



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ

GUSTAVO HENRIQUE MACEDO ROCHA

**MORFODINÂMICA DE DESEMBOLCADURAS DE SISTEMAS
ESTUARINOS BARRADOS: O CASO DO RIO PACOTI – CEARÁ**

FORTALEZA-CEARÁ

2013

GUSTAVO HENRIQUE MACEDO ROCHA

**MORFODINÂMICA DE DESEMBOLCADURAS DE SISTEMAS
ESTUARINOS BARRADOS: O CASO DO RIO PACOTI - CEARÁ**

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Geografia. Área de concentração: Análise Geoambiental e Ordenação do Território nas Regiões Semiáridas e Litorâneas.

Orientação: Prof. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro

Fortaleza – CEARÁ

2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Universidade Estadual do Ceará

Biblioteca Central Prof. Antônio Martins Filho

Bibliotecário (a) Leila Cavalcante Sátiro – CRB-3 / 544

R672m	Rocha, Gustavo Henrique Macedo. Morfodinâmica de desembocaduras de sistemas estuarinos barrados: o caso do Rio Pacoti – Ceará / Gustavo Henrique Macedo Rocha. — 2013. CD-ROM 136f. : il. (algumas color.) ; 4 ¾ pol. “CD-ROM contendo o arquivo no formato PDF do trabalho acadêmico, acondicionado em caixa de DVD Slin (19 x 14 cm x 7 mm)”. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências Tecnologia, Mestrado Acadêmico em Geografia, Fortaleza, 2013. Área de Concentração: Análise Geoambiental e Ordenamento de Territórios de Regiões Semiaridas e Litorânea. Orientação: Prof. Dr. Lidriana de Souza Pinheiro. 1. Morfodinâmica. 2. Desembocadura fluvial. 3. Linha de costa. 4. Geoprocessamento. I. Título. CDD: 910
-------	---



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - CCT



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA DA UECE-ProPGeo

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome da Dissertação: "Morfodinâmica de Desembocaduras de Sistemas Estuarinos Barrados: o caso do Rio Pacoti – Ceará"

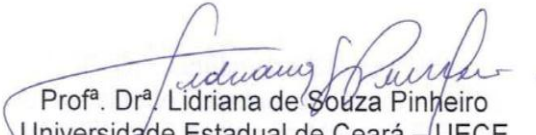
Data da Defesa: 27/02/2013

Nome do Autor: Gustavo Henrique Macedo Rocha

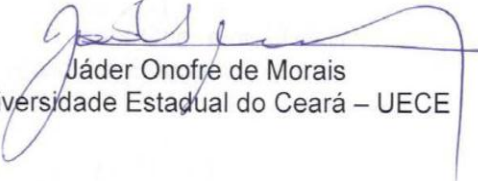
Nome da Orientadora: Prof^a. Dr^a. Lidriana de Souza Pinheiro (UECE/LABOMAR)

Trabalho apresentado ao Programa de Pós Graduação em Geografia – CCT/UECE, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Geografia, Área de Concentração: Análise Geoambiental e Ordenamento de Territórios de Regiões Semi-Áridas e Litorâneas.

BANCA:


Prof^a. Dr^a. Lidriana de Souza Pinheiro
Universidade Estadual do Ceará – UECE
Instituto de Ciências do Mar - LABOMAR


Maria Ozilea Bezerra Menezes
Universidade Federal do Ceará – UFC


Jáder Onofre de Moraes
Universidade Estadual do Ceará – UECE

AGRADECIMENTOS

Nesse período de concepção desta pesquisa pude perceber que uma dissertação revela muito mais acerca de um mero objeto de estudo. Ela expõe o seu autor e todas as suas marcas de uma vivência construída ao longo de uma trajetória de escolhas, desnudando o modo de ser e de se expressar, permeando a escrita de lirismo.

Eu, pessoalmente, tenho na minha essência os livros que já li, os filmes que assisti, os lugares por onde passei, os sabores que eu já provei, os odores que já senti, as músicas que ouvi, as paixões passageiras as quais vivi, as minhas crenças e sobretudo as pessoas que fizeram e fazem parte da minha história desde as primeiras patotas da infância.

Assim, não posso deixar de agradecer primeiramente a Deus, que independente de qualquer religião ou crença é uma força que movimenta nossa fé e nos faz crer que tudo é possível. Não posso ainda deixar de agradecer minha mãe (Oziete), que é a pessoa que se esforçou toda uma vida para me educar, que é meu porto seguro e que para mim representa o verdadeiro amor. Te amo demais, mãe!!! A meu pai (Diógenes), que é um grande homem e um grande espelho, as minhas irmãs (Paty, Bia e Júlia), que são as mulheres da minha vida, a meus avós (Raimunda, Ocílio, Socorro e Alfredo), a meus tios (Valdirene – *in memoriam*, Arlete, Antônio, Orlando, “Santinha”, Rosilene, Terezinha, Consola, “Peta”, Wagner, Hugo e tantos outros), a meus primos, ressaltando Rochelly, Ander Hudson, Máximo, Fábio, Leorne, Renan, Renata, Clóvis, Clayton Filho, Fernanda, Fernando, Diego, Sabrina, Vanessa, Raquel e os demais. Nesse bloco familiar não posso deixar de agradecer a Ana, minha madrastra, e a meu irmão de consideração Felipe, pelos quais também cultivo grande carinho.

Profissionalmente e mais que isso, agradeço a minha orientadora Lidriana, que acredita em mim e é extremamente paciente com o meu jeito áspero de ser; ao professor Jáder Onofre, por abrir as portas dos caminhos acadêmicos através do laboratório e grupos de pesquisa; à professora Lúcia Brito; ao professor Marcos Nogueira, a todos meus amigos do Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica, sobretudo àqueles que são amigos para além da Universidade como Raquel (que é uma irmã), Judária (que é minha ‘cumade’), Davis (que ajudou muito nos campos, no processamento dos dados e é um amigo ouvidor de desabafos e de alegrias), Renan (parceiro forte), Reman (de todas as horas), Dudu, Maciel, Mailton (agradeço imensamente pela ajuda na construção dessa pesquisa), Brígida (companhia de merendas), Mari Navarro, Mari Aquino, Carlos Farrapeira (parceirão), Silvio, Miguel, Léo, Marisa, João, Glaci, Tati, Carol, Paulo Henrique, João Sérgio, Silvia, Paty, Guilherme e Felipe. Aos agregados Elvis, Narelle, André e Roberto. Aos alunos Giullian Reis e Ítalo Gois de Oceanografia do LABOMAR que ajudaram nos campos. Aos amigos do ProPGeo, sobretudo Abner, Raimundo, Geyziane, Aline, Joselito, Victa, Suzi e os demais.

Não posso esquecer aqui de agradecer ao governo brasileiro, pela concessão de bolsa via Capes e pelas agências de fomento que fornecem os recursos através de projetos para que a nossa tão querida Universidade Estadual do Ceará possa funcionar de maneira a produzir talentos científicos e abraçar àqueles que buscam o conhecimento. Meu muito obrigado aos órgãos SEMACE, CPRM, DNOCS, IPECE e FUNCEME pela disponibilização de material e pela presteza de sempre. Ao hotel Porto D'Aldeia Resort e ao Clube da COFECO por consentir sempre com muita prontidão os pedidos de uso dos seus espaços para as coletas.

Meus grandes amigos de momentos memoráveis do movimento estudantil nordestino e brasileiro Gerardo Neto, Naina Holanda, Sávio Magalhães, Rafaelle Reis, Ítalo Trigueiro, Jorge, Shauane, Alinne, Laryssa Sheydder, Mariana 'Sukita', Rafael Gama, Celso, Mirna, Laura, Daniel, Luciano Sargaço, Andrea Crispim, Anderson Bremm, Marcelo Cauré e Camilla Dias. Agradeço demais a meus amigos que sei que posso contar quando seja e que sempre desejaram o melhor para mim: Juliana Guedes, Rogério, Charles, Philipe, Alberto, Álvaro, Victor, Heloísa, Rafael Reis, Rafahel Marques, Rafael Bezerra, Rochelle, Valéria Gondim, Cinthya Leite, Vinícius, Cínthia Bauer, Mayra Lucena, Eric, Rafaela Gurjão, Paulo Philipe, Dolores, Thaiany, Enoe Cristina, Raquel Siebra, Leany, Kathyane, Grace, Angela Monteiro, Evilarde Filho, Germanda, Monica, Eliziano, Alexandre Sabino, Mariana Fernandes, Marília Colares, Roseane, Belinha, Brunna, Luanna Caucaia, Liziany Karina, Danila Cordeiro, Othon, Débora Trindade, Darlisson, Daiana, Renata, Luana, Damara, Suyara, Silvia Luz, Rinara, Ponciana, Guilherme Moro, Emanuelle Stiefel, Silvania Oliveira, Haroldo, Gidelberg, Dani 'Lôra', Dani Morena, Germano, Elton Benevides, Paulo Roberto, Jana Amaro, Cláudia Bezerra, Airtton Passos, Kevin Fitzgerald, aos colegas da AMPLA Engenharia e tantos outros que seria impossível relacioná-los aqui.

Agradeço também aos professores Oziléia, Clairton Ciarlini, Lúcia Mendes e Paulo Pessoa, pelas contribuições dadas durante as prévias de apresentação desta pesquisa.

Meus sinceros agradecimentos e abraços!

“Choose Life
Choose a Job
Choose a Career
Choose a Family
Choose Your Future”
Trainspotting.

RESUMO

As zonas costeiras são ambientes deposicionais de idade recente, portanto são ambientes frágeis de ecodinâmica instável, sendo mais susceptível aos impactos causados pelos processos atuantes na costa, dentre eles, a antropização. A presente pesquisa contemplou a desembocadura do Rio Pacoti e um trecho de suas praias adjacentes como objeto de estudo a fim de traçar um perfil evolutivo das variações ocorrentes na foz em meso e microescala temporais, compreendendo da morfodinâmica da desembocadura diante das variáveis atuantes na zona costeira. O Rio Pacoti localiza-se no estado do Ceará na divisão municipal de Fortaleza e Aquiraz e é um dos principais fornecedores hídricos para o sistema que abastece a Região Metropolitana de Fortaleza, através do Açude Pacoti. A pesquisa estabeleceu-se sob o embasamento teórico dos sistemas complexos aplicados a zona costeira com aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, utilizando *softwares* da plataforma SIG. Dados complementares foram coletados em campanhas bimestrais em ano de estudo (03/11 a 03/12) com tratamento e pós-tratamento executado em laboratório. Como resultado, ao longo de 51 anos de análise, a atividade antrópica cresceu mais de 7 vezes, valendo ressaltar que em meados de 1975 essas atividades passaram a voltar-se para a atividade turística e residencial, ocupando, sobretudo, dunas móveis e semi-fixas. Além disso, o barramento do rio e outros processos associados, como o decreto de Unidades de Conservação Estaduais, promoveram um aumento de 2,04 vezes da área de manguezal. As praias adjacentes sofreram erosão de aproximadamente 30 metros com diminuição das taxas após a criação do barramento, ressaltando a existência de padrão correlativo linear dessas taxas com a pluviometria. Para um ciclo anual, as praias tendem a perder sedimento nos períodos de maior energia com a entrada de ondas do tipo *swell* e do aumento da vazão do rio. Próximo a desembocadura as perdas de sedimento ocorrem grande parte do ano, havendo recuperação apenas no final do ano, quando consolida-se uma estrutura deposicional em forma de flecha perpendicular a linha de costa. Neste mesmo período, o trecho de praia mais próximo a barlamar perde sedimentos e apresenta granulometria mais grossa, enquanto a sotamar da desembocadura, a praia deposita sedimentos, recuperando as perdas que ocorreram nos eventos de vento intenso. O sistema estudado apresentou forte de susceptibilidade a erosão em face aos fatores torrenciais. Diante disso, o estudo propõe unidades de intervenção, baseadas em correspondentes ambientais, apresentando sugestões de usos com a finalidade de promover o desenvolvimento sustentável nessas áreas.

Palavras-chave: Morfodinâmica, Desembocadura Fluvial, Linha de Costa, Geoprocessamento.

ABSTRACT

Coastal areas are depositional environments that are geologically young; therefore they are fragile environments of unstable ecodynamics, being more susceptible to the impacts caused by the processes acting on the coast, including the anthropic. This research used the Pacoti's River mouth and a stretch of beaches adjacent as study objects in order to draw a profile of meso and microscale temporal evolutionary changes occurring at the mouth of the Pacoti River. They were also used to gain an understanding about morphodynamics on the mouth caused by variables operating in the coastal zone. The Pacoti River is located in the state of Ceará between the two cities Fortaleza and Aquiraz. Pacoti is a major supplier to the water system that supplies the metropolitan region of Fortaleza by means of the Pacoti Dam. The research was established under the theoretical basis of complex systems applied to coastal zone with application of remote sensing and geoprocessing by using the GIS platform software. Additional data was collected in a year bimonthly campaign (mar/11 to mar/12) with treatment and post-treatment performed on the laboratory. As a result of over 51 years of analysis, it was discovered that anthropogenic activity grew more than 7 times during the span of the analysis. It is worth mentioning that in mid 1975, these activities began to turn to tourism and residential occupying mainly dunes and semi- fixed. In addition the river dam and other associated processes such as the Decree of State Protected Areas, increased the area of mangroves by 2.04 times its original size. The beaches adjacent eroded approximately 30 meters with lower rates after the creation of the bus, highlighting the existence of linear correlative pattern of these rates with rainfall. For an annual cycle, the beaches tend to lose sediment during periods of peak energy with the input of swell waves and increased river flow. Near the mouth, sediment losses occur most of the year, with recovery only at the end of the year when a depositional arrow-shaped perpendicular to the shoreline structure is consolidated. During this same period the stretch of beach closest to updrift loses sediment grain size and is thicker, while near the downdrift of the mouth the beach sediment deposits recovers the losses that occurred in strong winds. This system that was studied showed strong susceptibility to erosion at torrential factors. Therefore, this study proposes intervention units based on the corresponding environment presenting suggestions for use in order to promote sustainable development in these areas.

