da área total deste ecossistema.

Thevand & Gond (2005) utilizaram o sensoriamento remoto no estudo da dinâmica dos manguezais da região amazônica. Eles criaram séries temporais de imagens dos satélites Landsat e SPOT bem como de fotografias aéreas e mapearam a colonização das plântulas nos bancos de sedimentos arenosos. Estes autores identificaram as clareiras nas imagens de satélite e relacionaram a regeneração dos mangues com os dados fitossociológicos no intuito de obterem um modelo de datação para este ecossistema.

Brandão; Guimarães & Travassos (2009) fizeram uma análise multi-temporal dos manguezais urbanos do complexo de Salgadinho em Olinda/PE. Estes autores utilizaram fotografias aéreas e imagens do satélite Quickbird no período histórico de

1974 a 2002 e verificaram que o manguezal do complexo de Salgadinho sofreu um acréscimo de área ao longo dos anos analisados.

Moraes; Gherardi & Fonseca (2009), realizaram uma análise multi-temporal do manguezal da APA de Guapimirim (RJ) através do processamento de imagens TM / Landsat dos anos de 1996 e 2007. Após classificação das imagens estes autores fizeram uma estimativa de área e concluíram que houve uma recuperação do manguezal.

Face ao exposto, a imagem de satélite torna-se uma habilidosa ferramenta para uso em regiões extensas e de difícil acesso. Contudo, é necessária a análise e interpretação visual de um profissional que tenha conhecimento prévio da região, e do objeto de estudo, de modo que a imagem resultante da melhor composição seja levada em conta ao se realizar uma classificação temática, seja ela automatizada ou não.

CAPÍTULO 2

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

2.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

O manguezal em estudo localiza-se no município de Conceição da Barra, litoral norte do estado do Espírito Santo, mais precisamente no baixo estuário do rio São Mateus (Figura 1). Este manguezal encontra-se inserido na Área de Proteção Ambiental (APA) de Conceição da Barra. A APA possui uma área de 7.728 ha, e seu limite norte é a embocadura do rio São Mateus, e o limite sul, a divisa do município de Conceição da Barra.

A bacia hidrográfica do rio São Mateus (Figura 2) possui uma área aproximada de 13.482 km². No Espírito Santo a bacia ocupa cerca de 7.710 km² e em Minas Gerais a bacia ocupa uma área de 5.772 km². O rio São Mateus, cujas nascentes estão localizadas em Minas Gerais, a cerca de 1000m de altitude, é formado por dois braços: o rio Cotaxé (braço Norte), que nasce no município de Itambacuri - MG, com 244 km de extensão, e o Cricaré (braço Sul), que nasce no município de São Felix de Minas - MG, com 188 km (ANA, 2010). A bacia é formada por 25 municípios, dos quais 11 capixabas: Ecoporanga, Ponto Belo, Água Doce do Norte, Vila Pavão, Barra de São Francisco, Mantenópolis, Boa Esperança, Nova Venécia, São Mateus, Jaguaré e Conceição da Barra, e 14 mineiros: Mantena, Itabirinha de Mantena, Mendes Pimentel, Frei Gaspar, Pescador, Central de Minas, Ataléia, Ouro Verde de Minas, Itambacuri, Nova Modica, São José do Divino, São Felix de Minas, Nova Belém e São João do Manteninha. A confluência dos dois rios ocorre no baixo curso da bacia, já no município de São Mateus, onde passa a chamar-se São Mateus. O rio São Mateus inflete para o norte, prosseguindo com o mesmo nome, desaguando no oceano Atlântico, no município de Conceição da Barra. Na sua inflexão para o sul, entretanto, recebe o nome de Mariricu, desaguando em Barra Nova, município de São Mateus.

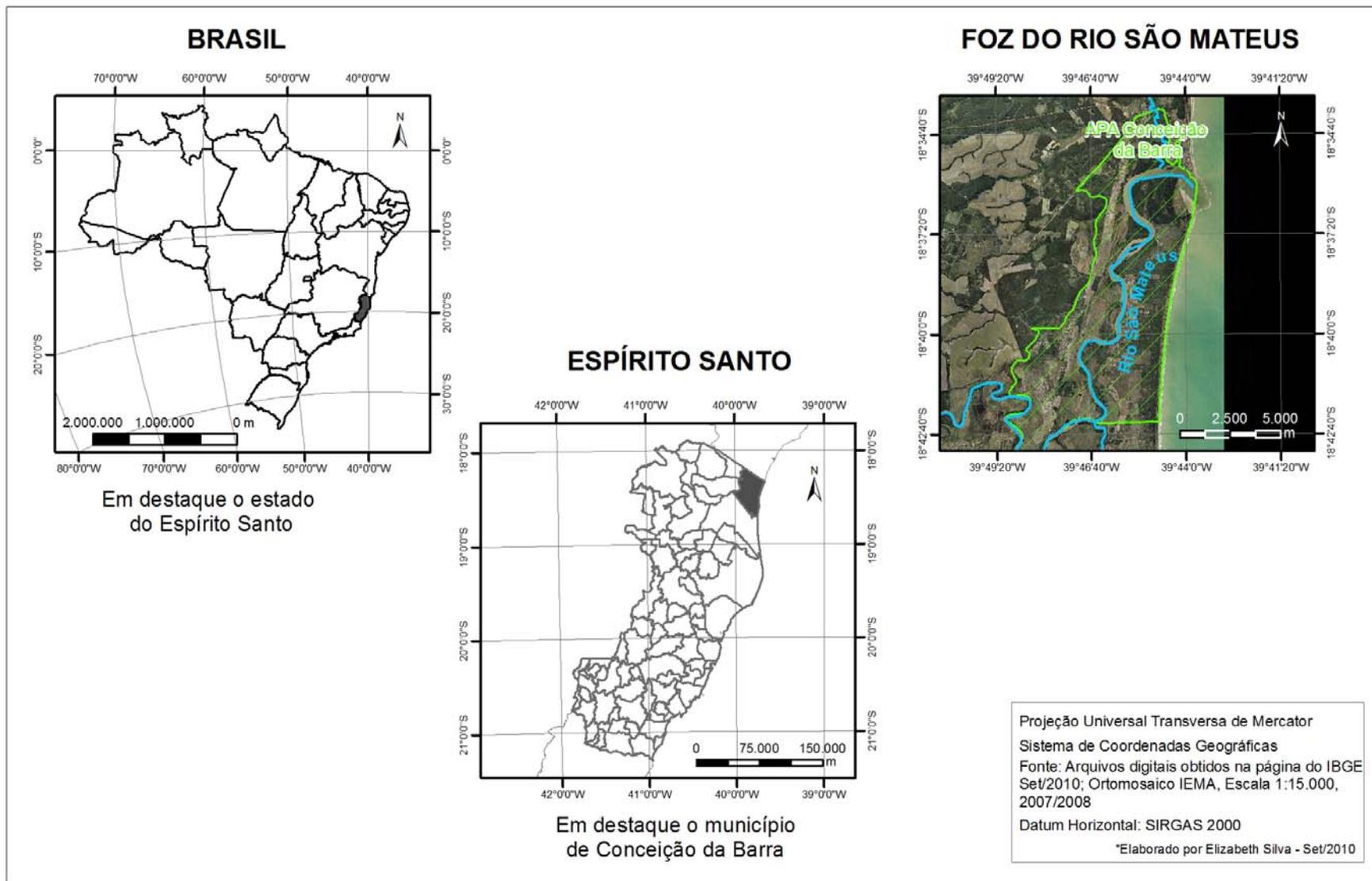


Figura 1 - Mapa de Localização.

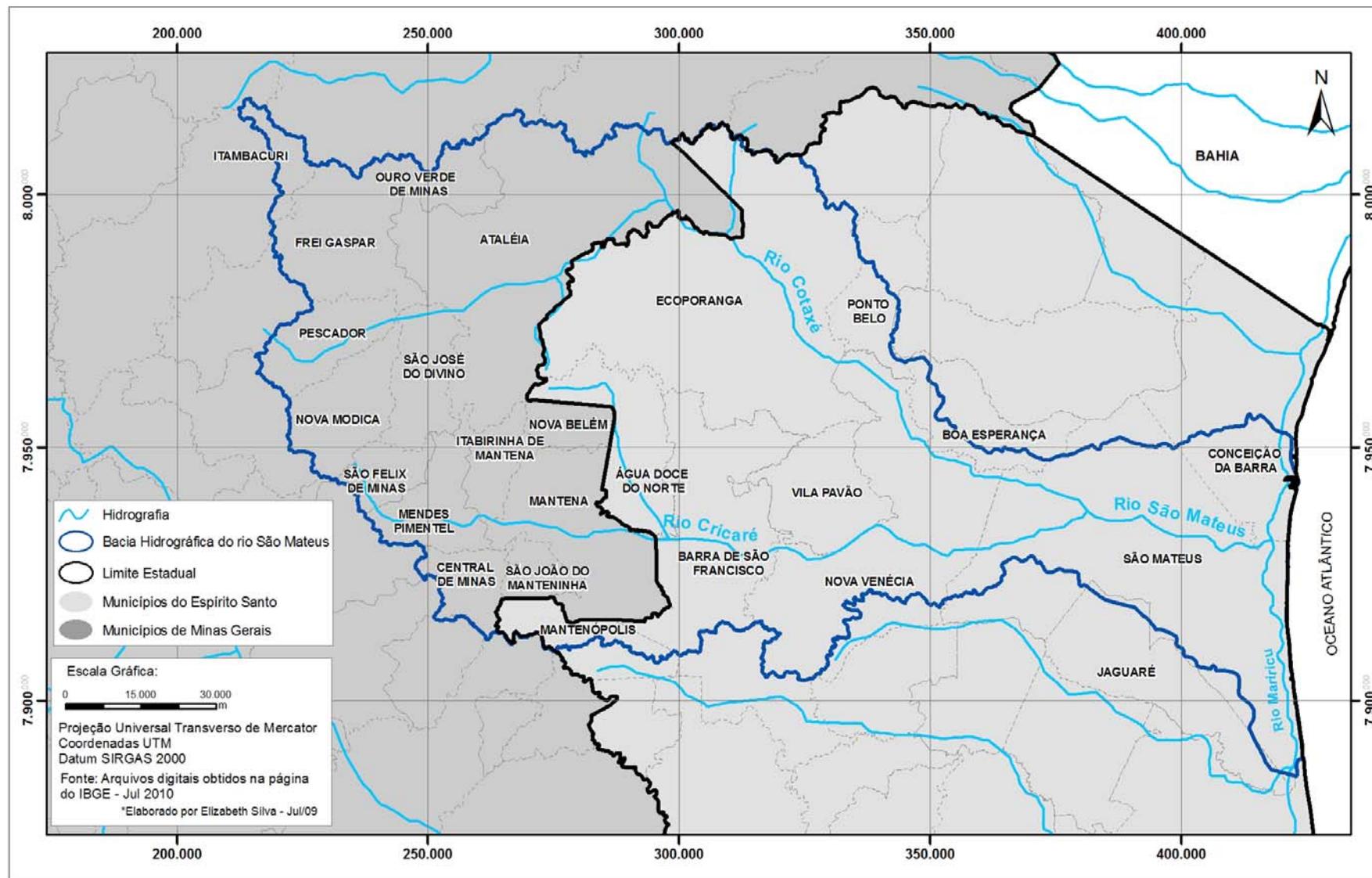


Figura 2 - Bacia Hidrográfica do Rio São Mateus.

2.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

2.2.1 Climatologia

2.2.1.1 Aspectos Gerais

De acordo com Dominguez (2009), os fatores climáticos e oceanográficos que atuam na zona costeira do Brasil são influenciados por três grandes componentes: as frentes frias, os ventos alísios e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). As frentes frias resultam do deslocamento da massa de ar polar na direção norte e atuam durante o ano todo, mas durante o verão elas são enfraquecidas e caminham na direção SW-NE sobre o oceano e raramente cruzam o trópico de Capricórnio. Os ventos alísios sopram durante o ano todo originando no Atlântico Sul centros de alta pressão. Durante o inverno, na latitude de 20°S, eles sopram na maior parte na direção NE. A zona de convergência dos ventos alísios migra para o norte durante o verão alcançando a latitude de 12°S. A ZCIT varia de posição durante o ano, ela penetra na América do Sul no verão e no outono, e move-se para o norte, longe da costa, no inverno e na primavera. Os altos índices pluviométricos e a reduzida velocidade dos ventos na zona costeira estão relacionados com a ZCIT (Figura 3).

Bernardes (1951) afirma que em linhas gerais, podem-se distinguir dois tipos principais de clima para o Espírito Santo: o primeiro, tropical quente e úmido, o segundo, tropical de altitude caracterizado por temperaturas mais amenas. De fato por sua latitude que varia de 17°53' a 21°19' sul, e longitude 29°39' a 41°52' oeste, o Espírito Santo se enquadra dentro das regiões tropicais úmidas, mas a existência de uma zona serrana, ao sul do rio Doce, confere a grande parte do estado um clima mais fresco, mesotérmico.

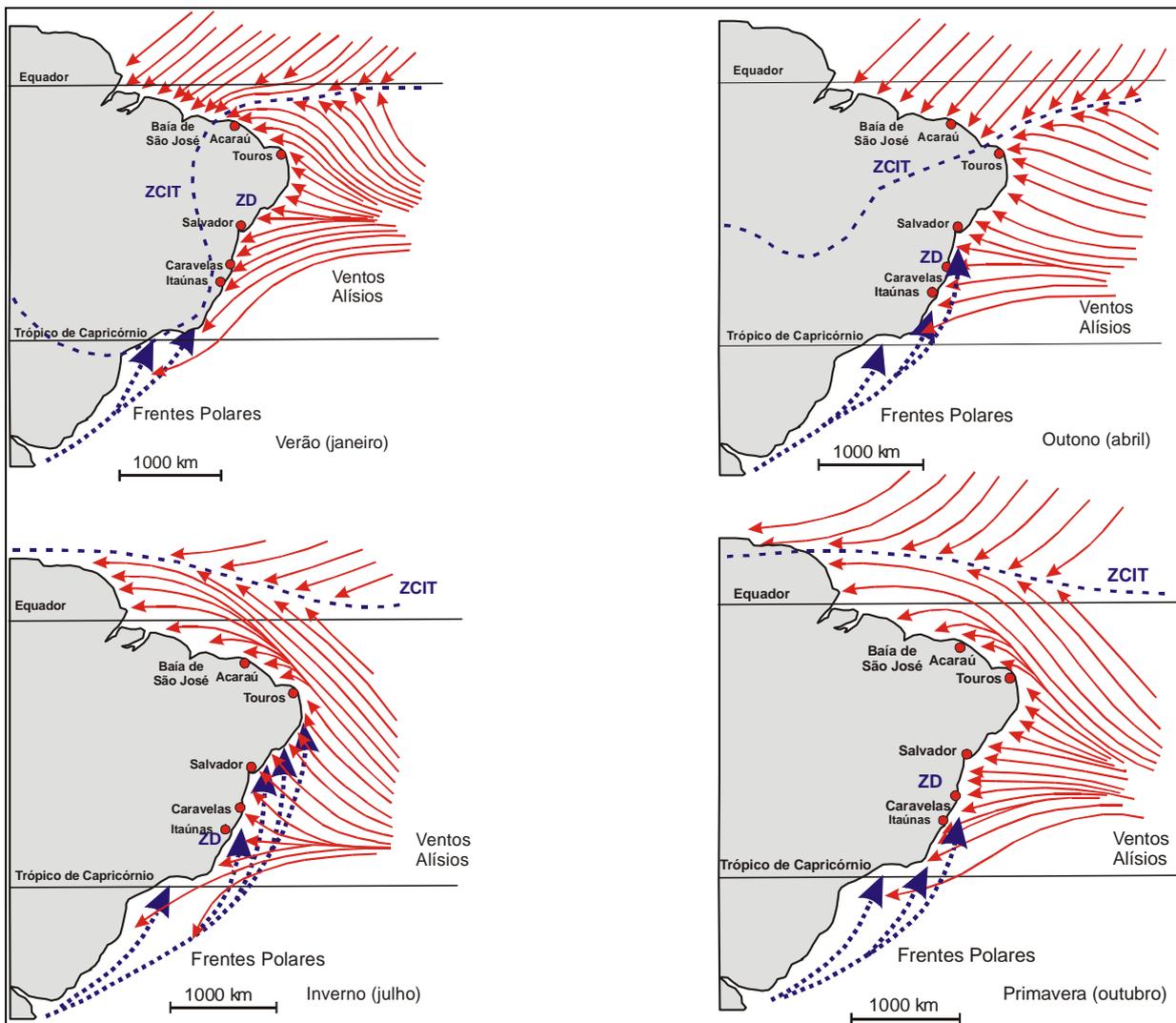


Figura 3 - Caracterização da circulação atmosférica na costa leste-nordeste do Brasil
 Fonte: Dominguez (2009).

2.2.1.1 Aspectos Climáticos da Bacia Hidrográfica do Rio São Mateus

As unidades de paisagens do Espírito Santo se dispõem paralelamente à linha de costa e esta disposição está relacionada com o relevo que influi diretamente na temperatura e na precipitação. Feitoza et al. (1999), reuniram os aspectos gerais do relevo (áreas planas e áreas acidentadas), das temperaturas (quentes, amenas e frias) e da pluviosidade (chuvosa, chuvosa/seca e seca) para identificar nove zonas naturais para o estado do Espírito Santo. A bacia do rio São Mateus, na parte que compreende o estado do Espírito Santo, está inserida nas seguintes zonas: zona 2 que é caracterizada por terras de temperaturas amenas, acidentadas e chuvosas,

zona 6 de terras quentes, acidentadas e secas, zona 7 de terras quentes, planas e chuvosas, zona 8 de terras quentes, planas e transição chuvosa/seca e por último na zona 9 de terras quentes, planas e secas. Na Figura 4 é possível visualizar as zonas naturais da bacia do rio São Mateus.

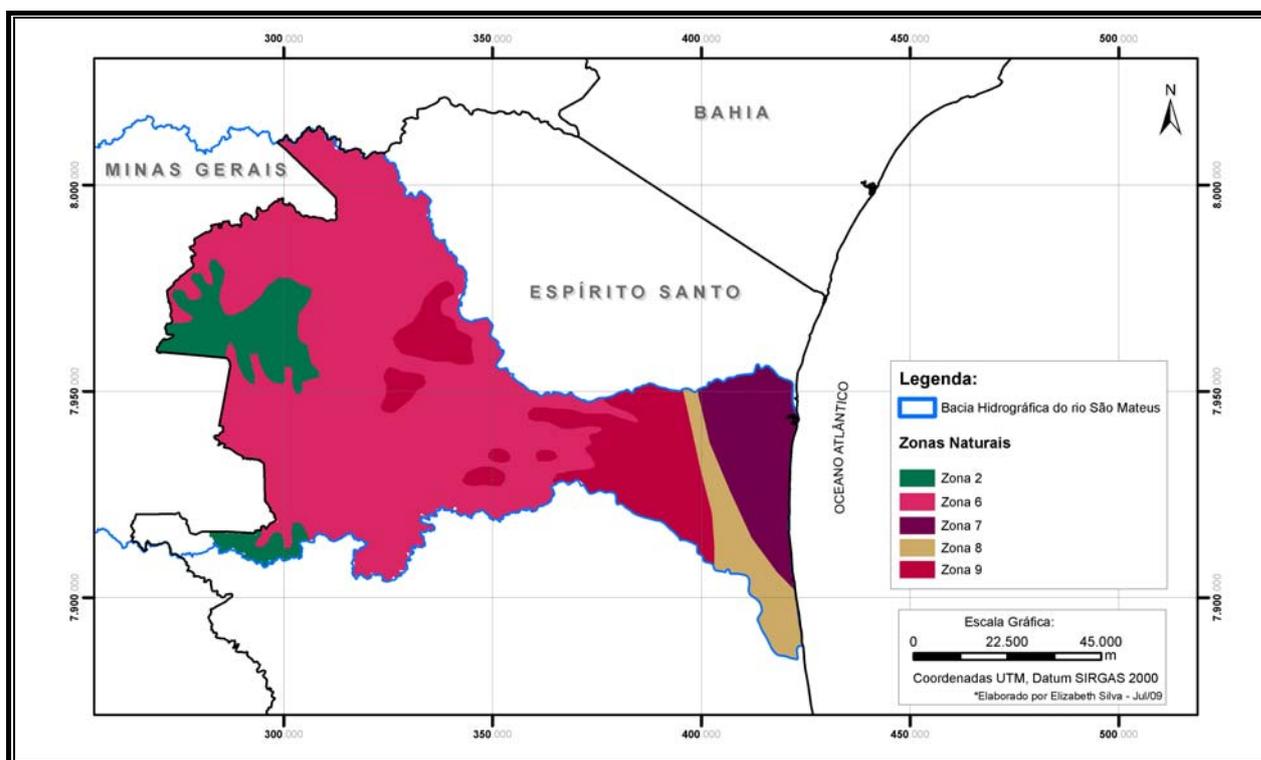


Figura 4 - Zonas Naturais na bacia do Rio São Mateus
 Fonte: Feitoza et al. (1999). Organizado pelo autor.

A área ocupada por cada zona natural na bacia hidrográfica foi calculada e os respectivos valores representados em porcentagem conforme pode ser visto na Tabela 1.

TABELA 1 - ZONAS NATURAIS NA BACIA DO RIO SÃO MATEUS – ÁREA (%)

ZONAS	ÁREA OCUPADA	CARACTERÍSTICAS DA ÁREA
Zona 2	9%	Temperatura amena, acidentada e chuvosa
Zona 6	61%	Quente, acidentada e seca
Zona 7	9%	Quente, plana e chuvosa
Zona 8	6%	Quente, plana e transição chuvosa/seca
Zona 9	15%	Quente, plana e seca

Fonte: Feitoza et al. (1999). Organizado pelo autor.

A zona 6 abrange 61% da área da bacia do rio São Mateus, seguida da zona 9 com 15%, zonas 2 e 7 com 9%, e por último, a zona 8 com 6%.

Abaixo é apresentado o mapa de isoietas da bacia hidrográfica do rio São Mateus (Figura 5) elaborado a partir dos dados de precipitação acumulada obtidos na página da Agência Nacional de Águas (ANA) em meio digital e no formato *shapefile*¹. Estes dados foram registrados pelas estações pluviométricas descritas na Tabela 2.

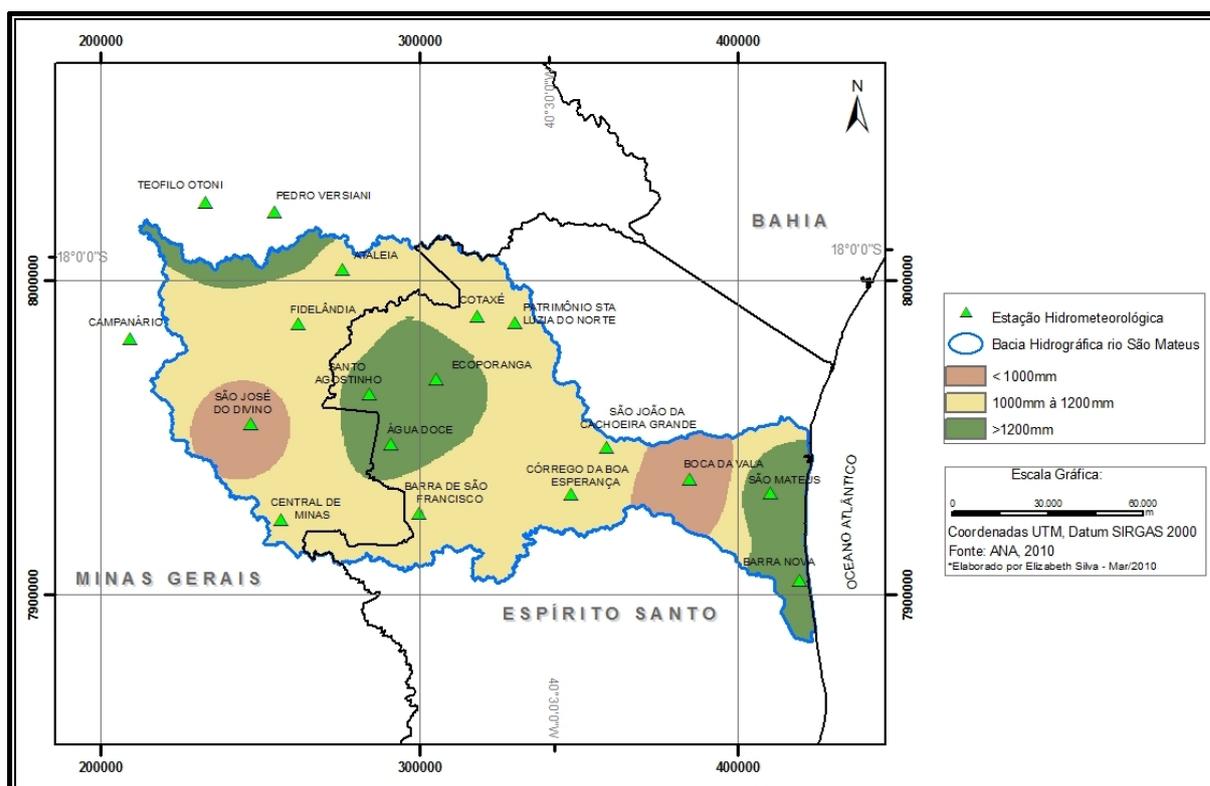


Figura 5 - Mapa de Isoietas da Bacia do Rio São Mateus
Fonte: ANA (2010). Organizado pelo autor.

¹ *Shapefile* é um arquivo vetorial que inclui objetos de mesma dimensão espacial, formando, assim, um tema pontual, linear ou areolar (polígono). Constitui-se de dados de geometria (*.shp), dados temáticos (*.dbf) e um arquivo para associação (*.shx). (Lang & Blaschke, 2009).

TABELA 2 - ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS

LOCAL	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE	SÉRIE HISTÓRICA	PRECIPITAÇÃO ACUMULADA
ÁGUA DOCE	-18 32 58	-40 58 41	280	1959 - 2005	1272,42
ATALEIA	18 02 49	-41 06 52	0	1965 - 2005	1082,05
BARRA DE SÃO FRANCISCO	-18 44 55	-40 53 41	192	1947 - 2005	971,81
BARRA NOVA	-18 57 01	-39 45 52	6	1971 - 2005	1220,88
BOCA DA VALA	-18 39 31	-40 05 28	0	1992 - 2005	648,40
CAMPANÁRIO	-18 14 19	-41 44 55	240	1941 - 2005	983,97
CENTRAL DE MINAS	-18 45 47	-41 18 30	0	1976 - 2005	978,99
CÓRREGO DA BOA ESPERANÇA	-18 42 00	-40 26 30	80	1976 - 2005	1027,97
COTAXÉ	-18 11 11	-40 43 04	200	1970 - 2005	1073,30
ECOPORANGA	-18 21 57	-40 50 26	300	1970 - 2005	1258,75
FIDELÂNDIA	-18 12 11	-41 14 54	210	1963 - 2005	995,96
PATRIMÔNIO STA LUZIA DO NORTE	-18 12 21	-40 36 15	400	1970 - 2005	1079,67
PEDRO VERSIANI	-17 52 50	-41 18 53	284	1967 - 2005	1480,10
SANTO AGOSTINHO	-18 24 22	-41 02 24	500	1970 - 2005	1162,96
SÃO JOÃO DA CACHOEIRA GRANDE	-18 33 50	-40 20 10	100	1981 - 2005	1079,76
SÃO JOSÉ DO DIVINO	-18 29 19	-41 23 33	0	1995 - 2005	835,68
SÃO MATEUS	-18 42 00	-39 51 00	25	1970 - 2000	1266,53
TEOFILO OTONI	-17 51 00	-41 31 00	357	1911 - 1998	1225,14

Fonte: ANA (2010). Nota: Organizado pelo autor.

Ao analisar o mapa de isoietas (Figura 5) é possível perceber que a cor amarela representa índice de precipitação entre 1000mm a 1200mm e ocupa a maior parte da bacia hidrográfica do rio São Mateus. As “ilhas” na cor rosa representam precipitação menor que 1000mm e as de cor verde, a precipitação é maior que 1200mm. O alto índice pluviométrico das áreas em verde pode ser explicado pelo relevo, pois na região leste da bacia encontra-se a zona costeira que recebe a umidade vinda do oceano, e na parte central da bacia o relevo possui altitudes maiores que 1000m, o que favorece as chuvas orográficas.

2.2.1.2 Normais Climatológicas para Área em Estudo

Os dados apresentados a seguir foram cedidos pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER). As normais climatológicas apresentadas na Tabela 3 foram registradas pela estação meteorológica convencional de São Mateus. Esta estação encontra-se bem próxima da área de estudo, e é operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Sua coordenada geográfica é -39,83° (W) e -18,70° (S), e altitude de 25 metros.

TABELA 3 - NORMAIS CLIMATOLÓGICAS ANUAIS DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE SÃO MATEUS

PARÂMETROS	1961- 1990
Pressão Atmosférica Anual	1012,5 mb
Temperatura Média Anual	23,8 °C
Temperatura Máxima Anual	29,4 °C
Temperatura Mínima Anual	19,4 °C
Temperatura Máxima Absoluta	37,5 °C
Temperatura Mínima Absoluta	10,2 °C
Precipitação Média Anual	1211,4 mm
Precipitação Máxima 24 horas	143,4 mm
Nebulosidade	5,0
Evaporação	991,7 mm
Insolação Total	1932,6 Horas

Fonte: INCAPER (2008).
Organizado pelo autor.

Os dados apresentados abaixo (precipitação, dias chuvosos, temperatura máxima e mínima) também foram registrados na estação meteorológica de São Mateus e possuem uma série histórica de 1976 a 2007.

A Tabela 4 apresenta as médias mensais de precipitação para o período de 1976 a 2007. Os meses de maio a agosto possuem o menor índice de precipitação caracterizando o período seco, e os meses de outubro a março possuem os maiores

índices de precipitação correspondendo ao período chuvoso. O Gráfico 1 ilustra as variações das médias mensais de precipitação.

TABELA 4 - PLUVIOSIDADE MÉDIA MENSAL

PRECIPITAÇÕES MENSAIS (mm)													
Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
1976/2007	151.0	87.7	142.1	111.4	59.1	55.7	61.3	49.5	91.4	113.6	205.2	161.2	1289.3

Fonte: INCAPER (2008). Organizado pelo autor.

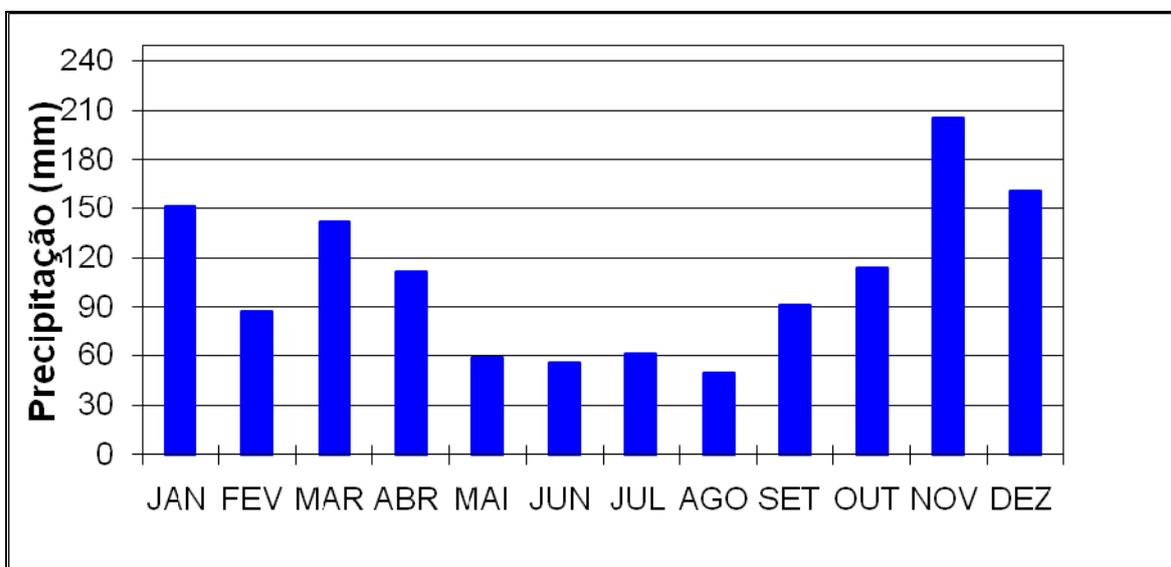


GRÁFICO 1 - PLUVIOSIDADE MÉDIA MENSAL

FONTE: INCAPER (2008). Organizado pelo autor.

A Tabela 5 apresenta a média mensal do número de dias chuvosos. Constatou-se que os meses de maio, junho e agosto apresentam o menor número de dias chuvosos, enquanto que os meses de novembro e dezembro apresentam o maior número.

TABELA 5 - MÉDIA MENSAL DE DIAS CHUVOSOS

NUMERO DE DIAS CHUVOSOS													
Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
1976/2007	12.5	11.5	14.3	13.1	10.0	10.4	12.2	10.5	12.4	13.5	15.2	15.4	154.5

Fonte: INCAPER (2008). Organizado pelo autor.

A média da precipitação acumulada anual para o período é de 1274 mm conforme pode ser visualizado no Gráfico 2 . O ano de 2000 apresentou o maior índice de precipitação acumulada; 2065 mm, enquanto o ano de 1999 apresentou o menor índice; 850 mm para o período analisado.

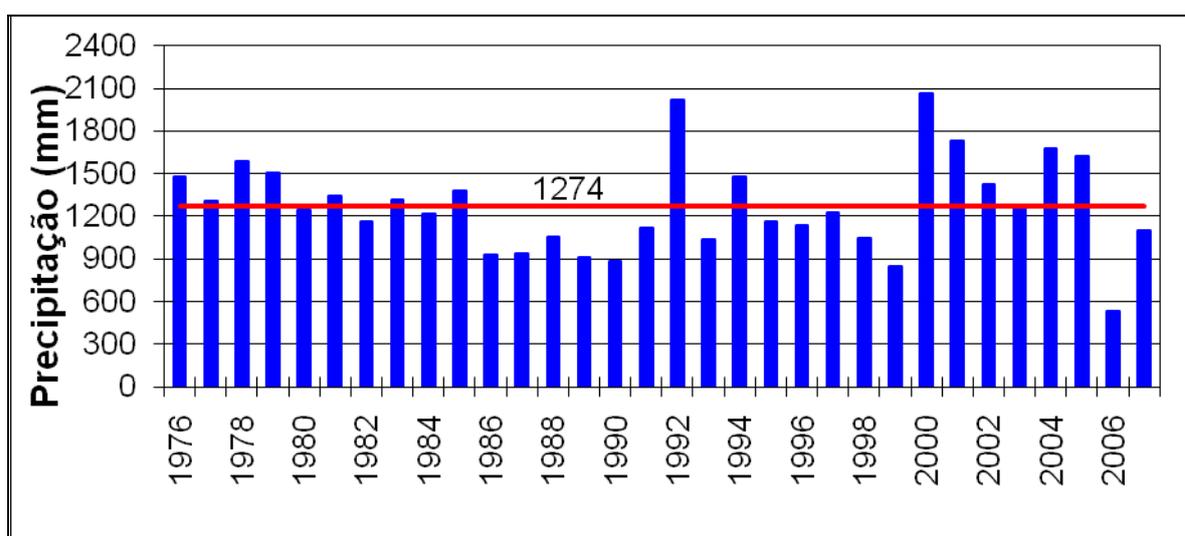


GRÁFICO 2 - PRECIPITAÇÃO ACUMULADA
 FONTE: INCAPER (2008). Organizado pelo autor.

Em relação a temperatura verificou-se que a média das temperaturas mínimas para o período analisado é de 19,8°C e a média das temperaturas máximas é de 29,8°C conforme Tabelas 6 e 7. Os meses mais frios são junho, julho e agosto enquanto que os mais quentes são janeiro, fevereiro e março.

TABELA 6 - TEMPERATURA MÍNIMA MÉDIA

TEMPERATURA MÍNIMA MÉDIA													
Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1976/2007	21.9	22.1	21.9	20.7	19.2	17.7	17.1	17.1	18.0	19.6	20.8	21.6	19.8

Fonte: INCAPER (2008). Organizado pelo autor.

TABELA 7 - TEMPERATURA MÁXIMA MÉDIA

TEMPERATURA MÁXIMA MÉDIA													
Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1976/2007	31.4	32.3	32.4	30.8	29.7	28.5	27.7	28.0	28.1	29.1	29.5	30.5	29.8

Fonte: INCAPER (2008). Organizado pelo autor.

O Gráfico 3 ilustra as médias mensais de temperatura máxima e mínima. Percebe-se que as curvas de temperatura são simétricas, pois na medida que a temperatura máxima aumenta, a mínima também aumenta e vice-versa. A amplitude térmica pode ser visualizada na Tabela 8. Os meses que apresentaram a maior amplitude térmica foram junho, julho e agosto, e os que apresentaram a menor foram novembro e dezembro.

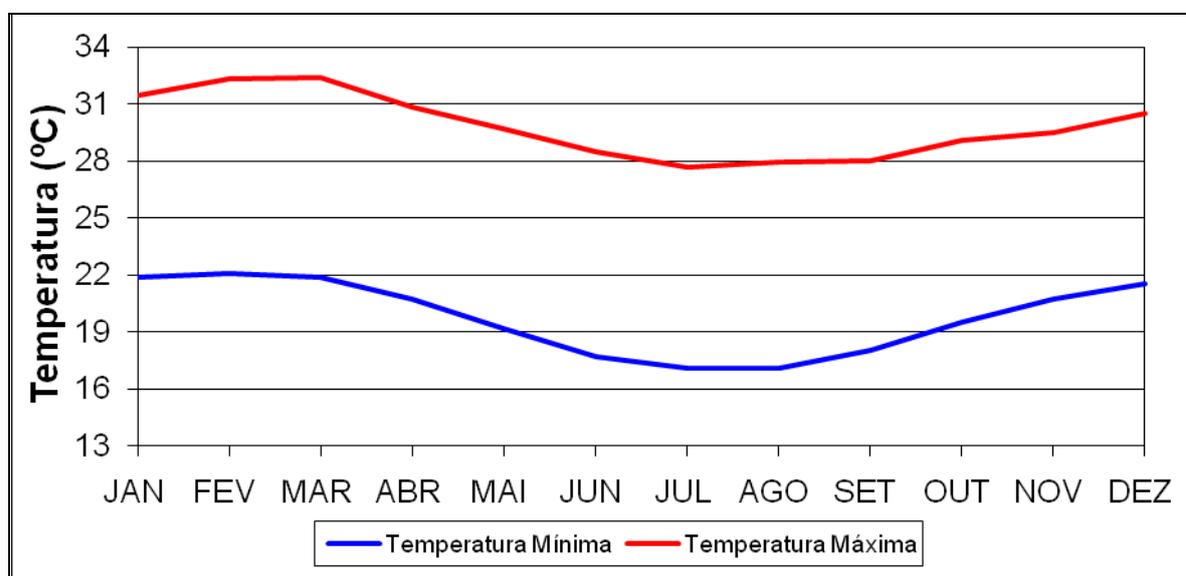


GRÁFICO 3 - MÉDIA MENSAL DE TEMPERATURA MÁXIMA E MÍNIMA
 FONTE: INCAPER (2008). Organizado pelo autor.

TABELA 8 - AMPLITUDE TÉRMICA

AMPLITUDE TÉRMICA												
Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1976/2007	9.5	10.2	10.5	10.1	10.5	10.8	10.6	10.9	10.0	9.5	8.8	8.9

Fonte: INCAPER (2008). Organizado pelo autor.