Key-words: Morphodynamics, River Mouth, Shoreline, Geoprocessing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação Esquemática de um Sistema

Figura 2: Feições de praia.

Figura 3: Representação de um estuário

Figura 4: Feições deposicionais de linha de costa

Figura 5: Fluxograma metodológico

Figura 6: Esquema de uma sobreposição de camadas

Figura 7: Realização de perfil topográfico

Figura 8: Esquema metodológico da atualização de linha de costa

Figura 9: Teoria linear de Airy

Figura 10: Representação esquemática de uma coleta batimétrica.

Figura 11: Esquema metodológico da análise granulométrica

Figura 12: Rede representativa dos softwares utilizados

Figura 13: Perfil de Elevação da Sub-Bacia do Rio Pacoti

Figura 14: Condomínios de luxo em construção no Porto das Dunas.

Figura 15: Obras na via CE- 025

Figura 16: Barranco norte no estuário do Rio Pacoti evidenciando as características fitoecológicas da formação barreiras.

Figura 17: Pequena falésia à margem do estuário do Rio Pacoti.

Figura 18: Vegetação de Manguezal no estuário do Rio Pacoti.

Figura 19: Vegetação de Apicum/Salgado no estuário do Rio Pacoti.

Figura 20: Campo de Dunas móveis com vegetação típica na margem direita do Rio Pacoti

Figura 21: Campo de Dunas Semi-Fixas no interior do estuário do Rio Pacoti

Figura 22: Área de by pass de sedimentos dunares para o interior do estuário do Rio Pacoti

Figura 23: Praia da COFECO

Figura 24: Rocha de Praia na margem direita da desembocadura do Rio Pacoti

Figura 25: Exumação rochosa na margem direita da desembocadura do Rio Pacoti

Figura 26: Morro Caruru visto da desembocadura do Rio Pacoti.

Figura 27: Alinhamento de hot spots desde o Arquipélago Fernando de Noronha.

Figura 28: Área fitoestabilizada de pós-praia no ponto de monitoramento nº 1.

Figura 29: Vista parcial do ponto de monitoramento nº 2.

Figura 30: Vista geral do ponto de monitoramento nº 3.

Figura 31: Vista de barranco e entulho no ponto de monitoramento nº 3.

Figura 32: Vista parcial do ponto de monitoramento nº 4.

Figura 33: Poço Artesanal que marca o RN do ponto nº 4.

Figura 34: Vista parcial do campo de dunas a partir do ponto de monitoramento nº 4.

Figura 35: Vista parcial do spit arenoso na Cofeco.

Figura 36: Vista parcial do spit rochoso no Porto das Dunas.

Figura 37: Proposta de usos e práticas sustentáveis.

LISTA DE MAPAS

Mapa 1: Carta Imagem de Localização da Área de Estudo

Mapa 2: Localização dos pontos de coleta e amostragem

Mapa 3: Representação altimétrica da Sub-bacia do Rio Pacoti

Mapa 4: Amostragem batimétrica do estuário do Rio Pacoti

Mapa 5: Unidades de Conservação da Sub-bacia do Pacoti

Mapa 6: Distribuição dos ambientes na área de estudo

Mapa 7: Representação topobatimétrica da área de estudo

Mapa 8: Dinâmica Costeira da desembocadura do Rio Pacoti

Mapa 9: Carta Imagem de 1958

Mapa 10: Mapeamento dos sistemas ambientais de 1958

Mapa 11: Carta Imagem de 1968

Mapa 12: Mapeamento dos sistemas ambientais de 1968

Mapa 13: Carta Imagem de 1975

Mapa 14: Mapeamento dos Sistemas Ambientais de 1975

Mapa 15: Carta Imagem de 1995

Mapa 16: Mapeamento dos Sistemas Ambientais de 1995

Mapa 17: Carta Imagem de 2009

Mapa 18: Mapeamento dos sistemas ambientais de 2009

Mapa 19: Variação de linha de corte em meso escala

Mapa 20: Distribuição textural dos sedimentos em março de 2011

Mapa 21: Distribuição textural dos sedimentos em maio de 2011

Mapa 22: Distribuição textural dos sedimentos em julho de 2011

Mapa 23: Distribuição textural dos sedimentos em setembro de 2011

Mapa 24: Distribuição textural dos sedimentos em novembro de 2011

Mapa 25: Distribuição textural dos sedimentos em janeiro de 2012

Mapa 26: Distribuição textural dos sedimentos em março de 2012

Mapa 27: Mobilidade da foz em microescala

Mapa 28: Morfologia do spit arenoso esquerdo

Mapa 29: Vulnerabilidade dos Sistemas Ambientais da Área de Estudo

Mapa 30: Zoneamento Ambiental do Estuário do Rio Pacoti

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Médias de temperaturas para o estuário do Rio Pacoti

Gráfico 2: Totais pluviométricos para a área de estudo em macro escala temporal

Gráfico 3: Totais pluviométricos para a área de estudo em mesoescala

Gráfico 4: Velocidade e direção dos ventos para Aquiraz de março de 2011 a março de 2012

Gráfico 5: Altura e período de ondas da área de estudo

Gráfico 6: Amplitude de Maré do Porto do Mucuripe.

Gráfico 7: Percentual dos sistemas ambientais em 1958

Gráfico 8: Percentual dos sistemas ambientais em 1968

Gráfico 9: Percentual dos sistemas ambientais em 1975

Gráfico 10: Percentual dos sistemas ambientais em 1995

Gráfico 11: Percentual dos sistemas ambientais em 2009

Gráfico 12: Representatividade dos sistemas ambientais por ano monitorado

Gráfico 13: Erosão das Praias adjacentes

Gráfico 14: Taxa de erosão das praias adjacentes (m/ano)

Gráfico 15: Evolução correlativa da área do spit com pluviometria

Gráfico 16: Evolução correlativa da largura da foz com pluviometria

Gráfico 17: Evolução correlativa do Manguezal e Apicum.

Gráfico 18: Evolução correlativa das dunas móveis e antropização

Gráfico 19: Evolução correlativa das dunas móveis e dunas fixas

Gráfico 20: Evolução correlativa da Antropização e Bancos de Areia

Gráfico 21: Evolução correlativa da pluviometria, manguezal e largura da foz

Gráfico 22: Correlação entre Taxa de Erosão e Pluviometria

Gráfico 23: Correlação entre pluviometria e Largura da Foz

Gráfico 24: Correlação entre Antropização e Dunas Móveis

Gráfico 25: Perfis de Praia do ponto de monitoramento nº 1.

Gráfico 26: Perfis de Praia do ponto de monitoramento nº 2.

Gráfico 27: Perfis de Praia do ponto de monitoramento nº 3.

Gráfico 28: Perfis de praia do ponto de monitoramento nº 4.

Gráfico 29: Volume de sedimentos para cada período monitorado

Gráfico 30: Balanço sedimentar anual

Gráfico 31: Taxa de sedimentação bimestral

Gráfico 32: Totais pluviométricos mensais para os anos de 2011 e 2012.

Gráfico 33: Altura de Ondas e Velocidade dos Ventos para o período monitorado.

Gráfico 34: Variação média da linha de costa no período monitorado.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Imagens georreferenciadas.

Tabela 2: Evolução dos sistemas ambientais por período monitorado

Tabela 3: P1 - Médias Granulométricas por período monitorado

Tabela 4: P2 - Médias granulométricas por período monitorado

Tabela 5: P3 - Médias granulométricas por período monitorado

Tabela 6: P4 - Médias granulométricas por período monitorado

Tabela 7: Parâmetros obtidos em microescala.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Análises Temáticas/Subsídios do Zoneamento Ambiental

Quadro 2: Síntese dos Sistemas Ambientais

Quadro 3: Correspondentes Geoambientais

Quadro 4: Usos e Práticas Indicados

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA - Agência Nacional de Águas

ASCII - American Standard Code for Information Interchange

CAD - Computer-aided Design

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

COFECO – Colônia de Férias da COELCE

COGERH - Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

DGPS - Differential Global Positioning System

DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra a Seca

ESRI - Environmental Systems Research Institute

FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

GIS - Geographic Information System

GNSS - Global Navigation Satellite Systems

GPS - Global Positioning System

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia Estatística

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará

LABOMAR – Instituto de Ciências do Mar

LAGEMAR – Laboratório de Geologia Marinha

LGCO – Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica

LOG – Laboratório de Oceanografia Geológica

NASA - National Aeronautics and Space Administration

OZCoasts – Australian On-Line Coastal Information

PMF – Prefeitura Municipal de Fortaleza

PPP – Posicionamento por ponto preciso

RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo

RGB – Red, Green and Blue

RMF – Região Metropolitana de Fortaleza

SAG – Sistema de Análise Granulométricas

SECOVI – Sindicato das Empresas de Compra, Venda, Locação e Administração de Imóveis Residenciais e Comerciais

SEMACE – Superintendência Estadual do Meio Ambiente

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SRH – Secretaria de Recursos Hídricos

TIN - Triangular Irregular Network

UECE – Universidade Estadual do Ceará

UFC – Universidade Federal do Ceará

UFF – Universidade Federal Fluminense

USGS – United States Geological Surveys

UTM – Universal Transversa de Mercator

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

Sumário

1. INTRODUÇÃO	20
2. REFERENCIAL TEÓRICO	24
2.1. SISTEMAS COMPLEXOS APLICADOS A ZONA COSTEIRA.....	24
2.2. ZONA COSTEIRA: DEFINIÇÕES E PROCESSOS	26
2.2.1. Dinâmica Praial	28
2.2.2. Dinâmica Estuarina	29
2.2.3. Interações do sistema estuarino e praial	31
2.2.3.1. Feições Depositionais de linha de costa	31
2.3. GEOTECNOLOGIAS E O MONITORAMENTO DAS FEIÇÕES COSTEIRAS	33
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	34
3.1. ELABORAÇÃO DO ESTADO DA ARTE	36
3.2. SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO	37
3.3. ETAPAS DE CAMPO.....	38
3.3.1. Perfis Morfodinâmicos	39
3.3.2. Atualização da Linha de Costa	40
3.3.3. Monitoramento do Clima Oceanográfico	42
3.3.4. Monitoramento dos aspectos hidroclimáticos	43
3.3.5. Batimetria	44
3.4. ETAPAS LABORATORIAIS	46
3.4.1. Análise Granulométrica	46
3.4.2. Determinação da mobilidade da foz em curta e meso-escala temporal.....	47
4. CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO.....	50
4.1. CONDIÇÕES GEOAMBIENTAIS DA ÁREA DE ESTUDO.....	53
4.1.1. Aspectos Geológicos-Geomorfológicos.....	53
4.2. VARIÁVEIS DA DINÂMICA COSTEIRA	64
4.2.1. Variáveis Hidroclimáticas	64
4.2.1.1. Temperatura	65
4.2.1.2. Precipitação	66
4.2.1.3. Ventos.....	67
4.2.2. Variáveis Oceanográficas.....	68
4.2.2.1. Ondas	68
4.2.2.2. Marés.....	69
4.2.2.3. Dinâmica Costeira.....	70

5. DINÂMICA MODELADORA DA DESEMBOCADURA FLUVIAL EM MESOESCALA DE TEMPO	71
5.1. EVOLUÇÃO MULTITEMPORAL.....	72
5.1.1. Mapeamento de 1958:.....	73
5.1.2. Mapeamento de 1968:.....	75
5.1.3. Mapeamento de 1975.....	77
5.1.4. Mapeamento de 1995.....	79
5.1.5. Mapeamento de 2009.....	81
5.2. EVOLUÇÃO CORRELATIVA DOS COMPONENTES AMBIENTAIS.....	83
5.2.1. Análise da linha de costa.....	84
5.2.2. Área do Spit x Pluviometria	87
5.2.3. Pluviometria x Largura da Foz.....	87
5.2.4. Manguezal x Apicum	88
5.2.5. Dunas Móveis x Antropização	89
5.2.6. Dunas Móveis x Dunas Fixas	90
5.2.7. Antropização x Bancos de Areia.....	91
5.2.8. Largura da Foz x Pluviometria X Manguezal	92
5.3. PADRÕES DE CORRELAÇÃO.....	93
6. DINÂMICA MODELADORA DA DESEMBOCADURA FLUVIAL EM MICROESCALA DE TEMPO	95
6.1. CARACTERIZAÇÃO TOPOGRÁFICA DAS PRAIAS ADJACENTES	95
6.1.1. Ponto de Monitoramento 1	95
6.1.2. Ponto de Monitoramento 2	97
6.1.3. Ponto de Monitoramento 3	98
6.1.4 Ponto de Monitoramento 4	99
6.2. BALANÇO SEDIMENTAR TRANSVERSAL	101
6.3. CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTAR DAS PRAIAS ADJACENTES.....	104
6.3.1. Ponto 1.....	104
6.3.2. Ponto 2.....	105
6.3.3. Ponto 3.....	105
6.3.4. Ponto 4.....	106
6.3.5. Distribuição Textural.....	106
6.4. EVOLUÇÃO DA LINHA DE COSTA E PROCESSOS ASSOCIADOS	109
7. PROPOSTA DE ZONEAMENTO PARA FINS DE GESTÃO FRENTE AOS CENÁRIOS FUTUROS.....	115
7.1. Mapeamento dos sistemas e Vulnerabilidade Ambiental	116

7.2. Definição das Zonas	117
7.3. Proposta de uso sustentável frente aos impactos já existentes	121
8. CONCLUSÕES	124
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	127

1. INTRODUÇÃO

A configuração do litoral representa a interação entre processos morfogenéticos (tectono-isostasia e flutuações do nível do mar), arcabouços geológicos, climáticos e oceanográficos (MORAIS et. al., 2006). Tessler & Goya (2005) associam três fatores como os principais vetores que atuaram e atuam em várias escalas temporais e espaciais da zona costeira: a herança geológica, o modelado quaternário e a ação da dinâmica sedimentar atual.

O princípio de equilíbrio do litoral é definido pelo sistema continente-atmosfera-oceano e modificações em um desses vetores tornam o ambiente instável em seus padrões morfodinâmicos, principalmente os associados aos processos de sedimentação e de erosão (ROSSETI, 2008, SOUZA, 1988).

Nas costas de tipologia arenosa ou incosolidada, como é o caso do Ceará, considera a deposição ou erosão praial como resultado de três componentes maiores: quantidade e tipo da área fonte de sedimentos, a energia física ao longo da costa e da taxa de variação do nível do mar (Davis, 1997; Toldo et.al., 2004).

Considerando a forte presença de rios de regime intermitente, a costa cearense é recortada por pequenos canais de drenagem isolados de forma parcial ou total por cordões de dunas arenosos configurando a seus estuários características de ambientes estuarinos-lagunares (Pinheiro, 2003; Pinheiro et. al., 2006; Pinheiro et. al 2008).

Estuários são corpos d'água restritos onde a diluição mensurável da água marinha pela água doce proveniente da drenagem continental, tendo uma livre conexão com o mar aberto (Cameron & Pritchard, 1963) e com seu limite continental definido pela zona de influência dos efeitos da maré (Fairbridge, 1980). Dalrymple et. al. (1992) observa que as características sedimentológicas e geomorfológicas dos estuários estão associadas à relevância dos fluxos oceânicos no estuário.

Suguio (1973) e Perillo et al. (1999) atestaram que as principais fontes de sedimentos para os sistemas estuarinos são as drenagens da bacia, a plataforma continental e a erosão do fundo, margens e paredes laterais do próprio estuário, que se arranjam e configuram o modelado do canal estuarino e da sua desembocadura.

Nesse contexto, inserem-se as modificações na morfologia e hidrodinâmica estuarina, induzidos pelos represamentos, conforme explicita Pinheiro (2003) e Pinheiro et. al. (2006, 2008). A construção de barragens reduz a vazão do rio e fornecimento de sedimentos para a zona costeira, aumentando a intrusão da maré e mudança na hidrodinâmica dos processos a jusante (DIAS, 2005), além disso, reduz o caudal fluvial e controla sua vazão por meio de descarga regularizada pelo reservatório.

Moraes et. al. (2006) caracteriza os resultados da açudagem na zona costeira do Ceará como a diminuição da função de espigão hidráulico, aceleração dos processos morfodinâmicos na foz, ampliação das áreas de influência longitudinal da maré salina, hiperssalinização sazonal e diminuição do aporte de sedimentos argilo-siltosos na planície flúviomarinha.

A significativa mobilidade natural associada às interferências antrópicas no regime hidrológico e aos eventos extremos de precipitações tornam essas áreas susceptíveis aos impactos ambientais. Outro fato a ser destacado é a capacidade de depuração e potencial ecológico dos estuários que dependem diretamente do seu grau de conectividade com o mar, expresso na morfodinâmica da foz (PINHEIRO, 2009).

Humborg e outros autores (1997) assinalaram mudanças nos aspectos bioquímicos e ecológicos sobre o Rio Danúbio e seu ecossistema após a construção de um barramento. No mundo estima-se um número superior a 36000 barragens em rios, promovendo interrupção de ciclos naturais estuarinos, modificação na dinâmica sedimentar, mudança de temperatura da águas, isolamento de fauna e erosão. (McCullen, 2001; Harden, 1997 e Chaya, 2012).

O conhecimento de processos morfológicos e hidrodinâmicos é importante nos planos de ordenamento territorial e urbano (MORAIS & PITOMBEIRA, 1974), principalmente no Estado do Ceará, onde a procura por espaços às margens de desembocaduras estuarinas para a construção de empreendimentos é cada vez maior.

Os processos e impactos anteriormente discutidos podem ser observados na desembocadura do Rio Pacoti localizado no Ceará, na divisão municipal entre

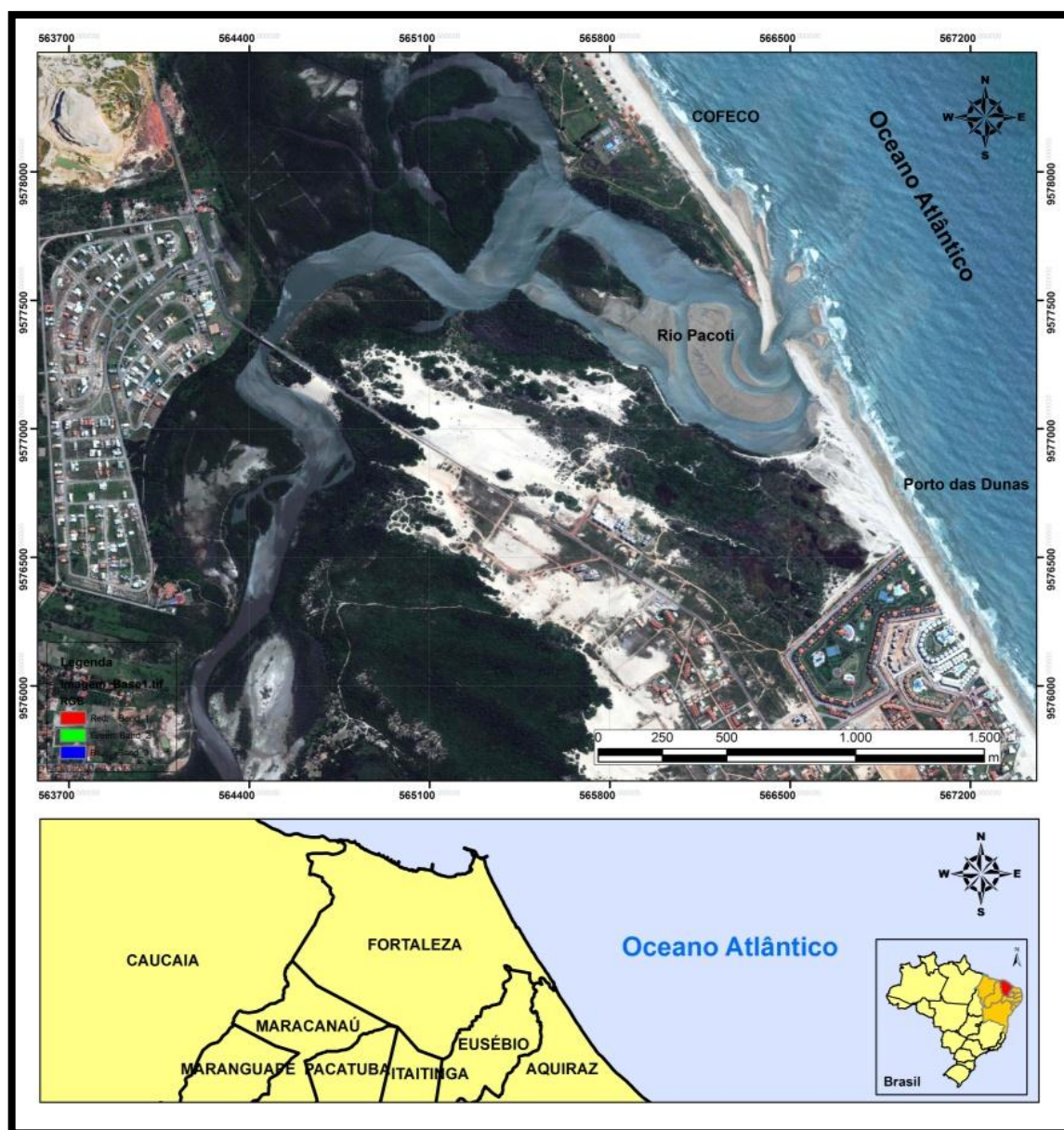
Fortaleza e Aquiraz (Figura 1). Tal drenagem está contida no conjunto de sub-bacias que compõem a bacia metropolitana, juntamente com seus açudes. No caso do Rio Pacoti, seu último barramento antes da foz – Açude Pacoti – é o principal fornecedor de água para o abastecimento da cidade de Fortaleza (CRISPIM, 2011).

Portanto, compreender a morfodinâmica da desembocadura do Rio Pacoti, avaliando-se a magnitude das interferências da açudagem e das formas de uso e ocupação na evolução dos sistemas costeiros tem-se mostrado uma necessidade sistemática a fim de fornecer subsídios ao aparelho regulador dos tipos de zoneamento, parcelamento, uso e ocupação de dado ambiente (CEARÁ, 2005).

Em face ao exposto a pesquisa tem como objetivo norteador a compreensão da morfodinâmica da desembocadura e seu comportamento morfológico diante das ações de uso e ocupação no interior da bacia hidrográfica sob a análise multitemporal de caráter correlativo.

Para o alcance de tal objetivo, foram elencados abaixo quatro objetivos específicos os quais buscam embasar e fortalecer os passos da pesquisa, sendo eles:

- Traçar um esboço da evolução morfológica da desembocadura do Rio Pacoti em distintas escalas de análise temporal, sendo uma entre 1958 a 2011 e outra entre os períodos de março de 2011 a março de 2012;
- Promover um estudo morfodinâmico na desembocadura do Rio Pacoti em curta escala de tempo;
- Analisar os sistemas ambientais sob a ótica da vulnerabilidade e do zoneamento ambiental;
- Propor formas de uso sob fatores de susceptibilidade associados a expansão urbana nessas áreas.



Mapa 01: Carta Imagem de Localização do estuário do Rio Pacoti (Ceará). **Fonte:** o autor

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. SISTEMAS COMPLEXOS APLICADOS A ZONA COSTEIRA

A compreensão dos processos que dinamizam a zona costeira confere à Geografia Física uma característica singular de tal sorte que é a ciência que melhor descreve os agentes envolvidos e os fluxos de interação entre eles, fazendo-se, portanto, um diagnóstico com dimensão mais abrangente e precisa do meio físico.

A organização do espaço e do tempo na ótica da análise geográfica é contemplada a partir de um conjunto de idéias estabelecidas e conectadas entre si, isto é, organizadas segundo uma ordem lógica, que se baseia em teorias pré-formuladas e que conduzem à construção de novas teorias ou paradigmas conforme explicita Conti (1997).

Para Capra (1982) a experimentação e observação na ciência física caracterizam o empirismo como uma maneira de formular leis gerais que regem os fenômenos. Hegel (LÖWY, 1987), expõe, através do pensamento dialético a existência de uma dinâmica complexa envolta num processo contínuo, que só pode ser compreendida através de seu movimento.

Bertalanffy (1973) já propunha uma episteme complexa e que, na essência, buscava uma linguagem científica única que englobasse todos os campos do conhecimento (VICENTE *et al.*, 2003) sobretudo das ciências de análise do espaço físico, como eram as ciências da terra. Desta forma, já se encaminhava o pensamento sistêmico o qual passa por um largo processo de discussão e evolução nos anos posteriores.

Christofolletti (1979) promoveu uma discussão em torno dos sistemas a fim de defini-los e classificá-los. Assim, notadamente um sistema seria um conjunto dos elementos e das relações entre eles e seus atributos (HALL & FAGGEN, 1956) em interação (BERTALANFFY, 1973) onde devam possuir unidades ou elementos interativos e inter-relacionados através de fluxos como mostra o esquema abaixo:

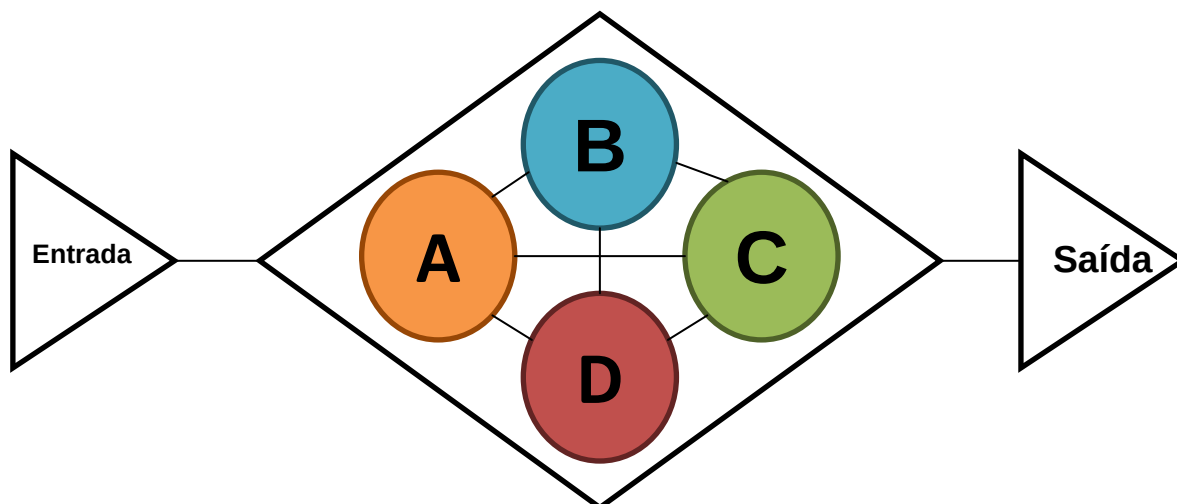


Figura 1: Representação Esquemática de um Sistema, (CHRISTOFOLETTI, 1979)

Cada unidade apresenta atributos, que são as qualidades que o caracterizam. Os atributos devem ser elencados seguindo o tipo de análise a ser feita e que respostas buscam-se ao interagirem dadas as entradas (*input*) – aquilo que o sistema recebe - e as saídas (*output*) – todo produto fornecido pelo sistema (CHRISTOFOLETTI, 1979).