Em relação a distribuição de ventos, Azevedo e Feitoza (1981, apud Cepemar, 2002) fizeram uma caracterização para a cidade de Conceição da Barra por meio de normais de frequência e velocidade nas direções N, NE, E, SE, S, W e NW. A direção NE, com frequência de 45%, foi a predominante na área de estudo, com ventos de velocidade entre 5 e 6 m/s. As direções SE e L ficaram em segundo e terceiro lugares, respectivamente, em termos de frequência com 15% e 12%. As maiores velocidades foram de 6 a 7 m/s, com frequência de cerca de 6% na direção NE. A predominância dos ventos no quadrante NE pode ser explicada pelo fato de que durante a maior parte do ano, os ventos predominantes são provenientes do oceano Atlântico devido às massas aquecidas Tropical Atlântica e Equatorial Atlântica. No inverno ocorre com frequência o vento proveniente do quadrante Sul, devido às intrusões de frentes frias neste período. A Figura 6 ilustra a rosa dos ventos para a cidade de Conceição da Barra.

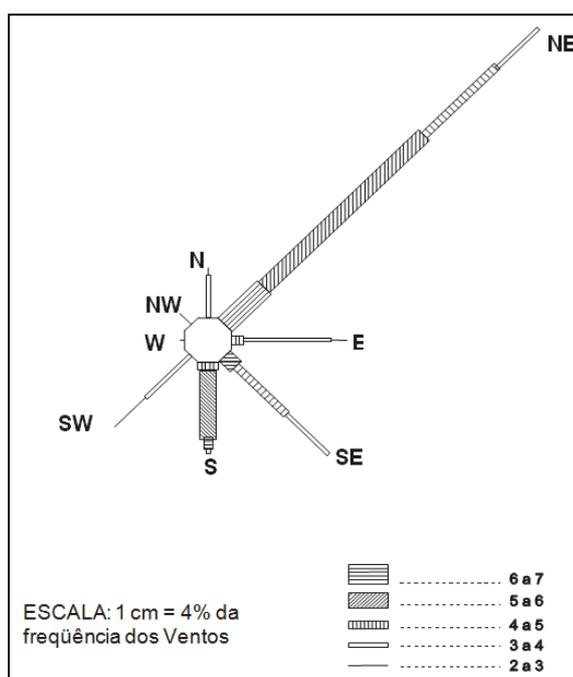


Figura 6 - Rosa dos Ventos
Fonte: Azevedo e Feitoza (1981 apud Cepemar, 2002).

2.2.2 Aspectos Flúvio-marinhos

2.2.2.1 Correntes Longitudinais

Uma das causas mais freqüentes da erosão ou progradação costeira é a alteração no volume de sedimentos transportados paralelamente à linha de costa pela corrente longitudinal. Esta corrente é gerada em decorrência da obliquidade de incidência das ondas, tendo sua intensidade e sentido definida pela altura e direção das ondas e pela orientação da linha de costa (MUEHE, 1998).

De acordo com Dominguez (1983), a deriva litorânea associada ao movimento em zigzague das partículas sedimentares provocado pela atividade de espraiamento das ondas de encontro à face da praia, constitui o principal agente responsável para o transporte de sedimentos ao longo da costa.

Medidas de corrente efetuadas na plataforma interna do Espírito Santo, para o período de 1994 a 1999, apresentaram comportamento com predomínio nítido para o quadrante sul, associadas aos ventos de nordeste. As correntes estão orientadas paralelamente à linha de costa, com velocidades médias de 19,8 cm/s (+ 9,2 cm/s). A intensidade e a direção das correntes é diretamente proporcional a intensidade do sistema frontal atuante, ou seja, uma entrada de frente fria pode provocar uma inversão completa, porém passageira, do padrão de verão, originando correntes para N-NE. Do mesmo modo que ocorre com as ondas, estas correntes deverão variar de sentido, ora fluindo para norte ora para sul, em função da dominância de ventos (WRIGTH, 1995).

2.2.2.2 Marés

O estuário do rio São Mateus encontra-se sob o regime de micromaré, com sinal de maré semidiurno segundo informações da Fundação de Estudos do Mar (FEMAR).

O Gráfico 4 apresenta a variação da altura da maré para o período de 09/11 a 14/12/2006. Os dados horários foram registrados na estação maregráfica do Instituto

de Pesquisas Hidroviárias (INPH, 2006). Esta estação localiza-se em Conceição da Barra, e possui coordenadas geográficas $-39^{\circ} 43' 51''$ (W) e $-18^{\circ} 35' 45''$ (S).

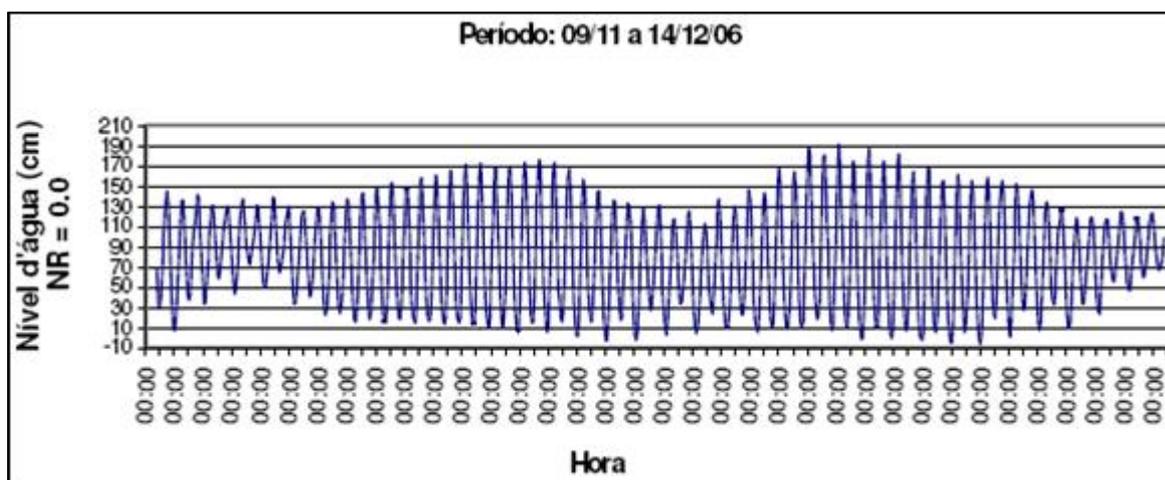


GRÁFICO 4 – GRÁFICO DA VARIAÇÃO DA ALTURA DA MARÉ
FONTE: INPH (2006).

2.2.2.3 Ondas

As ondas são geradas no oceano aberto pelos ventos e dependem fundamentalmente de sua velocidade, duração e da extensão da pista na superfície do oceano sobre a qual eles atuam. Ao longo da costa as alturas das ondas são em média de 1 a 2 metros, com períodos de 5 a 7 segundos. Devido aos diferentes mecanismos de formação de ondas, a parte central da costa do Brasil está sujeita a dois sistemas de ondas: leste-nordeste e sul-sudeste com importantes implicações na dispersão de sedimentos (DOMINGUEZ, 2009).

Durante todo o ano predominam ondas de N-NE, entretanto começando em abril e se estendendo até agosto, ondas de E-SE representam uma percentagem significativa das ondas alcançando a costa leste do Brasil. Estas ondas estão associadas com os ventos alísios que sopram na região reforçadas no outono e inverno pelos ventos de SW-S-SE associados ao avanço das frentes frias. Desta forma durante o outono (abril-maio) e inverno (junho-agosto) ondas de E-SE com alturas em torno de 1,5m e períodos de 6-7 segundos são muito freqüentes, enquanto que durante a primavera (setembro-novembro) e verão (dezembro-

fevereiro) ondas de N-NE com alturas de 1,0m e períodos de 5 segundos ou menos são dominantes (HOGBEN & LUMB, 1967).

2.2.2.4 Correntes

O INPH (2006) realizou medições de corrente na embocadura do rio São Mateus no período de 07/11 a 14/12/06. Estas medições foram realizadas em períodos de marés de enchente e de vazantes nas várias seções contempladas. Os resultados apontaram que em quase todos os períodos das medições de enchentes, em todas as seções, a resultante da vazão era de descarga, ou seja, as correntes eram de vazante. Esta condição somente invertia-se nos períodos finais da enchente. É importante destacar que as medições foram realizadas em um período com alto índice pluviométrico na região, o que pode ter acarretado em descargas elevadas.

2.2.2.5 Vazão

De acordo com ANA (2010), a vazão média na foz do rio São Mateus é de 86,9 m³/s. O Gráfico 5 apresenta a vazão média anual do rio São Mateus entre os anos de 1975 e 2006 registrados na estação fluviométrica Ponte São Mateus cujas coordenadas geográficas são -39° 47' (W) e -18° 43' (S).

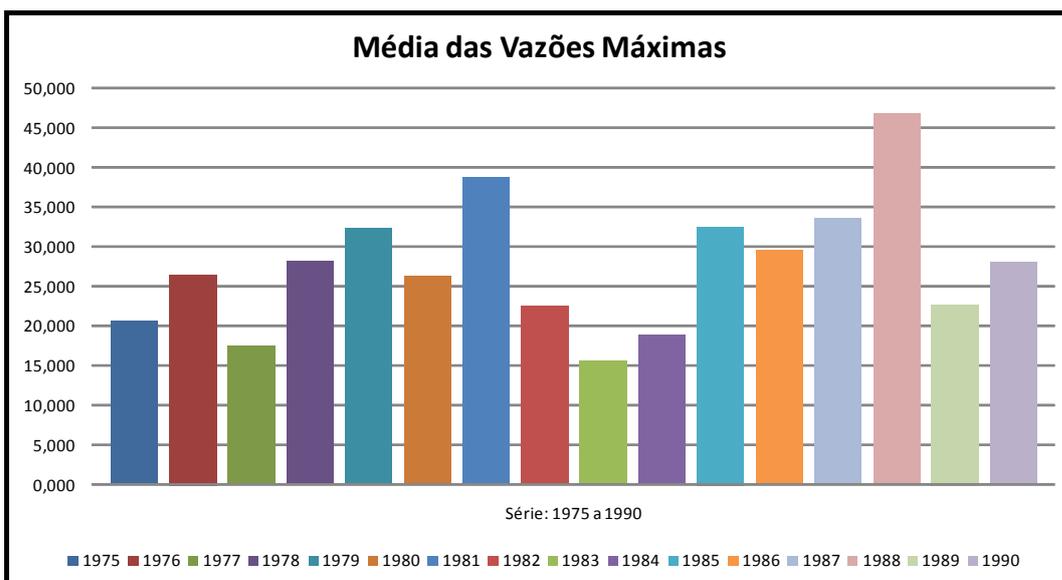


GRÁFICO 5 – VAZÕES MÉDIAS ANUAIS DO RIO SÃO MATEUS (1975-1990)
FONTE: ANA (2010). Organizado pelo autor.

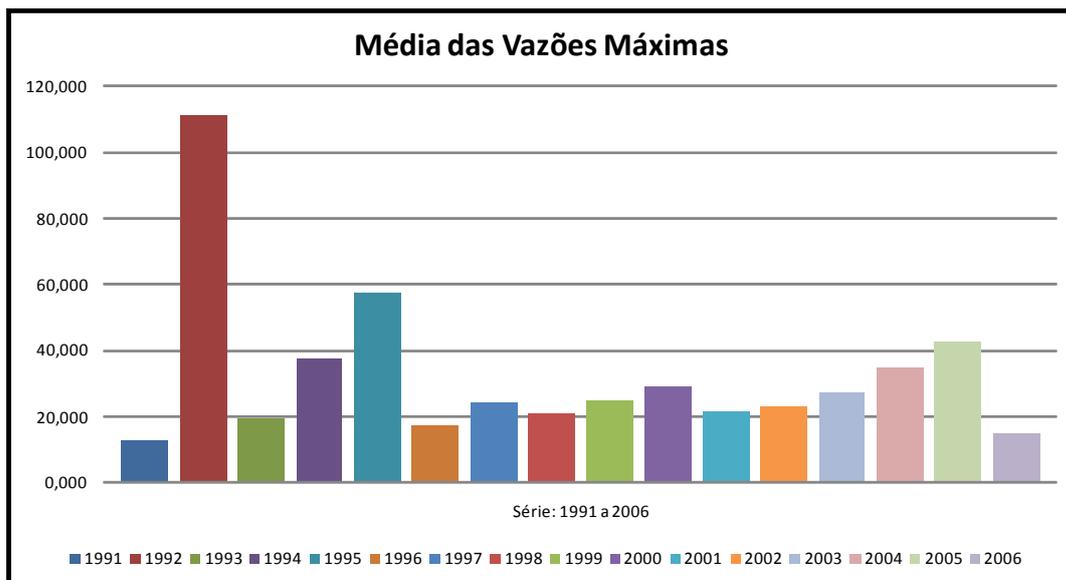


GRÁFICO 6 – VAZÕES MÉDIAS ANUAIS DO RIO SÃO MATEUS (1991-2006)
 FONTE: ANA (2010). Organizado pelo autor.

De acordo com o gráfico acima o ano de 1992 foi o ano que teve a maior média da vazão, enquanto que os anos de 1991 e 2006 obtiveram a menor média.

2.2.3 Aspectos geológico-geomorfológicos

Dominguez et al. (1982), afirmam que a Região Serrana do estado do Espírito Santo situa-se sobre rochas pré-cambrianas formada por terrenos altos recobertos por florestas e drenada por uma rede hidrográfica dendrítica. Os Tabuleiros Costeiros distribuem-se de oeste para leste, desde os sopés das elevações cristalinas até a Planície Costeira ou, em alguns casos, até a linha de costa. Estendem-se ainda, tanto para norte, atingindo o estado da Bahia, como para sul, na região de Vitória, e representam uma das feições mais significativas na geomorfologia do estado. As Planícies Costeiras ocupam uma grande área na porção costeira norte do estado do Espírito Santo, distribuindo-se por toda a planície do rio Doce, desde a localidade de Barra do Riacho, ao sul do rio Doce, até a região de Itaúnas, na divisa com o estado da Bahia. Ela apresenta-se com forma semilunar crescente, assimétrica e convexa em direção ao mar com uma largura máxima de 38 km e comprimento N-S de aproximadamente 150 km.

De acordo com Mendes et al. (1987), a bacia do rio São Mateus esta inserida em três unidades morfoestruturais; a Faixa de Dobramentos do Cinturão do Atlântico, os

Maçiços Plutônicos e os Sedimentos Costeiros. As duas primeiras unidades ocupam aproximadamente 80,7% da área da bacia do São Mateus enquanto que a terceira unidade ocupa uma área de 19,3%. A unidade morfoestrutural dos Sedimentos Costeiros dividi-se em duas unidades morfoesculturais: Tabuleiro Costeiro e Planície Costeira (QUADRO1).

DOMÍNIOS MORFO-ESTRUTURAIS	REGIÕES GEOMORFOLÓGICAS	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS
Depósitos Sedimentares	Planície Costeira	Planície Fluvial
		Planície Flúvio-marinha
		Terraço Marinho
	Tabuleiro Costeiro	Tabuleiros Costeiros

QUADRO 1 – UNIDADES MORFOESTRUTURAIS DA BACIA DO RIO SÃO MATEUS
 FONTE: MENDES et al. (1987). Organizado pelo autor.

Segundo Charmelo (2000), a bacia do São Mateus apresenta um caráter superimposto dentro do Maciço Montanhoso de Mantena, unidade cujo entalhe possui graus de incisão maiores que os da região de cabeceiras de drenagem, a montante (Planalto Dissecado do Alto São Mateus-Doce), entre São José do Divino e Pescador, bem como no Planalto Deprimido do Médio São Mateus, entre Ataléia e Ecoporanga. A passagem da zona do Maciço Montanhoso de Mantena para o do Planalto Deprimido de Ataléia/Ecoporanga, e deste aos Patamares e Colinas do São Mateus, faz-se de forma escalonada, em escadaria, sendo fortemente controlada por falhas e fraturas do embasamento, ressaltando pontões e cristas alinhadas, geralmente inseridas nos Planaltos Dissecados ou no Maciço Montanhoso de Mantena.

Ainda de acordo com o autor (*op. cit.*), o Planalto Deprimido do Médio São Mateus forma um dos compartimentos planálticos de maior destaque na bacia. Ocorre nos setores dissecados e deprimidos entre os divisores das bacias dos rios Alcobaça e Mucuri, São Mateus e Doce, nos estados de Minas Gerais e do Espírito Santo, com configuração irregular, marcada por reentrâncias, em decorrência de sua própria

evolução geomorfológica, comandada pela dissecação fluvial remontante e pelos movimentos tectônicos que alçam os blocos montanhosos vizinhos.

A Unidade Morfoescultural dos Tabuleiros Costeiros Terciários é caracterizada por sedimentos cenozóicos do Grupo Barreiras constituída de areia e argila variegadas com eventuais linhas de pedra, dispostas em camadas com espessura variada de conformidade com as ondulações do substrato rochoso. O relevo plano apresentado pelos Tabuleiros Costeiros é rompido pelos entalhes das drenagens, resultando em interflúvios tabulares com vales e depressões de dimensões variadas. O modelado de aplanamento apresenta dissecação homogênea, decorrente de processos atuais e subatuais, resultando em feições de topos aplanados, levemente convexados e abaulados. As rochas sedimentares do Grupo Barreiras apresentam fraca resistência a uma morfogênese úmida, resultando em uma feição de conjunto de relevos tabulares rebaixados. O padrão de drenagem paralelo e subparalelo dos cursos principais está relacionado com o controle tectônico. Porém, este sentido somente é verificado enquanto estes cursos d'água cortam a unidade dos Tabuleiros, uma vez que, ao adentrarem a unidade da Planície Costeira, os mesmos começam a divagar e terem seus cursos alterados de sentido (MENDES et al., 1987).

Dominguez et al. (1982), afirmam que a Planície Costeira é constituída de sedimentos litorâneos arenosos e depósitos areno-argilosos fluviais, além de zonas baixas superficialmente turfosas. Os Terraços Marinhos internos (mais antigos) são recobertos por uma floresta enquanto que os mais externos (mais novos) são ocupados por uma vegetação psamófila. As zonas de sedimentos fluviais são ocupadas pela floresta e as zonas baixas pantanosas por gramíneas. A Planície Costeira é drenada por uma dezena de cursos de água, dos quais os rios Doce e São Mateus desempenham os papéis mais importante na sedimentação quaternária. A Figura 7 apresenta o mapa geomorfológico dos depósitos quaternários da Planície do Rio Doce.

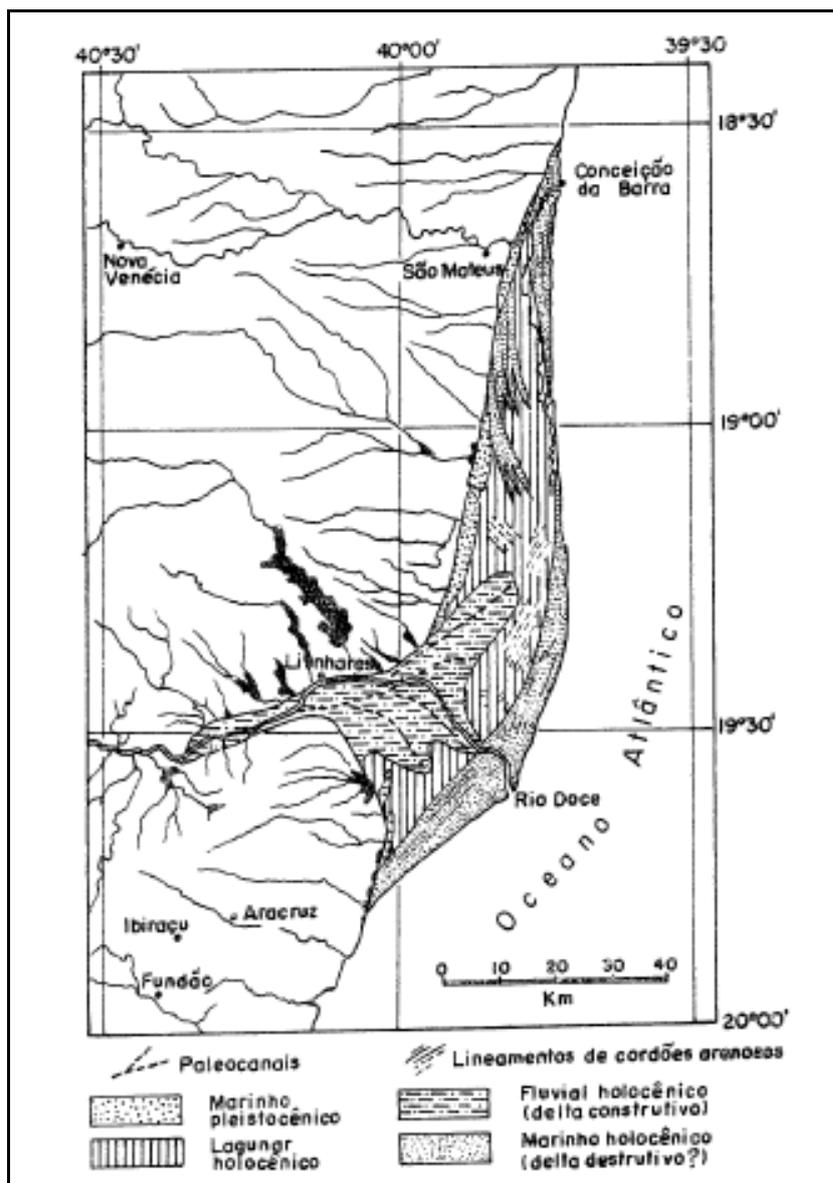


Figura 7 - Mapa Geomorfológico da Planície do Rio Doce
 Fonte: Dominguez et al. (1982).

Os Terraços Marinhas representam um modelado de acumulação marinha, decorrente de processos atuais e subatuais, representados pela sedimentação marinha junto a linha de costa, cujo ambiente, ao receber o aporte de sedimentos continentais carreados principalmente pelo rio São Mateus, os vem retrabalhando e depositando paralelo à costa, através da ação das ondas e correntes, ao longo de todo o período Quaternário. Eles foram construídos nas duas últimas transgressões marinhas; Santos e Cananéia ocorridas há 120.000 e 5.000 anos respectivamente A.P, e dividem-se em pleistocênicos e holocênicos. Os primeiros foram formados ao sopé das escarpas “mortas” da Formação Barreiras em uma faixa contínua de

largura aproximada de 4 km. Na região de São Mateus eles atingem uma altura de 9 a 10 metros. Os Terraços Holocênicos, mais internos, foram formados por volta de 3.500 A.P. e constituem-se de sedimentos de diferentes naturezas, são espécies de “ilhas arenosas” separadas por zonas baixas e pantanosas. Os Terraços Pleistocênicos, mais externos, formam uma faixa praticamente contínua na margem oceânica, interrompendo-se apenas na desembocadura do rio São Mateus (DOMINGUEZ et al., 1982).

A Planície Fluvial encontra-se limitada a leste pelos Terraços Marinhos e a oeste pelos Tabuleiros Costeiros. Esta unidade geomorfológica corresponde a um modelado de acumulação fluvial que vem ocorrendo ao longo do Quaternário nos vales dos pequenos cursos d'água e do rio São Mateus. Nestes vales relativamente profundos, em forma de “U”, são depositados aluviões a partir de sedimentos continentais carreados pelo rio São Mateus e outros cursos d'água de menor porte que cruzam a área. Os sedimentos carreados diretamente das encostas que cercam estes vales contribuem também para esta sedimentação fluvial depositando-se em suas planícies de inundação. Os locais de ocorrência desta unidade correspondem a depósitos de brejos e pântanos ou de planícies de inundação (MARTIN et al., 1997).

Ainda de acordo com Martin (*op. cit.*), a Planície Flúvio-marinha representa um modelado de acumulação flúvio-marinha, decorrente de processos atuais e subatuais que vem ocorrendo ao longo do período Quaternário, representados pela sedimentação de partículas finas argilosas de origem fluvial com forte contribuição das águas marinhas, permitindo a formação de manguezais. Os sedimentos argilosos, onde estão se estabelecendo os depósitos de mangue, vem sendo sobrepostos aos sedimentos arenosos de acumulação marinha, existentes anteriormente à contribuição flúvio-marinha atual. Quanto ao tipo de relevo dominante nesta unidade observa-se uma morfologia totalmente plana, com altimetria média de 6 metros. Seus solos são cobertos por vegetação de mangue, encontrando-se permanentemente encharcados.

2.2.4 ASPECTOS FITOGEOGRÁFICOS

Os domínios paisagísticos identificados por Ab'Sáber (2006) foram definidos por meio das características da vegetação e das feições morfoclimáticas de grande extensão territorial apresentando padrões de paisagens de caráter sub-regional com eventuais “enclaves” de paisagens exóticas. Dos seis domínios morfoclimáticos identificados no Brasil por este autor, o Domínio de Mares de Morros Florestados é o que abrange o estado do Espírito Santo. O Domínio de Mares de Morro compreende a fachada atlântica do país e corresponde a uma área de mamelonização extensiva por todos os níveis de topografia, mascarando superfícies aplainadas e de cimeira ou intermontanas.

De acordo com Ab'Sáber (*op. cit.*), sob o ponto de vista fitogeográfico têm-se o domínio de Mata Atlântica caracterizada por uma extensa fitorregião de características azonais marcada por florestas pluviais biodiversas, em diferentes estágios de preservação. Esta área engloba a Zona da Mata do Nordeste oriental, o Recôncavo Baiano e a chamada Costa do Descobrimento, alargando-se muito no Brasil de Sudeste com os mares de morros, atingindo até a porção sul-oriental de Santa Catarina.

De acordo com Thomaz et al. (1997), a Floresta Ombrófila Densa de Mata Atlântica do Espírito Santo pode apresentar quatro formações florestais distintas: Mata de Altitude, Mata de Encosta, Mata de Tabuleiro ou Hiléia Baiana e Mata de Planície. A Mata de Altitude e de Encosta são características das regiões serranas. A Mata de Tabuleiro localiza-se entre o sul da Bahia e a região nordeste do Espírito Santo em extensas colinas e platôs entrecortados por lagoas e brejos. A Mata de Tabuleiro é rica em espécies contemplando algumas espécies arbóreas endêmicas. A Mata de Planície é também denominada de Formações Pioneiras de acordo com Ab'Sáber (2006), e ocorre em sua maior porção nos terrenos Holocênicos e Pleistocênicos, após a região das praias, dunas, manguezais e restingas, estendendo-se até os Tabuleiros ou porção mais baixa das encostas.

No município de Conceição da Barra destacam-se três tipologias vegetais; Mata de Tabuleiro, Restinga e Manguezal.

De acordo com Rizzini (1997), a Floresta de Tabuleiro, situada em terrenos do Terciário, cuja denominação esta relacionada à sua topografia plana, é constituída por indivíduos de grande porte e com alta diversidade. Os remanescentes mais expressivos encontram-se ao norte do estado do Espírito Santo na Reserva Biológica de Sooretama e na Reserva Natural Vale localizadas nos municípios de Sooretama e Linhares respectivamente.

Segundo Simonelli (2007), a Floresta de Tabuleiro não é ocupada somente por formações florestais, e sim por um mosaico constituído por diversos tipos vegetacionais, como Floresta Alta, Floresta de Muçununga, Formações de Áreas Alagadas ou Alagáveis (herbáceas e florestais) e os Campos Nativos.

Ainda de acordo com este autor vários autores fizeram ligações florísticas entre a Floresta de Tabuleiro e a Floresta Amazônica, dentre eles, Ruschi (1950) citou fatores comuns de origem geológica, edáfica, climatológica, fitoclimatológica entre estas duas áreas. Andrade-Lima (1966) também fez comparações entre estas duas Florestas e denominou a Floresta de Tabuleiro de “Hiléia Bahiana”, em alusão à Hiléia Amazônica.

Simonelli (*op. cit.*) afirma que:

[...] a riqueza florística da Floresta de Tabuleiro pode ser confirmada a partir da lista florística da RNVRD na qual contem aproximadamente 2.400 espécies. Se considerarmos o número estimado de 20.000 espécies para toda a Mata Atlântica (Mittermeier *et al.*, 1999), só na RNVRD encontraremos aproximadamente 12% das espécies de todo o bioma. Estudos quantitativos (fitossociológicos) têm demonstrado que, além da elevada riqueza em espécies, a região é também considerada uma das maiores em termos de índices de diversidade, quando comparada com outras áreas de florestas tropicais (SIMONELLI, 2007, p. 25).

Pereira (2002) lista algumas espécies encontradas na Mata de Tabuleiro, que podem atingir até 30 metros de altura, como a *Parapiptadenia pterosperma* (angico vermelho), além de *Aspidosperma parvifolium* (pequiá sobre), com 24,0 m, e da *Parinari parvifolia* (bafo de boi) com 28,0 m. Ainda são encontradas outras espécies com altura variada, como *Ocotea cernua* (Canela sabão), *Helicostylis tomentosa* (Jaquinha), e a *Melanoxylon brauna* (Brauna).

A vegetação de Restinga² coloniza amplas planícies arenosas levemente onduladas por trás das dunas, marcada pela paisagem formada sobre o areal justapraiano, com sua vegetação particular (FERNANDES, 2006).

Pereira (2007) afirma que sobre a planície litorânea, encontra-se uma vegetação de porte variado, geralmente herbácea junto à praia, com aumento em altura dos elementos que a compõe, até as formações florestais, que atingem uma altura em torno de 12 metros. A Mata de Tabuleiro encontra-se justaposta a Restinga ao longo da costa do Espírito Santo, portanto, é esperado que este ecossistema seja o principal contribuinte para a composição florística da Restinga.

Segundo Pereira (*op. cit.*) a formação vegetal de Restinga pode ser dividida em Formações Herbáceas, Formações Arbustivas e Formações Florestais podendo ser encontrada 749 espécies no estado do Espírito Santo, sendo que em Conceição da Barra foram registradas aproximadamente 370 espécies.

Pereira & Gomes (1993) realizaram um levantamento florístico da vegetação de Restinga na planície litorânea costeira do município de Conceição da Barra e identificaram 415 espécies pertencentes a 90 famílias. Destas, as mais numerosas, com relação ao número de espécies foram a Myrtaceae, Leguminosae, Rubiaceae, Bromeliaceae e Aracaceae, Araceae e Euphorbiaceae.

Em relação a vegetação de Mangue, das seis espécies típicas dos mangues brasileiros, quatro são encontradas no Espírito Santo, todas halófitas facultativas; a Rhizophoraceae *Rhizophora mangle* L. (mangue vermelho); a Combretaceae *Laguncularia racemosa* (L.) Gaetern.f. (mangue branco) e as Acanthaceae ou Avicenniaceae *Avicennia schaueriana* Stapf. & Leech e *A. germinans* Learn. (mangue preto).

²Restinga é um termo empregado para designar a vegetação que coloniza a planície litorânea quaternária arenosa. Esta vegetação apresenta porte variado, geralmente herbácea junto à praia, com aumento em altura dos elementos que a compõem, até as formações florestais, que atingem uma altura em torno de 12 metros (Pereira, 2007).

De acordo com Vale (1999), as espécies vegetais predominantes no manguezal de Conceição da Barra são *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa*. A primeira domina a franja dos bosques enquanto a segunda ocorre mais para o interior, compondo bosques mistos. A ocorrência de *Avicennia schaueriana* é também significativa, sobretudo próximo às áreas de restinga. A espécie *Avicennia germinans* é a de menor ocorrência, ocorrendo principalmente no estuário médio e superior do rio.

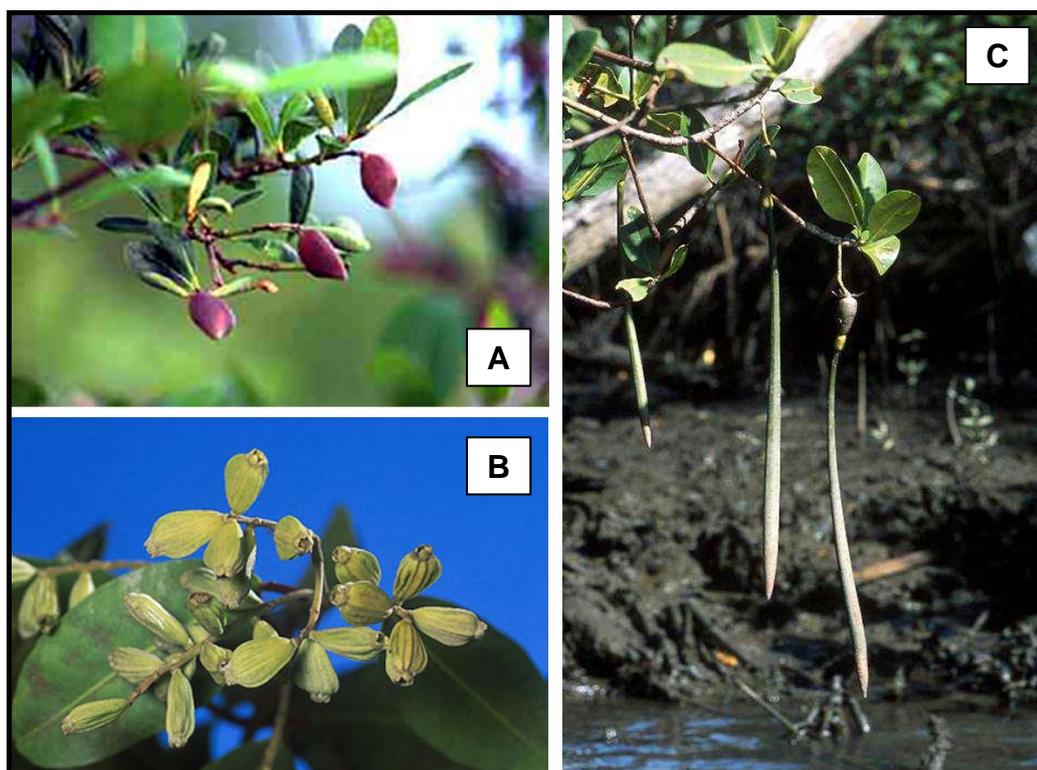


Figura 8 – Propágulos de espécies de mangue: **A** = *Avicennia schaueriana*; **B** = *Laguncularia racemosa* e **C** = *Rhizophora mangle*.
Fotografia: André Alves, 2002.

2.3 USO DA TERRA

2.3.1 Uso da Terra na Bacia Hidrográfica do rio São Mateus

Partindo-se do litoral em direção ao interior, observa-se que o grande domínio de Mata Atlântica associado a complexos estuarinos diversos foram fortemente impactados por atividades antrópicas de diferentes naturezas. O crescimento das

áreas urbanas costeiras tem se dado à custa da supressão de áreas de floresta inclusive de sistemas dotados de grande complexidade ambiental como os manguezais.

Na porção territorial dos Tabuleiros Costeiros registra-se a presença de extensas áreas ocupadas pela silvicultura, com predomínio do uso do eucalipto (*Eucalyptus spp*) e plantios de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). A pecuária apresenta-se também como uma atividade muito importante. Estas áreas são alvos de “disputa” entre os usos da terra voltados para a silvicultura, agricultura e pecuária.

Seguindo para oeste da bacia, a sazonalidade climática impõe a estas áreas importantes limitações a usos agrícolas, favorecendo, então, a pecuária e o cultivo do café, sobretudo a variedade Conilon (*Coffea canephora*). No Maciço Montanhoso de Mantena a declividade é bastante acentuada, o que favorece a atividade de mineração e garimpo. De acordo com BRASIL (2006), o principal problema ambiental resultante destas atividades, não contabilizando o mais evidente que é a perda da biodiversidade, deriva da retirada da cobertura vegetal e a conseqüente alteração dos processos morfodinâmicos e seus reflexos na hidrologia regional. O escoamento da água tende a acentuar causando uma redução da infiltração e tendo como conseqüência direta o aumento dos riscos de inundação e o retrabalhamento das margens fluviais potencializando o assoreamento e mudança na qualidade da água para jusante.

A Figura 9 apresenta o Mapa de uso da terra da bacia hidrográfica do São Mateus. A classe de uso Agropecuária/Pecuária/Pastagem ocupa a maior área na bacia, seguida da Agricultura e Silvicultura. É possível visualizar esparsos fragmentos florestais por meio das classes de Mata Nativa, Restinga e Floresta em Recuperação.

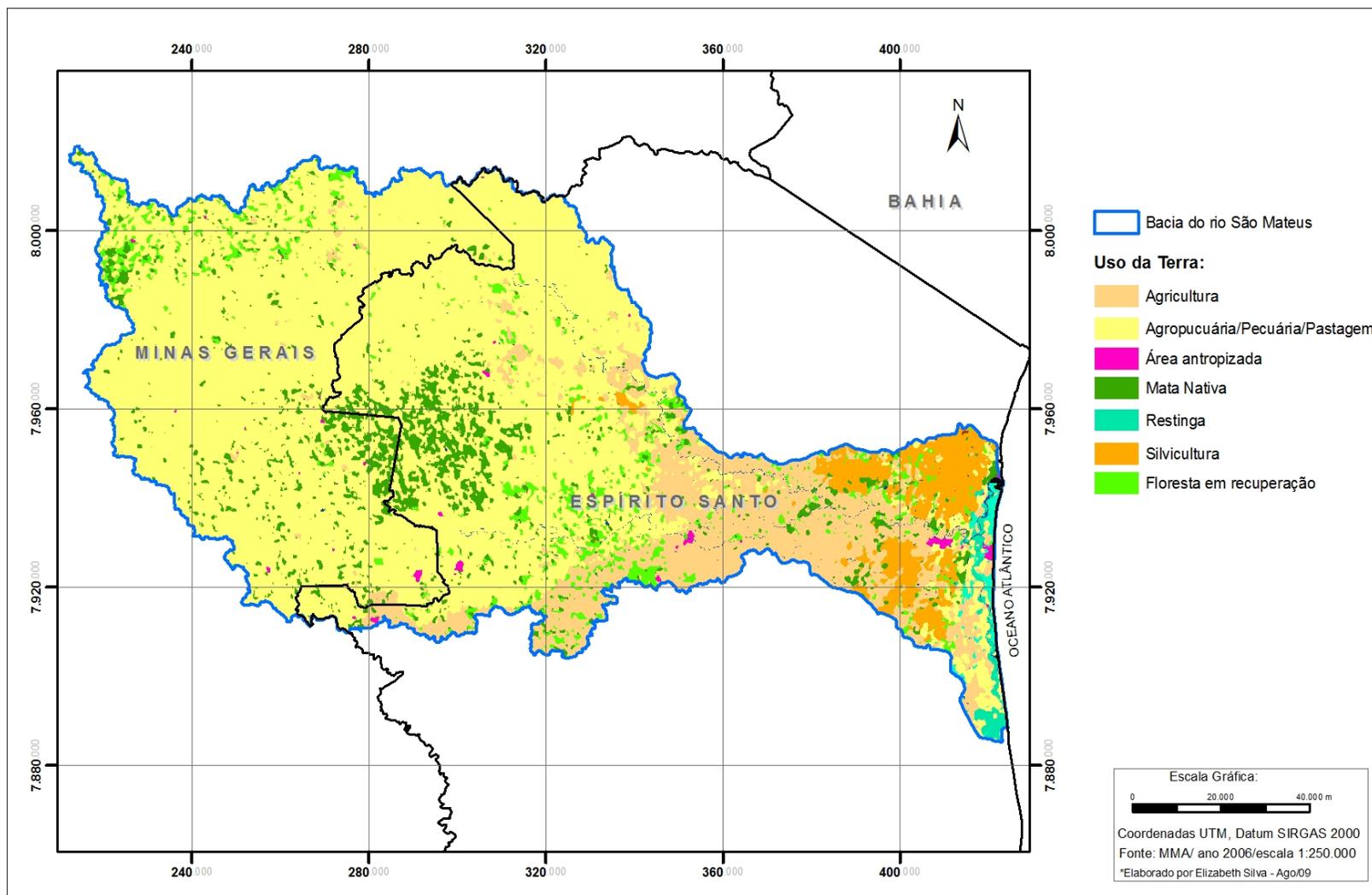


Figura 9 - Mapa de Uso da Terra na bacia do rio São Mateus
 Fonte: Brasil (2007).