Os sistemas passaram a ser incorporados às ciências da terra e agregaram fatores específicos a cada uma delas, sobretudo na Geografia com o Geossistema (BERTRAND, 1971; SOTCHAVA, 1978) e mais atualmente o sistema GTP – Geossistema Território e Paisagem (BERTRAND, 2007)

Para ACKOFF (1979), no mundo atual “os gerentes não são confrontados com problemas independentes entre si, mas com situações dinâmicas que consistem de sistemas complexos de mudanças que interagem entre si”.

“Há necessidade de enfrentar problemas que comportam incertezas e imprevisibilidades, interdependências e inter-retro-ações de extensão planetária relativamente rápida, sem descontinuidades, não linearidades, desequilíbrios, comportamentos caóticos, bifurcações”. (MORIN, 2003 p.160)

Segundo Abraham (2002), a Teoria da Complexidade foi concebida a partir das conexões entre a teoria geral de sistemas, a cibernética e a teoria dos sistemas dinâmicos.

Os sistemas complexos partem do que Morin (2001) chama de tetragrama organizacional visto que está envolto a relações de:

- Ordem;
- Desordem;
- Interação;
- (re)Organização.

Assim, para este estudo, a análise geográfica acerca da morfodinâmica da desembocadura do Rio Pacoti tem na sistematização um subterfúgio que facilita o estudo e o entendimento dos processos controladores da morfodinâmica da foz como as descargas de sedimento e os processos hidroclimatológicos e oceanográficos do sistema estuário-oceano.

Outrossim, ao elencar-se atributos a serem trabalhados e modelados em toda a sua dimensão observa-se que o sistema em questão é um sistema complexo (MORIN, 2003) regido pela desordem tão comum à torrencialidade e sazonalidade do objeto de estudo, devendo ser analisado sob uma ótica mais precisa e adequada. Desta forma, busca-se o entendimento das partes, ressaltando atributos pré-determinados e os correlacionando por meio da modelagem dos sistemas ambientais (Christofolletti, 2004).

2.2. ZONA COSTEIRA: DEFINIÇÕES E PROCESSOS

A formação da zona costeira está associada ao que (SUGUIO, 2003) definiu como glacioeustasia, ou seja, variações – de natureza climática – no nível relativo do mar ocasionadas por fenômenos glaciais e interglaciais, atuantes ao longo do Tempo Geológico.

Representam ambientes naturais essencialmente de sedimentação sobretudo no Quaternário, portando, trata-se do sistema mais recente da era geológica, estando em constante dinâmica no seu caráter morfológico e fisiográfico.

No Holoceno, na última transgressão marinha, ocorreu a exposição dos terraços marinhos holocênicos e o vento vem sendo um importante vetor modelador de feições, atuando sobre dunas e desembocaduras fluviais Dominguez (1999). MORAIS & MEIRELES (1992) destacam a importância da análise das pequenas variações ocorridas no Holoceno e principalmente nos últimos 7.000 anos no litoral do Brasil.

Dentre diversos fenômenos que atuam nos processos costeiros, a erosão praial é a que vem modificando mais rapidamente diversos trechos das áreas costeiras em todo mundo, inclusive no litoral brasileiro, transformando-se em um problema emergencial para os governos, comunidade científica e sociedade (Aquasis, 2003; Moraes et. al., 2006).

TESSLER et. al. (2005) sinalizam a erosão costeira em dois aspectos: o primeiro diz respeito aos fatores de ordem natural – deslocamentos da foz de rios, erosão de bancos arenosos submersos junto às linhas de costa e os próprios eventos de glaciações ao longo dos anos; e o segundo sinaliza diversos tipos de intervenções antropogênicas que alteram o balanço sedimentar de um segmento costeiro sendo as implantações irregulares da malha urbana; os barramentos ao longo de cursos fluviais e as construções costeiras como piers, molhes e quebra-mares.

De tal sorte, o ambiente costeiro apresenta extrema dinâmica espacial em virtude da ação dos vetores que atuam na linha de costa, tais como, marés, ventos, deriva litorânea, vazão fluvial, além de fatores climáticos e neotectônicos locais. O descompasso de algum destes vetores acarreta numa perda do equilíbrio natural, tendendo ao cenário erosivo em razão de sua extrema vulnerabilidade.

Para as zonas costeiras serão necessários o envolvimento de um diversificado grupo de saberes Leff (2003). Assim, as zonas costeiras podem ser entendidas como um sistema organizacional, ou uma unidade complexa organizada que, segundo Calliari et al. (2000), é um macro-sistema inter-relacionados em três compartimentos, denominados: (a) oceânicos adjacentes, (b) continental (bacia de drenagem), considerando o limite de sua influência com os outros compartimentos a

jusante; e (c) de transição do litoral, que é a faixa onde se encontram os ecossistemas litorâneos, como: lagoas costeiras, estuários, manguezais, praias etc.

2.2.1. Dinâmica Praia

Praias são feições deposicionais no contato entre terra emersa e água, comumente constituídas por sedimentos arenosos, podendo também ser formadas por seixos e por sedimentos lamosos (MUEHE, 2004). A faixa de praia adjacente à desembocadura do Rio Pacoti é uma região de deposição sedimentar, sobretudo de areias quartizosas, cascalhos e conchas retrabalhadas pela ação marinha, que se estende desde a linha de baixa maré até a base das dunas móveis.

De modo generalista a praia é um ambiente costeiro de sedimentação o qual é composto por sedimentos inconsolidados em constante atividade dinâmica e em função dos vetores do continente-atmosfera-oceano.

No Brasil, Silveira (1964) apud Muehe (1998) seguiu parâmetros oceanográficos, geomorfológicos e climáticos para propor uma compartimentação do litoral em Amazônico, Nordeste de Barreiras, Oriental, Sudeste e Meridional. Moraes et. al. (2006) apresenta o litoral do nordeste em dois macrocompartimentos: a costa semi-árida, a noroeste do cabo do calcanhar, e a costa oriental ou costa dos tabuleiros, do cabo do calcanhar até a baía de todos os santos.

Souza (2003) apresentou a compartimentação da costa cearense como sendo:

Planície litorânea (com subunidades constituídas pela faixa praial e campo de dunas móveis; campo de dunas fixas e peleodunas; desembocaduras fluviais em planícies flúvio-marinhas revestidas por manguezais, além de ocorrências eventuais e/ ou pontuais de pontas rochosas ou promontórios e de falésias); as planícies fluviais com matas ciliares; os corpos d'água lacustres envolvendo planícies flúvio-lacustres e lagoas freáticas; áreas de acumulação inundáveis freqüentes no Município de Aracati; Tabuleiros Pré-Litorâneos ou Costeiros. (SOUZA, 2003)

O modelo de praias arenosas (Figura 2), como é o caso da costa em estudo, é geralmente composto de dunas frontais, as quais localiza a frente a pós-praia; zona de berma, a qual é representada por uma escarpa que define o

ponto de ação das ondas; estirâncio, que é uma feição intermarés e uma conseqüente de antepraia, compondo então a faixa de praia.



Figura 2: Feições de praia. Fonte: Adaptado de United States Geological Survey

Para os estudos de morfodinâmica praial no Brasil, tem-se aplicado o modelo elaborado pela escola australiana (SHORT, 1979; WRIGHT, et al. 1982; WRIGHT & SHORT, 1984; WRIGHT, SHORT & GREEN, 1985) em virtude da sua aplicabilidade e sucesso na análise de estudos morfodinâmicos no país, sobretudo no Ceará (AB' SABER, 1979, BITTENCOURT et. al. 1979; MARTIN et. al. 1982; SUGUIO et. al. 1985; MORAIS & MEIRELES, 1992; MUEHE, 1995; DOMINGUEZ, 1999; PINHEIRO, 2000; PINHEIRO et. al. 2006; MOURA, 2008). Nesse sentido, a pesquisa tomou tal modelo como opção metodológica no que implica a análise morfodinâmica da desembocadura do Rio Pacoti.

2.2.2. Dinâmica Estuarina

A classificação de estuário, partindo-se do princípio de que este é um sistema, depende de uma análise de seus atributos e, sobretudo, do contexto em que se insere (Dyer, 1973). Segundo Miranda et. al. (2002) a definição mais usual

para os geógrafos é a de que estuário é uma região do interior de um ambiente costeiro onde ocorre o encontro das águas fluviais com a do mar, transportada pelas correntes de maré, estendendo-se rio acima até o limite da influência da maré.

A definição mais clássica é a de que “estuário é um corpo de água costeiro semifechado, com uma livre ligação ao oceano aberto, no interior do qual a água do mar é mensuralmente diluída pela água doce oriunda da drenagem continental” (PRITCHARD, 1955; CAMERON & PRITCHARD, 1963).

Segundo Darlymple *et al.* (1992) os estuários podem ser subdivididos em dois tipos, dominados por ondas e dominados por marés. Ambas os tipos apresentam fontes de sedimentos marinhos e fluviais, porém ocorrem unicamente por progradação em costas recortadas.

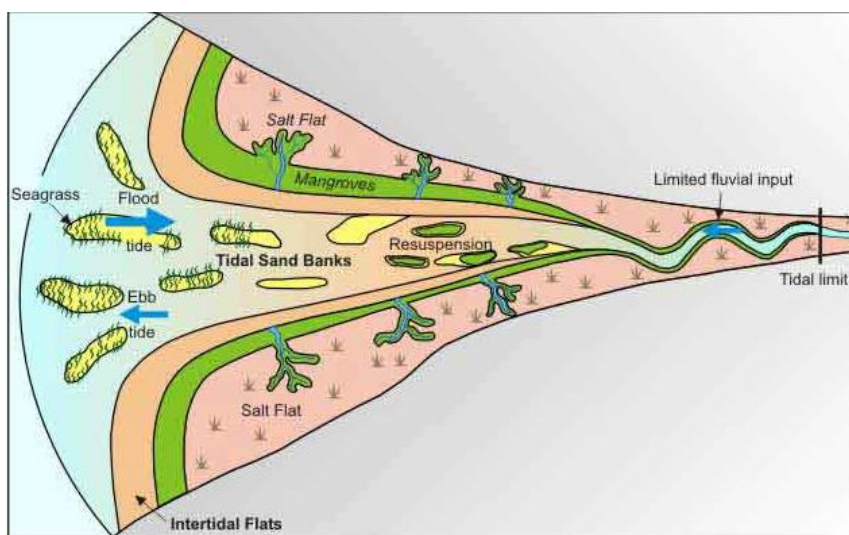


Figura 3: Representação de um estuário Fonte: OZCoasts, 2010.

Para este estudo, considera-se estuário como um sistema hídrico exorréico cujas características biogeoquímicas e hidrológicas são subordinada aos efeitos da interação do continente com o oceano, estendo-se desde as feições deposicionais mais exteriores até a zona de influência maregráfica no interior.

O próprio transporte de sedimentos é um processo natural que envolve remoção, transporte e deposição de material e faz parte da evolução da paisagem originando as formas geomorfológicas (SANTOS, et al. 2001).

Quanto à classificação, o estuário pode ser analisado sob o aspecto geomorfológico Pritchard (1952), sob os aspectos da estratificação salina Stommel (1953); Pritchard (1955); Wright (1970) e por regimes de circulação e descargas fluviais Ippen & Halerman (1961); Moller (1996).

Estudos relacionados a dinâmica de estuários no Ceará podem ser vistos em trabalhos de Pinheiro (2003), Queiroz (2005), Dias (2005), Sucupira (2005) Paula (2006), Santos et. al. (2006), Pinheiro et al. (2006), Moraes et. al. (2006), Quintela (2007).

O estuário do Rio Pacoti pode ser classificado quanto ao modo de formação de bacia (Fairbridge, 1980) como do tipo planície costeira. Estes estuários são típicos de regiões de planície costeira e se formaram durante a transgressão do mar no Holoceno, que inundou os vales dos rios. Quanto aos processos físicos dominantes de acordo com a classificação de Dalrymple et al. (1992) e de Reinson (1992), o estuário Pacoti é considerado como um estuário dominado por ondas, haja vista a formação de estruturas deposicionais na desembocadura.

2.2.3. Interações do sistema estuarino e praial

2.2.3.1. Feições Deposicionais de linha de costa

Entende-se por linha de costa como a área de interface continente oceano, onde existe o limite da ação efetiva do mar (DHN, 1966), sendo, portanto, o limite entre a terra e o mar em qualquer instante. É na linha de costa onde a dinâmica é mais intensa e ocorre a formação das feições de deposição. Neste estudo, considera-se a base da duna móvel como linha de costa, em virtude de seu universo amostral, pois tal feição possibilita uma melhor visualização das mudanças na escala de tempo a que se propõe.

As feições deposicionais costeiras se formam a partir das ações de ondas e correntes em toda sua complexidade de vetores e resultantes como refração, reflexão e difração.

Quando trens de ondas atingem a costa em ângulo, geram uma componente de corrente costeira paralela à linha de costa (SÃO PAULO, 2008). Essa corrente, *longshore current* (Komar & Inman, 1970; Bowen & Holman, 1989) também conhecida por corrente longitudinal, atua ao longo da zona de surfe e no estirâncio, sendo o principal vetor de transporte de sedimentos no sentido paralelo à linha de costa, podendo dar origem às feições deposicionais (SOUZA, 2006; 2007) como as praias oceânicas, os esporões e barras arenosas, os cordões arenoso, cristas de praias e ilhas-barreiras conforme São Paulo (2008) e Florenzano (2008).

Souza (2005) pontua a ação das ondas como principal formador de praias oceânicas. Para Strahler & Strahler (2005) é a deriva litorânea, atuando na face de praia juntamente com ação dos ventos e as oscilações de maré que promovem a deriva praial em seus diferentes aspectos e feições. As feições deposicionais costeiras podem ser elencadas conforme o descrito por Suguio & Tessler (1984).



Figura 4: Feições deposicionais de linha de costa

Quanto a esporões e barras arenosas (*spit and bars*) (SCHWARTZ, 1973) algumas barras arenosas de desembocadura fluvial podem ser transversais a linha de costa, formando barras estuarinas (DOMINGUEZ et. al. 1983), deltas de maré vazante e enchente (VEIGA et al. 2005).

No Ceará, as feições deposicionais costeiras podem ser apreciadas através de estudos de PINHEIRO (2003), CEARÁ (2005), MEIRELES et. al. (2005), CLAUDINO-SALES et. al. (2006), PEULVAST (2006), PINHEIRO et al. (2006), QUINTELA-FALCÃO (2011).

2.3. GEOTECNOLOGIAS E O MONITORAMENTO DAS FEIÇÕES COSTEIRAS

As geotecnologias representam um conjunto de aparelhos e softwares interligados aos sistemas de informação geográficas (GIS) e a rede GNSS – Sistemas Globais de Navegação por Satélite, que incluem o GPS – Sistema de Posicionamento Global e o GLONASS – Sistema de Navegação Global por Satélites. Juntas, essas redes permitem o monitoramento remoto de variáveis geofísicas, tais como relevo, vegetação, rios, precipitação, etc. (INPE, 2007).

Os *softwares* da plataforma GIS permitem reunir dados em uma tabela de atributos e espacializá-los em uma matriz de coordenadas geográficas. Através dessa espacialização, pode-se analisar o comportamento dos dados, permitindo comparações temporo-espaciais.

Em razão dos avanços das geotecnologias com o aumento da precisão dos dados obtidos com os aparelhos de recepção de satélite, é cada vez mais comum o uso deste aparato no monitoramento da dinâmica costeira.

Ao passo, que se atribuem valores GIS para as feições costeiras, é possível delimitá-la e trabalhá-la como um atributo do sistema complexo em análise. Além disso, essas tecnologias permitem que reúnam-se dados multitemporais, diversificando a escala de análise e possibilitando a correlação entre os ambientes monitorados.

No Ceará, estudos de monitoramento de feições costeiras através do subterfúgio das técnicas de geoprocessamento podem ser observados em PINHEIRO (2003); PINHEIRO et. al. (2006, 2008); ARAÚJO & FREIRE (2007); PACHECO (2007); FALCÃO (2008) CARVALHO et. al. (2003); SENA NETA (2011).

Na área de estudo, Lacerda et. al. (2007) monitorou as feições do estuário, fazendo uma evolução da área de manguezal por meio da análise multitemporal de imagens.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A escolha do método define o posicionamento do trabalho no meio científico e promove o diálogo acadêmico, abrangendo os procedimentos e técnicas pelos quais se segue a pesquisa.

Assim, o presente estudo, no intento de contemplar seus objetivos, seguiu uma série de métodos e procedimentos técnicos, priorizando a pesquisa a órgãos públicos, através de acervos diversos e buscou na aplicação das técnicas de pesquisa, coleta e processamento de dados o apoio de instituições como o Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR (UFC) e o Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica – LGCO (UECE); ressaltando que a busca por dados empíricos através de recorrente visita *in locu* foi priorizada, seguindo princípios técnicos previamente estabelecidos e que estejam em sintonia com os preceitos dos estudos morfodinâmicos de desembocaduras fluviais na atualidade.

A reunião de todos os passos desta pesquisa, partindo dos estudos prévios de planejamento, até etapas de campo, processamento e pós-processamento são elencadas e descritas abaixo.



Figura 5: Fluxograma metodológico

3.1. ELABORAÇÃO DO ESTADO DA ARTE

A elaboração do estado da arte é definida como de caráter bibliográfico, objetivando discutir um determinado objeto de estudo sob diversos aspectos e dimensões, corroborando com o embasamento teórico e metodológico da pesquisa.

A primeira etapa deste trabalho partiu de uma busca por trabalhos anteriores que contemplassem os temas ligados a ambientes costeiros de sedimentação, desembocaduras fluviais, morfodinâmica de ambientes costeiros, eventos de alta energia de clima oceanográfico, monitoramento de linha de costa e de 'spit' arenosos, dentre outros correlatos; partindo da leitura de clássicos da ciência geográfica e da oceanografia física e esturiana além de se fazer uso do portal de periódicos da Capes, o qual reúne uma coletânea de diversos catálogos de universidades. Tais catálogos apresentam-se como fonte indispensável na elaboração do estado da arte, uma vez que representam a contribuição acadêmica à sociedade.

Obteve-se junto aos acervos de órgãos visitados como: Universidade Estadual do Ceará, Universidade Federal do Ceará, Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica, LABOMAR, Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos - COGERH, Secretaria de Recursos Hídricos - SRH, Superintendência Estadual de Meio Ambiente - SEMACE, Departamento Nacional de Obras Contra a Seca - DNOCS, Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, Fundação Cearense de Meteorologia – FUNCEME, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará - IPECE, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC/INPE, Prefeitura Municipal de Fortaleza – PMF e Agência Nacional de Águas - ANA outros dados como séries históricas de pluviometria, previsões de altura de ondas, correntes e ventos, fotocartas e ortofotocatas, além de imagens de satélite, equipamentos para uso em campo e parceria para utilização de softwares diversos nas etapas seguintes. Possibilitou-se assim, a criação de um banco de dados de cunho teórico e geotecnológico. Nestes locais, foi possível aproximar-se

ao nível de estado da técnica dada a disponibilização do aparato técnico pelas entidades e que foram de grande serventia para a execução dos objetivos deste trabalho.

3.2. SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO

Para esta etapa, obtiveram-se imagens multitemporais da Foz do Rio Pacoti datadas de 1958, 1968, 1975, 1995, 2009 e 2011; todas de alta resolução, obtidas junto ao DNOCS; CPRM; PMF; Superintendência Estadual do Meio Ambiente – SEMACE; Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE e do Google Earth 6.1.

As imagens foram devidamente georreferenciadas utilizando *softwares* da plataforma *GIS* tendo como banco de dados um Mosaico de imagens Landsat em composição RGB, cedido pelo IPECE, em coordenadas ortoretificadas no *datum* horizontal SAD'69. Para melhor precisão, utilizou-se uma composição de imagens do sensor multispectral *QuickBird* com precisão de 60 centímetros, além disso, coletou-se em campo, através de aparelho DGPS L1/L2, coordenadas de pontos geodésicos na área e processou-se junto à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC, obtendo-se Posicionamento por Ponto Preciso (IBGE-PPP). Desta forma, todas as imagens obtidas foram retificadas em posicionamento absoluto a fim de melhor estrutura de comparação em escala multitemporal da linha de costa.

A aplicação das técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento, atreladas ao uso de dados vetoriais e dados de elevação obtidos pelo banco de dados do INPE/NASA e com precisão reduzida para 30 metros pelo INPE (TOPODATA, 2012), permitiu a identificação e organização espacial das unidades geoambientais, feições morfológicas e hidrografia, possibilitando sua vetorização em escala de detalhe dada área de estudo ser espacialmente pequena.

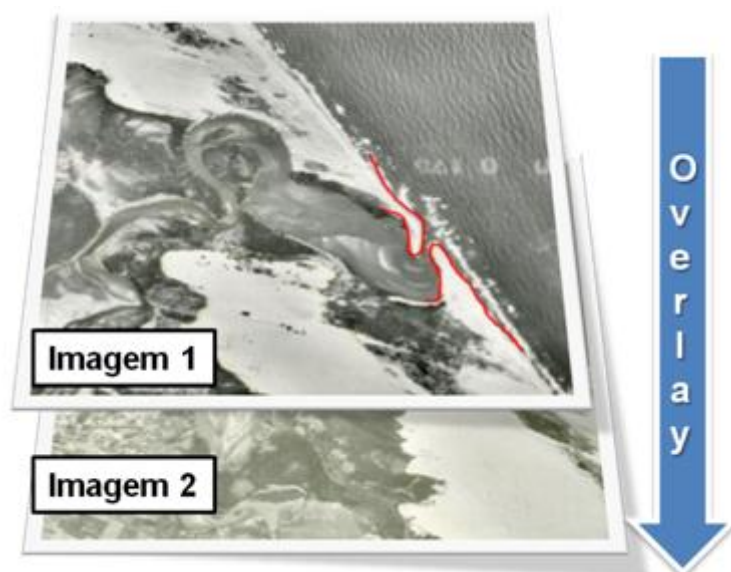


Figura 6: Esquema de uma sobreposição de camadas

Com o uso da técnica do *overlay* (figura 6), as camadas são sobrepostas e pode-se observar e calcular as taxas da mudança fisiográfica, sobretudo dos processos de sedimentação e erosão que vem acontecendo na foz do Rio Pacoti durante os últimos 50 anos, na ótica da análise da meso e da microescala de tempo sob a interrelação dos parâmetros atmosféricos e oceanográficos.

3.3. ETAPAS DE CAMPO

A viabilidade dos objetivos específicos desta pesquisa está diretamente relacionada a obtenção de dados empíricos coletados *in locu* por meio de técnicas diversas. Previamente, estabeleceu-se visitas bimestrais a campo em um ciclo anual, contemplando as seguintes coletas:

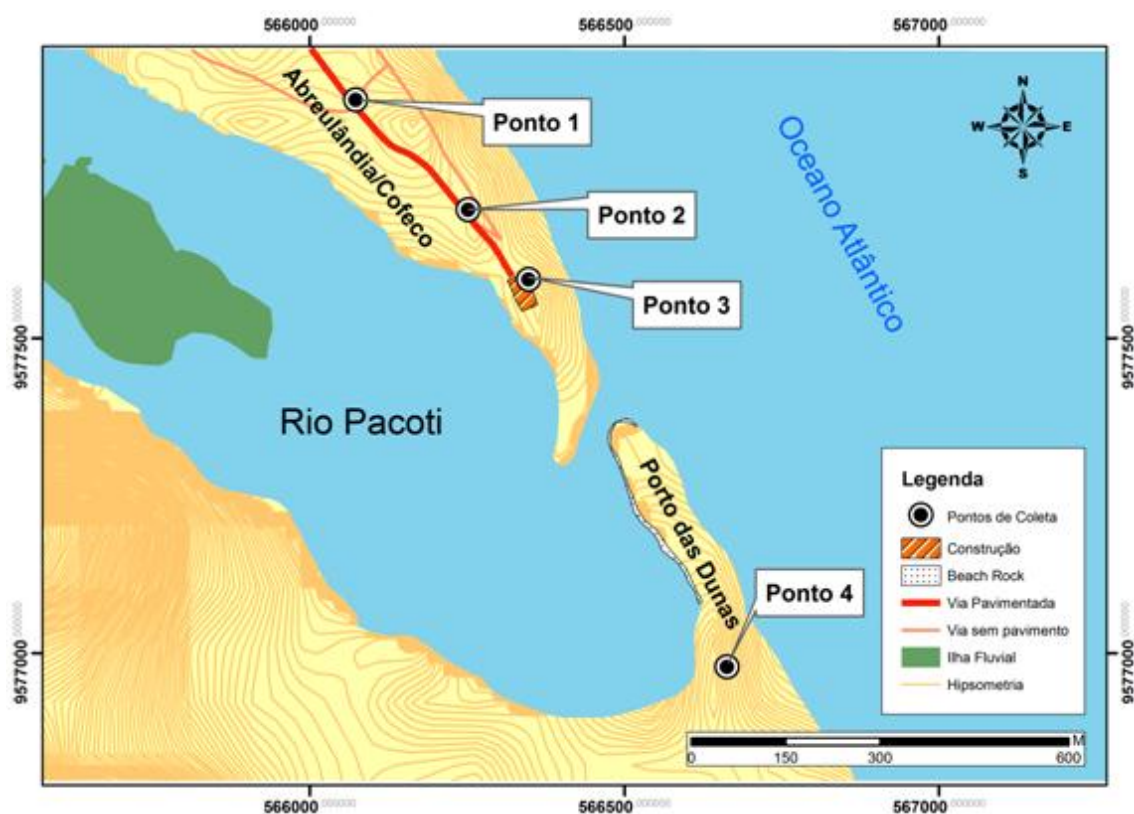
- I) Perfis Morfodinâmicos;
- II) Monitoramento da linha de costa;
- III) Monitoramento do clima oceanográfico e
- IV) coleta de sedimentos.

Além disso, foram realizados dois embarques no estuário do Rio Pacoti em condições de maré meteorológica onde se coletaram dados de batimetria, registros fotográficos e reconhecimento da área. Nos subtópicos

seguintes, cada etapa será descrita para um melhor entendimento dos passos da pesquisa.

3.3.1. Perfis Morfodinâmicos

Para o monitoramento dos perfis morfodinâmicos das praias adjacentes a desembocadura fluvial do Rio Pacoti, estabeleceu-se 4 (quatro) pontos de monitoramento, sendo 3 na praia da COFECO e um na praia de Porto das Dunas (Mapa 2). Durante os meses de março de 2011 a março de 2012 foram realizadas visitas bimestrais na área de estudo onde adotaram-se os métodos sugeridos por Emery (1961), Moraes (1996) e Muehe (2002) para o estabelecimento de perfis morfodinâmicos da faixa de praia a fim de definir, através das principais feições morfológicas, áreas de recuo e progradação da linha de costa e transporte transversal de sedimentos.