Vale (1999), realizou uma análise do censo agropecuário de 1998 e concluiu que no norte do Espírito Santo ocorria o predomínio da pastagem seguido da lavoura. Em seu estudo realizado na porção capixaba da bacia hidrográfica do rio São Mateus esta autora afirma que 53,4% da área era ocupada por pastos, e 17,36% por lavouras. As lavouras permanentes são basicamente constituídas por café, enquanto que nas temporárias destacam-se o milho e a mandioca. O mamão merece destaque entre as culturas permanentes, sendo plantado em monoculturas em São Mateus e Conceição da Barra.

Com base no último censo agropecuário do IBGE de 2006 foi possível elaborar a Tabela 9, na qual apresenta as classes de uso da terra dos municípios que compreendem a bacia hidrográfica do rio São Mateus. O uso da terra encontra-se dividido basicamente em: lavouras (permanente, temporária, área plantada com forrageira para corte e área para cultivo de flores), pastagem (natural e plantada), florestas naturais, silvicultura, aqüicultura, terra degradada e área construída.

TABELA 9 - CLASSES DE USO DA TERRA DOS MUNICÍPIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO MATEUS

Estado	Municípios	Aquicultura(ha)	Área Construída (ha)	Lavoura (ha)	Pastagem (ha)	Mata (ha)	Silvicultura (ha)	Terra Degradada (ha)	
ES	Água Doce do Norte	102	811	8491	18994	2729	331	225	
	Barra de São Francisco	172	1548	10986	42293	5484	182	1230	
	Boa Esperança	82	272	7280	8269	970	410	127	
	Conceição da Barra	434	4890	15795	9694	26277	41387	61	
	Ecoporanga	352	1571	4484	125949	9145	1126	1543	
	Jaguaré	175	761	14507	5435	6037	5741	161	
	Mantenópolis	52	509	5798	8184	1071	827	245	
	Nova Venécia	667	1438	14259	58717	6984	2087	967	
	Ponto Belo	246	0	684	20101	429	0	50	
	Vila Pavão	251	1012	6276	24747	3291	364	724	
São Mateus	1830	11386	80336	77688	61465	86197	2029		
MG	Ataléia	86	620	3537	91451	4091	633	1213	
	Central de Minas	17	315	396	12615	955	0	23	
	Frei Gaspar	115	326	612	20478	7331	1506	321	
	Itabirinha de Mantena	10	183	1399	16109	773	0	109	
	Itambacuri	246	1926	2173	51500	9510	916	1344	
	Mantena	108	2375	18125	114967	9415	1027	1114	
	Mendes Pimentel	2	197	3252	22600	1500	10	373	
	Nova Belém	0	246	5173	5293	1809	115	184	
	Nova Módica	160	640	698	26506	1602	7	202	
	Ouro Verde de Minas	19	320	1424	9091	983	213	279	
	Pescador	135	800	525	21580	1987	83	431	
	São Félix de Minas	0	122	1054	6795	757	0	12	
	São João do Manteninha	24	310	1133	9790	427	0	50	
São José do Divino	53	456	753	21629	233	652	220		
TOTAL		5338	33035	209147	830473	165256	143813	13237	1400298
PORCENTAGEM		0,38	2,36	14,94	59,31	11,8	10,27	0,95	100%

Fonte: IBGE (2006). Organizado pelo autor.

De acordo com a Tabela 9, as pastagens cobrem uma área de 830.473 ha, ou seja, 59% da área total da bacia constituindo o uso predominante. Sua maior concentração é nos municípios de Minas Gerais; Ataléia, Ecoporanga e Mantena. Em seguida, a lavoura ocupa uma área de 209.147 ha, ou seja, 15% da área total da bacia. Dentre os municípios da bacia hidrográfica, o de São Mateus apresenta a maior área destinada a este uso (80.336 ha). A classe de uso de mata nativa abrange uma área de 165.256 ha, ou seja, 12% da área total da bacia. O município de São Mateus possui a maior área com 61.465 ha, seguido de Conceição da Barra com 26.277 ha. A silvicultura ocupa uma área de 143.813 ha, correspondendo a 10% da área total da bacia. Os municípios de São Mateus e Conceição da Barra possuem 127.85 ha de área destinada a este uso, ou seja, 89% em relação aos demais municípios da bacia. A classe de uso áreas construídas possui 33.035 ha correspondendo a 2% da área total da bacia e a de terras degradadas compreende uma área de 13.237 ha apresentando 0,95% da área total da bacia. A classe

aqüicultura possui 5.338 ha, com 0,38% da área total da bacia.

2.3.2 USO DA TERRA NO MUNICÍPIO DE CONCEIÇÃO DA BARRA

O município de Conceição da Barra era um dos centros de comércio e serviços da região Norte até o final do século XIX devido sua área portuária. Como a única via de acesso e de locomoção era o rio São Mateus, este município prosperou com o intenso comércio de farinha de mandioca, abóbora e escravos (VARGAS, 2006).

Com a queda dos preços da farinha de mandioca muitos fazendeiros mudaram sua atividade para a extração de madeira visto que este recurso era abundante. Por volta de 1930 a extração da madeira ganhou grande impulso com a implantação de grandes serrarias nesta região (NARDOTO & LIMA, 1999).

Por volta de 1970 houve um grande incremento no desenvolvimento industrial do estado e a economia capixaba passa a ser dominada por investimentos de grandes grupos econômicos estatais e privados que introduziram e desenvolveram várias atividades não tradicionais, dentre elas o gênero papel e papelão (ANA, 2010). A empresa Aracruz Celulose S.A entra em operação em 1979, e o eucalipto, principal matéria-prima para a produção de celulose, passou a ocupar significativas parcelas de terra nos platôs terciários de Conceição da Barra.

A comercialização da pesca no final da década de 70 impulsionou a economia do município de Conceição da Barra, mas durante a década de 80 houve um colapso desta atividade. O complexo pesqueiro perdeu sua proeminência cedendo espaço para outros tipos de indústrias (VARGAS, 2006). A decadência do setor pesqueiro teve como uma das causas os processos erosivos/sedimentares da foz do rio São Mateus.

Ainda na década de 80 houve uma expansão na produção de cana-de-açúcar e empresas como a DISA (Destilaria Itaúnas S/A) e ALCON (Alcooleira Conceição da Barra) se instalaram neste município (VARGAS, op. cit.).

A empresa Petrobrás instalou em 1959 o primeiro poço de perfuração no município de Conceição da Barra. De acordo com a Agência Nacional do Petróleo – ANP

(acesso em 05 de maio de 2010), o antigo campo de Conceição da Barra entrou em produção em 1987, e produziu, até 1993, um volume acumulado de 75 mil m³ de óleo (471 mil barris) e 924 mil m³ de gás. Atualmente a maioria dos poços encontram-se desativados, e a produção é escoada através do Terminal Norte Capixaba. Este terminal localiza-se ao sul do estuário do rio São Mateus, na foz do rio Mariricu, no município de São Mateus, onde existe uma rede de oleoduto e gasoduto que corta o manguezal deste rio. Uma outra fonte de exploração na região é a jazida de sal gema, localizada entre os municípios de Conceição da Barra e São Mateus, mais precisamente no interior da APA de Conceição da Barra. Esta jazida encontra-se em fase de licenciamento ambiental pelo Instituto do Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA).

A fruticultura é uma atividade em franca expansão no município de Conceição da Barra. A agroindústria de processamento de polpas e de produção de sucos naturais em parceria com associações de produtores rurais é responsável pela ampliação da produção. As frutas produzidas atualmente no município de Conceição da Barra são; côco da baía, laranja, limão, mamão, maracujá, tangerina e abacaxi (INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES, acesso em 05 de maio 2010).

O turismo é outra atividade importante para a economia do município de Conceição da Barra, que teve um crescimento mais acentuado nos últimos anos devido ao atrativo das belezas naturais, como as praias de águas mornas do balneário de Guriri e da vila de Itaúnas. Esta vila encontra-se inserida no Parque Estadual de Itaúnas, ao norte da área de estudo, e é considerada um pólo turístico devido ao forró universitário que atrai um grande número de turistas jovens. Entretanto a atividade turística vem perdendo espaço em função dos sérios problemas erosivos/sedimentares que acabaram com a principal praia do município, a praia da Bugia.

CAPÍTULO 3
REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 TEORIA GERAL DOS SISTEMAS

A interdisciplinaridade tem sido utilizada nos meios acadêmicos, apresentando-se necessária para a compreensão dos fenômenos físicos, humanos e sociais. A idéia reducionista da ciência, lentamente, foi dando lugar a uma forma interdisciplinar de pensamento, fundamentada na integração de várias áreas do conhecimento. Nessa nova perspectiva, as concepções mecanicistas cedem espaço a uma concepção holística.

Segundo Barroso (1974), a visão mecanicista foi durante muito tempo, o portão de ingresso no campo do saber e tomada de posição diante do mundo. Sob a visão mecanicista surgiu parte da grande massa de conhecimento dos nossos dias. A especialização consolidou a fragmentação da ciência em ramos e disciplinas de âmbito cada vez menor e que se caracterizavam em se saber cada vez mais de parcelas cada vez menores do universo perceptível do homem.

Os termos “sistemas” e “pensamento sistêmico” foram utilizados por vários cientistas antes da década de 40, mas foram as concepções de Ludwig von Bertalanffy de um sistema aberto e de uma teoria geral dos sistemas que estabeleceram o pensamento sistêmico como um movimento científico de primeira grandeza (CAPRA, 1996).

Capra (*op. cit.*) afirma que Bertalanffy começou sua carreira como biólogo em Viena, na década de 20, e mais tarde, juntou-se a outros cientistas e filósofos formando um grupo denominado de *Círculo de Viena*³. Ele juntamente com outros biólogos *organísmicos*⁴, acreditavam que os fenômenos biológicos exigiam novas maneiras de pensar, transcendendo os métodos tradicionais das ciências físicas, por isso dedicou-se a substituir os fundamentos mecanicistas da ciência pela *visão holística*⁵.

³*Círculo de Viena*: O Círculo de Viena foi um grupo de filósofos organizados informalmente em Viena à volta da figura de Moritz Schlick. Encontravam-se semanalmente, desde antes da Primeira Guerra (informalmente) e oficialmente desde 1919, até finais de 1936 (Capra, 1996).

⁴*Organísmicos*: Estudiosos que consideram o mudam como sendo formado por sistemas que funcionam de modo similar aos organismos. A natureza é vista como um sistema orgânico com diversos elementos componentes, com suas características e funções (Christofolletti, 1999).

⁵*Visão holística*: A palavra holístico surge do grego *Holos*, que quer dizer totalidade. É uma alternativa científica que propõe a dissolução do reducionismo praticado nas ciências, rompendo as fronteiras do conhecimento fragmentado (Barroso, 1974).

Quando pensamos em sistemas a primeira coisa que nos vem ao pensamento é a noção de totalidade, entretanto um mundo que nos rodeia é excessivamente amplo e complexo para poder ser administrado ou estudado se nele incluímos todas as suas componentes e todas as interações entre estes componentes. Então, quando afirmamos que “um sistema é uma totalidade” devemos ter em mente que é parte de um todo maior limitado por nossa perspectiva de observação (FOLLEDO, 2000).

Christofoletti (1979) afirma que a totalidade dos sistemas que interessam ao geógrafo não atua de modo isolado, mas funciona dentro de um ambiente e faz parte de um universo maior. Esse conjunto maior, no qual se encontra inserido o sistema particular que se está estudando, pode ser denominado universo, o qual compreende o conjunto de todos os fenômenos e eventos que, através de suas mudanças e dinamismo, apresentam repercussões no sistema focalizado, e também de todos os fenômenos e eventos que sofrem alterações e mudanças por causa do comportamento do referido sistema particular. Dentro do universo podem coexistir os sistemas antecedentes ou controlantes e os sistemas subseqüentes ou controlados. Não há, necessariamente, um encadeamento linear, seqüencial entre estes sistemas como se eles constituíssem uma corrente composta por elos ininterruptos, inseparáveis. Os sistemas subseqüentes podem voltar a exercer influências sobre os antecedentes, através do mecanismo de retroalimentação, ou *feedback*, numa perfeita interação entre todo o universo.

Uma estrutura de *feedback*, ou retroalimentação, existe dentro de um sistema quando uma determinada ação ou mudança de valor de uma variável é, mais tarde, influenciada pelas conseqüências desta mesma ação ou mudança. O retorno da influência pode ser rápido e diretamente aparente, ou pode ser indireto, não imediato, sujeito a demoras e a influências causadas por alterações em outras variáveis (FOLLEDO, 2000).

A respeito dos sistemas controlantes e controlados, Vale (2005) exemplifica o conceito dando o exemplo do sistema solar. Através da radiação solar enviada para a Terra, em uma escala hierárquica maior, que gera através de diferentes taxas de absorção de calor ao longo das 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 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 o raciocínio, a autora afirma que, se inserirmos o *sistema manguezal* no *sistema solar*, ele terá uma dimensão muito pequena na escala hierárquica, e esta dimensão diminui ainda mais se analisarmos os outros componentes inerentes a este ecossistema como o *sistema flora*, o *sistema sedimentológico*, o *sistema hidrológico*, o *sistema microtopográfico*, etc.

Segundo Bertalanffy (1975), a Teoria Geral dos Sistemas é um pressuposto teórico útil capaz de fornecer modelos a serem usados em diferentes campos e transferidos de uns para outros, salvaguardando-os do perigo das analogias vagas e superficiais.

Os modelos são correspondentes aos sistemas físicos, e são trabalhados em função da atividade mental de abstração a respeito da ordem da natureza, procurando-se estabelecer uma similitude entre o modelo e a realidade. Eles fornecem um quadro global da totalidade do sistema, estabelecendo o grau de conhecimento sobre as partes componentes, interações entre os elementos e funcionamento entre os *inputs* e *outputs* do sistema (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Yañes-Aracinbia (1987) afirma que os modelos dos sistemas ecológicos fornecem uma visão ampla do ecossistema sob certas condições tornando-se uma importante ferramenta na compreensão dos processos normalmente complexos. Usando dados reais da ação de cada componente, em cada nível, sobre os demais, os ecólogos modelam os sistemas ecológicos com boa exatidão obtendo respostas a determinadas perturbações. Este autor também afirma que embora os modelos de sistemas não tenham uma visão reducionista, eles acabam sendo uma simplificação da realidade, o que para muitos, isto é um paradoxo.

Lugo & Snedaker (1974) criaram um modelo simples representando a estrutura essencial e os atributos funcionais do ecossistema manguezal, bem como a principal fonte externa de energia e estresse que afetam este sistema (Figura 10). Este modelo é uma série de diferentes equações graficamente representadas usando a

linguagem do circuito ecológico. Os estressores potenciais estão distinguidos por linhas tracejadas.

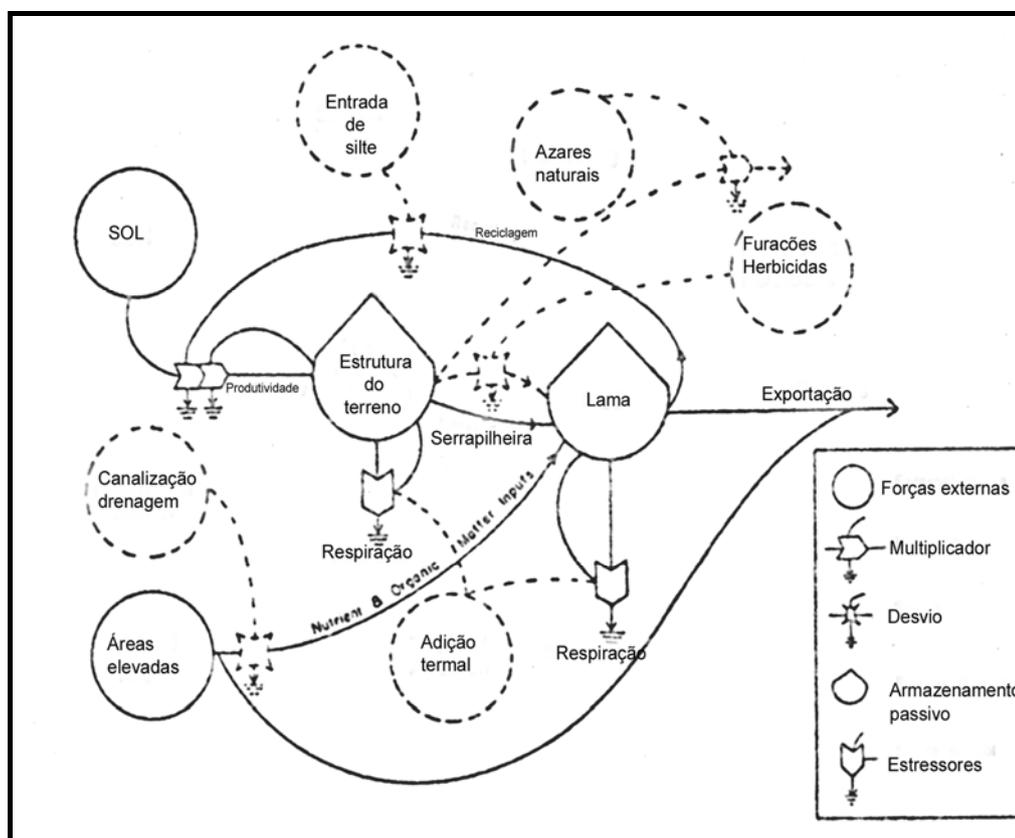


FIGURA 10 - Modelo de energia ilustrando os maiores armazenamentos e fluxos de energia em um ecossistema manguezal
Fonte: Lugo & Snedaker (1974).

O modelo acima divide o manguezal em dois compartimentos; estrutura do terreno e lama (substrato), este último inclui raízes e processos aeróbicos e anaeróbicos influenciados por duas fontes externas de energia, sendo o Sol e o escoamento de áreas elevadas, que inclui a contribuição da precipitação. Podem ser identificados cinco processos que ocorrem nos manguezais; produtividade primária, respiração subaérea, respiração intersticial, reciclagem de nutrientes minerais e exportação de matéria orgânica para os estuários e ambientes contíguos, e seis potenciais fatores estressantes; canalização, drenagem, sedimentação, furacões, herbicidas e carga termal.

A Teoria Geral dos Sistemas influenciou a geografia física brasileira no que tange aos estudos da paisagem e dos geossistemas por intermédio tanto da Escola Francesa como da Escola Soviética. A geografia francesa do pós-guerra teve como

representante Georges Bertrand e a orientação naturalista da escola germânica preconizada por Humboldt influenciou o soviético Dokoutchaev, por conseguinte um elenco de autores da ex-União Soviética, com destaque para V. B. Sotchava, A. A. Grigoriev, I. P. Gerasimov e A. G. Isachenko (NETO, 2008).

Neto (*op. cit.*) afirma que os desdobramentos desta Teoria proporcionou a ampliação do conhecimento e motivou diversos estudos, como os domínios morfoclimáticos brasileiros e a divisão do estado de São Paulo em geossistemas realizado por Troppmair, (1983).

Atualmente, as concepções holísticas influenciam no conhecimento da estrutura e geometria dos sistemas ambientais e sistemas dinâmicos, da abordagem fractal bem como está interconectada com teorias, como a do caos, da complexidade e a de Gaia (CHRISTOFOLETTI, 1999).

3.2 ESTRUTURA HIERÁRQUICA APLICADA A PESQUISA SOBRE MANGUEZAIS

Schaeffer-Novelli et al. (2000) aplicaram a estrutura hierárquica ao estudo do manguezal, para tanto determinaram setores do litoral brasileiro com base em parâmetros climáticos, geológicos e oceanográficos e associaram essas condicionantes ao desenvolvimento estrutural deste ecossistema.

O sistema costeiro consiste em interações de unidades interdependentes e cada qual possui fluxos de energia e matéria. Cada componente individual possui uma escala espacial que não pode ser isolada por estruturas e processos de uma escala maior. A idéia de hierarquização, além de facilitar a compreensão do sistema que está sendo estudado, fornece meios para a resolução de problemas e para a tomada de decisões (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2004).

Schaeffer-Novelli et al. (2000) afirmam que os sistemas naturais apresentam organização própria, sendo compostos por uma série de sistemas multiníveis estratificados, onde o nível superior suporta níveis inferiores, contendo sistemas subordinados a ele. Cada nível é uma estrutura integrada, contendo mecanismos

autoreguláveis, e opera com um considerável grau de autonomia, sendo caracterizado por distintos conjuntos de processos, estruturas e “arquiteturas”.

Schaeffer-Novelli et al. (2000) caracterizaram cinco níveis de organização hierárquica dos manguezais (Figura 11), em função da escala espacial adotada; Grandes Ecossistemas Marinhos (*Large Marine Ecosystem*), Domínio Costeiro (*Coastal Domain*), Ambientes (*Setting*), Padrão/Fragmento ou Mancha (*Stand*) e Parcela ou Árvore (*Site*). O nível hierárquico mais alto seria representado pelos Grandes Ecossistemas Marinhos, conceito equivalente aos das regiões biogeográficas para oceanos e áreas costeiras. Os Domínios Costeiros constituem o nível seguinte, ocupando entre 500 a 1.000km da costa, correspondendo, no Brasil aos oitos segmentos propostos por Schaeffer-Novelli et al. (1990). Em seguida, os Ambientes representam extensões de 10 a 100km estando submetidos à variações geomorfológicas, e apresentando respostas erosivas e deposicionais. O nível seguinte, Padrão está relacionado com as características fisiográficas do bosque de mangue e corresponde ao conjunto de unidades do penúltimo nível organizacional, de 0,1 a 100ha. O nível mais inferior dessa hierarquia consiste na parcela ou árvore, correspondendo à unidade da cobertura vegetal, ocupando entre 0,01 e 0,1ha de área.

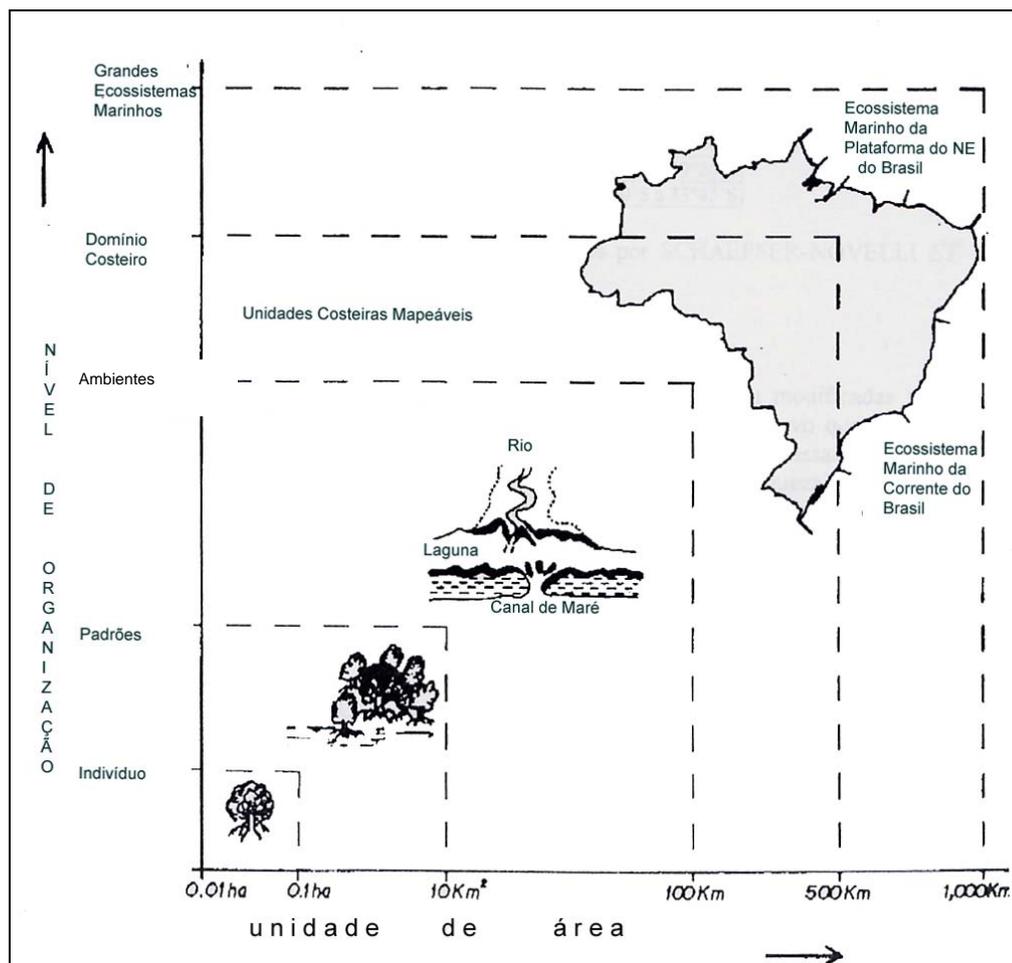


Figura 11 - Hierarquia do ecossistema manguezal

Fonte: Figura fornecida como comunicação pessoal a Vale por Schaeffer-Novelli.

O nível hierárquico Grandes Ecossistemas Marinhos foram definidos a partir de regiões biogeográficas em oceanos ou áreas costeiras. A costa brasileira foi classificada dentro de duas províncias ou dois grandes ecossistemas marinhos. As grandes regiões biogeográficas se estendem desde a linha de costa à borda da plataforma e são caracterizadas pelos aspectos oceanográficos, hidrográficos, distintos níveis de produtividade, populações dependentes e concentração dos pigmentos fitoplanctônicos. Entretanto, a delimitação dessas regiões não considera as características das áreas de captação e os sistemas fluviais associados. Particularizações regionais nas composições bióticas desses ecossistemas homólogos devem-se não só aos mecanismos originadores, resultantes das variações do nível médio do mar, principalmente durante o quaternário, mas também às condições ambientais do presente. A evolução histórica desses ambientes a partir de matrizes geológicas distintas, composições petrográficas, mineralógicas e

cristalográficas dos substratos; morfologias variadas da costa primitiva; padrões de correntes e de circulação das águas e condições diferenciadas de clima em termos de temperaturas e precipitações, principalmente, fez com que esses ecossistemas, assemelhados em seu aspecto morfológico, exibam diferenças não apenas na diversidade de espécies, mas também nas suas dinâmicas próprias de funcionamento trófico e energético (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2004).

O nível Domínio Costeiro corresponde as divisões regionais e estabelece oito segmentos ou unidades geográficas/funcionais (Tabela 10). Os critérios utilizados para a regionalização são; dados climáticos, as feições do litoral, como relevo, tipo de sedimento, cobertura vegetal e, bem como dados de amplitude de marés médias e de sizígia.

TABELA 10: SEGMENTOS COSTEIROS BRASILEIROS

Unidades	Localização por Coordenadas e Denominações Regionais
Unidade I	Do Cabo Orange (4°30') ao Cabo Norte (01°40'N), no litoral a Foz do Rio Amazonas
Unidade II	Do Cabo Norte (01°40'N), à Ponta Curuçá (00°36'S)
Unidade III	Da Ponta Curuçá (00°36'S) à Ponta Mangues Secos (02°15'S)
Unidade IV	Da Ponta Mangues Secos (02°15'S) ao Cabo Calcanhar (05°08'S)
Unidade V	Do Cabo Calcanhar (05°08'S) ao Recôncavo Baiano (13°00'S)
Unidade VI	Do Recôncavo Baiano (13°00'S) a Cabo Frio (23°00'S)
Unidade VII	De Cabo Frio (23°00'S) a Torres (29°20'S)
Unidade VIII	De Torres (29°20'S) ao Chui (33°45'S)

Fonte: Schaeffer-Novelli et al., (1990). Organizado pelo autor.

Os Ambientes são unidades naturais criadas e/ou modificados pelas forças geomórficas. Estes ambientes foram formados em uma escala de tempo relativamente pequena, durante o Holoceno por volta de 6.800 anos A.P. Os manguezais contribuem nas formas atuais desse relevo e ajudam a criar outras. O próximo nível, Padrão ou Unidades Funcionais, refere-se a um grupo de árvores e elementos funcionais associados. Dois principais tipos de padrões de manguezais podem ser individualizados, baseados nos fluxos de água e na forma de relevo: franja e bacia. O mangue tipo franja ocorre na borda dos ambientes em contato com o mar, em linhas de costas protegidas e ilhas. A salinidade aproxima-se muito da salinidade do mar e a recepção de nutrientes é menor. Já o mangue tipo bacia desenvolve-se nas áreas interiores, condicionado por uma suave depressão, onde a

freqüência de inundações pelas marés é menor que no tipo franja. O último nível hierárquico denominado de Parcela ou Árvore corresponde a uma menor área sob a influência de árvores maduras. O dossel dessas árvores irá influenciar nas características físicas do ambiente, como salinidade, temperatura do substrato, luz e umidade criando uma forte competição entre as árvores por espaço (luz), nutrientes e água e promovendo o processo sucessional das espécies (SCHAEFFER-NOVELLI et al., acesso em 11 de jul. 2009).

3.3 Ambientes propícios ao desenvolvimento do manguezal propostos por Thom

Thom (1982) estabeleceu uma classificação dos ambientes onde ocorrem manguezais a partir do ponto de vista geomorfológico. O reconhecimento destes ambientes possibilita diferenciar os fatores de distribuição e a fisionomia dos manguezais de uma região costeira. Os três componentes principais que influenciam nestes ambientes são: o geofísico, geomórfico e o biológico. O componente geofísico inclui uma variedade de forças físicas as quais operam a partir de uma escala espacial global para uma escala regional. Mudanças no nível do mar, resultante de movimentos da crosta terrestre e do mar, bem como as condições climáticas e regimes de marés são exemplos de forças físicas que integram os componentes geofísicos. O segundo componente é basicamente o produto das forças geofísicas. A história dinâmica da superfície da Terra e a ação dos processos geomórficos contemporâneos que determinam diretamente as condições de habitat dos manguezais.

O autor (*op. cit.*) utilizou escalas global, continental, regional e local para identificação dos ambientes geomórficos. Em um primeiro nível de generalização ele distinguiu ambientes costeiros deposicionais; decorrente do retrabalhamento dos sedimentos terrígenos enviados para a costa pelos rios e/ou pelo escoamento superficial ou provenientes da costa afora (deltas, lagoas e barreiras) e ambientes formados pela acumulação de sedimentos a partir do crescimento *in situ* dos recifes de corais ou a partir da deposição dos carbonatos clásticos precipitados. Em um segundo nível ele identificou na formação de deltas-estuarinos qual a ação

predominante; ondas, marés ou rios. O terceiro nível ele avaliou em uma escala maior os processos e formas geomórficas que determinam o arranjo específico de habitats utilizados pelas plantas ao longo do tempo. Um exemplo do terceiro nível de generalização seria um estudo da microtopografia que induz variações de respostas fisiológicas das diferentes espécies vegetais.

Os ambientes propostos por Thom (1982) abrangem oito tipologias nas quais ocorrem os manguezais, sendo cinco deles desenvolvidos em desembocaduras de sedimentação terrígena, onde o desenvolvimento dos manguezais é mais representativo ao redor do mundo. As outras tipologias referem-se a ambientes de sedimentação carbonática, cuja área de distribuição pelo mundo é pouco representativa. A Figura 12 apresenta os cinco ambientes de sedimentação terrígena (A, B, C, D e E) e um de sedimentação carbonática (F).

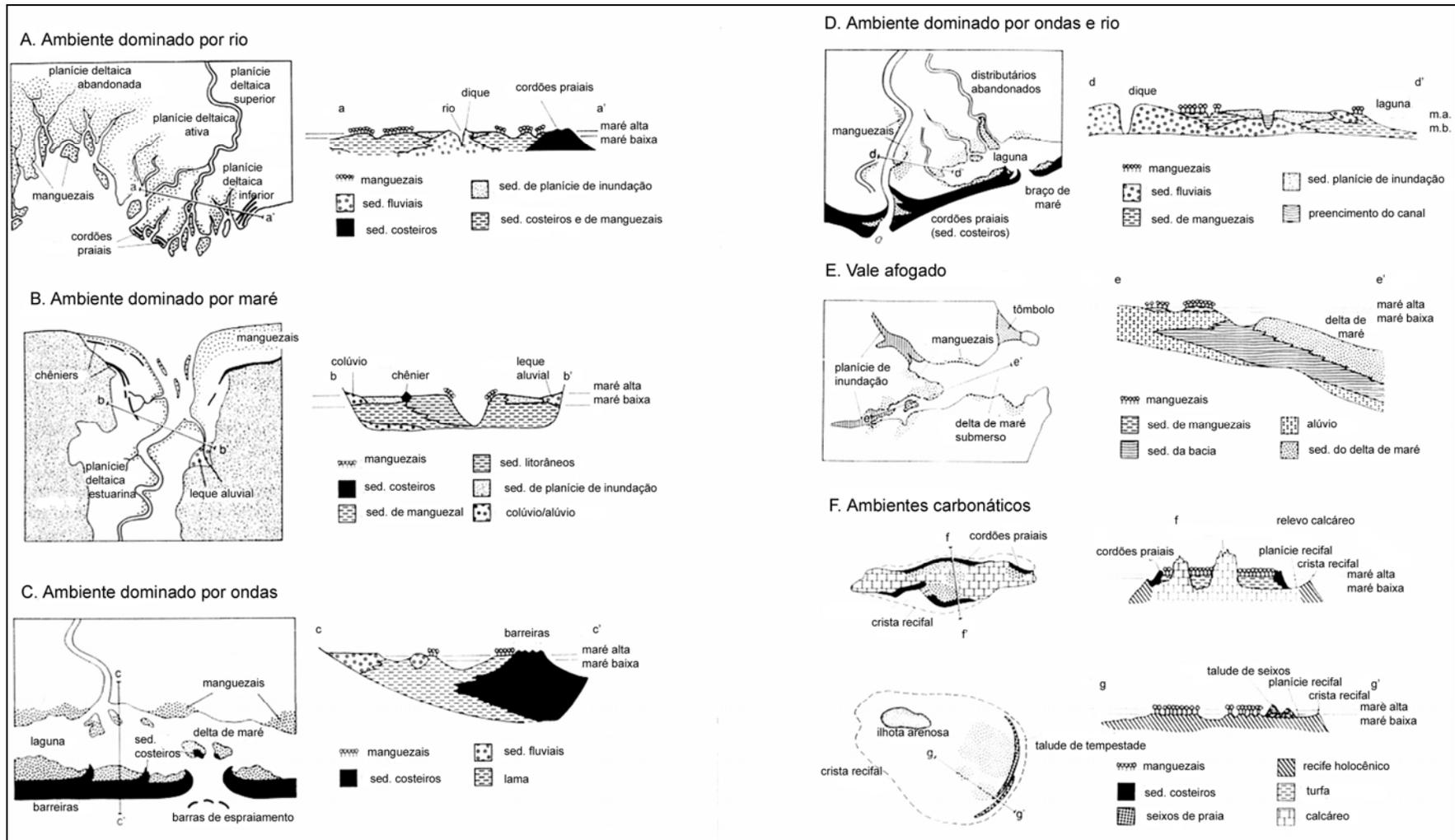


Figura 12 - Ambientes propícios ao desenvolvimento dos manguezais
 Fonte: Woodroffe (1992), adaptada por Vale, (2007).

De acordo com Thom (1982) segue abaixo a descrição dos cinco ambientes de sedimentação terrígena:

A - Ambiente dominado por rio

O delta é formado a partir da descarga de água e sedimentos fluviais, que conduz a uma rápida deposição de areias terrígenas, siltes e argilas. A geometria do delta consiste em múltiplos braços distributários alongados, com protusões em formato de dedos. A linha de costa é altamente crenulada com baías rasas e lagunas localizadas no meio e ao redor dos distributários. Esta região é uma área de alta descarga de água doce, por isso as plantas halófitas não são comuns. Entretanto, existem regiões de distributários abandonados dentro da planície deltaica nas quais há intrusão de água salina sazonal ou diariamente. Nestas áreas marginais o aporte de sedimentos é retrabalhado pelas ondas possibilitando a colonização de espécies de mangue.

B - Ambiente dominado por maré

O processo físico dominante neste ambiente é uma alta variação de maré com forte associação de correntes bidirecionais. Essas correntes são responsáveis pela dispersão de sedimentos trazidos para costa pelos rios e na zona de costa afora eles formam corpos de areia lineares alongados. Tipicamente, os canais principais fluviais são em forma de funil e são alimentados por numerosos canais de maré. Esses canais estão separados por extensas planícies de maré, sendo estas acrescidas verticalmente até o nível das águas de maré de sizígia.

C - Ambiente dominado por ondas

É caracterizada por ondas de alta energia e por pequena quantidade de descarga fluvial. O declive da plataforma continental interna pode ser mais íngreme e a energia das ondas trabalha os sedimentos carregados pelo rio. Tipos de relevo litorâneo tais como ilhas-barreira de costa afora, esporões ou baías, são típicos deste ambiente. As ilhas-barreira formam extensas lagunas alongadas, enquanto baías podem encerrar vales fluviais alongados. O grau de modificação das formas de relevo pela maré, neste ambiente, pode ser completamente variável. Plantas

tolerantes ao sal, como o mangue ocorrem nas margens da laguna em uma variedade de habitats.

D - Ambiente dominado por ondas e rio

Representa uma combinação de alta energia de onda e elevada descarga fluvial. Os sedimentos trazidos pelos rios são rapidamente distribuídos pelas ondas ao longo da costa para formar extensos lençóis de areia. A maior parte do sedimento depositada na plataforma continental interna durante os mais baixos níveis de mar é retrabalhada em direção ao continente durante as transgressões marinhas. O resultado é uma planície costeira dominada por cordões praias (*beach ridges*), estreitas lagunas descontínuas com planície aluvial em direção ao continente. Halófitas, tais como mangues, estão concentradas ao longo dos distributários abandonados, em áreas próximas à foz e nas margens das lagunas adjacentes.

E - Vale Afogado

Ambiente deposicional formado por um complexo vale fluvial afogado. É definido por um sistema de vale rochoso que foi afogado por uma subida do nível relativo do mar. Nem a deposição marinha nem a fluvial foram suficientes para penetrar no sistema estuarino aberto, entretanto as cabeceiras dos vales podem conter deltas relativamente pequenos bordejando o mar aberto. Um delta de maré pode ocorrer em direção ao continente, durante uma transgressão marinha, sendo composto por areia marinha retrabalhada.

De acordo com Vale (2005), os ambientes propostos por Thom (1982) representam exemplos conhecidos que demonstram claramente como os processos físicos, por meio das repostas geomórficas, interagem para produzir distintas condições de habitats. Entretanto, existem combinações de processos que não estão encaixados dentro destes ambientes. Portanto, é importante avaliar, para cada caso, a interação dos processos físicos, os produtos sedimentares das formas de relevo e as condições ecológicas e não tentar simplesmente “adaptar” uma dada área dentro de uma tipologia de ambiente apresentada por este autor. Sendo assim, este trabalho irá analisar o estuário do rio São Mateus e tentar aproximá-lo a uma das tipologias definidas por Thom (*op. cit.*).