Mapa 2: Localização dos pontos de coleta amostral

A topografia da praia foi obtida perpendicularmente a linha de costa, utilizando para medição das variações topográficas do terreno uma Estação Total

RUIDE R3 (Figura 7), gentilmente cedida pelo LABOMAR, a qual permite melhores resultados nos cálculos das distâncias horizontais e verticais em relação ao local onde se instalou a base.

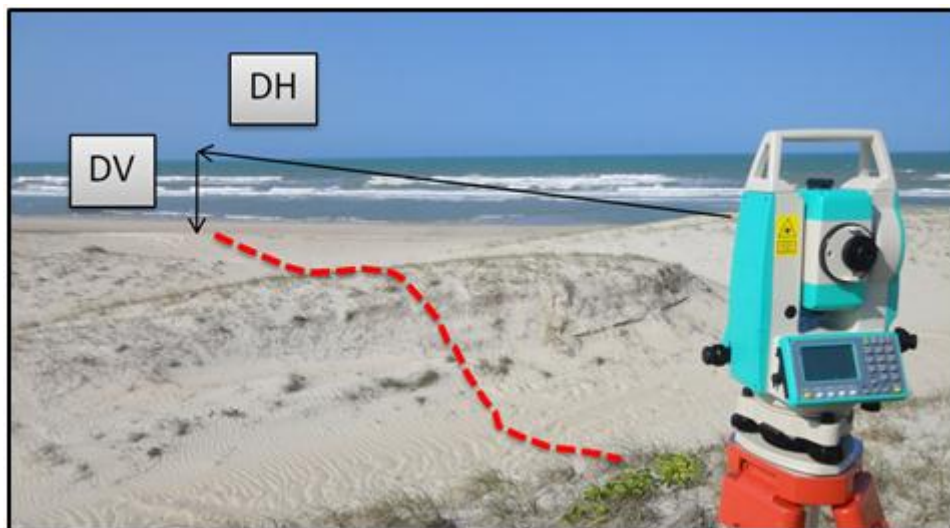


Figura 7: Realização de perfil topográfico com estação total.

O referencial de nível (RN) corrigido para as medições foi obtido através de transferência de cota ortométrica em relação a um marco do IBGE localizado na entrada do Porto D'Aldeia Resort, onde instalou-se e nivelou-se antena fixa da composição DGPS cedido pelo LGCO/UECE.

Concomitante aos perfis topográficos foi realizada coleta de sedimentos nas áreas de berma, estirâncio e antepraia. Cada amostra foi devidamente etiquetada e processada seguindo a metodologia proposta por Dias (2004). Os dados de pós-processamento foram obtidos com a utilização do SAG – Sistema de Análise Granulométricas, desenvolvido e cedido pelo LAGEMAR da Universidade Federal Fluminense – UFF. Todo aparato técnico e logístico para conclusão desta etapa foi realizado com o apoio do LGCO/UECE.

3.3.2 Atualização da Linha de Costa

Esta etapa ocorreu em sintonia com a etapa de geoprocessamento, uma vez que é objetivo deste trabalho traçar a evolução da linha de costa sob distintos recortes temporais.

A literatura sobre linha de costa ainda é muito divergente sob a sua definição. Para o caso da linha de costa adjacente à desembocadura do Rio Pacoti, em si tratando de praias arenosas como confrontante a duna frontal, estabeleceu-se como critério de linha de costa para este trabalho a base das dunas frontais.

Para a análise em larga escala de tempo, utilizou-se a técnica da estereoscopia nas imagens georreferenciadas conforme metodologia expressa por Angulo (2009). Assim, tendo visualizado a linha que compunha a duna frontal, criou-se uma nova camada *layer* atrelando a ela atributos e banco de dados para o Sistema de Informações Geográficas - SIG.



Figura 8: Esquema metodológico de amostragem para atualização de linha de costa

Para a análise em curta escala de tempo, foram coletados pontos que indicassem o posicionamento da linha de costa através de caminhamento bimestral na base da duna frontal. Utilizou-se como instrumento de coleta antena móvel da composição DGPS L1/L2 em modo cinemático, seguindo a metodologia da função *'stop and go'* fazendo paradas de 20 segundos em cada ponto para melhor resultado de triangulação. Os dados foram processados no software GTR Processor 2.87 e pós processados em planilha xls. A geração final dos mapas foi obtida no software ArcGis 9.3 da ESRI através da função *display X and Y information* sendo possível espacializar as informações em SIG, e, através da sobreposição de camadas, foi possível visualizar a variação e calcular as taxas respectivas.

3.3.3. Monitoramento do Clima Oceanográfico

Entende-se por clima oceanográfico os elementos de interação oceano-atmosfera que determinam as condições dinâmicas do mar na zona de arrebentação, sendo, portanto, os vetores de cunho oceânico que influenciam na dinâmica fisiográfica da zona costeira.

Para esta pesquisa, buscou-se elencar dados de ondas – altura e período – e dados de ventos e correntes os quais foram filtrados e processados através de modelagem numérica para a plataforma Java. Nas visitas a campo foi possível determinar o período das ondas através de vídeo monitoramento, onde se filmou um quarto de cada hora correspondente a um ciclo de maré. A câmera teve seu posicionamento nivelado e o zoom óptico aproximou a imagem para que a contagem das cristas de onda fosse feita após a zona de arrebentação em prol de resultados mais precisos.

Os dados de altura de ondas, correntes de maré e direção e velocidade de ventos foram obtidos junto ao CPTEC/INPE, que disponibilizou gentilmente os dados de previsão para março de 2011 a março de 2012. Os dados obtidos pelo CPTEC são resultado da aplicação do modelo de previsão *WaveWatch-III* de Tolman (1999) muito aceito para águas profundas, sendo falho para águas rasas, como é caso da costa cearense. Nesse sentido, considerou-se o método aplicado por Bulhões (2011) que considera os dados obtidos pelo modelo *WaveWatch-III* aplicando sobre os resultados equações que consideram as devidas difrações que a onda sofre, adequando os dados a um novo modelo, que considera a lei de *Snell* (a) e a teoria linear de AIRY (1979) (Figura 9).

$$\frac{\sin \alpha_1}{C_1} = \frac{\sin \alpha_2}{C_2} = \text{constant} \quad (a)$$

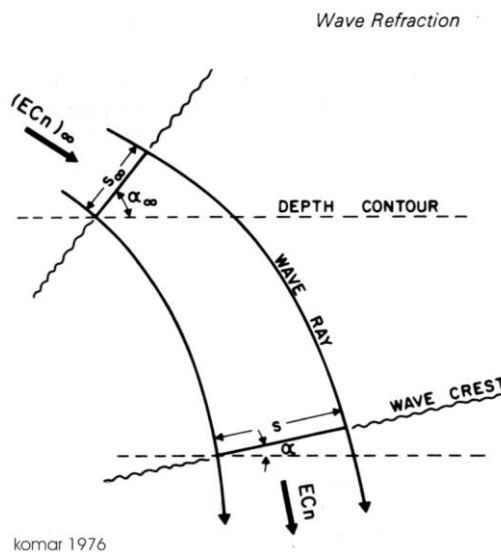


Figura 9: Teoria linear de Airy. Fonte: Komar, 1976

3.3.4. Monitoramento dos aspectos hidroclimáticos

Os aspectos hidroclimáticos são fatores condicionantes da dinâmica geoambiental da desembocadura fluvial do Rio Pacoti e praias adjacentes. Nesse sentido, considerou-se neste estudo que as condições climáticas interferem diretamente sobre o regime e disponibilidade de recursos hídricos superficiais e de subsuperfície, dadas as condições climáticas do local, cuja pluviometria é mal distribuída no tempo, estando sob regimes torrenciais.

A circulação atmosférica em Fortaleza é comandada, principalmente, pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), além de outros sistemas de menor escala que atuam na área, como o Sistema de Vorticidade Ciclônica, as linhas de instabilidade formadas ao longo da costa e as brisas marítimas (BRANDÃO *et. al*, 1995; SOUZA, 2000).

Todo esse sistema determina a qualidade do período chuvoso da região. Assim, é imprescindível que se enfatize o monitoramento dos aspectos climáticos, sobretudo da quantificação pluviométrica.

Para tanto, localizou-se junto à Fundação Cearense de Meteorologia – FUNCEME o posto pluviométrico mais próximo da área de estudo o qual se encontra fundeado na Reserva Sapiranga, dentro da Fundação Maria Nilva Alves. Os dados

são obtidos através de download, com atualizações diárias, em formato *.txt. Os dados são então tratados em planilha *.xls, é feito o recorte amostral, sendo gerados gráficos pluviométricos e de balanço hídrico para o período em análise.

Para as discussões sobre vazão afluente ao estuário foram utilizados como referência os dados de modelagem hidrodinâmica produzidos por Molisani et. al (2007).

Dados de direção e velocidade de vento foram obtidos junto ao CPTEC através de download de séries históricas.

3.3.5. Batimetria

A batimetria consiste na coleta de dados de profundidade (cota negativa), permitindo traçar o modelo topográfico do fundo do Rio Pacoti.

A coleta ocorreu através de embarque em maré cheia no estuário do rio. Como equipamento de coleta, utilizou-se o GPS Náutico 521 S Garmin acoplado a uma ecosonda, a qual emite impulsos de ondas em feixe unifilar, recebendo o sinal por meio da reflexão dos sinais emitidos, permitindo a obtenção da profundidade do ponto (figura 10).

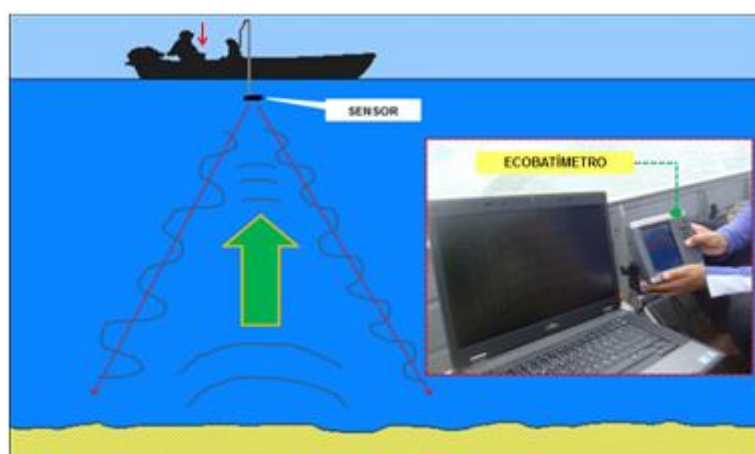
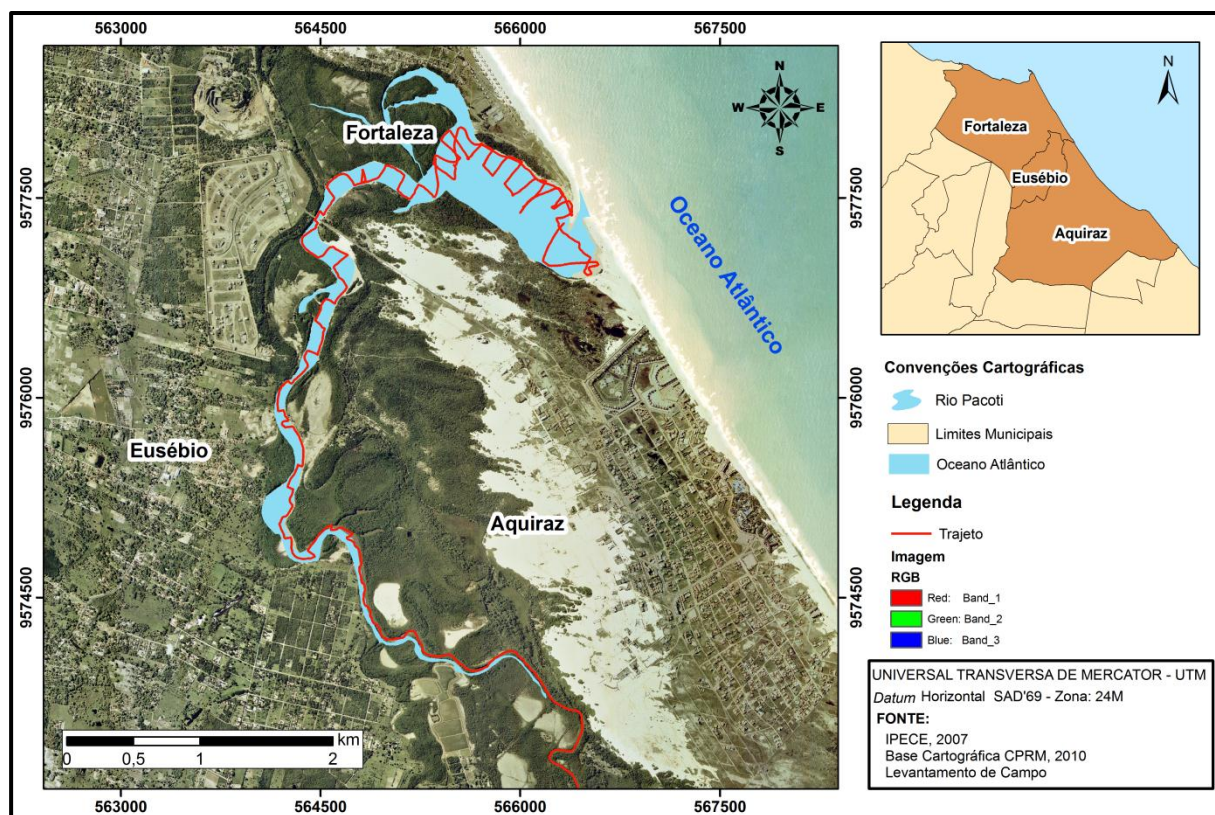


Figura 10: Representação esquemática de uma coleta batimétrica. Fonte: ROCHA, 2011.

A navegação foi feita em *i griega* (Mapa 3) e, com o auxílio de uma rotina criada no software hiperterminal, gerou-se um arquivo *.txt com os dados coletados simultaneamente pela sonda e pelo GPS. Os dados foram tabulados em

planilha eletrônica e, para a zona de interferência de maré, foi feita a correção da maré utilizando a regra do um doze avos.



Mapa 3: Mapa de Amostragem Batimétrica no estuário do Rio Pacoti.

Com a tabulação correta dos dados cartesianos X, Y e Z; o modelo foi gerado no software SURFER 10 através da krigagem dos pontos e os dados foram interpolados ao contorno do corpo hídrico, obtendo-se melhor espacialização dos dados para geração dos mapas batimétricos.

Após a geração do arquivo batimétrico, associou-se os dados aos dados altimétricos disponibilizados pela NASA e gerou-se um TIN no ArcGis 9.3 fazendo-se então um modelo digital numérico topobatimétrico da área de estudo com geração de curvas hipsométricas a 0,3 metros para melhor detalhe dos bancos e feições costeiras.

3.4. ETAPAS LABORATORIAIS

Após a coleta em campo, os dados foram processados em gabinete, seguindo técnicas de manipulação específicas para cada tipo de amostras. Para a etapa laboratorial, esta pesquisa contou com o apoio do Laboratório de Oceanografia Geológica – LOG, locado no Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR/UFC e do Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica – LGCO/UECE.

3.4.1. Análise Granulométrica

Este tipo de análise define a textura dos solos (SUGUIO, 1973), podendo relacionar a outros parâmetros que permitem traçar um esboço sobre os processos deposicionais e erosivos ocorrentes no local.

Os sedimentos retirados em campo são desumidificados em estufa eletrônica com temperatura controlada a 60°C. Com sedimento seco, acondiciona-se o mesmo em dissecadora de vidro com sílica gel azul até que chegue a temperatura ambiente com a menor quantidade de umidade possível. O sedimento então é homogeneizado e quarteado, sendo separados 100 gramas para processamento.

Na etapa seguinte do processamento, as amostras foram submetidas inicialmente ao peneiramento úmido (DIAS, 2004), que consiste na sua lavagem e decorrente remoção dos sais e do material siltoargiloso, o qual segue para etapa de decantação onde obtém-se as respectivas frações pelo método da pipetagem (DIAS, 2004).

O material de granulometria arenosa sem a presença do sal é mais uma vez desumidificado e então, submetido ao processo de peneiramento mecânico, onde se utiliza como parâmetro de análise a escala de WENTWORTH (1922) para a escolha das malhas das peneiras (figura 11). As amostras são colocadas para vibrar em agitador eletromagnético de peneiras ro-tap durante 10 minutos. As frações referentes a cada malha têm seus pesos aferidos através de balança de precisão e anotados em ficha de análise granulométrica.

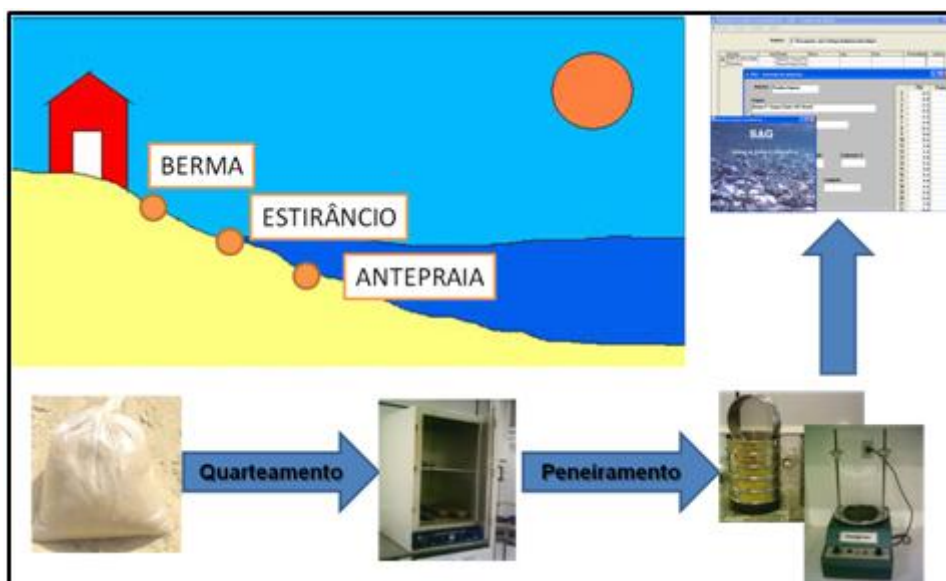


Figura 11: Esquema metodológico da análise granulométrica

Após isso, os valores fracionados são finalmente computados para o programa SAG – Sistema de Análise Granulométrica - desenvolvido pela Universidade Federal Fluminense – UFF. Este *software* permite cálculos estatísticos e a definição de histogramas para cada amostra sedimentar sob os parâmetros de classificação de Folk, Shepard, Larssonneur e Wentworth.

3.4.2. Determinação da mobilidade da foz em curta e meso-escala temporal.

A determinação da linha de costa da desembocadura do Rio Pacoti e das praias adjacentes atendem à necessidade de traçar um perfil evolutivo da morfologia da foz do Rio Pacoti, acompanhando a mobilidade atrelada a seus processos de sedimentação erosão da foz no intuito avaliar as interferências naturais e antropogênicas no sistema. Esse perfil foi traçado utilizando-se dois recortes temporais: Um primeiro, que analisa em mesoescala de tempo – 50 anos - e um segundo, que analisa em curta escala de tempo – um ciclo anual.

Após critérios pré-determinados, utilizou-se como delimitação da linha de costa a base da duna frontal. Aplicou-se como método de análise o modelo para

costas arenosas (BIRD, 1985), (ANGULO, 1993, 2005), como é o caso do objeto de estudo.

Para o estudo em mesoescala reuniram-se as fotocartas obtidas junto a CPRM e, após avaliação estereoscópica para melhor visualização dos componentes de relevo (Adams, 2003), delimitou-se a linha de costa e as feições em GIS com suas respectivas tabelas de atributos. Para cada imagem foi criada uma camada com informações geográficas conforme Oliveira (2005). Após esse processo, foi realizada a sobreposição das camadas e então pode-se traçar os pontos de erosão ou sedimentação que ocorreram ao longo do período de mesoescala temporal conforme FARIAS & MAIA (2010).

Para a análise do comportamento da linha de costa em um ciclo anual e sob a óptica dos aspectos sazonais, foi-se a campo fazer a verificação *in locu* a cada dois meses em maré e sigízia. Utilizou-se como instrumento de coleta, um aparelho DGPS formado por um par de antenas de captação geodésica das quais uma permaneceu nivelada e instalada em marco geodésico do IBGE como base. Com a outra antena realizou-se caminhamento na linha e costa e no *spit* arenoso da foz do Rio Pacoti. A programação do equipamento estava no modo cinemático (*stop and go*) e cada ponto levou cerca de vinte segundos para melhor triangulação.



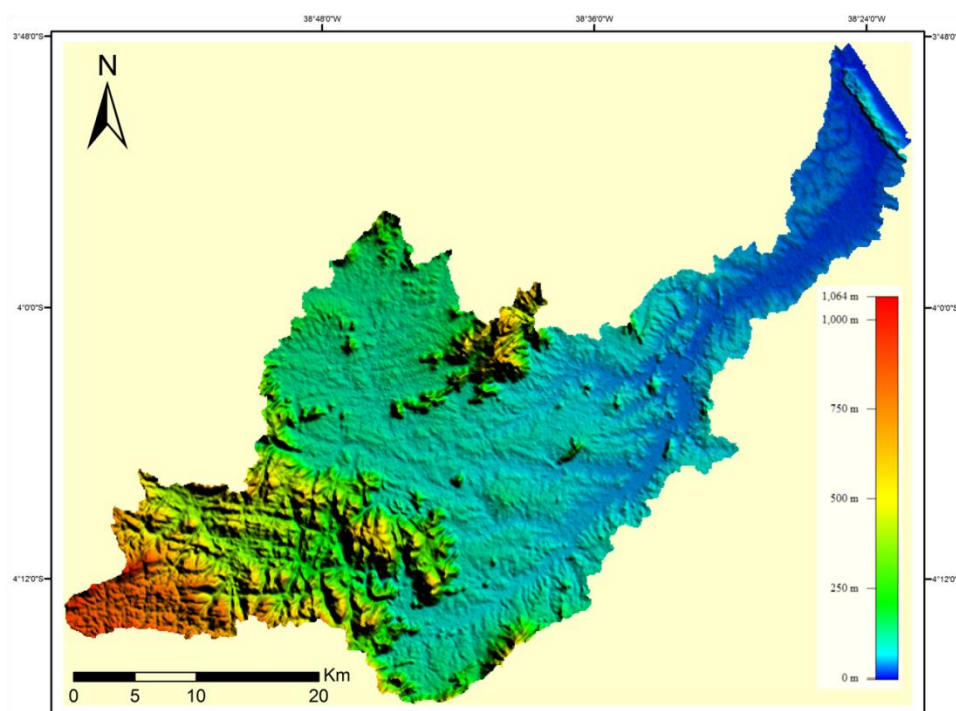
Figura 12: Rede representativa dos softwares utilizados

Cada arquivo foi devidamente processado em software específico do equipamento e pós processado em planilha ASCII, sendo convertido ao formato de camada da plataforma SIG. Cada camada foi sobreposta e os cálculos de variação foram obtidos, permitindo traçar no espaço temporal de um ano os períodos de erosão e sedimentação.

A integralização dos dados é feita através da matriz de correlação entre os mesmos. Os valores obtidos no processamento são atribuídos às variáveis de análise e pós processados através da interatividade entre eles (figura 12). Tal método permite uma melhor discussão acerca da morfodinâmica, inferindo as variáveis as quais a desembocadura do rio Pacoti está mais subordinada.

4. CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO

O rio Pacoti nasce na vertente-oriental da Serra de Baturité, no município de Pacoti, mais precisamente na cota 850 metros. Percorre por cerca de 150 km até desaguar no mar, na divisão municipal entre Fortaleza e Aquiraz. Sua bacia hidrográfica drena uma área de 1283,63 km² com um perímetro total de 345,5 km.



Mapa 4: Representação altimétrica da Sub-bacia do Rio Pacoti

From Pos: 501628.455, 9532210.108

To Pos: 565812.945, 9579853.225

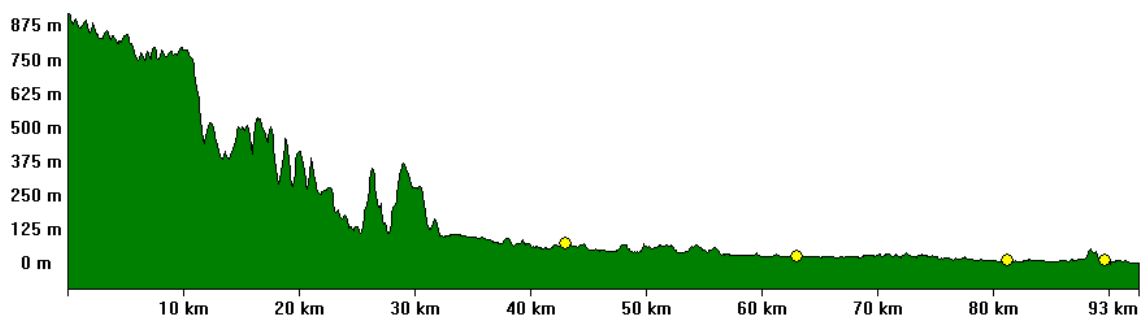
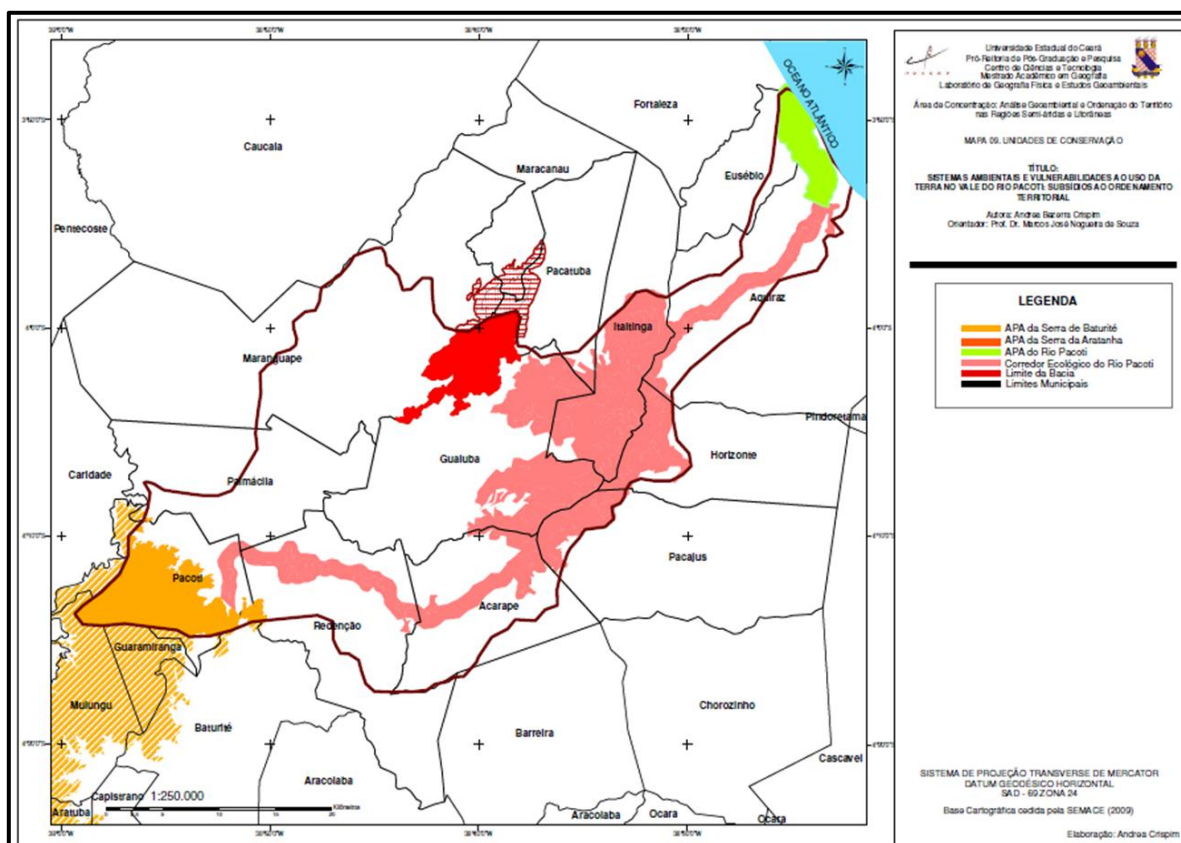


Figura 13: Perfil de Elevação da Sub-Bacia do Rio Pacoti. **Fonte:** NASA

Nascimento (2003) apresenta que seu curso tem cerca de 112,5 km em um perímetro de 250km, com uma área aproximada de 1.257 km², apresentando uma configuração longilínea e rede de drenagem predominantemente dendrítica, em que o primeiro terço tem declividade de 2,0% e a jusante, como reflexo do relevo suave que atravessa, tem declividade em torno de 0,1%.