CAPÍTULO 4

SÍNTESE DOS CONHECIMENTOS PRÉ-EXISTENTES

4.1 Costa

A costa pode ser definida como uma faixa de terra que se estende da linha de praia para o interior do continente até as primeiras mudanças significativas das feições fisiográficas. Esta faixa varia normalmente de alguns quilômetros a algumas dezenas de quilômetros (SUGUIO, 1992).

Bird (1984) afirma que a costa pode ser caracterizada como uma zona de largura variada, incluindo a praia e estendendo-se em direção ao continente até o limite da influência marinha, como a crista de uma falésia, a cabeceira de um estuário ou uma terra firme localizada atrás de dunas costeiras, lagunas e manguezais. O termo linha de costa indica a margem continental até o limite da maré alta, porém ela se move à medida que a maré sobe e desce, havendo, dessa forma, linha de costa de maré baixa, linha de costa de maré média e linha de costa de maré alta.

Segundo Woodroffe (2002), a costa possui uma interface entre a terra e o mar, na qual o meio ambiente terrestre influencia o meio ambiente marinho e vice-versa. A linha de costa é a linha d'água atual, entretanto o termo costa é mais abrangente e inclui áreas que estão localizadas à frente e atrás desta linha, como baixios, dunas e falésias.

De acordo com Bird (1984), a costa consiste em algumas zonas (Figura 13). A praia é a zona entre a linha d'água na maré baixa até o seu limite superior onde a efetiva atividade das ondas podem chegar no sopé das falésias. Isso inclui a antepraia, exposta durante a maré baixa e submersa durante a maré alta, e a pós-praia, que se estende acima do nível normal da maré alta, que fica inundada pelas marés excepcionalmente altas ou por ondas de tempestade. A zona de costa adentro, compreendendo a zona de surfe e a zona de espraiamento (coberta à medida que as ondas se deslocam em direção a ante-praia, também migra à medida que a maré sobe e desce). A zona de arrebentação, ou seja, onde as ondas quebram, está limitada em direção ao mar, pela zona de costa afora, que se estende até um limite arbitrário de profundidade de água.

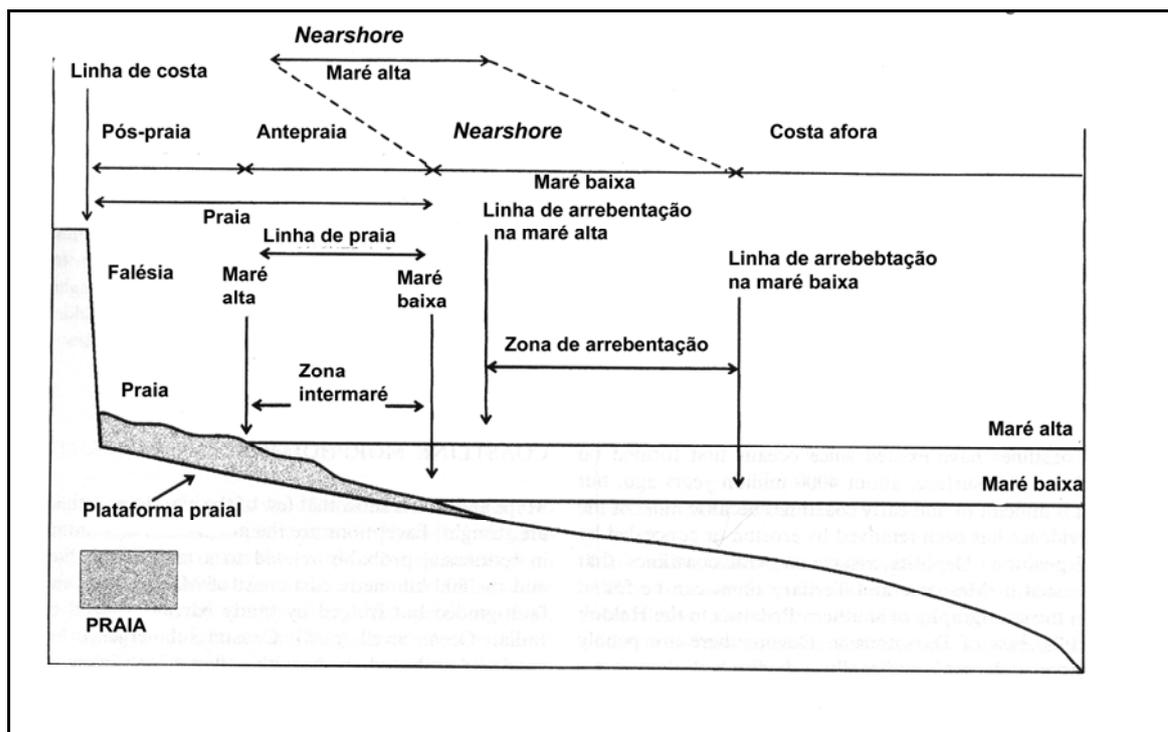


Figura 13 - Perfil praiado e sua terminologia
 Fonte: Bird (1984).

4.2 Estuários

De acordo com Miranda, Castro e Kjerfve (2002, p.31), os estuários possuem idade geológica recente sendo formados no período Quaternário a menos de cinco mil anos atrás. As alterações seculares do nível do mar de natureza eustática (variações no volume de água dos oceanos) ou isostática (variações do nível da crosta terrestre), bem como processos por origem tectônica são as possíveis causas que levaram a formação desses ambientes costeiros. A localização, forma e extensão dos estuários dependem do nível do mar, da topografia do litoral e dos rios sendo alterados por processos erosivos e deposicionais de sedimentos. Estes processos, que antes eram naturais, atualmente são consequência da exploração e exploração das bacias de drenagem, ou seja, do uso que se faz da terra ao longo da bacia.

Fairbridge (1980) afirma que cada estuário é um corpo costeiro único, sujeito à diferentes confinamentos físicos e, cada qual, marcado por diferentes períodos evolutivos. Se a evolução de cada estuário tivesse sido registrada em um filme, cada pedaço documentado desse filme tornaria evidente os diferentes estágios de

desenvolvimento. Na atualidade, nenhum estuário, nem sua forma, são mais velhos que 10.000 anos – passagem do Pleistoceno para o Holoceno.

A palavra estuário é derivada do Latim “aestus” e significa maré, ou melhor, a invasão do mar continente adentro (WOODROFFE, 2003).

Perillo (1995, apud Dyer, 1997) argumenta que o estuário pode ser definido de diferentes maneiras dependendo do ponto de vista do pesquisador. Algumas definições envolvem feições e processos, assim como o contexto no qual o estuário se formou levando a critérios adequados de classificação. A maioria dos oceanógrafos, engenheiros e cientistas da Terra concordam que, os estuários são áreas de interação entre a água doce e salgada, porém existem mais de quarenta definições de estuários.

Cameron e Pritchard (1963, apud Dyer, 1997) definem o estuário como um corpo costeiro semifechado que possui uma livre conexão com o mar aberto e na qual a água do mar é diluída com a água doce originada da drenagem continental. Esta definição não leva em conta a influência da maré nem mesmo a parte do rio que sofre influência da intrusão salina.

Dionne (1963, apud Miranda et al., 2002) dividiu o estuário em três setores ou zonas. Para o autor estuário é uma reentrância do mar, sendo geralmente subdividido em: estuário inferior ou marinho, com ligação livre com o oceano aberto, estuário médio, sujeito à intensa mistura da água do mar com a água fluvial e estuário superior ou fluvial, caracterizado por água doce, mas sujeito à influência diária da maré.



Figura 14 – Esquema de classificação proposto por Dione (1963)
Fonte: Perillo (1995)

Kjerfve (1987) ao definir o estuário levou em conta a gênese geológica, processos regionais como fatores climáticos, sedimentação recente e forçantes dinâmicas que contribuem para a formação desses ambientes e são responsáveis pelo amplo espectro de características geomorfológicas e fisiográficas encontradas na natureza. Este autor divide o estuário em três zonas:

- Zona de maré do rio (ZR) – parte fluvial com salinidade praticamente igual a zero, mas ainda sujeita à influência da maré;
- Zona de mistura (ZM) – região onde ocorre a mistura de água doce da drenagem continental com a água do mar;
- Zona costeira (ZC) – região costeira adjacente que se estende até a frente da pluma estuarina que delimita a Camada Limite Costeira (CLC).

Perillo (1995) propõe uma definição de estuário levando em conta aspectos geomorfológicos e físicos. De acordo com este autor:

[...] Estuário é um corpo d'água costeiro semifechado que se estende até o limite de atuação das marés, onde a água do mar que entra por uma ou mais conexões com o mar aberto ou com outro corpo d'água salgado costeiro é mensuravelmente diluída pela água doce oriunda da drenagem continental, e que sustenta espécies biológicas *eurihalinas*⁶ em parte ou em todo o ciclo da vida. (PERILLO, 1995, p.26).

4.2.1 Forçantes da circulação estuarina

As forçantes de um estuário podem ser caracterizadas por agentes locais e remotos gerados pela ação de ventos climáticos, oceanográficos, geológicos, hidrológicos, biológicos e químicos, que ocorrem na bacia de drenagem e no oceano adjacente muitas vezes a dezenas, centenas e até milhares de quilômetros de distância (MIRANDA, CASTRO e KJERFVE, 2002).

Dyer (1997) afirma que a maré acaba tendo ação dominante na circulação dos ambientes estuarinos, tanto em intensidade como em frequência.

⁶*Eurihalinas*: espécies que toleram ou sobrevivem em um ambiente com alta salinidade (MIRANDA, CASTRO e KJERFVE, 2002).

A interação entre a onda de maré propagando-se estuário acima e a morfologia do estuário, é responsável por importantes variações na altura da maré e na intensidade das correntes. Isto implica diretamente no aumento ou diminuição da salinidade e na concentração de sedimentos na boca do estuário. Neste contexto Davis (1964, apud Dyer, 1997) classifica os estuários de acordo com a altura da maré:

- Micromaré - altura máxima menor que 2 m;
- Mesomaré - altura máxima entre 2 a 4 m;
- Macromaré - altura máxima entre 4 a 6 m;
- Hipermaré - altura máxima maior que 6 m.

Nichols e Biggs (1985 apud Miranda et al., 2002) afirmam que a convergência das margens do estuário faz com que a onda de maré seja comprimida lateralmente e, na ausência do atrito, a conservação de energia ocasiona o aumento da altura da maré. Por sua vez, o atrito causa o decréscimo da altura da maré. Seguindo este raciocínio, os autores (*op. cit.*) definem três condições para o comportamento da maré em um estuário:

- Estuário hipersíncrono – A convergência excede a fricção. Neste caso, as amplitudes da maré e de suas correntes no estuário aumentam em direção à montante do estuário até atingir a seção do estuário dominada pelo rio, a partir de onde diminui a influência da maré. Esta classe de estuário normalmente possui um formato afunilado;

- Estuário síncrono – os efeitos do atrito e da convergência estão em balanço, e a altura da maré permanece constante até a seção do estuário dominado pelo rio;

- Estuário hiposíncrono – o efeito do atrito excede o da convergência e, em consequência, a altura da maré diminui ao longo do estuário.

A circulação em um estuário é mantida pelas grandes diferenças de densidade produzidas pelo contraste de salinidade entre água doce e as águas oceânicas. O vento é uma forçante da circulação estuarina que promove aeração e mistura das camadas superiores da coluna d'água. Ele influencia tanto as águas estuarinas

quanto as costeiras, podendo ocasionar “erosão” ou quebra de estratificação das camadas superiores do estuário, e até a mistura vertical da coluna d’água em estuários rasos (MIRANDA, CASTRO e KJERFVE, 2002).

Baseando-se na estratificação vertical de salinidade Pritchard (1955) definiu os seguintes tipos de estuários:

- Cunha Salina – São estuários típicos de regiões de micromaré e de lugares em que predominam condições de grande descarga fluvial. O volume do *prisma de maré*⁷ é pequeno se comparado ao volume de água doce, portanto, a água doce flutua sobre a água oceânica mais densa sem experimentar muita mistura.

- Moderadamente ou Parcialmente Misturado – Com a co-oscilação da maré, todo volume de água no interior do estuário é agitado periodicamente ocasionando erosão da *haloclina*⁸. O transporte de água do mar estuário acima ocorre nas camadas mais profundas e o de água doce ocorre na camada superficial ocasionando um movimento unidirecional e em sentido opostos.

- Verticalmente Bem Misturado e Lateralmente Estratificado – Este tipo de estuário forma-se em geral em canais rasos e estreitos forçados por descarga fluvial pequena. Se este sistema estiver localizado numa região com altura de maré moderada ou grande, o cisalhamento das correntes no fundo produzirá turbulência, cujo fluxo para o interior será suficientemente intenso para a completa erosão da haloclina. O estuário Lateralmente Estratificado apresenta a razão largura/profundidade relativamente grande permitindo com que a força de Coriolis⁴ gera estratificação lateral de salinidade.

- Verticalmente Bem Misturado e Lateralmente Estratificado – Este tipo de estuário forma-se em geral em canais rasos e estreitos forçados por descarga fluvial pequena. Se este sistema estiver localizado numa região com altura de maré moderada ou grande, o cisalhamento das correntes no fundo produzirá turbulência,

⁷Prisma de maré: É o volume de água do mar que entra no estuário durante a maré enchente, estando relacionado intimamente com a altura da maré, pois $P=HoAs$, onde P significa prisma de maré, Ho significa altura da onda de maré e As significa área superficial do estuário (MIRANDA, CASTRO e KJERFVE, 2002)..

⁸Haloclina: É uma superfície de transição entre águas com diferentes salinidades (MIRANDA, CASTRO e KJERFVE, 2002).

cujo fluxo para o interior será suficientemente intenso para a completa erosão da haloclina.

O estuário Lateralmente Estratificado apresenta a razão largura/profundidade relativamente grande permitindo com que a *força de Coriolis*⁹ gera estratificação lateral de salinidade.

- *Bem Misturado* – Ocorre em canais estuarinos estreitos onde o cisalhamento das correntes de maré gera difusão turbulenta com intensidade bem maior do que nos outros tipos de estuário. Não há praticamente nenhuma diferença entre a salinidade do fundo e da superfície, caracterizando ausência da haloclina.

4.2.2 Classificação geomorfológica dos estuários

As variações no nível relativo do mar, a hidrologia, a geomorfologia e as forçantes oceanográficas determinam a morfologia das desembocaduras fluviais. A importância relativa de cada um dos itens citados dita o tipo de comunicação existente entre rio e mar, ou seja, se a mesma apresenta formação de um delta ou de um estuário.

De acordo com o esquema de Davies (1973), há um *continuum* de tipos de estuários (Figura 15). No extremo esquerdo do “espectro” existem lagunas produzidas por ação marinha, principalmente por ondas, encontradas atrás de uma barreira de sedimentos arenosos.

Enquanto no extremo direito encontram-se deltas, que são produzidos muito mais pelos processos fluviais do que pelos marinhos. Normalmente eles projetam-se para dentro de um corpo d’água – a plataforma continental proximal, por exemplo – e caracterizam-se pela presença dos sedimentos finos, siltosos e argilosos, provenientes do escoamento das bacias da drenagem continental.

⁹*Força de Coriolis*: caracteriza-se por ser uma força de inércia que atua juntamente com a força de arrastamento e a força centrífuga, sobre um corpo cujo sistema de referência se encontre em rotação. É perpendicular ao plano definido pelo eixo de rotação e pelo vetor velocidade.

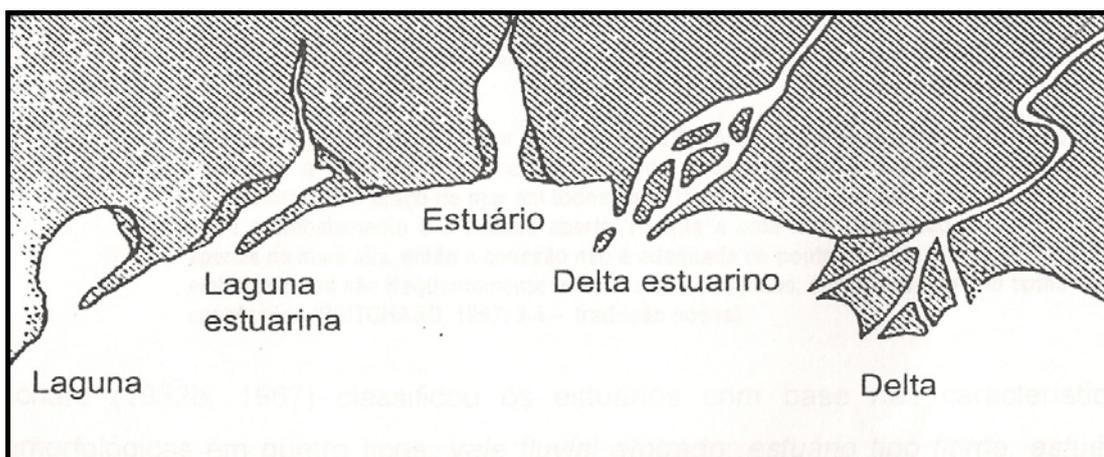


Figura 15 – Representação esquemática de um *continuum* de tipos de braços de mar de lagunas à deltas
 Fonte: Davies, (1973).

Entre os extremos, lagunas e deltas, estão presentes, segundo Davies (*op.cit.*), três ambientes costeiros que são: lagunas estuarinas, estuários e deltas estuarinos, representando uma mistura e gradação dos tipos anteriormente mencionados. Provavelmente, uma diminuição na energia das ondas, associada ao acréscimo dos sedimentos fluviais, poderia alterar um determinado sistema, como por exemplo, um estuário que passaria a ser um delta estuarino. De fato, os estuários têm mudado suas feições à medida que o clima alterou-se ao longo do tempo geológico, bem como por meio das alterações antrópicas realizadas no próprio estuário ou nas suas proximidades.

De acordo com Perillo (1995), a primeira classificação de estuários a partir do ponto de vista geomorfológico foi feita por Pritchard (1952). Ele dividiu os estuários em três grupos:

- Vales afogados – São típicos de regiões de planície costeira e se formaram durante a transgressão do mar no Holoceno, que inundou os vales dos rios. O processo de inundação foi muito mais acentuado do que o de sedimentação e a topografia atual tornou-se muito semelhante ao vale de um rio.
- Fiordes – Estas feições surgiram em regiões que durante o Pleistoceno estavam cobertas por uma espessa camada de gelo e sofreram uma intensa escavação glacial na planície costeira ou próximo à plataforma continental provocada pelo degelo. A pressão do gelo sobre os blocos continentais e os efeitos

erosivos durante o descongelamento aprofundaram os vales primitivos e deixaram um alto fundo rochoso na entrada, denominado de soleira.

- Construído por Barra – São formados também pela inundação de vales primitivos durante a transgressão marinha, mas a sedimentação recente ocasionou a formação de barras na boca. O rio ou sistema de rios que alimentam esse estuário, além de apresentarem descarga variável de acordo com a estação do ano, podem transportar grande concentração de sedimentos em suspensão, ocasionando alterações sazonais na geometria da entrada (barra). Em períodos de enchente, a barra pode ser erodida completamente, restabelecendo-se novamente quando cessa o período de chuvas mais intensas.

Fairbridge (1980, apud Dyer, 1997) propôs uma classificação dos estuários baseada nas características fisiográficas (Figura 16). Ele levou em conta a interpretação da história geológica, descarga fluvial de água e sedimentos, correntes de maré, ondas e processos costeiros.

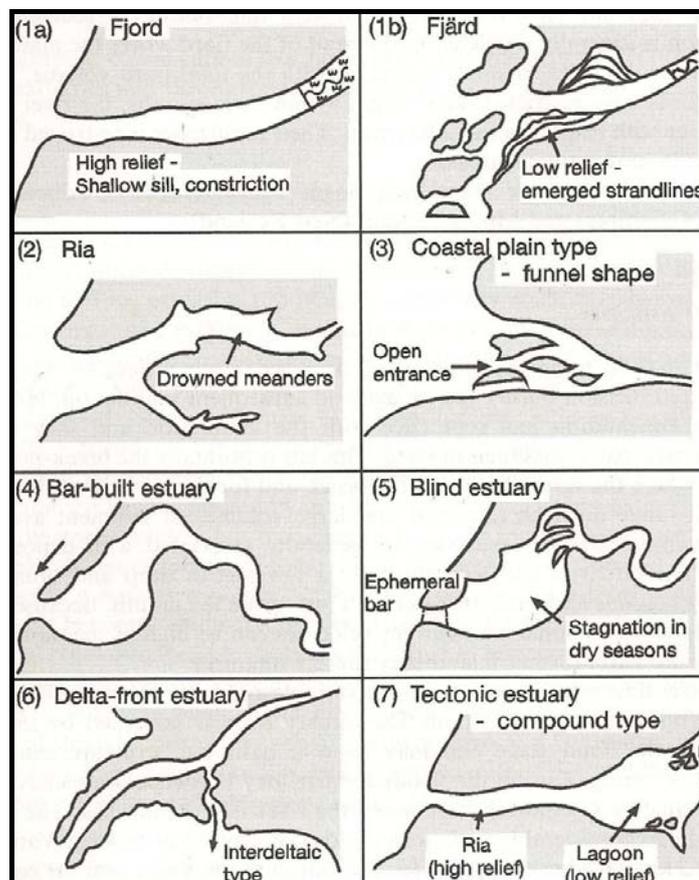


Figura 16 - Classificação fisiográfica dos estuários segundo Fairbridge (1980)
 Fonte: Dyer, (1997).

Dalrymple et al. (1992, apud Dyer, 1997), considera o atual desenvolvimento geomorfológico dos estuários como parte de um processo evolucionário. A retrogradação da linha de costa está associada ao aumento do nível relativo do mar (transgressão marinha), porém a progradação não necessariamente está associada com a descida do nível do mar. A progradação pode estar associada à disponibilidade de sedimentos, que permite o avanço da linha de costa, mesmo que ocorra um gradual aumento do nível relativo do mar. Os deltas são vales de rios preenchidos pelo aporte de sedimentos provindos do deságüe fluvial. Em situações em que o rio exerce pouca influência, planícies de maré ou plaino praial são formados. Já os estuários formaram-se em decorrência da transgressão marinha, que levou ao afogamento dos vales, aumentando o número e extensão destas feições costeiras. A Figura 17 apresenta um diagrama em que é possível diferenciar deltas de estuários a partir da subida e descida do nível relativo do mar.

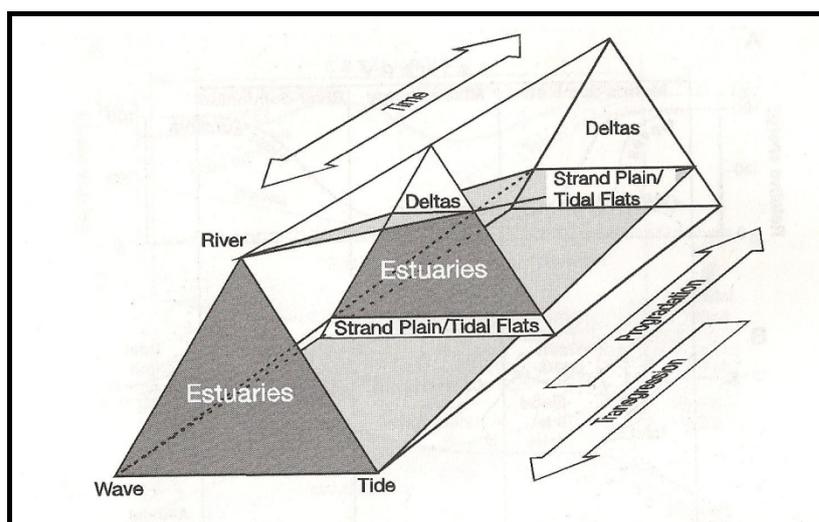


Figura 17 - Classificação dos ambientes costeiros a partir da evolução geológica
Fonte: Dyer (1997).

O autor (*op. cit.*) dividiu os estuários de planície costeira em dois tipos, descritos abaixo:

- Dominado por Ondas – Nestes estuários, o regime de ondas é a forçante mais importante na determinação da morfologia e circulação do estuário, atuando junto à boca do estuário, onde erode e transporta os sedimentos das margens, depositando-os na forma de pontal ou barra arenosa. Este pontal é a feição que determina a largura da boca do estuário, e sua construção, apesar de

tender a fechar o estuário como uma laguna, é interrompida pelo retrabalhamento provocado pelas correntes de maré. Como as marés não apresentam força suficiente para retrabalhar os sedimentos no interior do estuário devido à restrição imposta pela barra arenosa, o resultado desta característica é o fato de o estuário apresentar um delta a montante (na zona de maré do rio) onde predominam sedimentos terrígenos de origem fluvial; e uma ligação com o mar altamente dinâmica devido à atuação de ondas, marés e de suas correntes (na parte externa da zona de mistura e na zona costeira), onde os sedimentos arenosos apresentam características marinhas. Este tipo de estuário apresenta praias associadas ao pontal arenoso formado pelas ondas.

- *Dominado por Marés* – Como consequência das fortes correntes de maré, que dominam sobre o efeito das ondas, a boca do estuário é geralmente larga, com a presença de bancos de sedimentos orientados na direção das correntes. Próximo a cabeceira do estuário, a influência das marés diminui e permite o domínio do fluxo fluvial. Este tipo de estuário apresenta mangues ou marismas associados às grandes áreas entremarés e aos bancos sedimentares. A distribuição sedimentar ao longo destes estuários se distingue de forma discreta, pois a energia do ambiente se mantém praticamente constante, retrabalhando e misturando os sedimentos, apesar de mudar bastante a composição energética (rios, ondas, marés, ventos) e as fontes sedimentares (rio, mar, organismos). A variação sedimentar de melhor visualização é a transversal ao eixo principal do estuário, onde o canal principal do estuário apresenta sedimentos mais arenosos, e as planícies de inundação e seus canais apresentam sedimentos lamosos.

4.2.3 Elevação do nível relativo do mar

As elevações do nível relativo do mar no Quaternário foram fundamentais para a construção dos estuários atuais devido ao “afogamento” dos antigos vales fluviais.

As variações dos níveis dos oceanos são controladas principalmente pelas flutuações nos volumes das bacias oceânicas, principalmente em função da tectônica de placas, causando a *tectono-eustasia*; flutuações nos volumes das águas nas bacias oceânicas, principalmente por fenômenos de glaciação e de deglaciação,

originando a *glacioeustasia* e, finalmente, pelas deformações das superfícies oceânicas, de origem gravitacional, causando a *geóideustasia*. Por outro lado, as mudanças nos níveis dos continentes, submetidas aos movimentos tectônicos, horizontais e verticais, afetam a crosta terrestre por mecanismos de dinâmica interna, de duração geológica longa e/ou instantânea. Movimentos isostáticos, relacionados às variações nas sobrecargas exercidas pela expansão e retração das geleiras sobre os continentes, tanto pela deposição como pela erosão em bacias sedimentares ou pela transgressão e regressão sobre as plataformas continentais (hidroisostasia), também acarretam mudanças no nível dos continentes, tanto quanto as deformações das superfícies continentais, devidas principalmente a causas gravitacionais (SUGUIO, 1999).

A Figura 18, apresenta os três principais fatores que controlam o nível do mar e o nível do continente.

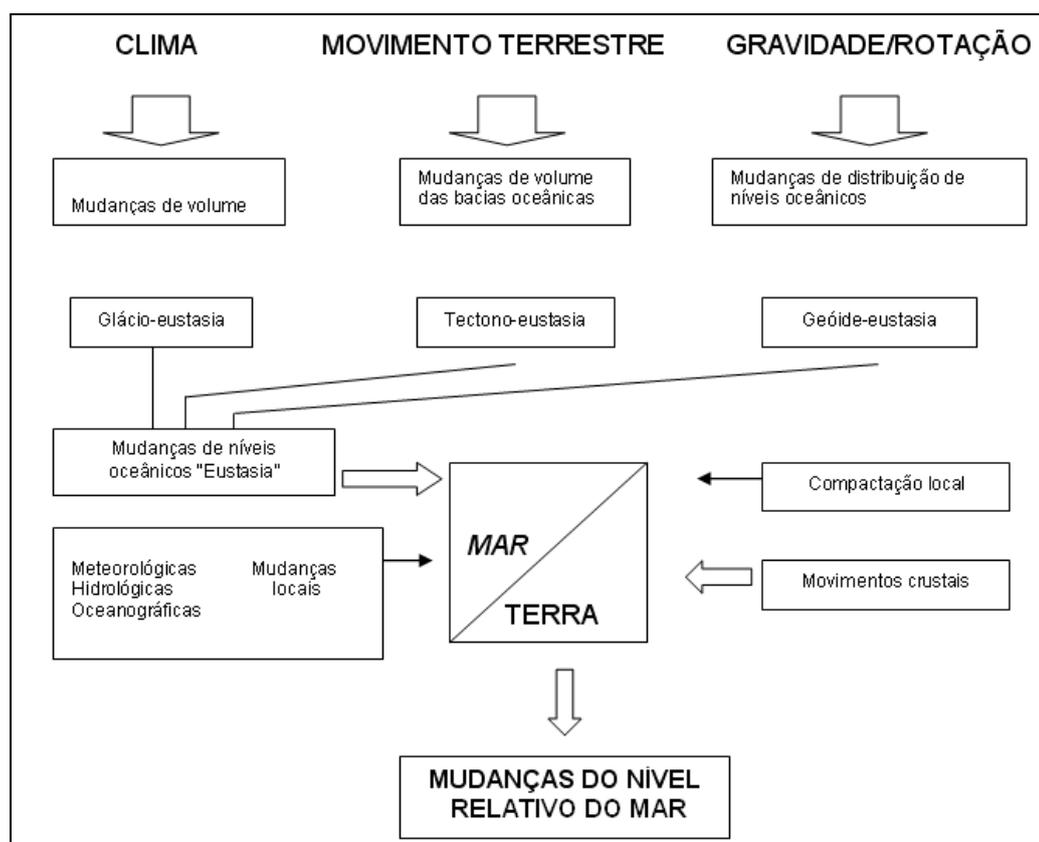


Figura 18 – Fatores que controlam o nível do mar e o “nível do continente”, responsáveis pelas mudanças do nível relativo do mar
 Fonte: Martin et al., (1986).

Dominguez et al. (1981) afirmam que o primeiro ciclo de idade pleistocênica (~120000 anos A.P.), atingiu cotas de 8 ± 2 metros acima do nível atual. Este evento foi denominado como Transgressão Cananéia. A partir do máximo transgressivo pleistocênico, o nível do mar recuou até posições ao redor da isóbata de 110 metros abaixo do nível atual, há cerca de 17000 anos A.P. Ao longo deste processo de regressão marinha, a atual plataforma continental foi quase totalmente exposta, sendo sulcada por vales fluviais. Nesse período ocorreu uma variação aproximada de 118 metros do nível relativo do mar, ou seja, uma variação de 0,19 cm/ano. A partir do máximo regressivo, o nível relativo do mar foi submetido a uma nova elevação, tendo atingido há cerca de 7000 anos A.P., um nível próximo do zero atual. Este processo transgressivo se manteve até 5100 anos A.P., atingindo quatro metros acima do nível atual. Esta foi denominada para o litoral paulista de Transgressão Santos.

Segundo Tessler & Goya (2005), ao longo do Quaternário, dois ciclos transgressivos e regressivos modelaram as planícies costeiras brasileiras, conseqüência de oscilações relativas do nível do mar. A Figura 19 apresenta a evolução paleogeográfica de grande parte do litoral brasileiro desde o Terciário superior até os dias atuais.

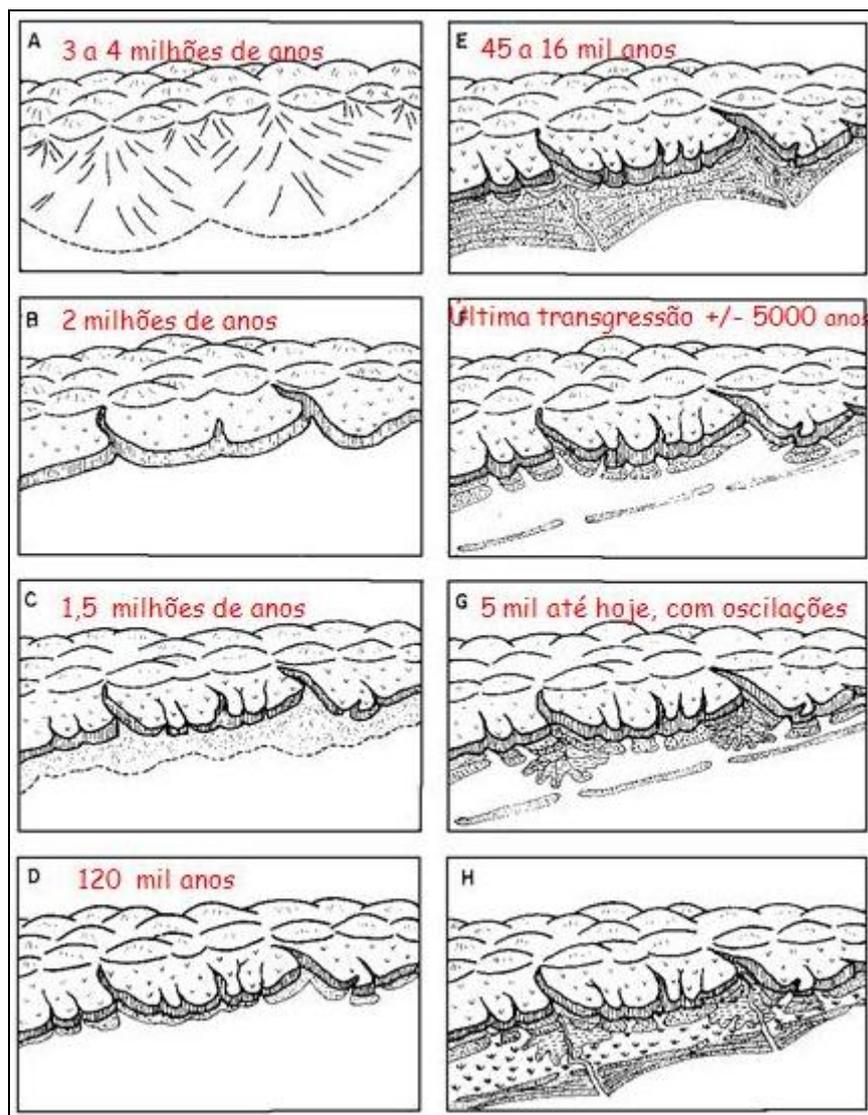


Figura 19 – Evolução paleogeográfica de grande parte do litoral brasileiro. Fonte: Dominguez et al., (1981, apud Albino, 1999).

O estágio A é caracterizado principalmente pela deposição da Formação Barreiras ocorrido no Plioceno. Neste estágio o nível do mar encontrava-se mais baixo do que o atual. No estágio B houve uma interrupção na deposição Barreiras em consequência de uma mudança do clima semi-árido para úmido. Junto a mudança climática ocorreu uma Transgressão Marinha Pleistocênica. Em seguida a Transgressão Marinha ocorreu uma Regressão Marinha paralelo ao retorno das condições climáticas semi-áridas permitindo assim, uma nova retirada de sedimentos continentais e posterior deposição destes no sopé das escarpas esculpidas nos sedimentos de Formação Barreiras (estádio C). O estágio D corresponde ao máximo da Penúltima Transgressão Marinha, também conhecida

como Transgressão Cananéia, onde o mar alcançou cotas de 8 metros acima do nível atual, erodindo total ou parcialmente os depósitos continentais que haviam sido sedimentados no estágio C. Foi nesta fase que os baixos cursos de alguns rios foram afogados formando assim os estuários. No estágio E houve novamente uma Regressão Marinha na qual foram construídos os terraços marinhos pleistocênicos, que se caracterizam por sua posição mais interna em relação a linha de praia atual e também por apresentarem areias de cor mais escura devido a impregnação de ácidos húmicos. O estágio F é marcado pela última Transgressão Marinha que ocorreu por volta de 5.100 anos A.P. e que teve como consequência a erosão total ou parcial e o afogamento dos terraços marinhos pleistocênicos construídos no estágio superior. Em consequência a este afogamento desenvolveram-se as ilhas barreiras que funcionavam como molhes, separando o material sedimentar pleistocênico do mar aberto (TESSLER & GOYA, 2005).

A evolução paleogeográfica do baixo curso do rio São Mateus, ou seja, no trecho em que ele inflete para o norte, até alcançar o Oceano Atlântico, na cidade de Conceição da Barra, pode ser acompanhada através da evolução da planície costeira do rio Doce.

Para descrever a evolução paleogeográfica da planície costeira do norte do Espírito Santo são fundamentais os trabalhos de Suguio & Tessler (1984), Flexor et al. (1984), Martin et al. (1983), Martin et al. (1993) e Martin et al. (1997). Os estádios de evolução paleogeográfica e paleoclimática propostos, sobretudo, por Martin et al. (1997) para a planície costeira do norte do Estado, estão compreendidos no modelo evolutivo idealizado por Martin et al. (1983) para o trecho do litoral brasileiro, entre Macaé (RJ) e Maceió (AL).

Na planície costeira da foz do rio Doce (ES) foi possível comprovar, por meio de datações ao radiocarbono, duas fases de expansão lagunar: a primeira entre 7.000 e 4.100 anos A.P. e a segunda entre 3.600 e 3.000 anos A.P.. Com base nestes dados pode-se supor que as variações do nível relativo do mar ao longo dessa parte do litoral do Brasil tenham sido bastante semelhantes àquelas verificadas em outros setores (Figura 20).

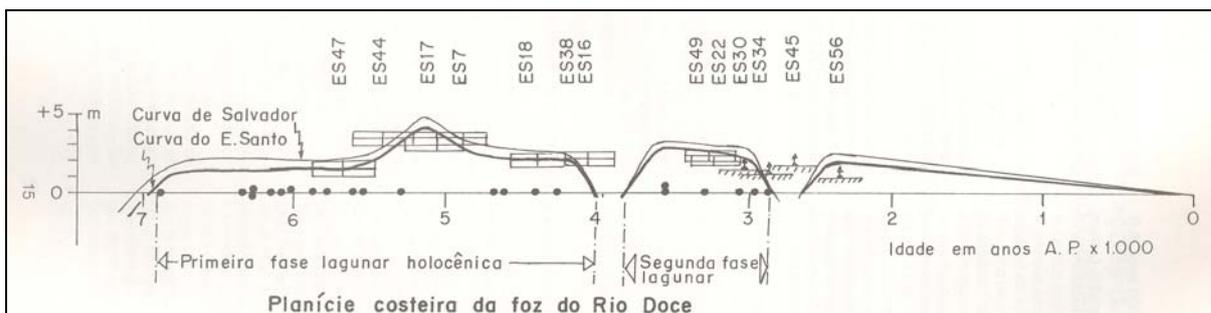


Figura 20 – Curva de variação do nível relativo do mar para o setor compreendido pela planície costeira do rio Doce (ES), em um encontro com a curva de Salvador (BA)

Fonte: Martin et al., 1997.

De acordo com Martin et al. (1997), os diversos estádios da evolução da planície costeira do rio Doce (Figura 21) são definidos como “fases de construção” e “fases de erosão”, que se articulam geneticamente com que ocorre na parte norte, especificamente com a planície costeira do rio São Mateus. No estágio 2 (primeira fase de construção), a concavidade formada pelas ilhas-barreiras começou a ser preenchida sob o efeito de transporte litorâneo de sul para o norte, isto é, sob a influência de ondas eficazes. O estágio 9 corresponde a quarta fase de erosão, onde uma nítida discordância nos alinhamentos das cristas praias acusa uma nova fase de modificação das condições hidrodinâmicas regidas por ondas eficazes do setor norte. O estágio 16 corresponde a oitava fase de construção. Houve uma volta às condições hidrodinâmicas iniciais, sob a influência de ondas eficazes do setor sul, ocasionando a retomada da progradação para o norte. Por volta de 3900 a 3600 anos A.P. houve uma súbita elevação do nível relativo do mar de 2 a 3 metros ocasionando uma submersão das desembocaduras e erosão generalizada. Fases de construção e erosão se alternaram. O estágio 29 corresponde ao período de 2.500 anos A.P. até hoje estando relacionado com a quarta fase de erosão. Verifica-se uma forte erosão em ambas as margens da desembocadura H, e em época relativamente recente ela foi desativada. É provável que uma extensa área de sedimentação, próxima à foz do rio São Mateus, na extremidade norte da planície, tenha sido suprida pela areia erodida da desembocadura H após a sua desativação.

CAPÍTULO 4

SÍNTESE DOS CONHECIMENTOS PRÉ-EXISTENTES

4.1 Costa

A costa pode ser definida como uma faixa de terra que se estende da linha de praia para o interior do continente até as primeiras mudanças significativas das feições fisiográficas. Esta faixa varia normalmente de alguns quilômetros a algumas dezenas de quilômetros (SUGUIO, 1992).

Bird (1984) afirma que a costa pode ser caracterizada como uma zona de largura variada, incluindo a praia e estendendo-se em direção ao continente até o limite da influência marinha, como a crista de uma falésia, a cabeceira de um estuário ou uma terra firme localizada atrás de dunas costeiras, lagunas e manguezais. O termo linha de costa indica a margem continental até o limite da maré alta, porém ela se move à medida que a maré sobe e desce, havendo, dessa forma, linha de costa de maré baixa, linha de costa de maré média e linha de costa de maré alta.

Segundo Woodroffe (2002), a costa possui uma interface entre a terra e o mar, na qual o meio ambiente terrestre influencia o meio ambiente marinho e vice-versa. A linha de costa é a linha d'água atual, entretanto o termo costa é mais abrangente e inclui áreas que estão localizadas à frente e atrás desta linha, como baixios, dunas e falésias.

De acordo com Bird (1984), a costa consiste em algumas zonas (Figura 13). A praia é a zona entre a linha d'água na maré baixa até o seu limite superior onde a efetiva atividade das ondas podem chegar no sopé das falésias. Isso inclui a antepraia, exposta durante a maré baixa e submersa durante a maré alta, e a pós-praia, que se estende acima do nível normal da maré alta, que fica inundada pelas marés excepcionalmente altas ou por ondas de tempestade. A zona de costa adentro, compreendendo a zona de surfe e a zona de espraiamento (coberta à medida que as ondas se deslocam em direção a ante-praia, também migra à medida que a maré sobe e desce). A zona de arrebentação, ou seja, onde as ondas quebram, está limitada em direção ao mar, pela zona de costa afora, que se estende até um limite arbitrário de profundidade de água.

desenvolvimento. Na atualidade, nenhum estuário, nem sua forma, são mais velhos que 10.000 anos – passagem do Pleistoceno para o Holoceno.

A palavra estuário é derivada do Latim “aestus” e significa maré, ou melhor, a invasão do mar continente adentro (WOODROFFE, 2003).

Perillo (1995, apud Dyer, 1997) argumenta que o estuário pode ser definido de diferentes maneiras dependendo do ponto de vista do pesquisador. Algumas definições envolvem feições e processos, assim como o contexto no qual o estuário se formou levando a critérios adequados de classificação. A maioria dos oceanógrafos, engenheiros e cientistas da Terra concordam que, os estuários são áreas de interação entre a água doce e salgada, porém existem mais de quarenta definições de estuários.

Cameron e Pritchard (1963, apud Dyer, 1997) definem o estuário como um corpo costeiro semifechado que possui uma livre conexão com o mar aberto e na qual a água do mar é diluída com a água doce originada da drenagem continental. Esta definição não leva em conta a influência da maré nem mesmo a parte do rio que sofre influência da intrusão salina.

Dionne (1963, apud Miranda et al., 2002) dividiu o estuário em três setores ou zonas. Para o autor estuário é uma reentrância do mar, sendo geralmente subdividido em: estuário inferior ou marinho, com ligação livre com o oceano aberto, estuário médio, sujeito à intensa mistura da água do mar com a água fluvial e estuário superior ou fluvial, caracterizado por água doce, mas sujeito à influência diária da maré.



Figura 14 – Esquema de classificação proposto por Dione (1963)
Fonte: Perillo (1995)

Kjerfve (1987) ao definir o estuário levou em conta a gênese geológica, processos regionais como fatores climáticos, sedimentação recente e forçantes dinâmicas que contribuem para a formação desses ambientes e são responsáveis pelo amplo espectro de características geomorfológicas e fisiográficas encontradas na natureza. Este autor divide o estuário em três zonas:

- Zona de maré do rio (ZR) – parte fluvial com salinidade praticamente igual a zero, mas ainda sujeita à influência da maré;
- Zona de mistura (ZM) – região onde ocorre a mistura de água doce da drenagem continental com a água do mar;
- Zona costeira (ZC) – região costeira adjacente que se estende até a frente da pluma estuarina que delimita a Camada Limite Costeira (CLC).

Perillo (1995) propõe uma definição de estuário levando em conta aspectos geomorfológicos e físicos. De acordo com este autor:

[...] Estuário é um corpo d'água costeiro semifechado que se estende até o limite de atuação das marés, onde a água do mar que entra por uma ou mais conexões com o mar aberto ou com outro corpo d'água salgado costeiro é mensuravelmente diluída pela água doce oriunda da drenagem continental, e que sustenta espécies biológicas *eurihalinas*⁶ em parte ou em todo o ciclo da vida. (PERILLO, 1995, p.26).

4.2.1 Forçantes da circulação estuarina

As forçantes de um estuário podem ser caracterizadas por agentes locais e remotos gerados pela ação de ventos climáticos, oceanográficos, geológicos, hidrológicos, biológicos e químicos, que ocorrem na bacia de drenagem e no oceano adjacente muitas vezes a dezenas, centenas e até milhares de quilômetros de distância (MIRANDA, CASTRO e KJERFVE, 2002).

Dyer (1997) afirma que a maré acaba tendo ação dominante na circulação dos ambientes estuarinos, tanto em intensidade como em frequência.

⁶*Eurihalinas*: espécies que toleram ou sobrevivem em um ambiente com alta salinidade (MIRANDA, CASTRO e KJERFVE, 2002).

A interação entre a onda de maré propagando-se estuário acima e a morfologia do estuário, é responsável por importantes variações na altura da maré e na intensidade das correntes. Isto implica diretamente no aumento ou diminuição da salinidade e na concentração de sedimentos na boca do estuário. Neste contexto Davis (1964, apud Dyer, 1997) classifica os estuários de acordo com a altura da maré:

- Micromaré - altura máxima menor que 2 m;
- Mesomaré - altura máxima entre 2 a 4 m;
- Macromaré - altura máxima entre 4 a 6 m;
- Hipermaré - altura máxima maior que 6 m.

Nichols e Biggs (1985 apud Miranda et al., 2002) afirmam que a convergência das margens do estuário faz com que a onda de maré seja comprimida lateralmente e, na ausência do atrito, a conservação de energia ocasiona o aumento da altura da maré. Por sua vez, o atrito causa o decréscimo da altura da maré. Seguindo este raciocínio, os autores (*op. cit.*) definem três condições para o comportamento da maré em um estuário:

- Estuário hipersíncrono – A convergência excede a fricção. Neste caso, as amplitudes da maré e de suas correntes no estuário aumentam em direção à montante do estuário até atingir a seção do estuário dominada pelo rio, a partir de onde diminui a influência da maré. Esta classe de estuário normalmente possui um formato afunilado;

- Estuário síncrono – os efeitos do atrito e da convergência estão em balanço, e a altura da maré permanece constante até a seção do estuário dominado pelo rio;

- Estuário hiposíncrono – o efeito do atrito excede o da convergência e, em consequência, a altura da maré diminui ao longo do estuário.

A circulação em um estuário é mantida pelas grandes diferenças de densidade produzidas pelo contraste de salinidade entre água doce e as águas oceânicas. O vento é uma forçante da circulação estuarina que promove aeração e mistura das camadas superiores da coluna d'água. Ele influencia tanto as águas estuarinas

quanto as costeiras, podendo ocasionar “erosão” ou quebra de estratificação das camadas superiores do estuário, e até a mistura vertical da coluna d’água em estuários rasos (MIRANDA, CASTRO e KJERFVE, 2002).

Baseando-se na estratificação vertical de salinidade Pritchard (1955) definiu os seguintes tipos de estuários:

- Cunha Salina – São estuários típicos de regiões de micromaré e de lugares em que predominam condições de grande descarga fluvial. O volume do *prisma de maré*⁷ é pequeno se comparado ao volume de água doce, portanto, a água doce flutua sobre a água oceânica mais densa sem experimentar muita mistura.

- Moderadamente ou Parcialmente Misturado – Com a co-oscilação da maré, todo volume de água no interior do estuário é agitado periodicamente ocasionando erosão da *haloclina*⁸. O transporte de água do mar estuário acima ocorre nas camadas mais profundas e o de água doce ocorre na camada superficial ocasionando um movimento unidirecional e em sentido opostos.

- Verticalmente Bem Misturado e Lateralmente Estratificado – Este tipo de estuário forma-se em geral em canais rasos e estreitos forçados por descarga fluvial pequena. Se este sistema estiver localizado numa região com altura de maré moderada ou grande, o cisalhamento das correntes no fundo produzirá turbulência, cujo fluxo para o interior será suficientemente intenso para a completa erosão da haloclina. O estuário Lateralmente Estratificado apresenta a razão largura/profundidade relativamente grande permitindo com que a força de Coriolis⁴ gera estratificação lateral de salinidade.

- Verticalmente Bem Misturado e Lateralmente Estratificado – Este tipo de estuário forma-se em geral em canais rasos e estreitos forçados por descarga fluvial pequena. Se este sistema estiver localizado numa região com altura de maré moderada ou grande, o cisalhamento das correntes no fundo produzirá turbulência,

⁷Prisma de maré: É o volume de água do mar que entra no estuário durante a maré enchente, estando relacionado intimamente com a altura da maré, pois $P=HoAs$, onde P significa prisma de maré, Ho significa altura da onda de maré e As significa área superficial do estuário (MIRANDA, CASTRO e KJERFVE, 2002)..

⁸Haloclina: É uma superfície de transição entre águas com diferentes salinidades (MIRANDA, CASTRO e KJERFVE, 2002).

cujo fluxo para o interior será suficientemente intenso para a completa erosão da haloclina.

O estuário Lateralmente Estratificado apresenta a razão largura/profundidade relativamente grande permitindo com que a *força de Coriolis*⁹ gera estratificação lateral de salinidade.

- *Bem Misturado* – Ocorre em canais estuarinos estreitos onde o cisalhamento das correntes de maré gera difusão turbulenta com intensidade bem maior do que nos outros tipos de estuário. Não há praticamente nenhuma diferença entre a salinidade do fundo e da superfície, caracterizando ausência da haloclina.

4.2.2 Classificação geomorfológica dos estuários

As variações no nível relativo do mar, a hidrologia, a geomorfologia e as forçantes oceanográficas determinam a morfologia das desembocaduras fluviais. A importância relativa de cada um dos itens citados dita o tipo de comunicação existente entre rio e mar, ou seja, se a mesma apresenta formação de um delta ou de um estuário.

De acordo com o esquema de Davies (1973), há um *continuum* de tipos de estuários (Figura 15). No extremo esquerdo do “espectro” existem lagunas produzidas por ação marinha, principalmente por ondas, encontradas atrás de uma barreira de sedimentos arenosos.

Enquanto no extremo direito encontram-se deltas, que são produzidos muito mais pelos processos fluviais do que pelos marinhos. Normalmente eles projetam-se para dentro de um corpo d’água – a plataforma continental proximal, por exemplo – e caracterizam-se pela presença dos sedimentos finos, siltosos e argilosos, provenientes do escoamento das bacias da drenagem continental.

⁹*Força de Coriolis*: caracteriza-se por ser uma força de inércia que atua juntamente com a força de arrastamento e a força centrífuga, sobre um corpo cujo sistema de referência se encontre em rotação. É perpendicular ao plano definido pelo eixo de rotação e pelo vetor velocidade.

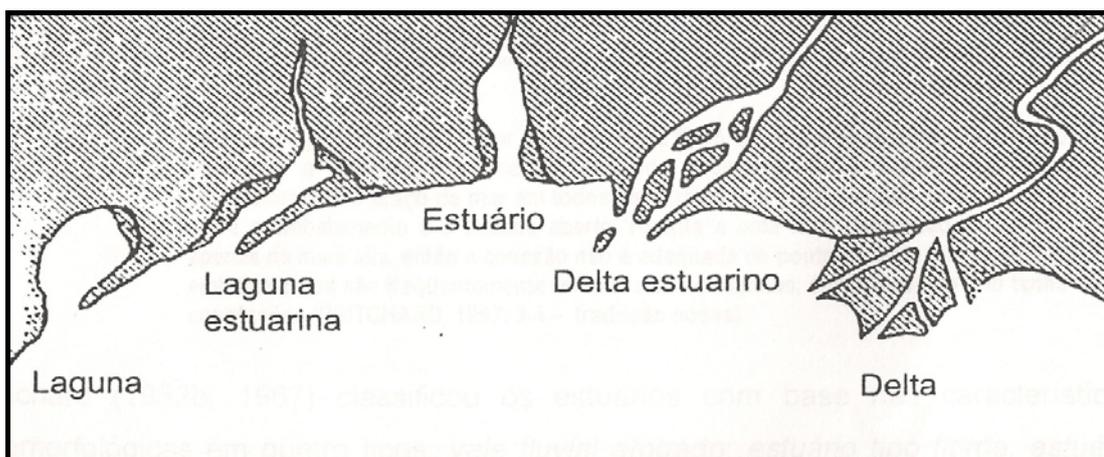


Figura 15 – Representação esquemática de um *continuum* de tipos de braços de mar de lagunas à deltas
 Fonte: Davies, (1973).

Entre os extremos, lagunas e deltas, estão presentes, segundo Davies (*op.cit.*), três ambientes costeiros que são: lagunas estuarinas, estuários e deltas estuarinos, representando uma mistura e gradação dos tipos anteriormente mencionados. Provavelmente, uma diminuição na energia das ondas, associada ao acréscimo dos sedimentos fluviais, poderia alterar um determinado sistema, como por exemplo, um estuário que passaria a ser um delta estuarino. De fato, os estuários têm mudado suas feições à medida que o clima alterou-se ao longo do tempo geológico, bem como por meio das alterações antrópicas realizadas no próprio estuário ou nas suas proximidades.

De acordo com Perillo (1995), a primeira classificação de estuários a partir do ponto de vista geomorfológico foi feita por Pritchard (1952). Ele dividiu os estuários em três grupos:

- Vales afogados – São típicos de regiões de planície costeira e se formaram durante a transgressão do mar no Holoceno, que inundou os vales dos rios. O processo de inundação foi muito mais acentuado do que o de sedimentação e a topografia atual tornou-se muito semelhante ao vale de um rio.
- Fiordes – Estas feições surgiram em regiões que durante o Pleistoceno estavam cobertas por uma espessa camada de gelo e sofreram uma intensa escavação glacial na planície costeira ou próximo à plataforma continental provocada pelo degelo. A pressão do gelo sobre os blocos continentais e os efeitos

erosivos durante o descongelamento aprofundaram os vales primitivos e deixaram um alto fundo rochoso na entrada, denominado de soleira.

- Construído por Barra – São formados também pela inundação de vales primitivos durante a transgressão marinha, mas a sedimentação recente ocasionou a formação de barras na boca. O rio ou sistema de rios que alimentam esse estuário, além de apresentarem descarga variável de acordo com a estação do ano, podem transportar grande concentração de sedimentos em suspensão, ocasionando alterações sazonais na geometria da entrada (barra). Em períodos de enchente, a barra pode ser erodida completamente, restabelecendo-se novamente quando cessa o período de chuvas mais intensas.

Fairbridge (1980, apud Dyer, 1997) propôs uma classificação dos estuários baseada nas características fisiográficas (Figura 16). Ele levou em conta a interpretação da história geológica, descarga fluvial de água e sedimentos, correntes de maré, ondas e processos costeiros.

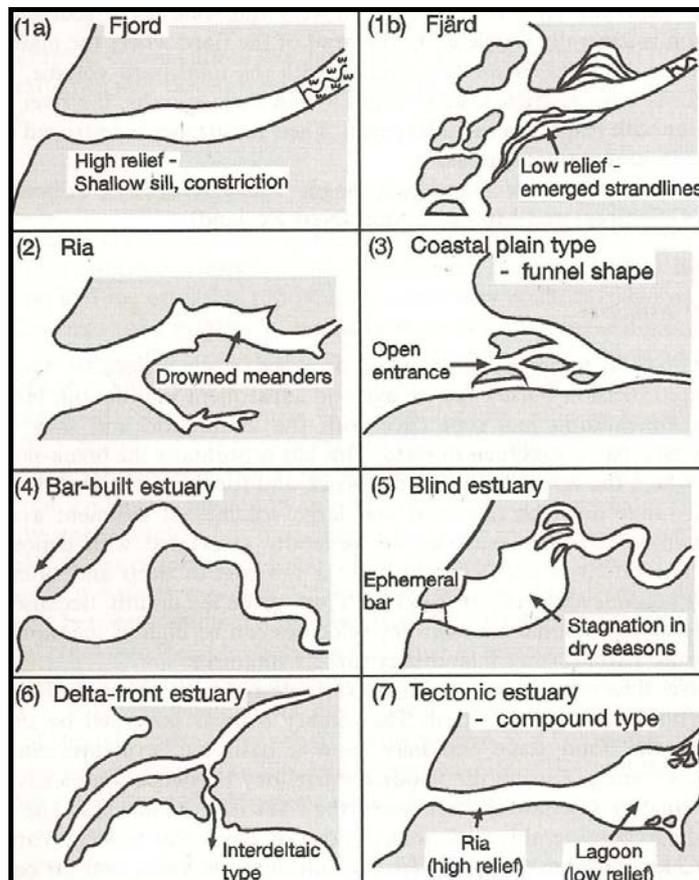


Figura 16 - Classificação fisiográfica dos estuários segundo Fairbridge (1980)
 Fonte: Dyer, (1997).

Dalrymple et al. (1992, apud Dyer, 1997), considera o atual desenvolvimento geomorfológico dos estuários como parte de um processo evolucionário. A retrogradação da linha de costa está associada ao aumento do nível relativo do mar (transgressão marinha), porém a progradação não necessariamente está associada com a descida do nível do mar. A progradação pode estar associada à disponibilidade de sedimentos, que permite o avanço da linha de costa, mesmo que ocorra um gradual aumento do nível relativo do mar. Os deltas são vales de rios preenchidos pelo aporte de sedimentos provindos do deságüe fluvial. Em situações em que o rio exerce pouca influência, planícies de maré ou plaino praial são formados. Já os estuários formaram-se em decorrência da transgressão marinha, que levou ao afogamento dos vales, aumentando o número e extensão destas feições costeiras. A Figura 17 apresenta um diagrama em que é possível diferenciar deltas de estuários a partir da subida e descida do nível relativo do mar.

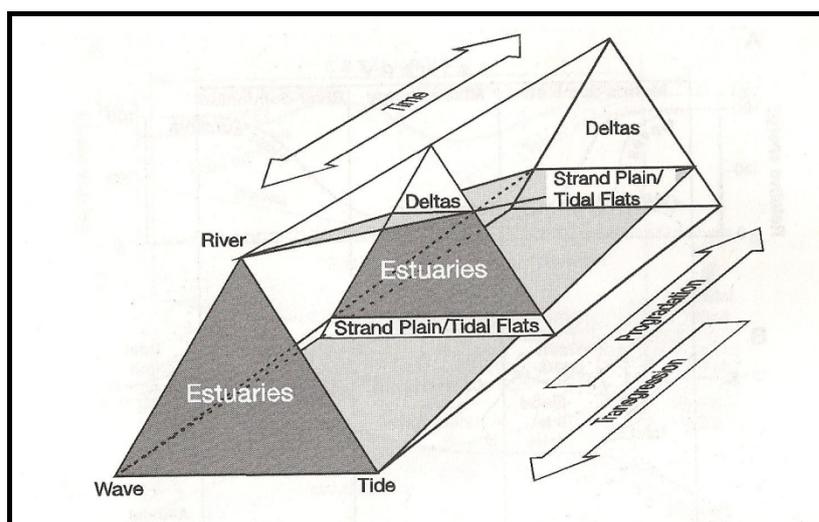


Figura 17 - Classificação dos ambientes costeiros a partir da evolução geológica
Fonte: Dyer (1997).

O autor (*op. cit.*) dividiu os estuários de planície costeira em dois tipos, descritos abaixo:

- Dominado por Ondas – Nestes estuários, o regime de ondas é a força mais importante na determinação da morfologia e circulação do estuário, atuando junto à boca do estuário, onde erode e transporta os sedimentos das margens, depositando-os na forma de pontal ou barra arenosa. Este pontal é a feição que determina a largura da boca do estuário, e sua construção, apesar de

tender a fechar o estuário como uma laguna, é interrompida pelo retrabalhamento provocado pelas correntes de maré. Como as marés não apresentam força suficiente para retrabalhar os sedimentos no interior do estuário devido à restrição imposta pela barra arenosa, o resultado desta característica é o fato de o estuário apresentar um delta a montante (na zona de maré do rio) onde predominam sedimentos terrígenos de origem fluvial; e uma ligação com o mar altamente dinâmica devido à atuação de ondas, marés e de suas correntes (na parte externa da zona de mistura e na zona costeira), onde os sedimentos arenosos apresentam características marinhas. Este tipo de estuário apresenta praias associadas ao pontal arenoso formado pelas ondas.

- Dominado por Marés – Como consequência das fortes correntes de maré, que dominam sobre o efeito das ondas, a boca do estuário é geralmente larga, com a presença de bancos de sedimentos orientados na direção das correntes. Próximo a cabeceira do estuário, a influência das marés diminui e permite o domínio do fluxo fluvial. Este tipo de estuário apresenta mangues ou marismas associados às grandes áreas entremarés e aos bancos sedimentares. A distribuição sedimentar ao longo destes estuários se distingue de forma discreta, pois a energia do ambiente se mantém praticamente constante, retrabalhando e misturando os sedimentos, apesar de mudar bastante a composição energética (rios, ondas, marés, ventos) e as fontes sedimentares (rio, mar, organismos). A variação sedimentar de melhor visualização é a transversal ao eixo principal do estuário, onde o canal principal do estuário apresenta sedimentos mais arenosos, e as planícies de inundação e seus canais apresentam sedimentos lamosos.

4.2.3 Elevação do nível relativo do mar

As elevações do nível relativo do mar no Quaternário foram fundamentais para a construção dos estuários atuais devido ao “afogamento” dos antigos vales fluviais.

As variações dos níveis dos oceanos são controladas principalmente pelas flutuações nos volumes das bacias oceânicas, principalmente em função da tectônica de placas, causando a *tectono-eustasia*; flutuações nos volumes das águas nas bacias oceânicas, principalmente por fenômenos de glaciação e de deglaciação,

originando a *glacioeustasia* e, finalmente, pelas deformações das superfícies oceânicas, de origem gravitacional, causando a *geóideustasia*. Por outro lado, as mudanças nos níveis dos continentes, submetidas aos movimentos tectônicos, horizontais e verticais, afetam a crosta terrestre por mecanismos de dinâmica interna, de duração geológica longa e/ou instantânea. Movimentos isostáticos, relacionados às variações nas sobrecargas exercidas pela expansão e retração das geleiras sobre os continentes, tanto pela deposição como pela erosão em bacias sedimentares ou pela transgressão e regressão sobre as plataformas continentais (hidroisostasia), também acarretam mudanças no nível dos continentes, tanto quanto as deformações das superfícies continentais, devidas principalmente a causas gravitacionais (SUGUIO, 1999).

A Figura 18, apresenta os três principais fatores que controlam o nível do mar e o nível do continente.

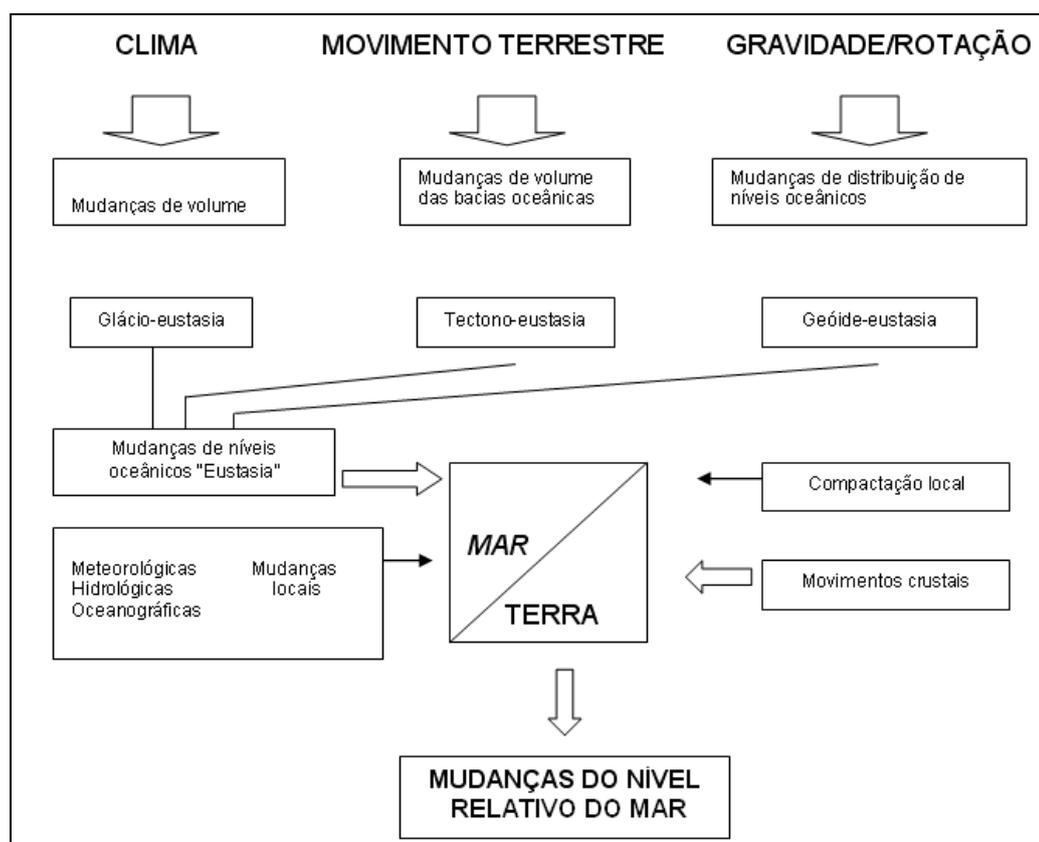


Figura 18 – Fatores que controlam o nível do mar e o “nível do continente”, responsáveis pelas mudanças do nível relativo do mar
 Fonte: Martin et al., (1986).

Dominguez et al. (1981) afirmam que o primeiro ciclo de idade pleistocênica (~120000 anos A.P.), atingiu cotas de 8 ± 2 metros acima do nível atual. Este evento foi denominado como Transgressão Cananéia. A partir do máximo transgressivo pleistocênico, o nível do mar recuou até posições ao redor da isóbata de 110 metros abaixo do nível atual, há cerca de 17000 anos A.P. Ao longo deste processo de regressão marinha, a atual plataforma continental foi quase totalmente exposta, sendo sulcada por vales fluviais. Nesse período ocorreu uma variação aproximada de 118 metros do nível relativo do mar, ou seja, uma variação de 0,19 cm/ano. A partir do máximo regressivo, o nível relativo do mar foi submetido a uma nova elevação, tendo atingido há cerca de 7000 anos A.P., um nível próximo do zero atual. Este processo transgressivo se manteve até 5100 anos A.P., atingindo quatro metros acima do nível atual. Esta foi denominada para o litoral paulista de Transgressão Santos.

Segundo Tessler & Goya (2005), ao longo do Quaternário, dois ciclos transgressivos e regressivos modelaram as planícies costeiras brasileiras, conseqüência de oscilações relativas do nível do mar. A Figura 19 apresenta a evolução paleogeográfica de grande parte do litoral brasileiro desde o Terciário superior até os dias atuais.

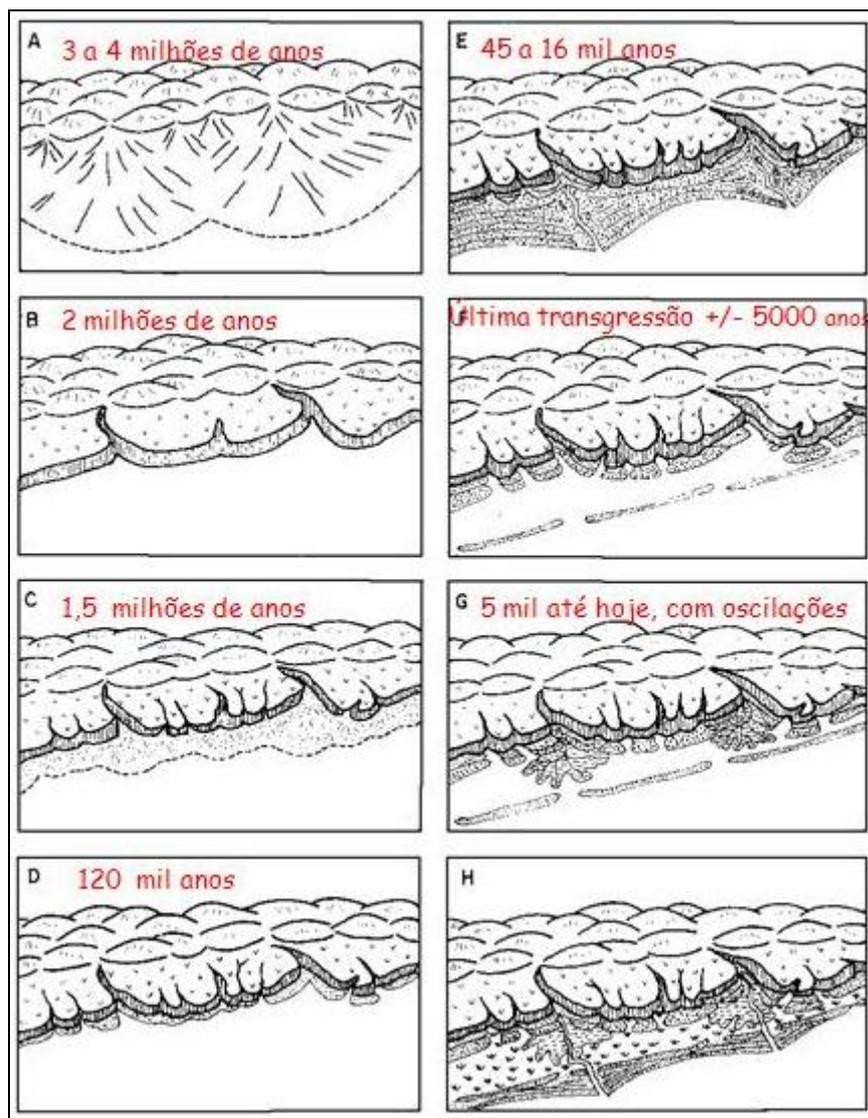


Figura 19 – Evolução paleogeográfica de grande parte do litoral brasileiro. Fonte: Dominguez et al., (1981, apud Albino, 1999).

O estágio A é caracterizado principalmente pela deposição da Formação Barreiras ocorrido no Plioceno. Neste estágio o nível do mar encontrava-se mais baixo do que o atual. No estágio B houve uma interrupção na deposição Barreiras em consequência de uma mudança do clima semi-árido para úmido. Junto a mudança climática ocorreu uma Transgressão Marinha Pleistocênica. Em seguida a Transgressão Marinha ocorreu uma Regressão Marinha paralelo ao retorno das condições climáticas semi-áridas permitindo assim, uma nova retirada de sedimentos continentais e posterior deposição destes no sopé das escarpas esculpidas nos sedimentos de Formação Barreiras (estádio C). O estágio D corresponde ao máximo da Penúltima Transgressão Marinha, também conhecida

como Transgressão Cananéia, onde o mar alcançou cotas de 8 metros acima do nível atual, erodindo total ou parcialmente os depósitos continentais que haviam sido sedimentados no estágio C. Foi nesta fase que os baixos cursos de alguns rios foram afogados formando assim os estuários. No estágio E houve novamente uma Regressão Marinha na qual foram construídos os terraços marinhos pleistocênicos, que se caracterizam por sua posição mais interna em relação a linha de praia atual e também por apresentarem areias de cor mais escura devido a impregnação de ácidos húmicos. O estágio F é marcado pela última Transgressão Marinha que ocorreu por volta de 5.100 anos A.P. e que teve como consequência a erosão total ou parcial e o afogamento dos terraços marinhos pleistocênicos construídos no estágio superior. Em consequência a este afogamento desenvolveram-se as ilhas barreiras que funcionavam como molhes, separando o material sedimentar pleistocênico do mar aberto (TESSLER & GOYA, 2005).

A evolução paleogeográfica do baixo curso do rio São Mateus, ou seja, no trecho em que ele inflete para o norte, até alcançar o Oceano Atlântico, na cidade de Conceição da Barra, pode ser acompanhada através da evolução da planície costeira do rio Doce.

Para descrever a evolução paleogeográfica da planície costeira do norte do Espírito Santo são fundamentais os trabalhos de Suguio & Tessler (1984), Flexor et al. (1984), Martin et al. (1983), Martin et al. (1993) e Martin et al. (1997). Os estádios de evolução paleogeográfica e paleoclimática propostos, sobretudo, por Martin et al. (1997) para a planície costeira do norte do Estado, estão compreendidos no modelo evolutivo idealizado por Martin et al. (1983) para o trecho do litoral brasileiro, entre Macaé (RJ) e Maceió (AL).

Na planície costeira da foz do rio Doce (ES) foi possível comprovar, por meio de datações ao radiocarbono, duas fases de expansão lagunar: a primeira entre 7.000 e 4.100 anos A.P. e a segunda entre 3.600 e 3.000 anos A.P.. Com base nestes dados pode-se supor que as variações do nível relativo do mar ao longo dessa parte do litoral do Brasil tenham sido bastante semelhantes àquelas verificadas em outros setores (Figura 20).

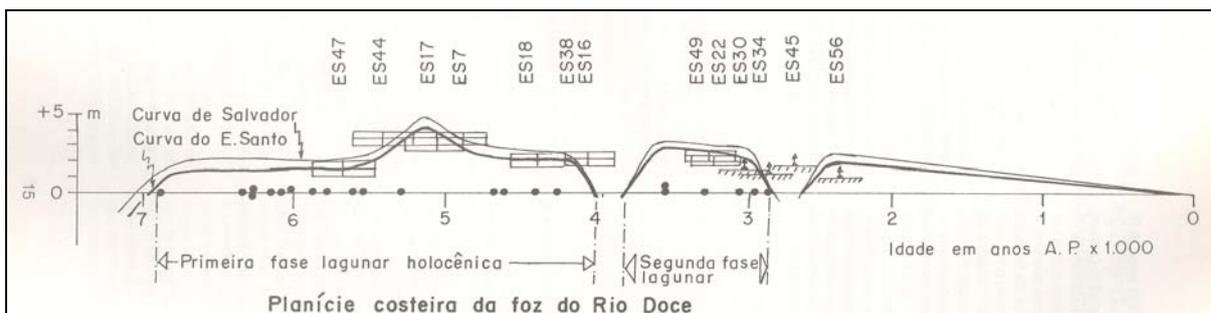


Figura 20 – Curva de variação do nível relativo do mar para o setor compreendido pela planície costeira do rio Doce (ES), em um encontro com a curva de Salvador (BA)

Fonte: Martin et al., 1997.

De acordo com Martin et al. (1997), os diversos estádios da evolução da planície costeira do rio Doce (Figura 21) são definidos como “fases de construção” e “fases de erosão”, que se articulam geneticamente com que ocorre na parte norte, especificamente com a planície costeira do rio São Mateus. No estádio 2 (primeira fase de construção), a concavidade formada pelas ilhas-barreiras começou a ser preenchida sob o efeito de transporte litorâneo de sul para o norte, isto é, sob a influência de ondas eficazes. O estádio 9 corresponde a quarta fase de erosão, onde uma nítida discordância nos alinhamentos das cristas praias acusa uma nova fase de modificação das condições hidrodinâmicas regidas por ondas eficazes do setor norte. O estádio 16 corresponde a oitava fase de construção. Houve uma volta às condições hidrodinâmicas iniciais, sob a influência de ondas eficazes do setor sul, ocasionando a retomada da progradação para o norte. Por volta de 3900 a 3600 anos A.P. houve uma súbita elevação do nível relativo do mar de 2 a 3 metros ocasionando uma submersão das desembocaduras e erosão generalizada. Fases de construção e erosão se alternaram. O estádio 29 corresponde ao período de 2.500 anos A.P. até hoje estando relacionado com a quarta fase de erosão. Verifica-se uma forte erosão em ambas as margens da desembocadura H, e em época relativamente recente ela foi desativada. É provável que uma extensa área de sedimentação, próxima à foz do rio São Mateus, na extremidade norte da planície, tenha sido suprida pela areia erodida da desembocadura H após a sua desativação.

CAPÍTULO 5
METODOLOGIA

5.1 - ATIVIDADES DE CAMPO

As primeiras atividades estiveram relacionadas com o trabalho de campo para a definição e conhecimento da área de estudo. O reconhecimento foi feito por terra, a pé, e com auxílio de um barco.

5.2 ATIVIDADES DE GABINETE

Realizou-se um amplo levantamento bibliográfico, necessário para o embasamento teórico sobre o tema da pesquisa. Além da bibliografia, foram compilados dados digitais, como fotografias aéreas, imagens de satélite e arquivos vetoriais disponibilizados por órgãos federais e estaduais. A Tabela 14 apresenta a relação de arquivos digitais usados nesta pesquisa.

TABELA 14: RELAÇÃO DOS ARQUIVOS DIGITAIS UTILIZADOS NA PESQUISA

Fonte	Arquivo Digital	Tipo de Arquivo	Escala/Resolução	Modo de Obtenção
ANA	Dados de precipitação	vetorial (ponto)	sem escala	disponível para <i>download</i>
ANA	Dados de vazão	ASCII	sem escala	disponível para <i>download</i>
IBGE	Recursos hídricos	vetorial (linha)	1/50.000	Disponível para <i>download</i>
IBGE	Censo Agropecuário	ASCII	Sem escala	Disponível para <i>download</i>
INCAPER	Dados climatológicos	ASCII	sem escala	<i>in loco</i>
INPE	Imagem Landsat	raster	30m	disponível para <i>download</i>
SEAMA	Fotografia aérea 2007/2008	raster	1/15.000	<i>in loco</i>
MMA	Uso da Terra	vetorial (polígono)	1/250.000	disponível para <i>download</i>

Foram levantadas bibliografias que abordavam diferentes temas sobre estuários e manguezais, tais como ecologia dos manguezais, o papel geomorfológico exercido pelos manguezais nos estuários, processos em ecossistemas tropicais estuarinos,

botânica dos manguezais, zonação de espécies de mangue, biogeografia dos manguezais, dinâmica e processos costeiros, dentre outras.

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica referente a Teoria Geral dos Sistemas, dos Níveis Hierárquicos propostos por Schaeffer-Novelli et al. (2000), e os Ambientes Geomórficos propostos por Thom (1982). Estas leituras permitiram definir níveis de análise e recortes em diferentes escalas espaciais que contribuíram para uma melhor compreensão da área em estudo.

Ainda foram levantadas bibliografias no âmbito regional da bacia hidrográfica do rio São Mateus, cujas características geomorfológicas, climáticas e de uso da terra são interpretadas de forma mais abrangente. No âmbito local, buscou-se dados referente à embocadura do rio São Mateus, como dados climatológicos, geológico-geomorfológicos, flúvio-marinhos, fitogeográficos e de uso da Terra.

5.2.1 Fotografias Aéreas

A fotografia aérea de 2007/2008 obtida na Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEAMA) possui escala de 1/15.000 e encontra-se georreferenciada no sistema de projeção *UTM, Datum WGS 84*, zona 24. Foi realizado uma fotointerpretação das feições do baixo estuário do rio São Mateus e com o uso do aplicativo computacional ArcGis 9.1 (ESRI) realizou-se a digitalização das classes identificadas na fotografia aérea.

As demais fotografias aéreas utilizadas por Vale (1999) para o mapeamento do baixo estuário do rio São Mateus dos anos de 1970, 1991 e 1997 possuem escala 1:25.000, 1:30.000 e 1:8.000, respectivamente. Estes mapeamentos estão georreferenciados no sistema de projeção *UTM, Datum WGS84*, zona 24.

5.2.2 Imagens Landsat

A metodologia utilizada nesta pesquisa baseou-se nos trabalhos de Passos et al. (2007) e Silva et al. (2007) no qual estas autoras usaram a técnica de componentes principais em imagens de satélite para a análise temporal da vegetação de mangue

da Estação Ecológica da Ilha do Lameirão. O fluxograma abaixo (Figura 27) apresenta a rotina aplicada nas imagens Landsat.

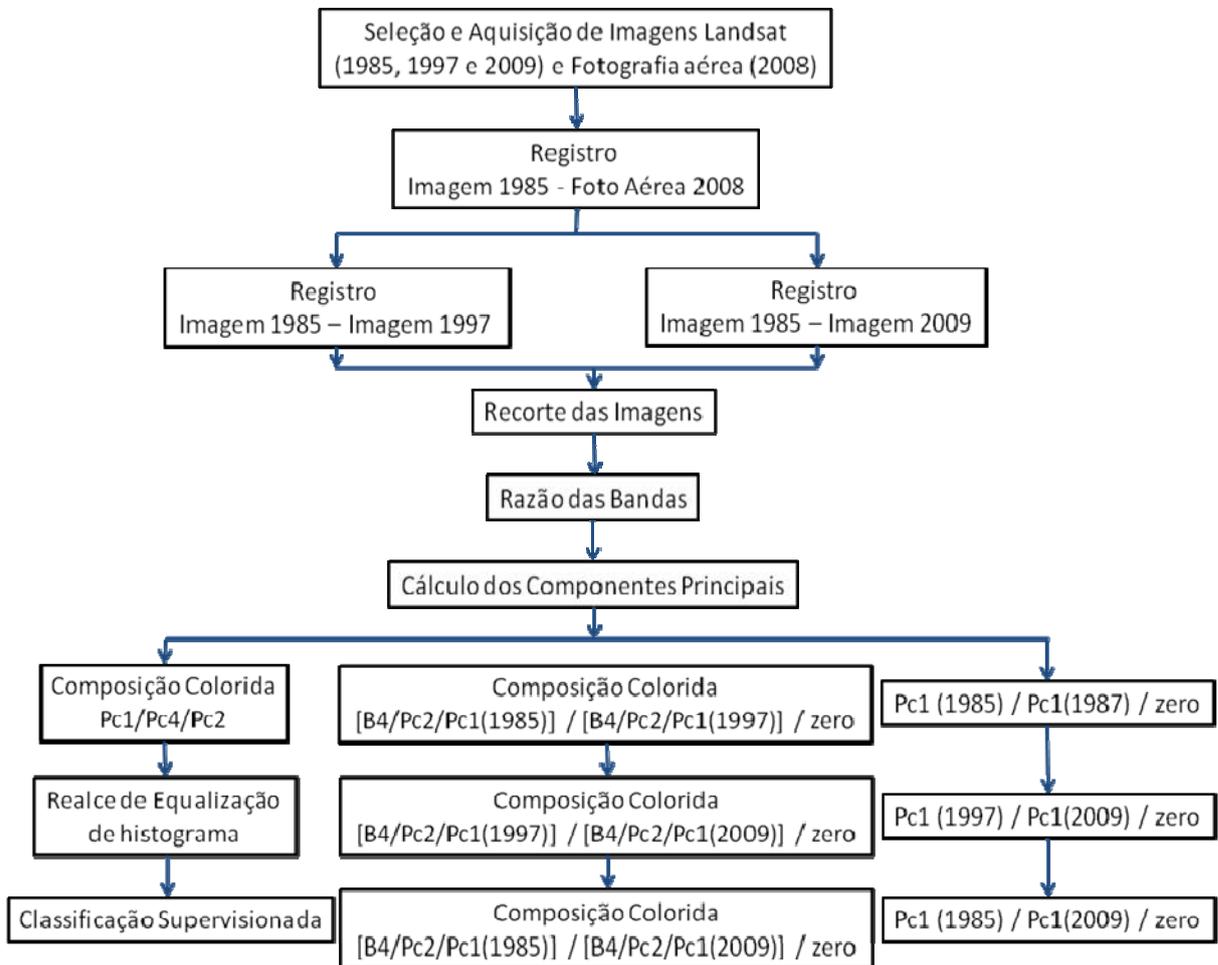


Figura 28 – Fluxograma da metodologia adotada.

Foram descarregadas da página do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) imagens *Landsat* – 5 TM em formato digital, órbita 215, ponto 73 com as seguintes datas; 22/07/1985, 05/06/1997 e 22/06/2009. A escolha do satélite *Landsat* para a análise temporo-espacial do manguezal da embocadura do rio São Mateus considerou o fato da disponibilização de imagens em um intervalo de tempo grande, pois a série de satélites *Landsat* é a única que encontra-se em órbita desde a década de 70. Além disso, segundo Green et al. (1998) as imagens provenientes deste satélite têm sido eficazes no mapeamento temporal e nas variações espaciais

de indicadores ambientais dentro de grandes corpos d'água e, por isso, são mais aplicadas no sensoriamento remoto de mangues.

Várias tentativas foram feitas no sentido de se obter uma imagem anterior a de 1985 para se ter uma idéia do manguezal com pouca ou sem nenhuma intervenção antrópica, porém só foi possível obter imagens com boa visibilidade (porcentagem de nuvens menor que 30%) a partir de 1985. Sendo assim, obteve-se um intervalo de 12 anos entre as imagens, o que permitiu perceber as mudanças temporo-espaciais ocorridas no bosque de mangue.

Das sete bandas disponíveis pelo satélite *Landsat* foram utilizadas apenas três bandas; 3, 4 e 5, pois de acordo com Green et al. (1998), estas bandas fornecem uma melhor discriminação visual para o estudo da vegetação de mangue.

Para cada imagem dos anos de 1985, 1997 e 2009 foram utilizadas três bandas, conforme citado acima, totalizando 9 imagens. Estas imagens foram recortadas no aplicativo computacional ArcGis 9.1, a partir de um quadrante cujas coordenadas são; vértice superior esquerdo 18°33'35.05" S e 39°47'19.5 " W e vértice inferior direito 18°41'4.08" S e 39°41'27.3" W.

Estas imagens foram submetidas a processos padronizados de georreferenciamento, que inclui registros fotografia aérea-imagem e imagem-imagem. O registro fotografia aérea-imagem foi feito utilizando a fotografia aérea de 2007/2008 (SEAMA) projetada na coordenada *UTM, Datum WGS 84*, zona 24 e a imagem banda 3 (B3) de 2009. Após o georreferenciamento desta imagem modificou-se o datum para SIRGAS 2000. Posteriormente, todos os registros imagem-imagem foram feitos a partir desta imagem (B3) com as bandas B3, B4 e B5 do ano de 1985, B3, B4 e B5 do ano de 1997 e B4 e B5 do ano de 2009. Nestes registros foram realizados uma reamostragem dos pixels utilizando o método de ajuste do vizinho mais próximo, método este, que segundo Silva et al. (2007) mais preserva o valor dos pixels das imagens a serem registradas.

As imagens foram separadas em três grupos de acordo com o ano; 1985, 1997 e 2009. No intuito de realçar as diferenças espectrais destas imagens foi realizada uma operação de razão de bandas para cada grupo de imagens (dividiu-se a banda

3 pela banda 5 e a banda 5 pela banda 4) utilizando o aplicativo computacional ENVI 4.0. Este método consiste na divisão do valor digital dos pixels de uma banda pelos seus valores correspondentes em outra banda enfatizando a separação dos alvos com comportamentos de gradiente diferentes nas curvas de reflectância¹⁰.

Após a criação das imagens 3/5 e 5/4 formadas por meio da razão de bandas foi realizada a operação de Componentes Principais (ACP) calculada a partir das bandas de entrada 3, 4, 5, 3/5 e 5/4. Obteve-se como saída o conjunto: componente principal 1 (Pc1), 2 (Pc2), 3 (Pc3), 4 (Pc4) e 5 (Pc5) para cada grupo de imagens referentes a uma determinada data. Foi feito uma composição falsa-cor nas componentes principais Pc1 Pc2 Pc4 nos canais de cor vermelho, verde e azul, respectivamente (RGB), pois de acordo com Gray et al. (1990 apud Green et al. 1998) as componentes Pc1 e Pc2 possuem 95% de variabilidade da informação, sendo assim, esta composição fornece a melhor discriminação visual para áreas de manguezal. Outras composições foram feitas com as três componentes principais, e a que apresentou melhor resultado para o manguezal em estudo foi a composição Pc1/Pc4/Pc2 em RGB. A partir desta composição foi criada uma nova imagem para cada grupo com os seguintes nomes; img1985, img1997 e img2009.

Após esse procedimento foram testados vários tipos de realce de imagem. O melhor realce para a discriminação das áreas de mangue foi a equalização de histograma. A equalização de histograma é uma operação onde o histograma da imagem é ajustado de modo que todos os níveis de cinza possuam a mesma densidade de probabilidade facilitando a discriminação de alvos.

O próximo passo foi realizar uma classificação supervisionada das imagens (img1985, img1997 e img2009) utilizando o algoritmo Máxima Verossimilhança (MAXVER).

Este algoritmo é um sistema classificador supervisionado por pixel onde amostras previamente selecionadas (regiões de interesse - ROIS) são utilizadas para o treinamento do classificador.

¹⁰*Reflectância*: é a proporção entre o fluxo de radiação eletromagnética incidente numa superfície e o fluxo que é refletido (MOREIRA, 2001).

Esta classificação considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis de cinza das classes. Para cada imagem estabeleceu-se três classes: mangue, não-mangue e massa d'água. Após o processo de classificação é comum que a imagem apresente certa quantidade de ruídos (pixels mal classificados) no interior e nas adjacências das classes e, por isto, há a necessidade de um tratamento, pós-classificação, para que seja feita a absorção destes pixels mal classificados e para posterior obtenção de uma imagem classificada limpa, com melhor aspecto visual. O programa ENVI 4.0 disponibiliza alguns recursos que permitem o melhoramento do aspecto visual de imagens classificadas. Neste trabalho empregou-se filtro de convolução mediano (3x3). Após imagem classificada, utilizou-se a estatística Kappa para testar a concordância entre os resultados observados e os classificados em uma tabela de contigência (matriz de erro). De acordo com GUPTILL & MORRISON (1995), o valor mínimo necessário para uma classificação ser aceitável é de 85%, em relação à exatidão global, do ponto de vista do usuário da classificação. Landis & Koch (1977) associaram valores de Kappa à qualidade da classificação de acordo com a Tabela (14) abaixo:

TABELA 15 – QUALIDADE DA CLASSIFICAÇÃO ASSOCIADA AOS VALORES DO ÍNDICE KAPPA

Índice Kappa	Qualidade
0.00	Péssima
0.01 a 0.20	Ruim
0.21 a 0.40	Razoável
0.41 a 0.60	Boa
0.61 a 0.80	Muito boa
0.81 a 1.00	Excelente

Fonte: Landis & Koch (1977).

Em seguida foram realizadas algumas combinações no intuito de realçar as alterações na vegetação de mangue ao longo dos anos de 1985, 1997 e 2009. Criou-se uma combinação B4/Pc2/Pc1 para cada ano e aplicou-se equalização de histograma. Estas imagens foram salvas em formato de nível de cinza com 8 bits por pixel (256 níveis de cinza, do preto ao branco). Procedeu-se à operação de diferença entre duas imagens iguais originando uma imagem zero (com todos os

valores de pixel iguais a zero). Posteriormente foi feita a composição RGB destas imagens da seguinte forma:

[B4/Pc2/Pc1 (1985)] / [B4/Pc2/Pc1 (1997)] / zero

[B4/Pc2/Pc1 (1997)] / [B4/Pc2/Pc1 (2009)] / zero

[B4/Pc2/Pc1 (1985)] / [B4/Pc2/Pc1 (2009)] / zero

Realizou-se também uma outra combinação, sendo que esta realçou mais as feições costeiras do que propriamente a vegetação de mangue. A combinação em RGB foi:

Pc1 (1985) / Pc1 (1997) / zero

Pc1 (1997) / Pc1 (2009) / zero

Pc1 (1985) / Pc1 (2009) / zero

CAPÍTULO 6

ANÁLISE DOS DADOS LEVANTADOS

6.1 Níveis Hierárquicos

As mudanças no quantitativo de área no manguezal da embocadura do rio São Mateus tendo como provável causa as alterações geomórficas que vêm ocorrendo ao longo dos anos naquela região podem ser melhor entendidas a partir de uma hierarquização do sistema costeiro em que Schaeffer-Novelli et al.(2000) propõe cinco níveis de generalização, facilitando a observação e sobretudo a compreensão do problema em questão.

O primeiro nível de generalização é denominado de Grandes Ecossistemas Marinhos, e encontra-se inserido em uma escala continental, que varia de 500 a 1000 km de extensão. Sendo assim, a margem costeira brasileira é dividida em duas províncias ou dois grandes ecossistemas marinhos. Sherman (1993 apud Schaeffer-Novelli et al. 2000) dividiu a costa brasileira em duas grandes regiões; a norte, acima do Cabo Calcanhar (05°08'S), e a sul, abaixo dele. A área de estudo está inserida na região sudeste, ou seja, na região ao sul do Cabo Calcanhar.

O Domínio Costeiro representa uma escala de observação regional e corresponde ao segundo nível de generalização. Dentre os oito segmentos ou unidades geográficas/funcionais existentes ao longo da costa brasileira, o Espírito Santo insere-se na Unidade VI. Os limites desta unidade são do Recôncavo Baiano (13°00'S) até o Cabo Frio (23°00'S). Neste segmento os manguezais são relativamente extensos, e são comumente encontrados por trás de restingas. Os três gêneros de mangue; *Laguncularia*, *Rhizophora* e *Avicennia* são encontrados, podendo compor formações mistas ou monoespecíficas.

Os Ambientes são unidades naturais criadas e/ou modificados pelas forças geomórficas e estão inseridos no terceiro nível de generalização. A embocadura do rio São Mateus parece estar inserida em dois tipos de ambientes, de acordo com as tipologias de Thom (1982; 1984); o dominado por ondas e o dominado por ondas e rio, porém isto será melhor discutido no próximo tópico deste capítulo com base nos preceitos de Thom (1982).

O quarto nível de generalização denominado de Padrão ou Unidades Funcionais está relacionado a dois tipos fisiográficos dos manguezais; franja e bacia. O

bosque tipo franja encontra-se localizado no estuário inferior do rio São Mateus cuja espécie vegetal dominante é a *R. mangle*. As espécies *L. racemosa* e *A. germinans* ocorrem mais para o interior do manguezal (bosque tipo bacia), participando da composição de bosques mistos. A espécie *A. schaueriana* torna-se significativa próxima às áreas de restinga (Vale, 1999).

O quinto nível de generalização corresponde a Unidade Estrutural do Terreno. Este nível de observação não será aplicado a este trabalho visto que não foi feito levantamento fitossociológico do bosque de mangue, pois não é o objetivo desta pesquisa.

6.2 Ambientes propostos por Thom

De acordo com Thom (1982) a interação dos processos e variáveis que originam distintos padrões de formas de relevo (ambientes) permite estabelecer relações entre as variáveis físicas e o comportamento das plantas no espaço e no tempo. Para Thom (*op. cit.*) são fundamentais as seguintes variáveis: precipitação, descarga fluvial ou *input* de sedimentos, a energia das ondas e a altura da maré.

A variabilidade dessas variáveis dará respostas geomórficas e ecológicas diferentes a cada um dos ambientes onde se estabelecem os manguezais e, conseqüentemente, os manguezais irão responder a estes ambientes no que diz respeito a seu comportamento, estabilidade, diversidade de zonação, competição, etc.

A morfologia do estuário do rio São Mateus, bem como de sua foz resultam da associação entre os processos geofísicos, da compartimentação geológica-geomorfológica de seu entorno, das características flúvio-marinhas e do uso da terra, devendo este, ser considerado no contexto da bacia hidrográfica.

Ao analisar a Figura 29 constatou-se que os ambientes C (dominado por ondas) e D (dominados por ondas e rio) propostos por Thom (1982) são os que mais se assemelham com a morfologia do estuário do rio São Mateus. Os processos flúvio-marinhas que caracterizam o ambiente C são ondas de alta de energia e

pequena quantidade de descarga fluvial, enquanto o ambiente D, além de ondas de alta energia, também é caracterizado por elevada quantidade de descarga fluvial.



Figura 29 - Morfologia da embocadura estuarina.
Fonte: Foto - André Alves (2002).

Sob o aspecto hidrodinâmico, o ambiente D é o que mais se assemelha com a foz do rio São Mateus, pois a descarga fluvial se torna elevada em determinada estação do ano, podendo transportar grande concentração de sedimentos em suspensão e ocasionar alterações sazonais na geometria da boca estuarina. Os dados de precipitação da estação climatológica de São Mateus apresentados no capítulo 2 apontam que o período com maior índice de precipitação são os meses de outubro a março. A média da precipitação para o período chuvoso é 143.4 mm, enquanto que para o período seco (meses de maio a agosto) a média é de 56.4 mm. Estes altos índices pluviométricos no período chuvoso podem justificar o aumento da vazão na embocadura do rio São Mateus. As medições de corrente realizadas na embocadura do rio São Mateus pelo INPH no período de 07/11 a 14/12/06 apontaram que em quase todos os períodos das medições de enchentes, em todas as seções, a resultante da vazão era de descarga, ou seja, as correntes eram de vazante. Embora estas medições tenham sido realizadas

em um curto período de tempo podemos deduzir que em determinados períodos do ano, a descarga fluvial do rio São Mateus exerce uma influência maior na morfologia da boca estuarina. Assim como foi comprovado por Vale (1999), que analisou várias estações fluviométricas ao longo da bacia do rio São Mateus.

No ambiente C, a energia das ondas trabalha os sedimentos carregados pelo rio podendo ocasionar a formação de ilhas-barreira de costa afora, esporões ou baías. Na figura 30 é possível observar a formação de um esporão que cresce na direção sul-norte. Esta feição propicia a formação de uma laguna no seu interior promovendo a acumulação de sedimentos e a formação de bancos de sedimentação, protegendo os manguezais da ação das ondas e marés. Por outro lado, o processo de sedimentação acelerada arrasta sedimentos para o interior do bosque ocasionando o enterramento das raízes e posterior tombamento das árvores com a massa foliar viva levando a morte de uma parcela do mangue. Esta elevada taxa de sedimentação interfere na reciclagem dos nutrientes e no intercâmbio dos gases, em decorrência do entupimento e asfixia das lenticelas de rizóforos e pneumatóforos.



Figura 30 – Formação de esporão na direção norte-sul.
Fonte: Foto – Prefeitura Municipal de Conceição da Barra (2010).

6.3 Análise da morfologia da embocadura do rio São Mateus a partir de fotografias aéreas de 1970, 1991, 1997 e 2008

O mapeamento do baixo estuário do rio São Mateus a partir da fotografia aérea de 2008 encontra-se juntamente com os outros mapeamentos elaborados por Vale (1999) no Anexo I. Nestes mapeamentos é possível observar as diversas formas da embocadura do rio São Mateus ao longo desses anos.

No mapeamento de 1970, é possível visualizar na embocadura do rio São Mateus dois bancos sedimentares emersos protegidos do embate das ondas por uma barra fluvial. Este ambiente calmo era favorável ao desenvolvimento dos manguezais. A barra fluvial tinha aproximadamente 375 metros de largura e era vegetada. De acordo com Vale (1999), os processos de erosão e sedimentação sob o bosque de mangue, na margem direita, ainda não tinham iniciado, nem a erosão na margem esquerda sob a praia Bugia. Contudo, a pressão urbana sob este local de inerente instabilidade geomorfológica estava em curso, visto que na década de 70 a comercialização da pesca impulsionou a economia do município de Conceição da Barra.

Em 1991, a barra fluvial alongou-se a ponto de quase fechar a embocadura do rio São Mateus. De acordo com Vale (1999) houve uma perda aproximada de 650.000 m² de área de manguezal localizado na margem direita da embocadura do rio São Mateus. Esta autora sugere que a obstrução parcial da embocadura pela barra fluvial ocasionou o desvio do fluxo do rio na direção sul e diminuiu o seu raio hidráulico, sendo assim, a dinâmica de escoamento provocou erosão nesta faixa de terra e o desaparecimento de uma parte do bosque de mangue. No ano de 1994, Vale (*op. cit.*) observou que no local acima mencionado iniciou-se um processo de sedimentação acelerada, ocasionando a mortandade e/ou a morte apical¹¹ de parte do mangue.

A configuração da embocadura do rio São Mateus continuou a se alterar, e no mapeamento de 1997 é possível observar que a barra fluvial alongada existente

¹¹Morte Apical – Perda de biomassa aérea, tais como folhas, galhos e troncos, apresentada pelas espécies vegetais (VALE, 1999).

no mapeamento de 1991 rompeu-se, e o processo erosivo atingiu arruamentos e edificações na praia de Bugia. Vale (1999) atribuiu o rompimento da barra fluvial aos altos índices pluviométricos, e conseqüentemente a descarga fluvial, que ocorreu entre os anos de 1991 e 1992. Esta autora afirmou que a barra fluvial não suportou a força do fluxo do rio e rompeu-se, ocasionando uma nova situação morfológica da foz que evolui para o que se observa na fotografia aérea de 1997. Outro fator que pode ter contribuído para o rompimento da barra fluvial foi a expansão urbana da cidade de Conceição da Barra sob esta faixa de terra, pois uma orla fixada por moradias pode alterar o balanço sedimentar deste ambiente costeiro. Os bancos de areia existentes na zona de mistura do estuário desapareceram, sendo levados pelas correntes de retorno para plataforma continental. No lado direito da embocadura uma barra fluvial se formou criando uma área abrigada e propícia para o desenvolvimento do manguezal.

No mapeamento de 2008, constatou-se que os processos erosivos sob a barra fluvial localizada do lado esquerdo da embocadura continuaram, e a praia de Bugia diminuiu ainda mais em sua extensão. Novos bancos de areia foram formados do lado direito da embocadura, criando um ambiente abrigado e favorável para o desenvolvimento do mangue. Na foto abaixo (Figura 31) é possível visualizar a cidade de Conceição da Barra no fundo e os bancos de areia colonizados por vegetação halófito-psamófila. Se os processos deposicionais continuarem deste lado do estuário, futuramente estes bancos de areia podem ser consolidados e uma nova extensão de terra acrescida à planície litorânea.



Figura 31: Sedimentação do lado direito da embocadura do rio São Mateus.
Fonte: Foto - Vale (2008).

6.4 Quantificação da área de mangue por meio de imagens Landsat

Foram feitas várias composições das componentes principais em RGB no sentido de se obter a melhor discriminação da classe mangue, porém a que apresentou o melhor resultado foi a composição Pc1/Pc4/Pc2 em RGB. A composição Pc1/Pc2/Pc4 em RGB sugerida por Green et al. (1998) para os manguezais do Caribe não teve um bom resultado para o manguezal de Conceição da Barra. Isto se deve ao fato de que as espécies de mangue apresentam pequenas diferenças no comportamento espectral devido à pigmentação das folhas, além de sofrerem influências de fatores externos como salinidade, sedimentos, matéria orgânica, período de inundação, entre outros.

Para cada ano foi feito a composição das componentes principais em RGB conforme mencionado acima e aplicado um realce de equalização de histograma. No Anexo II é possível visualizar o mangue em amarelo nas imagens denominadas de img1985, img1997 e img2009.

Em seguida foi realizada uma classificação supervisionada definindo-se três classes para cada imagem; mangue, não-mangue e massa d'água. O

classificador utilizado foi o Máxima Verossimilhança. Na avaliação da qualidade das informações geradas, por meio da exatidão global e do índice Kappa, os valores encontrados foram de 85% e de 0,73 na imagem de 1985, 92% e 0,88 na imagem de 1997 e 92% e 0,87 na imagem de 2009 respectivamente. Sendo assim, o valor exatidão global está acima do que GUPTILL & MORRISON (1995) considera necessário para uma classificação ser aceitável e o índice Kappa encontra-se no intervalo de qualidade muito bom conforme os autores LANDIS & KOCH (1977).

A Figura 32 apresenta os mapas elaborados a partir da classificação das imagens Landsat de 1985, 1997 e 2009 e a Tabela 16 fornece o quantitativo de área de manguezal para cada ano respectivamente.

TABELA 16: QUANTITATIVO DA ÁREA DE MANGUEZAL PARA OS ANOS DE 1985, 1997 E 2009.

ANO	ÁREA (ha)
1985	788,2
1997	824,1
2009	790,1

No ano de 1985, a área de mangue era de aproximadamente 788,2 ha, portanto menor que a do ano de 1997, que era de 824,1 ha. Já no ano de 2009, a área de mangue diminui de tamanho perfazendo um total de 790,1 ha.

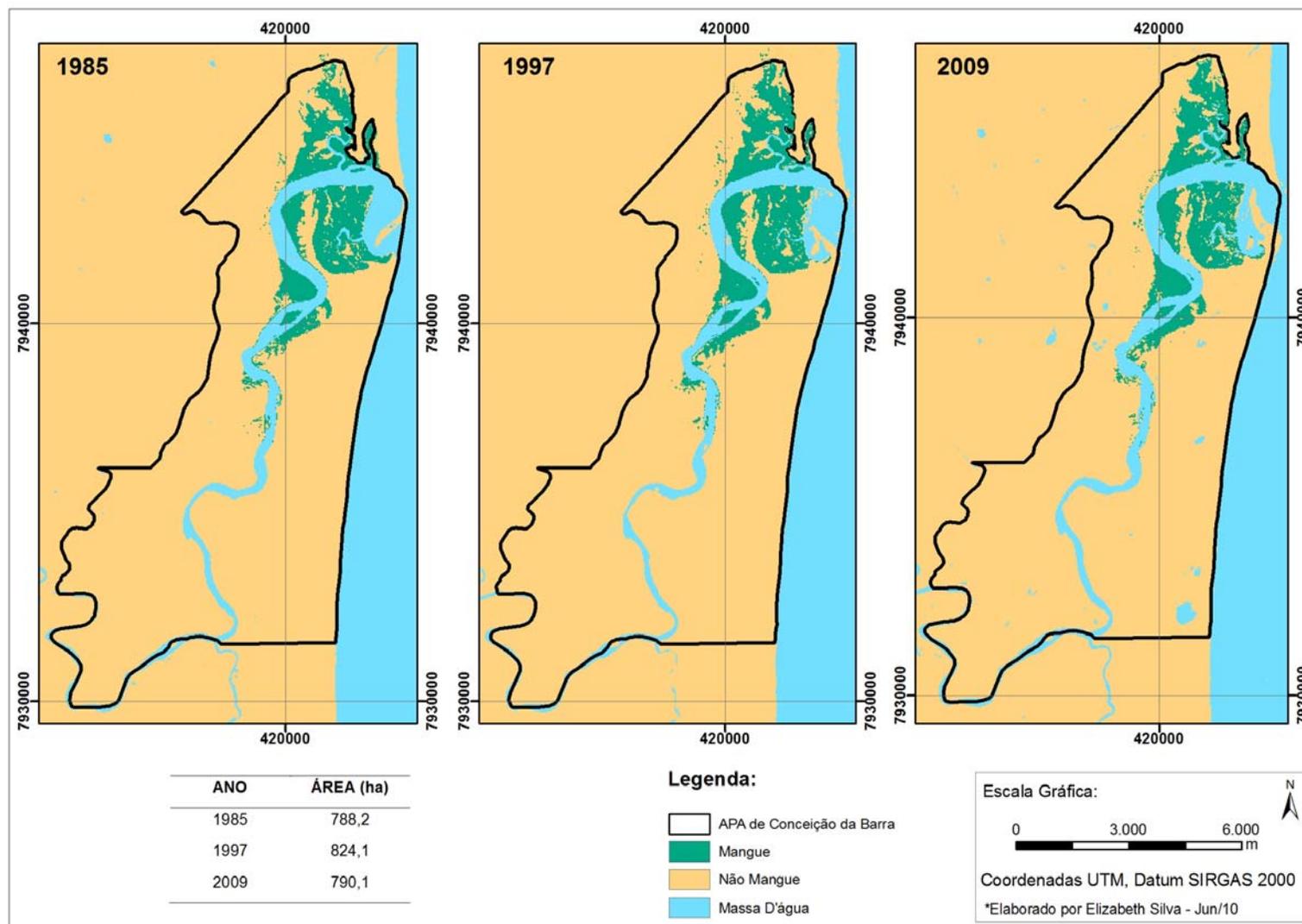


Figura 32 - Mapas elaborados a partir da classificação supervisionada de imagem Landsat 5 dos anos de 1985, 1997 e 2009.

No intuito de realçar as mudanças ocorridas na vegetação do mangue bem como no quantitativo de área em decorrência dos processos erosivos e deposicionais ao longo dos anos de 1985, 1997 e 2009 criou-se as composições apresentadas no Anexo III. Na composição 1985/1997/zero, as feições existentes na data de 1985 e não presentes na data de 1997 apresentam-se em tonalidade verde, as feições não presentes na data de 1985 e existentes na data de 1997 apresentam-se em tonalidade vermelho, e as feições presentes em todas as duas datas apresentam-se na tonalidade amarelo. As áreas apontadas pelas setas correspondem às áreas existentes na data de 1985 (tonalidade verde), e que devido aos processos erosivos ocorridos na embocadura do rio São Mateus desapareceram. Embora tenha ocorrido perda de área de manguezal em alguns pontos, o manguezal da embocadura do rio São Mateus teve um ganho de 35,9 ha entre os anos de 1985 e 1997. Na composição 1997/2009/zero, as feições existentes na data de 1997 e não presentes na data de 2009 apresentam-se na tonalidade verde, as feições não presentes na data de 1997 e presentes na data de 2009 apresentam-se na tonalidade vermelho, e as feições presentes nas duas datas apresentam-se na tonalidade amarela. A seta indica que os processos erosivos continuaram na embocadura do rio São Mateus, pois a área em verde é uma área de manguezal existente na data de 1997 e que desapareceu na data de 2009. No decorrer destes anos houve uma perda de área de mangue de 33,1 ha. Na composição 1985/2009/zero as feições existentes na data de 1985 e não presentes na data de 2009 apresentam-se em tonalidade verde, as feições não presentes na data de 1985 e existentes na data de 2009 apresentam-se em tonalidade vermelho, e as feições presentes em todas as duas datas apresentam-se na tonalidade amarelo. As setas indicam as feições que existiam na data de 1985 (tonalidade verde), e que desapareceram em decorrência dos processos erosivos.

O Anexo IV apresenta as composições em RGB; Pc1 1985 / Pc1 1997 / zero, Pc1 1997 / Pc1 2009 / zero e Pc1 1985 / Pc1 2009 / zero. Foi possível perceber que este tipo de composição permitiu uma boa visualização das feições costeiras e da linha de praia favorecendo a análise das alterações ocorridas ao longo dos anos de 1985, 1997 e 2009, porém esta composição não realçou as mudanças ocorridas na vegetação de mangue.

Na imagem Pc1 1985 / Pc1 1997 / zero, as feições costeiras existentes em 1985 podem ser visualizadas na cor vermelho, enquanto que as de 1997 podem ser visualizadas na cor azul verde. As feições que não sofreram alterações estão representadas na cor preta. Pode-se perceber que ocorreu um “engordamento” da linha de praia tanto do lado esquerdo como do lado direito da embocadura do rio São Mateus entre os anos de 1985 e 1997. Do lado esquerdo, a linha de costa progradiu aproximadamente 100 metros, enquanto que do lado direito progradiu cerca de 40 metros.

Na imagem Pc1 1997 / Pc1 2009 / zero, as feições existentes no ano de 1997 estão representadas na cor vermelha e as de 2009 estão representadas na cor verde. É possível perceber que os processos erosivos continuaram no estuário inferior do rio São Mateus. A linha de praia localizada do lado esquerdo da embocadura sofreu retrogradação com perda de cerca de 70 metros de extensão. Do lado direito da embocadura, a progradação da linha de praia continuou, e teve um aumento aproximado de 30 metros de extensão.

Na imagem Pc1 1985 / Pc1 2009 / zero as feições existentes no ano de 1985 estão representadas na cor vermelha e as de 2009 estão representadas na cor verde. Analisando a linha de costa situada do lado esquerdo da embocadura do rio São Mateus parece que não houve alteração, porém nas imagens anteriores percebeu-se que entre os anos de 1985 e 1997 ocorreu uma progradação, enquanto nos anos de 1997 e 2009 ocorreu uma retrogradação. Já a linha de costa situada do lado esquerdo da embocadura, ocorreu uma progradação da linha de costa entre os anos de 1985 a 2009 de cerca de 70 metros.

CAPÍTULO 7

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista os objetivos propostos nesta dissertação e analisando os resultados obtidos, as seguintes considerações podem ser feitas.

Os fundamentos teórico-conceituais da Teoria Geral do Sistema respaldam-se no princípio de que os fenômenos não atuam de forma isolada, mas que funcionam dentro de um sistema e fazem parte de um universo maior foi de grande importância para esta pesquisa, pois diversos agentes locais e remotos contribuem para o funcionamento e sobrevivência do ecossistema manguezal da embocadura do rio São Mateus devendo ser considerados sem exceção.

A abordagem sistêmica tem-se configurado como um método eficaz aplicado em diferentes áreas da geografia física, pois ele permite agregar inúmeros elementos que compõem um sistema. A análise do fenômeno é realizada em seu próprio nível hierárquico, e não em função do conhecimento adquirido nos componentes de nível inferior. Isto significa que ela procura compreender o conjunto mais do que suas partes e sugere que o todo é maior que a somatória das propriedades e relações de suas partes, pois há o surgimento de novas propriedades que não emergem do conhecimento das suas partes constituintes.

Os fundamentos teórico-metodológicos da Estrutura Hierárquica proposta por Schaeffer-Novelli et al., (2000) e a classificação dos ambientes onde ocorrem os manguezais sob o ponto de vista geomorfológico, segundo Thom (1982), possuem uma abordagem sistêmica. A estrutura hierárquica permitiu a aplicação de vários níveis de observação ao ecossistema manguezal da embocadura do rio São Mateus (ES) e a perspectiva geomorfológica de Thom (1982) permitiu pensar a respeito do papel exercido pelos fatores geofísicos, geomórficos e biológicos, e como eles influenciam na distribuição, desenvolvimento e manutenção dos manguezais. Além disso, a aplicação de diferentes escalas espaciais e temporais a partir do uso de fotografias aéreas e imagens Landsat permitiram a análise das mudanças da cobertura vegetal da embocadura do rio São Mateus e a correlação com os processos erosivos e deposicionais que se alternam ao longo dos anos.

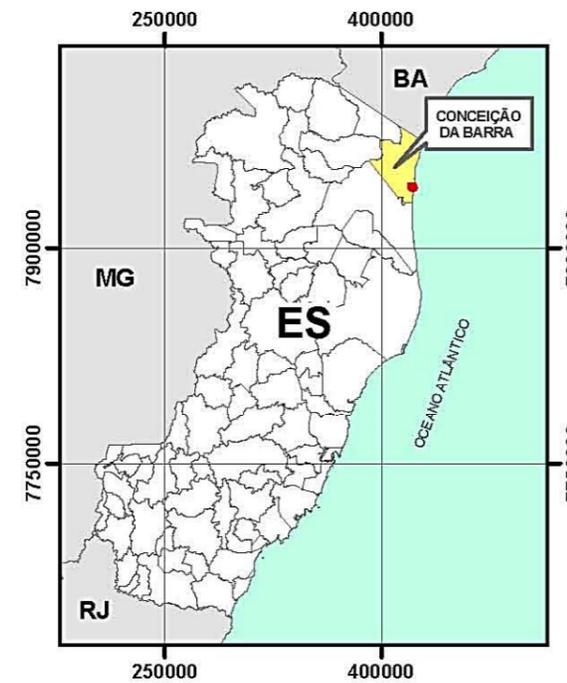
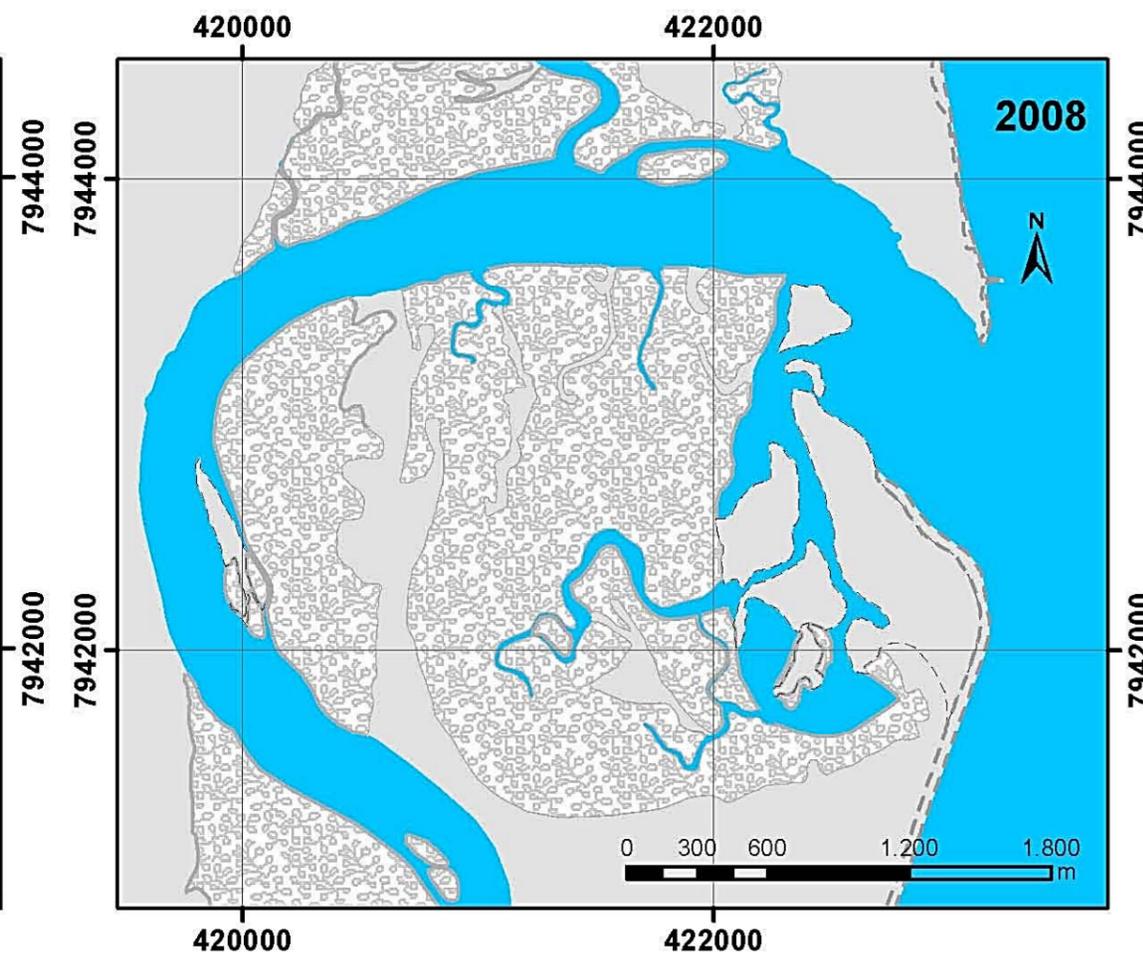
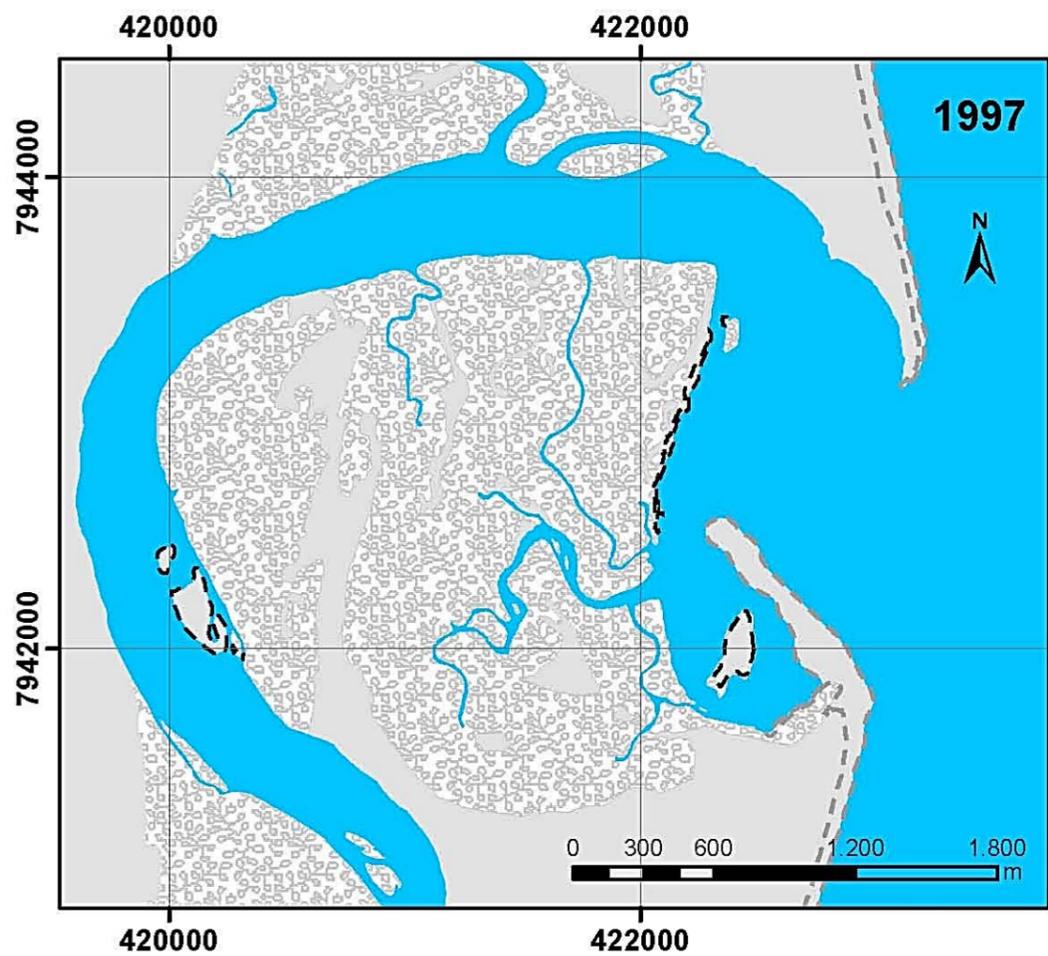
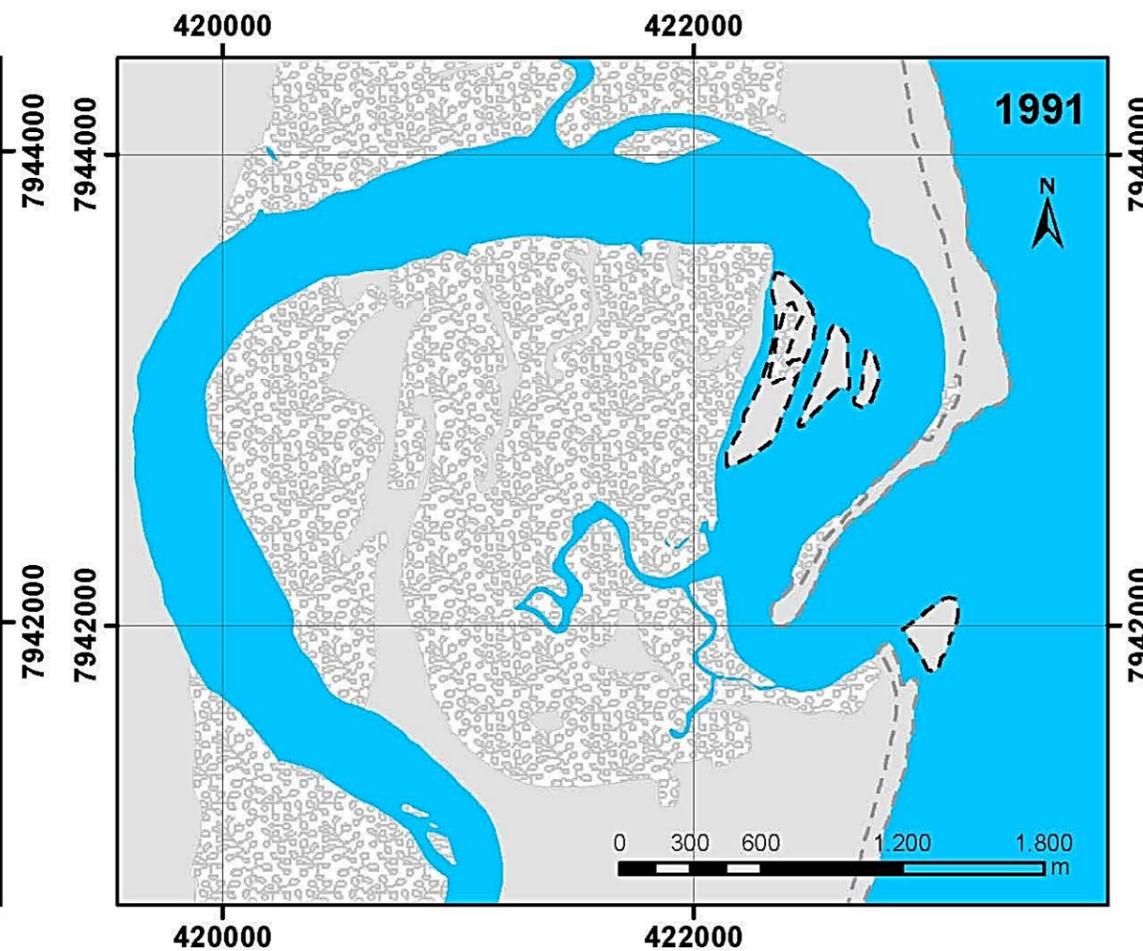
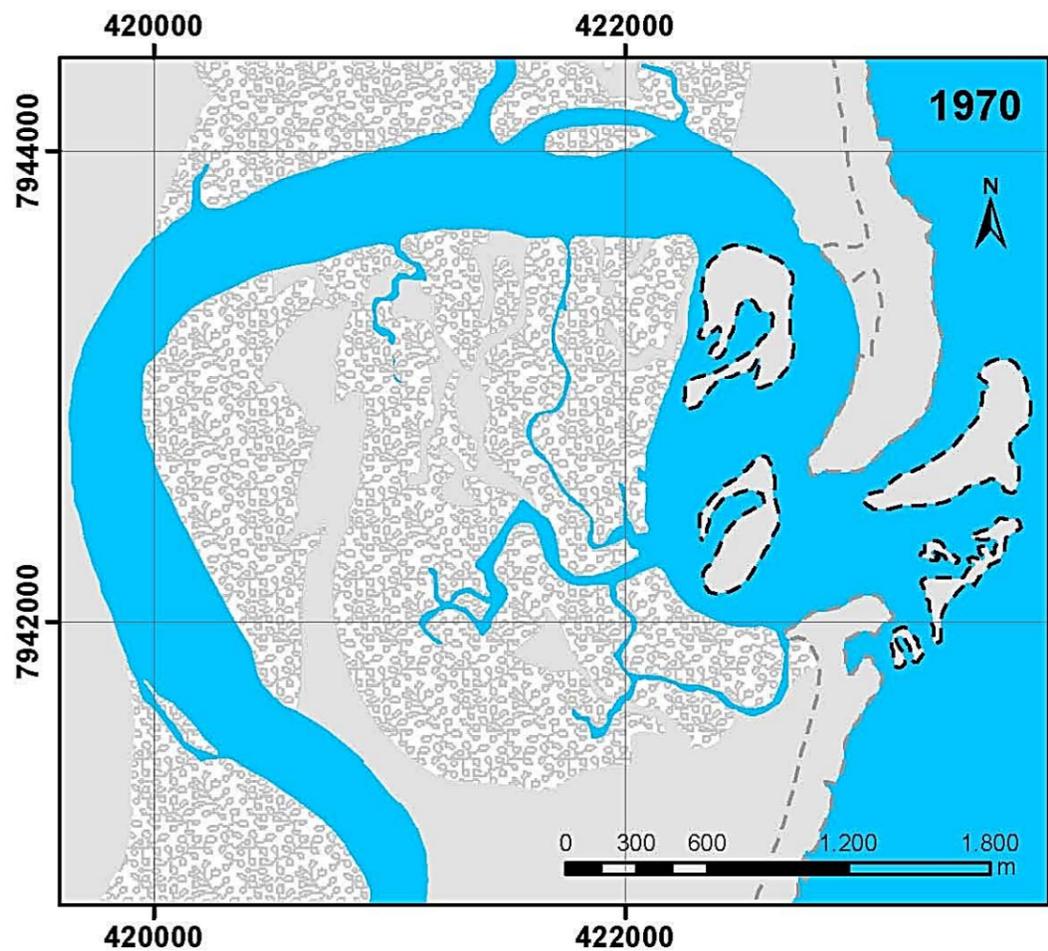
A morfologia do estuário do rio São Mateus, bem como de sua foz resultam da associação entre os processos geofísicos, da compartimentação geológica-geomorfológica de seu entorno, das características flúvio-marinhas e do uso da

terra, devendo este, ser considerado no contexto da bacia hidrográfica, sob enfoque sistêmico. Portanto, em uma escala regional levantou-se dados referente a bacia hidrográfica do rio São Mateus, pois ela é a origem do sistema de rios que suprem o estuário de água doce, fluvial e de escoamento superficial, sedimentos, substâncias orgânicas e inorgânicas e até mesmo poluentes. A caracterização destes elementos e a simples observação do conjunto permitiram compreender os aspectos fisionômicos inerentes a bacia hidrográfica, e como eles se articulam entre si para compor uma paisagem única e indissociável. Sob o ponto de vista local levantou-se dados referentes aos aspectos climáticos, flúvio-marinhos, fitogeográficos e de uso da terra da embocadura do rio São Mateus. Estes dados foram importantes para a correlação e posterior identificação dos ambientes geomórficos propostos por Thom (1982), pois de acordo com este autor a variabilidade destes dados fornece respostas geomórficas e ecológicas diferentes a cada uma dos ambientes onde se estabelecem os manguezais. Os ambientes C e D propostos por Thom (*op. cit.*) são os que mais se assemelham com a morfologia do estuário do rio São Mateus.

O mapeamento da embocadura do rio São Mateus a partir da fotografia aérea de 2008 permitiu a análise temporal das feições costeiras juntamente com os outros mapeamentos elaborados por Vale (1999) dos anos de 1970, 1991 e 1997. No mapeamento de 2008, constatou-se que os processos erosivos sob a barra fluvial localizada do lado esquerdo da embocadura continuaram, principalmente na praia de Bugia. Novos bancos de sedimentos emersos foram formados do lado direito da embocadura, criando um ambiente abrigado e favorável para o desenvolvimento do mangue. Estes bancos estão sendo colonizados por gramíneas (vegetação halófita-psamófila), e futuramente poderão vir a ser colonizados por propágulos e, por conseguinte uma nova extensão de terra acrescida à planície costeira.

As imagens de satélite bem como o uso de técnicas de sensoriamento remoto forneceram um bom resultado na análise têmporo-espacial da cobertura vegetal do manguezal da embocadura do rio São Mateus. A vegetação de mangue no ano de 1985 era de aproximadamente 788,2 ha, contudo no ano de 1997 teve um aumento de 824,1 ha, e em 2009, a área de mangue diminui de tamanho

perfazendo um total de 790,1 ha. A composição RGB das componentes principais Pc1/Pc4/Pc2 dentre as várias composições realizadas foi a que forneceu a melhor discriminação da vegetação de mangue. A partir das composições 1985/1997/zero, 1997/2009/zero e 1985/2009/zero em RGB foi possível a identificação das áreas de mangue que sofreram alterações ao longo dos anos em decorrência dos processos erosivos e deposicionais. As composições Pc1 1985 / Pc1 1997 / zero, Pc1 1997 / Pc1 2009 / zero e Pc1 1985 / Pc1 2009 / zero em RGB permitiram a visualização das mudanças ocorridas nas feições costeiras e da linha de costa adjacente a embocadura do rio São Mateus. A linha de costa localizada nas adjacências da embocadura do rio São Mateus parece ter progredido entre os anos de 1985 a 1997 e entre os anos de 1997 e 2009 ela parece ter retrogradado. Os processos erosivos e deposicionais se alternam, tanto dentro do estuário, como na linha de costa adjacente resultando em diferentes feições costeiras ao longo dos anos. Todavia, para ter certeza do movimento da linha de costa, seria necessário o monitoramento do perfil praiado por pelo menos um ano.

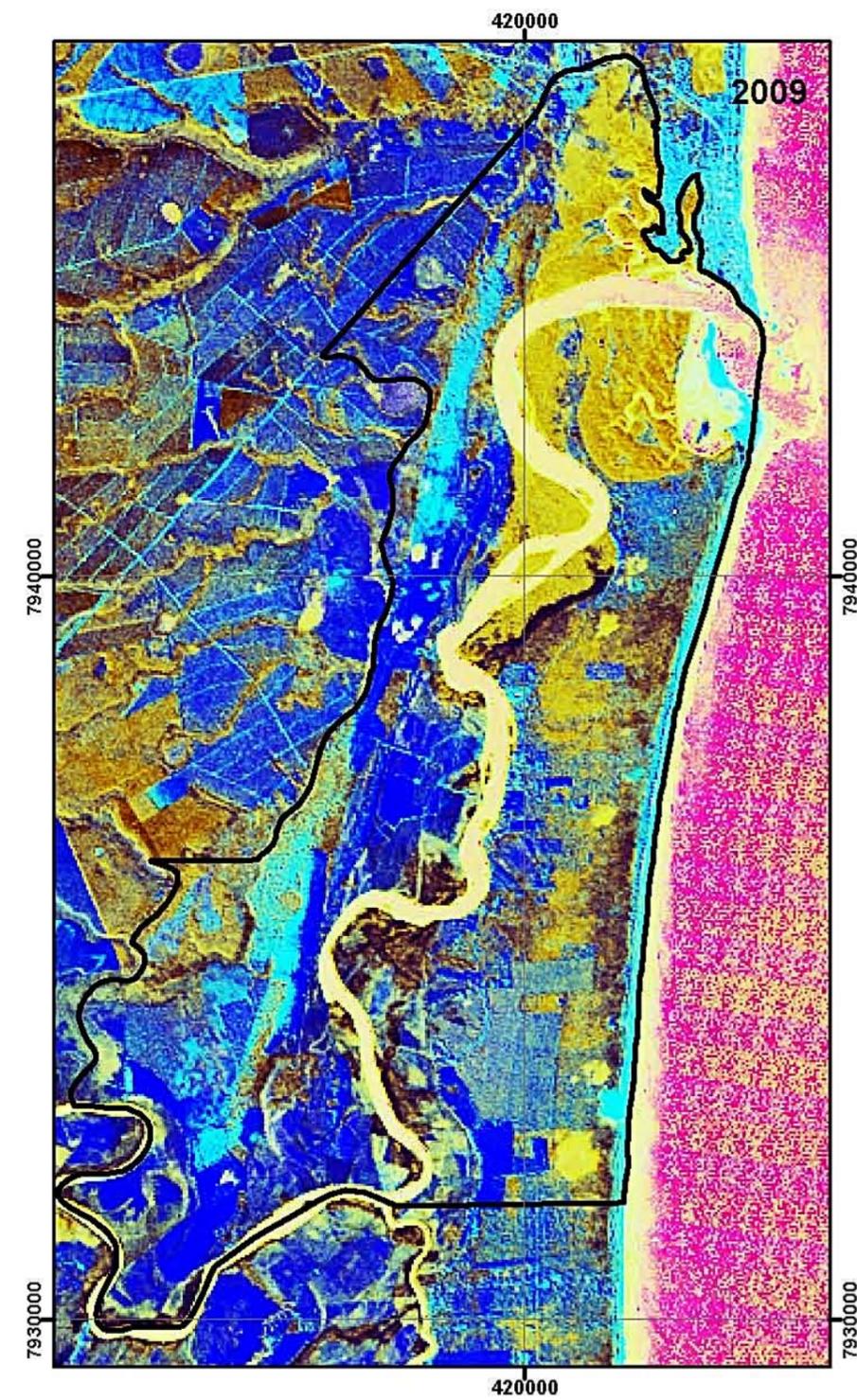
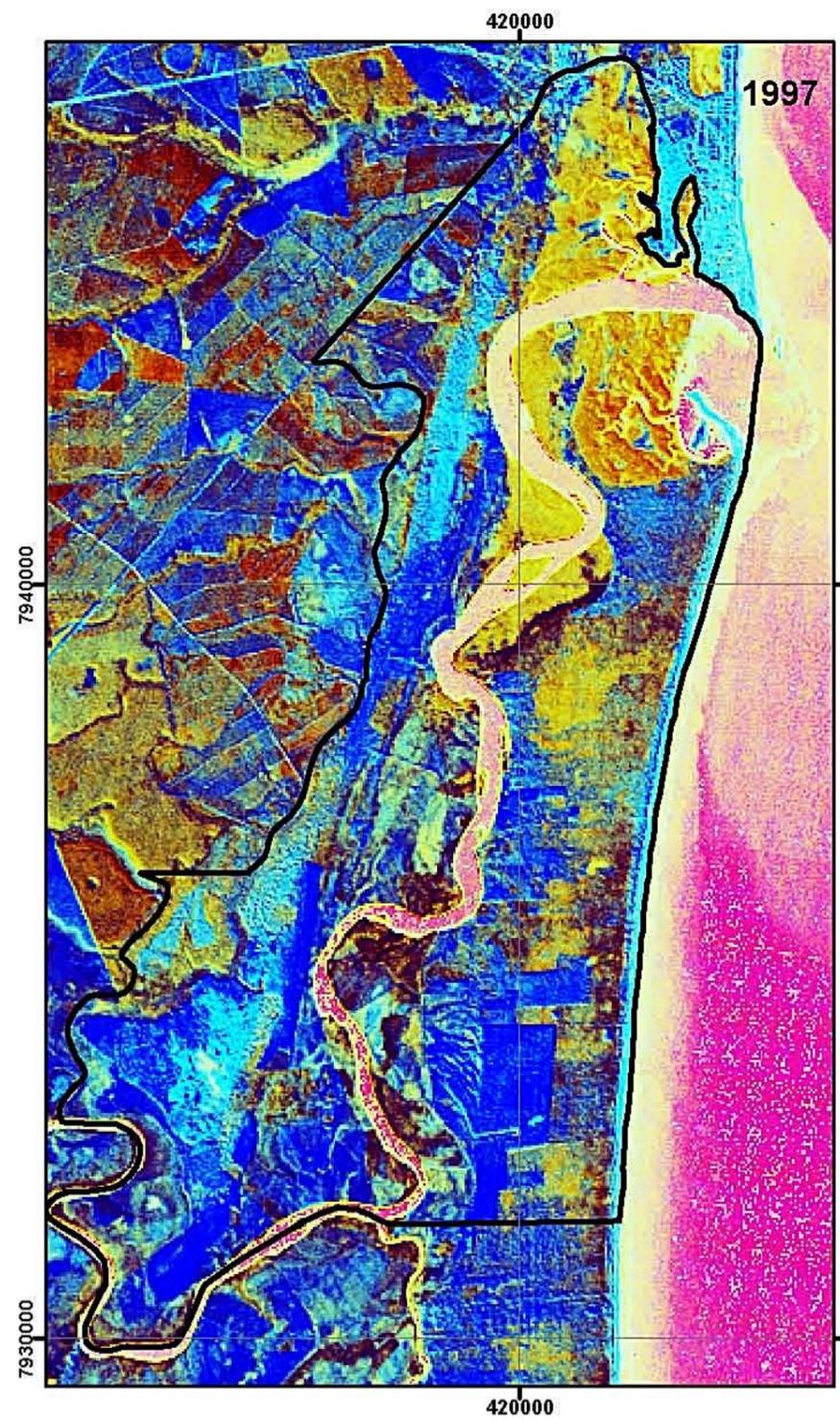
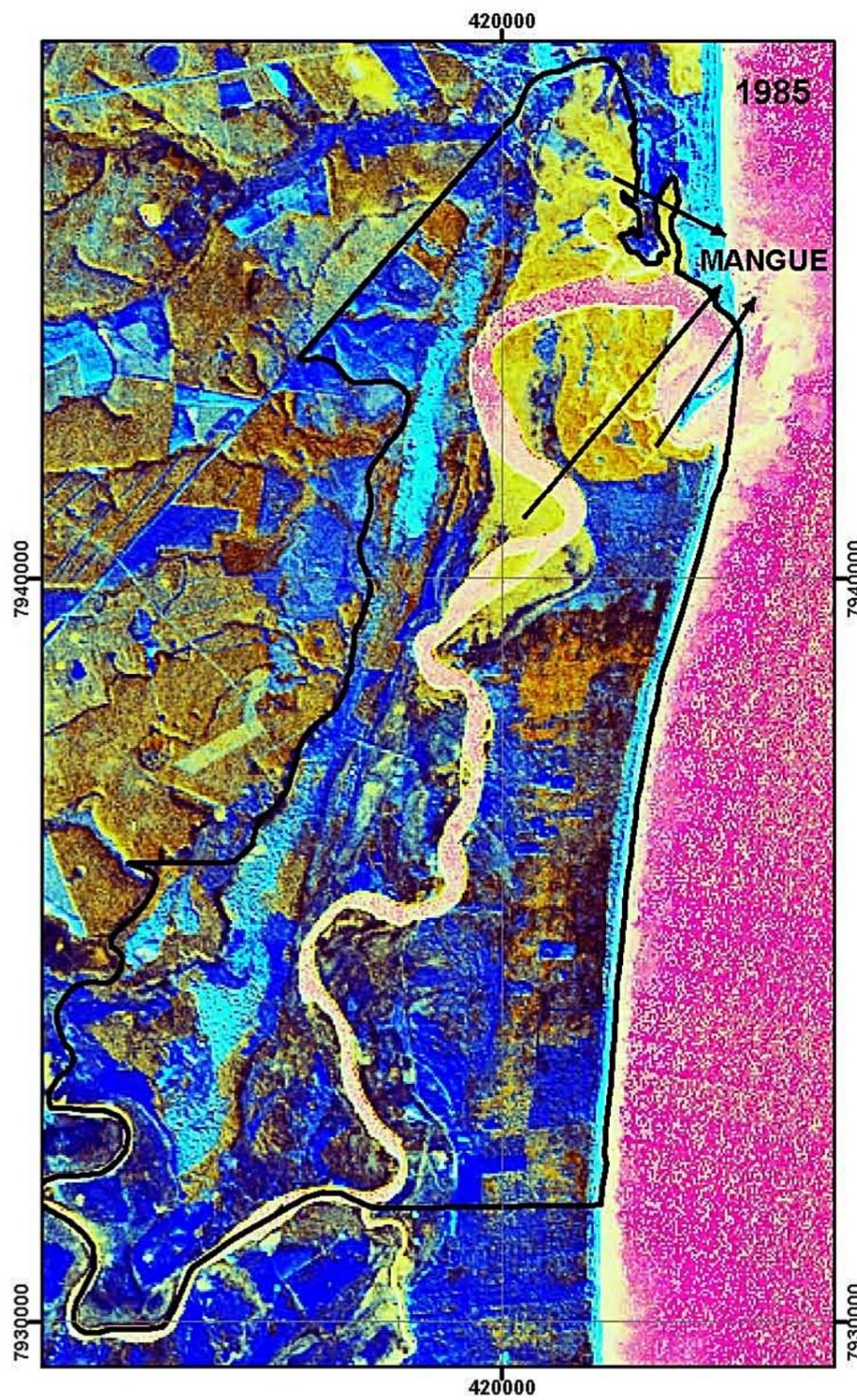


Legenda:

- Linha de Praia
- Sedimentação
- ▨ Mangue
- Não Mangue
- Massa D'água

Anexo I: Mapeamento do baixo estuário do rio São Mateus a partir das fotografias aéreas de 1970, 1991, 1997 e 2009.

Projeção Universal Transverso de Mercator
 Coordenadas UTM
 Datum WGS 84
 *Elaborado por Elizabeth Silva - Jun/10



Anexo II: Imagens dos anos de 1985, 1997 e 2009 compostas por Pc1/Pc4/Pc2 em RGB.

Legenda:

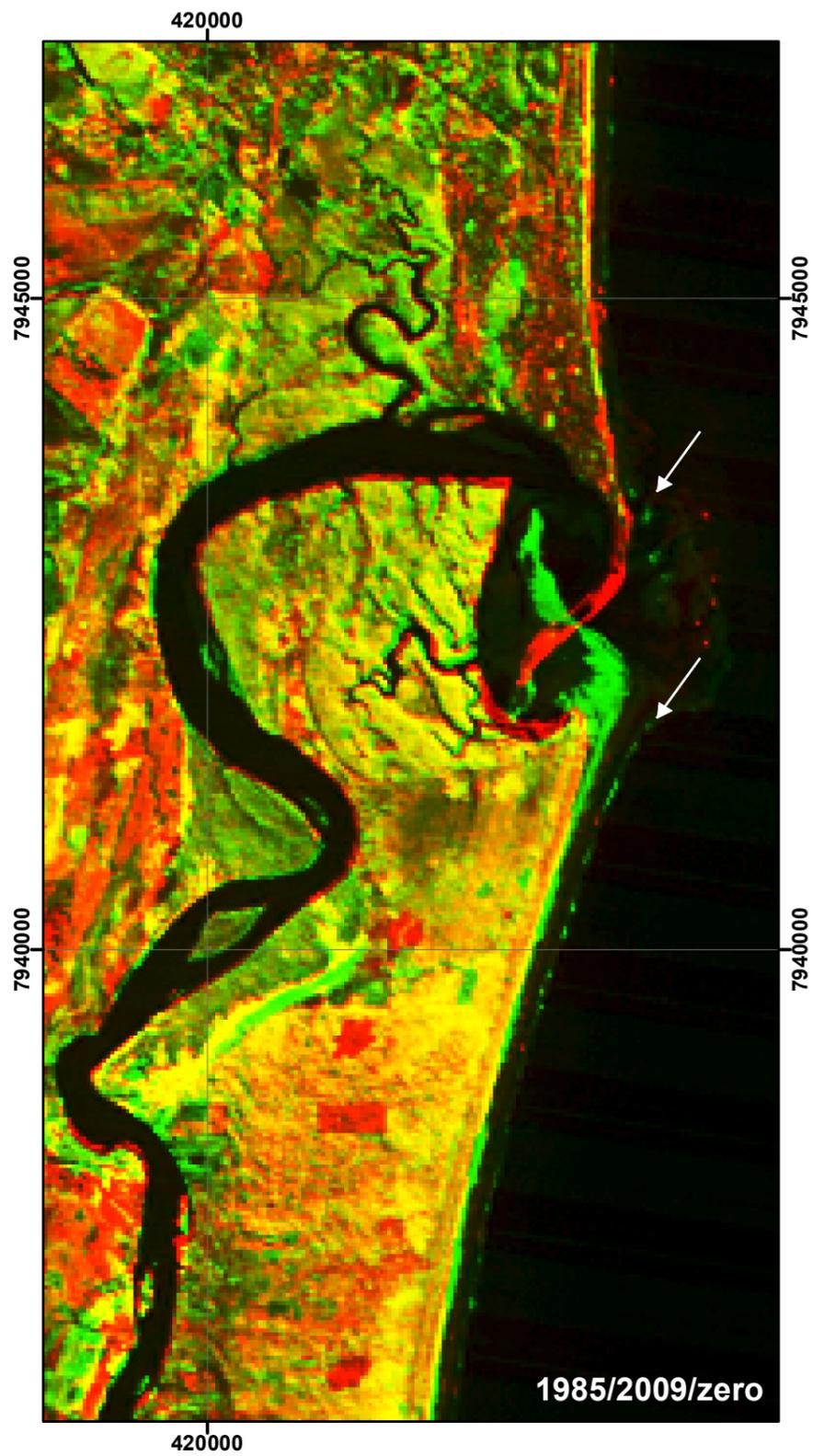
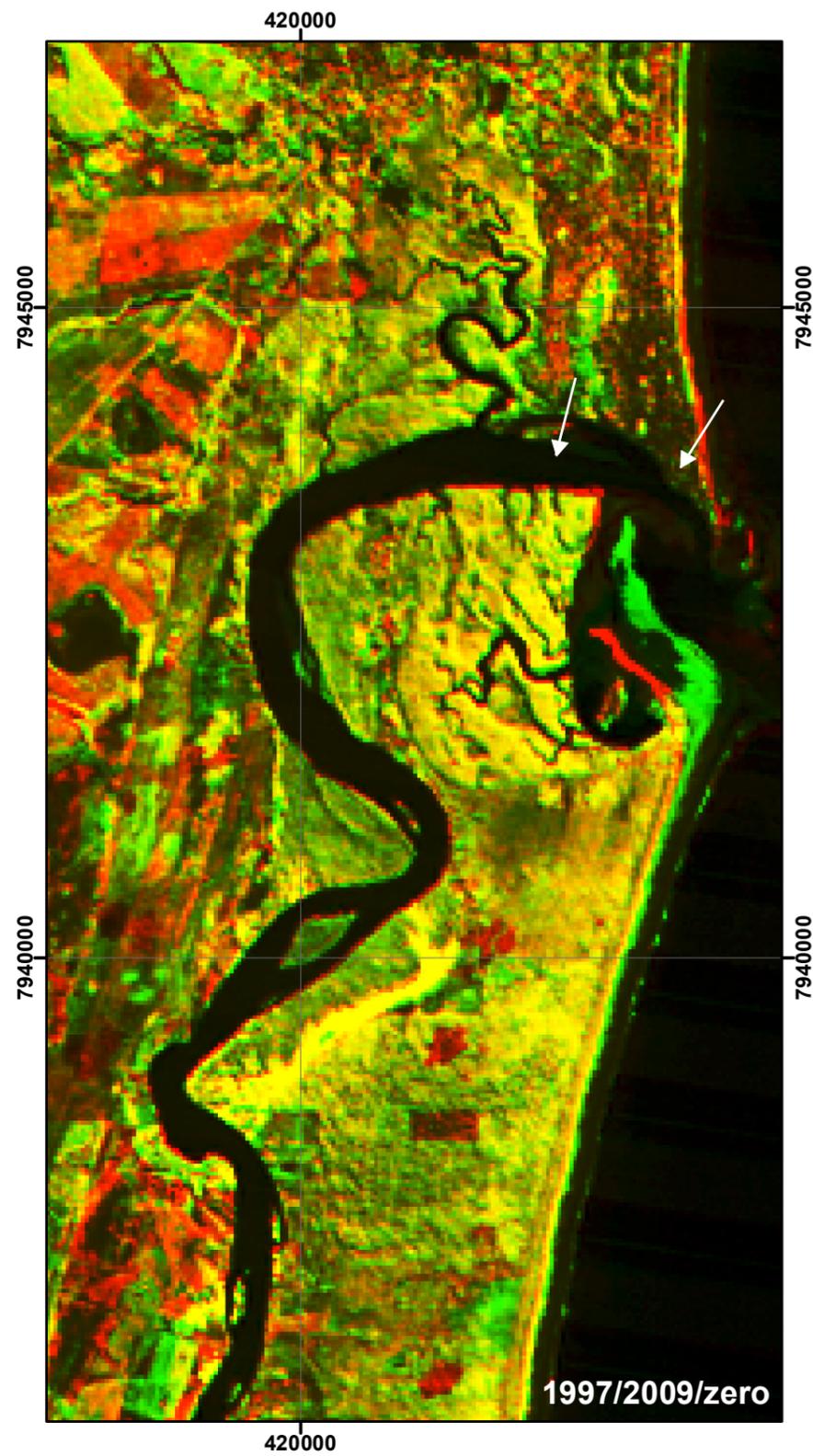
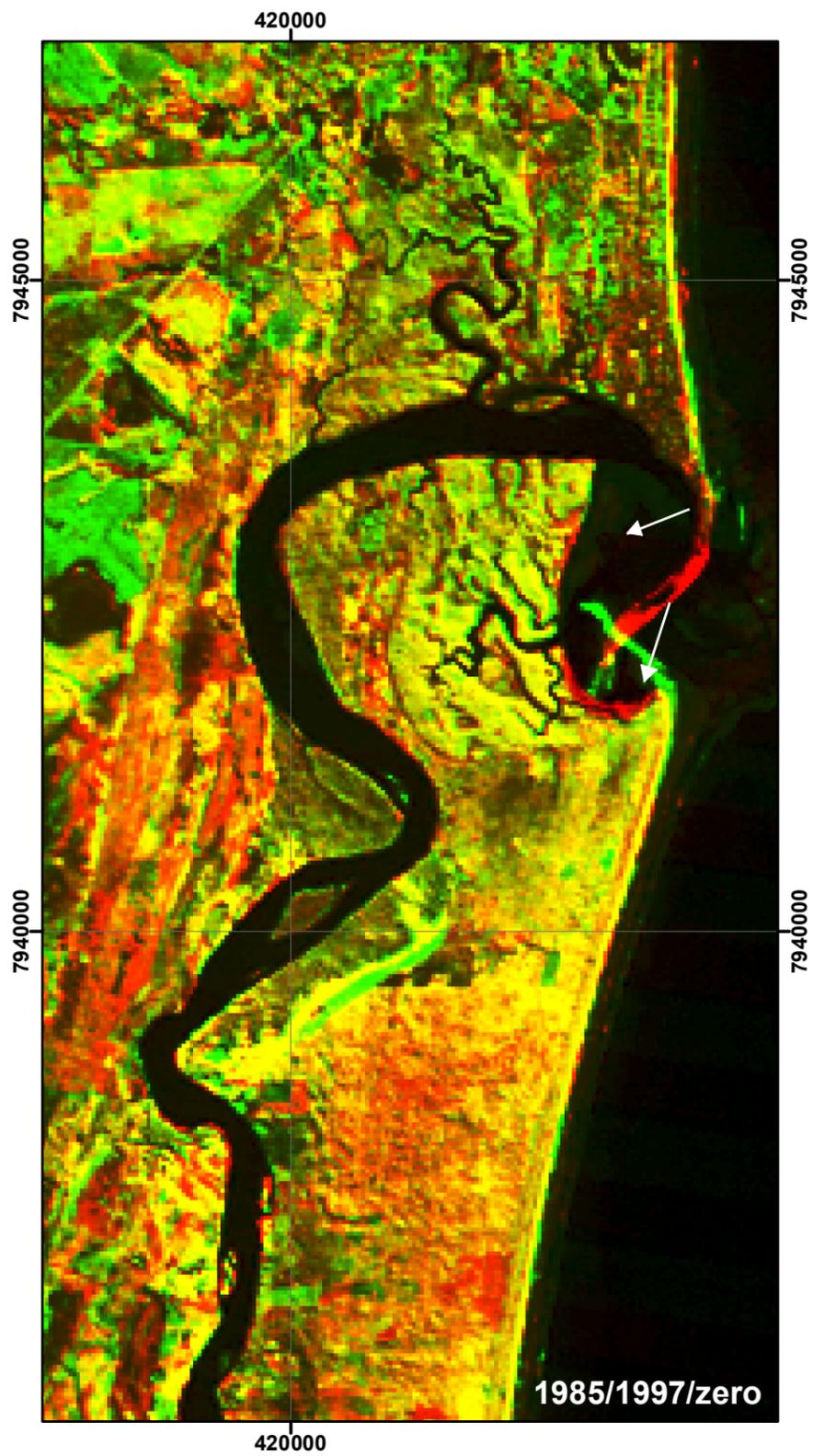
 APA de Conceição da Barra

Escala Gráfica:



Coordenadas UTM, Datum SIRGAS 2000

*Elaborado por Elizabeth Silva - Jun/10



Anexo III: Composição em RGB das imagens de 1985, 1997, 2009 e zero evidenciando as mudanças ocorridas na vegetação de mangue.

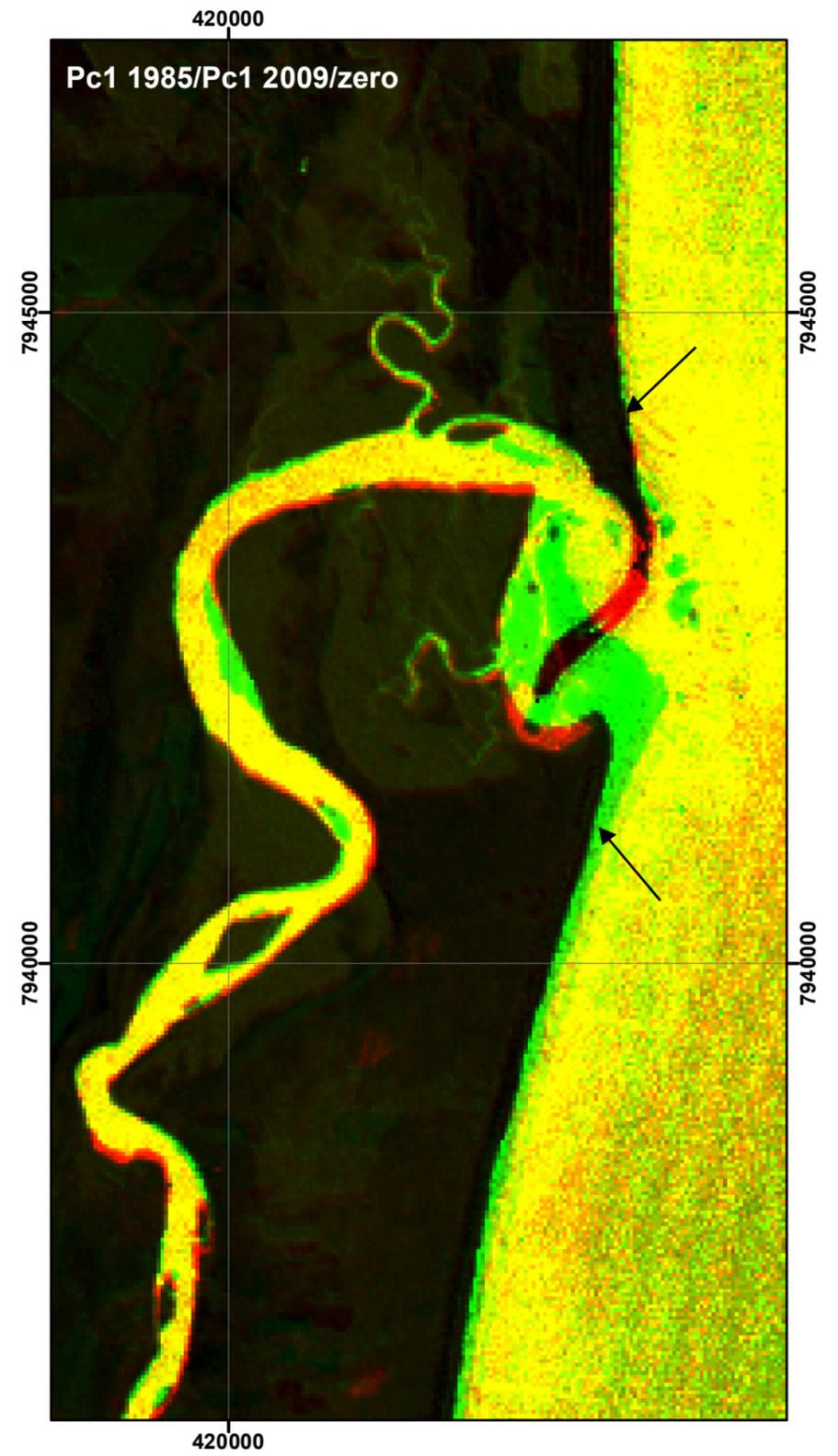
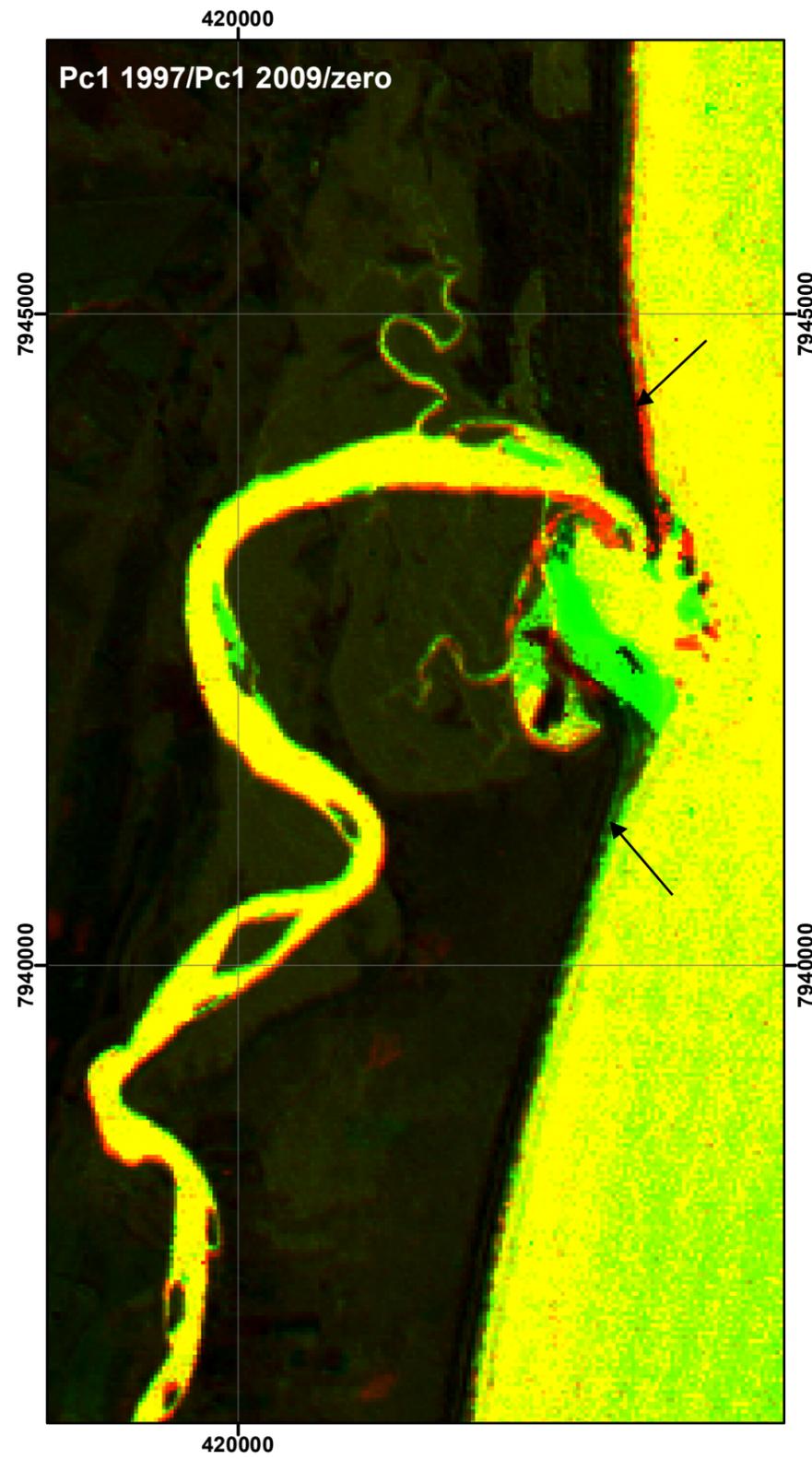
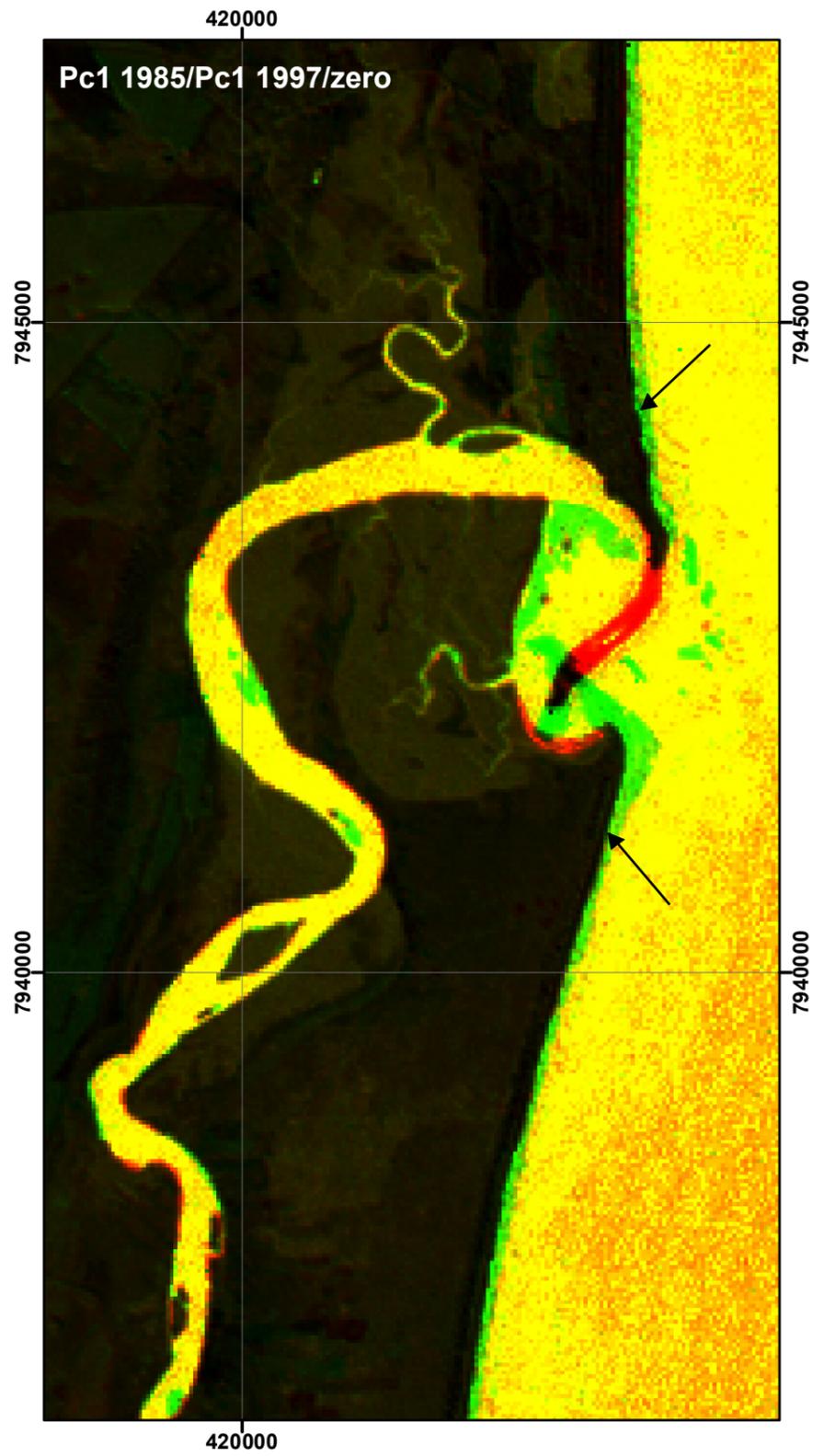
Escala Gráfica:



Coordenadas UTM, Datum SIRGAS 2000

*Elaborado por Elizabeth Silva - Jun/10





Anexo IV: Composição em RGB das imagen Pc1 1985, Pc1 1997, Pc1 2009 evidenciando as feições costeiras e a linha de praia.

Escala Gráfica:



Coordenadas UTM, Datum SIRGAS 2000

*Elaborado por Elizabeth Silva - Jun/10

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ab'Sáber A.N. **Domínios morfolclimáticos e províncias fitogeográficas do Brasil**. Orientação, n.3, 1967.

AB'SABER, Aziz Nacib. **Geomorfologia: A organização Natural das paisagens Inter e Subtropicais Brasileiras**. USP, SP, 1973.

AB'SABER, A.N. **Os domínios morfoclimáticos na América do Sul: primeira aproximação**. Geomorfologia, v.53, p.1-23. 1977.

AB'SABER, Nacib Aziz.. **Litoral do Brasil**. Editora Metalivros, São Paulo. 2003

AB'SABER, Nacib Aziz. **Ecosistemas do Brasil**. Editora Metalivros, São Paulo. 2006

AB'SABER, Nacib Aziz. **Migrações e Palafitas: Qual será o impacto do possível aumento dos mares no deslocamento da população brasileira?** 2008. Disponível em: <www.forumnacional.org.br/trf_arq.php?cod=EP02210>. Acesso em: 20 de novembro de 2009.

ALBINO, J. **Processos de sedimentação atual e morfodinâmica das praias de Bicanga à Povoação – ES**. Tese de Doutorado. São Paulo.182p. 1999.

ALFREDINI, P. **Obras e Gestão de Portos e Costas**. Edgard Blücher, São Paulo. 2005.

ALMEIDA, R. de. **Conservação dos Manguezais Capixabas e sua Importância para a Diversidade Biológica**. In: Ecosistemas Costeiros do Espírito Santo: Conservação e Preservação. Org: MENEZES, L. F. T. de.; PIRES, F. R.; PEREIRA, O. J. Edufes. 300 p. 2007.

ALMEIDA, P. M. M.; SOARES, M. L. G.; KAMPEL, M. **Monitoramento de um a área de manguezal na região metropolitana do Rio de Janeiro através de técnicas de sensoriamento remoto**. 2008. Disponível em <<http://www.inea.rj.gov.br/pesquisa/publicacoes/RBAG/docs/9F.pdf>>. Acesso em: 05 de dezembro de 2009.

ANA, Agência Nacional das Águas. 2010. **Caderno da Região Hidrográfica do Atlântico Leste**. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/cd4/index.htm>. Acesso em: 10 janeiro 2010.

ANDRADE, J. B. de. **Fotogrametria**. SBEE. Curitiba. 2008.

ANDRADE-LIMA, D. **Atlas Geográfico do Brasil**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1966.

AUGUSTINUS, P. G. E. F. **Geomorphology and sedimentology of mangroves**. In: *Developments in Sedimentology* 53. Perillo, G.M.E. (Ed.) pp.333-357. 1995.

BERNARDES, L. M. C. **Tipos de climas do Estado do Espírito Santo**. Seção de estudos do C.N.G. pp.107-109. 1951.

BARROSO, L. C. **A Compreensão Sistêmica – Amplitude e Dificuldades**. Boletim Geográfico nº243. Rio de Janeiro. pp 35-46. 1974.

BERTALANFFY, L. **Perspectivas en la teoría general de sistemas**. Estudios científico-filosóficos. Santisteban, A. (Ed.) Alianza Editorial, Madri. 166p. 1975.

BIRD, E. C. F. **Coasts, an introduction to coastal geomorphology**. In: Basil Blachwell. 320p. 1984.

BITTENCOURT, A. C. S. P.; DOMINGUEZ, J. M. L.; MARTIN, L. & FERREIRA, Y. A. **Dados preliminares sobre a evolução do delta do Rio São Francisco (SE/AL) durante o Quaternário: influência das variações do nível do mar**. In: Atas do Simpósio do Quaternário no Brasil. pp.49-68. 1982.

BRANDÃO, I. M.; GUIMARÃES, A. S.; TRAVASSOS, P. E. P. **Ecologia de Paisagem: uma análise multi-temporal dos manguezais urbanos do complexo de Salgadinho, Olinda/PE**. 2009. Disponível em <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.16.16.53/doc/456946.pdf>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2009.

BRASIL/SEPLAN/IBGE. **Levantamento de Recursos Naturais** Vol.34, folha SE. 24 Rio Doce. 544p. 1987.

BRASIL - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano Nacional de Recursos Hídricos: Caderno da Região Hidrográfica Atlântico Leste**. 2006b. Disponível em: <<http://pnrh.cnrh-srh.gov.br/>>. Acesso: 6 agosto 2009.

BRASIL - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Levantamento da Cobertura Vegetal Nativa do Bioma Mata Atlântica**. 2007. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/datadownload.htm?/>> Acesso: 6 agosto 2009.

BRASIL - MMA. **Macrodiagnóstico da zona costeira do Brasil na escala da União**. Brasília. 1996.

BRASIL - MMA. **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro. Ministério do Meio Ambiente**. 2006a. Disponível em <http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=78&idConteudo=5627&idMenu=5114> >. Acesso: 12 agosto 2009.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. [s.d.]. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap1-introducao.pdf>>. Acesso: 10 janeiro 2010.

CAMERON, W. M.; PRITCHARD, D. W. Estuaries. In: Hill, M. N. (Ed.). **The sea. Ideas and observations on Progress in the Study of the seas**. New York. Interscience, pp. 306-324. 1963.

CAPRA, F. **A Teia da Vida**. 6º Edição. Editora Pensamento, São Paulo. 1996.

CASTRO, I. E. de., GOMES, P. C. C, CÔRREA, R. L. **Geografia: Conceitos e Temas**, Rio de Janeiro, Bertrand Brasil. 1995.

CENTENO, J.A.S. **Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens Digitais**. Ed. Curso de Pós-graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 219p. 2004.

- CEPEMAR. **Plano de Manejo do Parque Estadual de Itaúnas**. 2002.
- CEPEMAR. **EIA para a Atividade de Pesquisa Sísmica Marítima 4D nas Áreas dos Campos de Golfinho, Canapu, Camarupim, Camarupim Norte, Peroá e Congoá, na Bacia do Espírito Santo**. 2009.
- CHAPMAN, V. J. **Mangrove biogeography**. In: International Simposium on Biology and Management of Mangroves. (Eds.) G.E. Wassh, S.C. Snedaker & H. J. Teas. East-West Center, Honolulu, Hawaii, pp.3-22. 1975.
- CHARMELO, C. L. L. **Geoambientes da Bacia do Rio São Mateus e Uso Irrigado de Solos de Tabuleiros**. Tese. Viçosa, Minas Gerais 2000.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em Geografia**. São Paulo, Hucitec. 1979.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo. 236p. 1999.
- CINTRÓN, G. & SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Mangroves Forests: ecology and response to natural and man induced stressors**. In: *Marine Sciences – UNESCO*. pp. 87-113.1983.
- CINTRÓN, G. & SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Características y desarrollo estructural de los manglares de norte y sur America**. *Ciencia Interamericana*, 25: 4-15. 1985.
- CRÓSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas, SP. Ed. IG/UNICAMP. 170 p. 1992.
- DALRYMPLE, R. W.; ZAITLIN, B. B.; BOYD, R. **A Conceptual Model of Estuarine Sedimentation**. *J. Sedim. Petrology*, 62:1130-1146. 1992.
- DAVIES, J. L. **Geomorphical Variation in Coastal Development**. Nova York: Hafner. 1973.

DAVIS, J. H. **The ecology and geology role of mangroves in Florida.** Carnegie Institute Washintong Publication, 517: 307-409. 1940.

DAVIS, J. H. **A Morphogenic Approach of World Shoreline.** Geomorfology, 8: 127-142. 1964.

DIONE, J. C. **Towards a more Adequate Definition of the St. Lawrence Estuary.** Geomorfology, 7:36-44. 1963.

DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. & MARTIN, L. **Esquema evolutivo da sedimentação Quaternária nas feições deltáicas dos rios São Francisco (ES/AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ).** In: Revista de Geociências 11(4). São Paulo. pp.227-237. 1981.

DOMINGUEZ, J. M. L. **Evolução paleográfica do delta do Rio Jequitinhonha durante o Quaternário: influência das variações do nível do mar.** In: Atas do IV Simpósio do Quaternário no Brasil. pp.69-92. 1982.

DOMINGUEZ, J. M. L. **O papel da deriva litorânea de sedimentos arenosos na construção das planícies costeiras associadas às desembocaduras dos rios São Francisco (SE-AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ).** Revista Brasileira de Geociência, São Paulo. pág.98-105. 1983.

DOMINGUEZ, J. M. L. **Erosão Costeira na Região Leste-Nordeste do Brasil.** Tese para Professor Titular em Geologia Costeira e Sedimentar junto ao Departamento de Sedimentologia da Universidade Federal da Bahia. 176p. 1999.

DOMINGUEZ, M. L. J.; DILLENBURG, S. R.; HESP. P. A. *(In press)* **Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barries of Brazil.** 2009.

DRUCK, S.; CARVALHO, M. de S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. **Análise espacial de dados geográficos.** Planaltina, DF. Embrapa Cerrados. P 27-28. 2004.

DYER, K. R. **Estuaries: A Physical Introduction.** 2. Ed. Chichester, Willey. p.195. 1997.

FAIRBRIDGE, R. W. ***The estuary: its definition and geodynamic cycle.*** In ***Chemistry and biogeochemistry of estuaries.*** E. Olausson e I. Cato (ed). John Wiley, Winchester, p. 1-35. 1980.

FEITOZA, L. R.; CASTRO, L. L. F. de; RESENDE, M.; ZANGRANDE, M. B.; STOCKING, M. S.; BOREL, R. M. A.; FULIN, E. A.; CERQUEIRA A. F.; SALGADO, J. S.; FEITOZA, H. N.; FULLIN, E. A.; STOCK L. A.; DESSAUNE FILHO, N.; MANK, A. M.; FERINGA, W.; MARTINEZ, J. A. **Mapa das Unidades Naturais do Estado do Espírito Santo. Vitória, ES.** EMCAPA. 1999.

FERNANDES, A. **Fitogeografia Brasileira: Províncias Florísticas.** 3ª Edição. Editora Realce, Fortaleza. 2006.

FERREIRA, R. D. **Os manguezais da baía de Vitória (ES): um estudo de geografia física integrada.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Departamento de Geografia, FFLHC, 302p. 1989.

FLEXOR, J-M; MARTIN, L. M.; SUGUIO, K. & DOMINGUEZ, J. M. L. **Gênese dos cordões litorâneos da parte central da costa brasileira.** CEUFF, Niterói. pp. 35-45. 1984.

FOLLEDO, M. **Raciocínio Sistêmico: Uma boa forma de se pensar o meio ambiente.** 2000. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/n6-7/20429.pdf>> Acesso em: 16 Agosto 2009.

FORMAN, R. T. T. **Land mosaics: the ecology of landscapes and regions.** Cambridge University Press, Cambridge. 1995.

GARCIA, G. J. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Interpretação de Imagens.** Nobel. São Paulo. 1982.

GOLLNER, R. **A geografia física geossistêmica e o estudo dos manguezais do estuário do Rio Santa Maria da Vitória (ES).** Monografia. Universidade Federal do Espírito Santo. 135p. 1992.

GREEN, P.; CLARCK, C. D.; MUMBY, P. J.; EDWARDS, A. J & ELLIS, A. C. **Remote Sensing Techniques for Mangrove Mapping**. International Journal of Remote Sensing. v.19. pp. 935-956. 1998.

GUPTILL, S. C; MORRISON, J.L. **Elements of Spatial Data Quality**. Elsevier Sci., U.K. 78p. II. 1995.

HOGBEN, N. & LUMB, F.E. **Ocean wave statistics. National Physical Laboratory**. Ministry of Technology. London. 263 p. 1967.

IBGE, **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Manuais Técnicos em Geociência. Rio de Janeiro. 92 p. 1992.

IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia**. Série Manuais Técnicos em Geociências, Volume 5. Rio de Janeiro. 1995.

IBGE. Área Territorial Oficial. [s.d.].
http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area.shtm.
Acesso em 20/08/2009.

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER). <http://www.incaper.es.gov.br/>. Acesso em 07 de junho de 2010.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. <http://www.inpe.br/>. Acesso em 11/09/2009.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES. <http://www.ijsn.es.gov.br/>. Acesso em 05 de maio 2010.

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDROVIÁRIAS – INPH. **Levantamento Topohidrográfico da Barra e do rio Cricaré**. In.: Departamento de Edificações Rodovias e Transporte do Espírito Santo – DERTES. 2006.

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDROVIÁRIAS – INPH. **Medições Hidráulicas – rio Cricaré (Conceição da Barra, ES)**. In: Departamento de Edificações Rodovias e Transporte do Espírito Santo – DERTES. 2006.

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDROVIÁRIAS – INPH. **Medições Sedimentológicas – rio Cricaré (Conceição da Barra, ES)**. In: Departamento de Edificações Rodovias e Transporte do Espírito Santo – DERTES. 2006.

JENSEN, J. R. **Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective**. 2nd. Prentice Hall series in geographic information science. 1996.

KAMPEL, M.; AMARAL, S.; SOARES, M. L. G. **Imagens CCD/CBERS e TM/Landsat para análise multi-temporal de manguezais no Nordeste brasileiro. [s.d.]. Um estudo no litoral do Estado do Ceará. [s.d.]**. Disponível em:http://www.obt.inpe.br/cbers/cbers_XIISBSR/408_KAS_XIISBSR_Final.pdf> Acesso em: 05 de dezembro de 2009.

KJERFVE, B. **Estuarine Geomorfology and Physical Oceanography**. In: Estuarine Ecology. New York, Willey. pp. 47-48. 1987.

LACOSTE, Yves. **A Geografia - Isso serve em primeiro lugar para fazer a guerra**, Campinas: Papirus, 1993.

LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. **The measurement of observer agreement for categorical data**. Biometrics, v.33, n.1,p. 159-174, 1977.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da Paisagem com SIG**. Editora Oficina de Textos. São Paulo. P 47-48. 2009.

LONG, B. G.; SKEWES. T. D. **A Technique for Mapping Mangroves with Landsat TM Satellite Data and Geographic Information System**. Estuarine, Coastal and Shelf Science. P. 373-381. 1995.

LUGO, A. E. & SNEDAKER, S. C. **The ecology of mangroves**. Anual Review of Ecology and Systematic 5. pp. 39-64. 1974.

LUGO, A. E. **Mangrove ecosystems: successional or steady state?** In: Tropical Succession. Botany Department and Center of Wetlands, University of Florida, Gainesville, Florida – USA. pp. 65-72. 1980.

MALDONADO, F. D.; SANTOS, J.R. do; CARVALHO, V.C. de C. **Rotação espectral controlada como alternativa em Análise por Componentes Principais para detecção de mudanças em região do semi-árido.** Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais. Foz do Iguaçu, INPE. 2001.

MARCHETTI, D. A.; GARCIA, G. J. **Princípios de fotogrametria e fotointerpretação.** Nobel. São Paulo. 1998.

MARTIN, L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J-M.; VILAS-BOAS, G. S. **Schéme de la sedimentacion quaternaire sur la partie centrale Du litoral brésilien.** Cahier OSTROM, Série Geologie, XIII (1). Paris, p. 59-81. 1983.

MARTIN, L., SUGUIO, K.; MÖRNER, N. & FLEXOR, J-M. **Fundamentos e reconstrução de antigos níveis marinhos do Quaternário.** In: *Boletim IG-USP/ Publicação Especial n°4.* São Paulo. pp.1-161. 1986.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; ARCHANJO, J. D. **O Quaternário Costeiro do Espírito Santo.** 29p. 1989.

MARTIN, L., SUGUIO, K. & FLEXOR, J-M. **As flutuações de nível do mar durante o Quaternário Superior e a evolução geológica de “deltas” brasileiros.** In: *Boletim IG-USP/ Publicação Especial, 15.* 186p. 1993.

MARTIN, L., SUGUIO, K., DOMINGUEZ, J. L. M. & FLEXOR, J-M. **Geologia do Quaternário costeiro do litoral norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo.** Belo Horizonte, CPRM/FAPESP. 112p. 1997.

MARTINELLI, M. **Cartografia Ambiental: Uma cartografia diferente?** Revista do Departamento de Geografia, USP, n°7, p.65, 1994.

MARTINELLI, M.; PEDROTTI, M. **A Cartografia das Unidades de Paisagem: Questões Metodológicas.** Revista do Departamento de Geografia, USP. n. 14, pág. 39-46. 2001.

MEIRELES, A. J. A.; VICENTE, E. da S. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales. Universidade de Barcelona,

Vol. VI, núm. 118. **Abordagem geomorfológica para a realização de estudos integrados para o planejamento e gestão em ambientes flúvio-marinhos.** 2002. Disponível em: <<http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-118.htm>> Acesso em: 8 julho 1999.

MENDES, I. A.; DANTAS, M.; BEZERRA, L. M. de. M. **Levantamento de Recursos Naturais. Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Uso Potencial da Terra.** IBGE. Volume 34 - Folha Rio Doce. Rio de Janeiro. 1987.

METZGER, J. P. **O que é ecologia de paisagens?** 2001. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v9n2/pt/item?article>> Acesso em: 8 julho 2009.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. **Princípios de Oceanografia Física de Estuários.** Edusp, São Paulo. 2002.

MITTERMEIER, R. A.; MYERS, N.; MITTERMEIER, C. G. Hotspots. **Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions.** México. CEMEX and Conservation International. 431 p. 1999.

MORAES, A. C. R. **Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil.** Editora HUCITEC/EDUSP, São Paulo. 229p. 1999.

MORAES, L. E. de. S.; GHERARDI, D. F. M.; FONSECA, L. M. G. **Análise multi-temporal da cobertura vegetal do tipo de manguezal da APA de Guapimirim (RJ) através do processamento de imagens TM-LANDSAT.** In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 2009. Natal. p. 4615-4622. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.11.00/doc/4615-4622.pdf>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2009.

MOREIRA, M. A. **Sistemas Sensores.** 2001. Disponível em: <<http://www.ltid.inpe.br/dsr/mauricio/sensores.PDF>> Acesso em: 05 de novembro de 2009.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologia de Aplicação**. 2 ed. Viçosa. Ed. UFV. 2003.

MUEHE, D. **Geomorfologia: Uma atualização de Bases e Conceitos**. In: GUERRA, A. J. T. *et al.* (Org.). 7º Edição. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro. 2007.

MUEHE, D. **Geomorfologia do Brasil**. In: GUERRA, A. J. T. *et al.* (Org.) Bertrand Brasil, Rio de Janeiro. 1998.

NARDOTO, E.; LIMA, H. **História de São Mateus**. EDAL, Editora Atlântica. 464p. 1999.

NETO, R. M. **Considerações Sobre a Paisagem Enquanto Recurso Metodológico Para a Geografia Física**. In: Caminhos da Geografia. Uberlândia, pág. 243 -255. 2008.

NICHOLS, M. M.; BIGGS, R. B. **Estuaries**. In: Davis R. A. (ed.). *Coastal Sedimentary Environments*. Berlin, Springer-Verlag, pp. 77-186. 1985.

NIMER, Edmon. **Climatologia do Brasil**. IBGE (Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais). 2º Edição. Rio de Janeiro. 1989.

NOVO, E. M. L. de. M. **Sensoriamento Remoto – Princípios e Aplicações**. Blucher. São Paulo. 2008.

ODUM, H. P. **Systems ecology: An Introduction**. In: A Wiley-Interscience Publication, Jonh Wiley & Sons. pp. 1-24. 1983.

PASSOS, L. G. dos; SILVA, M. R. L. F. da.; VALE, C. C. **Uso do satélite CBRS para detecção do manguezal da Baía de Vitória-ES**. Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, pág. 1009-1016. 2007.

PEREIRA, O. J. **Plano de Manejo do Parque Estadual de Itaúnas**. Diagnóstico do Meio Biótico; Vegetação. Cepemar. 2002.

PEREIRA, O. J.; GOMES. J.M.L. **Levantamento Florístico das Comunidades Vegetais de Restinga no município de Conceição da Barra, ES.** III Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira. ACIESP. 1993.

PEREIRA, O. J. Diversidade e Conservação das Restingas do Espírito Santo. *In: Ecossistemas Costeiros do Espírito Santo: Conservação e Preservação.* Org: MENEZES, L. F. T. de.; PIRES, F. R.; PEREIRA, O. J. Edufes. 300 p. 2007.

PERILLO, M. E. GERARDO. **Geomorfology and Sedimentology of Estuaries.** *In:* Elsevier Science, Amsterdam. 1995.

PRITCHARD, D. W. **Estuarine Hydrography.** Advance in Geophysics. New York. Academic Press, vol. 1. pp. 243-280. 1952.

PRITCHARD, D. W. **Estuarine Circulation Patterns.** Academic Press. New York. Vol 1. Pp 243-280. 1955.

RIZZINI, C. T. **Tratado de Fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos.** Rio de Janeiro: âmbito Cultural Edições LTDA. 747 p. 1997.

ROSA R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto.** Edufu, 5° edição, 228p. 2003.

ROSS, J. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para o planejamento ambiental.** Oficina de Textos, São Paulo. 2006.

RUSCHI, A. **Fitogeografia do Estado do Espírito Santo.** Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão (Sér. Bot.). 1950.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. & CINTRÓN-MOLERO, G. **Guia para estudo de áreas de Manguezal.** Estrutura, função e flora. Caribbean Ecological Research, São Paulo, 150p. 1986.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN, G.; ADAIME, R. R.; DE CAMARGO, T. M. **Variability of mangrove ecosystems along the Brazilian coast.** *Estuaries*. 1990.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezal: Ecossistema entre a terra e o mar.** São Paulo. 1995.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN, G.; SOARES, M. L. G.; DE-ROSA, T. **Brazilian Mangroves.** *In: Elsevier, Aquatic Ecosystem Health and Management*, n. 3, pág. 561-570. 2000.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. & CINTRÓN-MOLERO, G. (*In press*) **A Hierarchical Framework for Mangrove Conservation.** 13p. [s.d.].

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN, G.; LIGNON, M. C. **A Conceptual Hierarchical Framework for Marine coastal Management and Conservation: a Janus-Like Approach.** *Journal of Coastal Research*. Flórida. 2004.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Situação atual do grupo de ecossistemas: “manguezal, marisma e apicum” incluindo os principais vetores de pressão e as perspectivas para sua conservação e usos sustentável.** [s.d.]. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/guias_r8/perfuracao_r8/%C3%81reas_Priorit%C3%A1rias/manguezal_marisma_apicum.pdf> Acesso 11 julho 2009.

SHERMAN, D. J. & BAUER, B. O. **Coastal geomorphology through the looking glass.** *In: Geomorphology*, 7. pp.225-249. 1993.

SILVA, M. R. L. F. da.; ALMEIDA, L. G. da.; VALE, C. C. **Análise Multitemporal da baía de Vitória (ES) utilizando Sensoriamento Remoto.** *Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, INPE, pág. 4557-4564. 2007.

SIMONELLI, M. **Diversidade e Conservação das Florestas de Tabuleiros no Espírito Santo.** *In: Ecossistemas Costeiros do Espírito Santo: Conservação e*

Preservação. Org: MENEZES, L. F. T. de.; PIRES, F. R.; PEREIRA, O. J. Edufes. 300 p. 2007.

SNEDAKER, S. C. **Mangrove species zonation: why?** Division of Biology and Living, Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, Miami – USA. pp.111-125. 1982.

SNEDAKER, S. C. & GETTER, C. D. **Costas. Pautas para el manejo de los recursos costeros. Serie de Información Sobre Manejo de los Recursos Costeros**, nº 2, U.S. Agency for International development, 286p. 1985.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas da Mata Atlântica**. [s.d.]. Disponível em: <http://www.sosmatatlantica.org.br/index.php?section=atlas&action=atlas>. Acessado em 22 de abril de 2010.

SOUZA, S. F. de.; DUARTE, C. C.; ARAÚJO, M. S. do. B. de.; GALVÍNCIO, J. D. **Utilização de análise por componentes principais (ACP) no diagnóstico das alterações da cobertura vegetal densa na bacia do rio Natuba (PE)**. Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, pág. 7189-7198. 2009.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. EDUSP, São Paulo. 317p. 1973.

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J. M. L. **Evolução do delta do rio Doce (ES) durante o Quaternário. Influência das variações do nível do mar**: Atas do IV Simpósio do Quaternário no Brasil, Sociedade Brasileira de Geologia. Rio de Janeiro, p. 93-116. 1981.

SUGUIO, K. & TESSLER, M. G. **Planícies de cordões litorâneos Quaternários do Brasil: origem e nomenclatura**. In: *Lacerca et al.* (Org.) Restingas: origem, estruturas e processos. CEUFF, Niterói, UFF. 1984.

SUGUIO, K. **Dicionário de geologia marinha**. T.A. Queiroz (Ed.) São Paulo. 171p. 1992.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais (passado + presente =futuro?)**. Paulo's Comunicação e Artes Gráficas. São Paulo. 366p. 1999.

SUGUIO, K.; OLIVEIRA M. A.; SOUZA. R. G. C.; OLIVEIRA E. de. P. **Quaternário do Brasil**. 1º Edição. Editora Holos. 2005.

TESSLER, M. G.; GOYA, S. C. **Processos Costeiros Condicionantes do Litoral Brasileiro**. Revista do Departamento de Geografia, Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. pág. 11 a 23. 2005.

THEVAND, A.; GOND, V. **Uso do Sensoriamento remoto ótico para a compreensão da dinâmica dos manguezais no contexto amazônico**. 2005.

Disponível em: <
<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.21.09.37/doc/3387.pdf>>.
Acesso em: 05 de dezembro de 2009.

THOM, B. G. **Mangrove ecology and deltaic geomorphology: Tabasco, Mexico**. In: Journal of Ecology 55, pp. 301-343. 1967.

THOM, B. G. **Mangrove Ecology – A geomorphological perspective**. In: **Mangroves Ecosystems in Australia: Structure, Function and Management**. B.F. Clough (Ed.) Australian National University Press. Camberra. pp. 3-18. 1982.

THOMAZ, L. D.; MONTEIRO, R. **Composição florística da Mata Atlântica de encosta da Estação Biológica de Santa Lúcia, município de Santa Tereza-ES**. Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão (Nova Série), 7:1-48. 1997.

TOGNELLA-DE-ROSA, M. M. P.; SOARES, M. L. G.; FARIAS, H. D. C. E. **Ecosistemas Costeiros do Espírito Santo – Conservação e Restauração**. In: MENEZES, L. F. T. de; PIRES, F. R.; PEREIRA, O. J. (Org.). Ecosistemas Costeiros do Espírito Santo – Conservação e Preservação. Vitória. EDUFES, 2007.

TROPPEMAIR, H. **Ecosystemas e geossistemas do Estado de São Paulo**. Boletim de Geografia Teorética, Rio Claro, v. 13, n. 25, p. 27-36, 1983.

TWILLEY, R. R.; SNEDAKER, S. C.; YÁÑES-ARANCIBIA, A. & MEDINA, E. **Biodiversity and ecosystem processes in tropical estuaries: perspectives of Mangrove Ecosystems**. In: Functional Roles of Biodiversity: a Global Perspective. Mooney, H.A.; Cushman, J.H. & Medina, E. (Eds.) pp. 327-370. s/d.

TWILLEY, R. R. **Properties of mangrove ecosystems related to the energy signature of coastal environments**. Maximum Power (Ed). C. Hall. University of Colorado Press, Boulder, Colorado, pp.43-62. 1995.

VALE, C. C. **Homens e caranguejos: uma contribuição ao estudo dos manguezais como fonte de alimento**. In: III Simpósio de Ecosystemas da Costa Brasileira: subsídio a um gerenciamento ambiental. Serra Negra, São Paulo, vol. 1, pp.88-94. 1992.

VALE, C. C. & FERREIRA, R. D. **Os manguezais do Estado do Espírito Santo**. In: IV Simpósio de Ecosystemas Brasileiros. Águas de Lindóia, São Paulo. vol. 1. pp. 88-94. 1998.

VALE, C. C. do. **Contribuição ao Estudo dos Manguezais como Indicadores Biológicos das Alterações Geomórficas do Estuário do Rio São Mateus (ES)**. Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Geografia, FFLCH. São Paulo. 1999.

VALE, C. C. do. **Séries geomórficas costeiras do Estado do Espírito Santo e os habitats para o desenvolvimento dos manguezais: uma visão sistêmica**. Tese de Doutorado, FFLCH. São Paulo. 2005.

VALE, C. C. do. *In: Atlas do Ecosystema do Espírito Santo*. SEMA/UFV. 2008.

VANUCCI, M. **Os Manguezais**. Edusp, São Paulo. 1999.

VARGAS, P. S. de. P. **Plano Diretor Municipal de Conceição da Barra**. 2006.
Disponível em

<<http://web.observatoriodasmetrolopes.net/planosdiretores/produtos/es/ES%20%20Relat%C3%B3rio%20Municipal%20n%C2%BA%206%20%20Mun%20Concei%C3%A7%C3%A3o%20da%20Barra%20%20Paulo%20Vargas%20%20nov2009.pdf>> Acesso em 03 de Maio de 2010.

WOODROFFE, C. D. **The impact of sea level rise on mangrove shorelines**. *Prog. Phys. Geogr.*, 14: 483-520. 1990.

WOODROFFE, C. D. **Coasts: Form, process and evolution**. Cambridge University. 2003.

WOODROFFE, C. D. & GRINDROD, J. **Mangrove biogeography: the role of Quaternary environmental and sea-level change**. *Journal of Biogeography* 18. pp. 479-492. 1991.

WRIGHT, L.D. **Morphodynamics of Inner Continental Shelves**. CRC Press Inc. 241p. 1995.

YÁÑES-ARANCIBIA, A. **Lagunas costeras y estuários: cronologia, critérios y conceptos para uma classificação ecológica de sistemas costeros**. *In: Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira*. Cananéia, São Paulo. Síntese dos Conhecimentos. Vol. 3, pág. 1-38. 1987.