Sua região hidrológica é constituída por pequenos riachos e planícies flúvio-lacustres, onde se destaca o rio Pacoti como principal coletor de drenagem.

A bacia apresenta três tipos de clima: o Tropical Quente Subúmido, Tropical Quente Úmido e Tropical Subquente Úmido (IPECE, 2009) tendo boa parte de sua área em terrenos do embasamento cristalino, caracterizando assim, uma drenagem do tipo dendrítica (CRISPIM, 2011). Abrange quatro unidades de conservação: A APA da Serra de Baturité, APA da Serra da Aratanha, APA do Rio Pacoti e o Corredor Ecológico do Rio Pacoti (Mapa 5).



Mapa 5: Unidades de Conservação da Sub-bacia do Pacoti. **Fonte:** CRISPIM, (2011).

Dentre outros atributos é considerado a principal fonte de abastecimento da região Metropolitana de Fortaleza - RMF, possui armazenamento máximo de 380 milhões de m³, formando juntamente com o Riachão e Gavião, o sistema integrado de abastecimento Riachão-Pacoti-Gavião. (COGERH, 2007) tendo o seu leito principal barrado nos municípios de Redenção e Horizonte para a construção dos Açudes do Acarape do Meio em 1924 e Pacoti em 1981 pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS.

Os terrenos correspondentes a sua desembocadura são: na margem direita a praia de Porto das Dunas, localizada no município de Aquiraz e na margem esquerda, a praia da Abreulândia, também conhecida por praia da Cofeco pela presença do Clube de Férias da Coelce, no município de Fortaleza.

Representa uma área de grande valor imobiliário, onde a média de preço do metro quadrado é de R\$ 4.697,10 (SECOVI, 2010) com inúmeros condomínios já construídos como o Alphaville, Aquaville e outros tantos em construção dado processo de conurbação espacial do município de Fortaleza. Além disso, considera-se ainda a proximidade com o parque aquático Beach Park, internacionalmente conhecido por ser o maior parque aquático da América Latina.



Figura 14: Condomínios de luxo em construção no Porto das Dunas.
Fonte: O autor. Maio, 2011.

O acesso é feito pela Avenida Washington Soares e pela CE-040, também conhecida como “Costa do Sol Nascente” por ser a principal via da rota turística que interliga a capital ao litoral leste do Ceará.



Figura 15: Obras na via CE- 025. **Fonte:** O autor. Maio, 2011.

Seguindo pelas avenidas Maestro Lisboa e Manoel Mavignier (CE-025), localmente conhecida de Estrada da Cofeco, dão acesso à praia passando pelos campos de dunas móveis e fixas onde insere-se a área estudada. É uma área de convergência de investimentos estatais principalmente na área da infraestrutura de estradas com constantes obras de alargamento e abertura de vias.

4.1. CONDIÇÕES GEOAMBIENTAIS DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende a desembocadura do Rio Pacoti e a faixa de praia adjacente. Para o alcance dos objetivos é de grande relevância que se tenha o entendimento da morfodinâmica e dos processos que o controlam os geoambientes que o cercam, para tal, analisam-se os compartimentos adjacentes.

4.1.1. Aspectos Geológicos-Geomorfológicos

Ao penetrar na Grande Fortaleza, o Rio Pacoti passa a drenar terrenos sedimentares (BRANDÃO et al.,1995), onde se formam amplas faixas aluvionares e

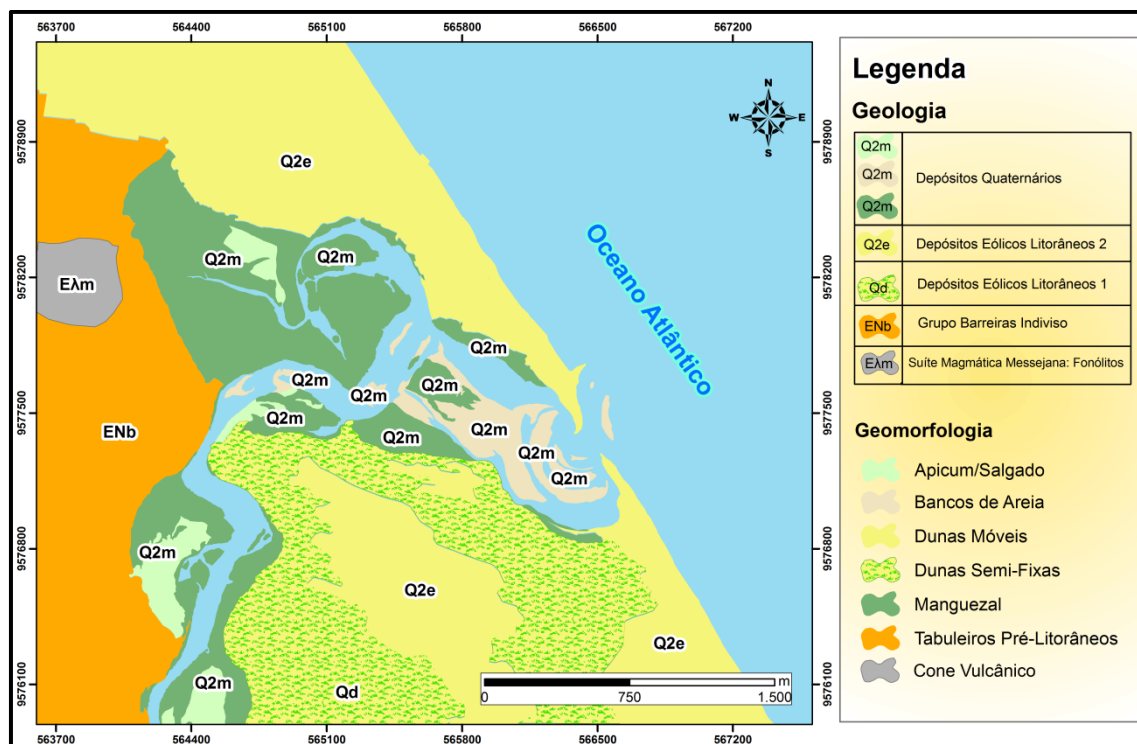
meandros, distribuindo-se, portanto, numa faixa de contato entre ecossistemas continentais (limnológicos e terrestres) e marinhos, drenada pela Bacia Hidrográfica do Pacoti (NASCIMENTO, 2003).

As características da planície litorânea são predominantemente originadas pelos processos de acumulação de sedimentos verificados durante as oscilações e mudanças climáticas ocorridas durante o Quaternário essa unidade geomorfológica foi originada através da ação das ondas, marés, correntes marinhas, fluxos flúvio-marinhos e ventos (MEIRELES, 2005).

A área de estudo corresponde a um ambiente costeiro de sedimentação onde o domínio dos depósitos sedimentares holocênicos cenozóicos é constituído pelas exposições Tércio – Quaternárias da Formação Barreiras, pelas ocorrências subatuais e atuais das paleodunas, colúvios, sedimentos de praias e aluviões (SOUZA, 2000) e pelos depósitos eólico quaternários.

As unidades geológico-geomorfológicas são a Formação Barreiras, expressa pelos tabuleiros pré-litorâneos e Mata de Tabuleiros; os depósitos eólicos do quaternário, expresso pelo Campo de Dunas móveis e fixas; Faixa de Praia com frente de maré sazonal, Manguezal, Apicum/Salgado, Ilhas Fluviais.

O mapa 6 espacializa os principais compartimentos ambientais que existem na área, apresentando os recursos naturais e as áreas onde há antropização.



Mapa 6: Geológico geomorfológico. Fonte: o autor.

O domínio dos tabuleiros pré-litorâneos é composto por arenitos argilosos de coloração avermelhada, amarelada e cinza esbranquiçada de sedimentação continental (QUEIROZ, 2005). Constitui uma unidade muito expressiva situada ao longo da margem esquerda do estuário do Rio Pacoti compondo superfícies de tabuleiros, pequenas falésias (Figura 16) e elevações que afloram no leito do Pacoti, durante a maré baixa (OLIVEIRA, 1993).

Esta área decorre do processo combinatório entra agentes fluviais e oceânicos, apresentando solos indiscriminados que decorrem de mangues continuamente afetados pela preamar (SOUZA, 2000), onde passam a formar uma área úmida e lamacenta e rica em matéria orgânica (CRISPIM, 2011).

Na figura 17 é possível visualizar terrenos da formação barreiras com vegetação inerente à mata de tabuleiros presentes na margem norte do estuário do Rio Pacoti.



Figura 16: Barranco norte no estuário do Rio Pacoti evidenciando as características fitoecológicas da formação barreiras. **Fonte:** O autor. Maio, 2011.



Figura 17: Pequena falésia à margem do estuário do Rio Pacoti. **Fonte:** O autor. Maio, 2011.

O manguezal é o ecossistema mais produtivo da faixa litorânea, sendo sustentado por um sedimento semifluido, rico em matéria orgânica (Cie, 1996; Major, 2002).

A planície flúvio-marinha do Rio Pacoti possui relevo plano e têm sua dinâmica condicionada ao regime pluviométrico e a oscilação das marés.

Apresentam solos indiscriminados e vegetação tropical paludosa de mangue (GORAYEB et. al. 2004).

Queiroz (2005) apresenta o manguezal do Rio Pacoti como de uma biodiversidade complexa que implica em significativa produtividade biológica face à abundância florística.

Lacerda et. al. (2007) apresentaram que o manguezal do estuário do Rio Pacoti apresentou para um aumento em 100% da área original de manguezais entre 1958 (0,71 km²) e 2004 (1,44 km²). Constatam ainda que a maior parte desta expansão ocorreu através da colonização de áreas anteriormente cobertas por vegetação de salgado (Figura 19), mas também ao longo de praias alargadas do rio e em ilhas recém formadas.

A figura 18 evidencia as características de porte e de desenvolvimento a vegetação de manguezal presente no estuário do Rio Pacoti.



Figura 18: Vegetação de Manguezal no estuário do Rio Pacoti.
Fonte: O autor. Maio, 2011.

Os apicuns, segundo o Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012) são áreas de solos hipersalinos situadas nas regiões entremarés superiores, inundadas apenas pelas marés de sizígias, que apresentam salinidade superior a 150 (cento e cinquenta) partes por 1.000 (mil), desprovidas de vegetação vascular.



Figura 19: Vegetação de Apicum/Salgado no estuário do Rio Pacoti. **Fonte:** O autor. Maio, 2011.

A planície litorânea é composta pelas feições costeiras decorrentes da sedimentação recente, especialmente do Quaternário, quando são relatada as grandes variações climáticas e um período crucial de modelagem de relevo, com sedimentação predominantemente mecânica inconsolidada.

Assim, os aspectos morfológicos estão relacionados à processos de acumulação, expondo a planície litorânea à atuação de agentes eólicos, fluviais, marinhos e pluviais. Neste ambiente a área de estudo apresenta variadas feições costeiras como os campos de dunas fixas e móveis, faixa de praia, rochas de praia e *spit* arenoso.

Os Campos de Dunas da área de estudo são compostos por sedimentos areno-quartzosos holocênicos foram originados através da ação conjunta dos processos de transporte eólico, formando cordões dunares (GORAYEB, 2004).

Hesp (2002) define que para o desenvolvimento de campos de dunas, é necessário que as areias de porções secas das praias sejam sopradas em direção ao continente até que a energia do vento se dissipe ou uma barreira física, por exemplo, a vegetação, cause a deposição dos grãos de areia.

Os solos formados foram caracterizados como neossolos quartzarênicos distróficos, que se distribuem na faixa litorânea e pré-litorânea, recobrimdo a morfologia de dunas as quais possuem espacialidade mais relevante, sobretudo no município de Aquiraz.



Figura 20: Campo de Dunas móveis com vegetação típica na margem direita do Rio Pacoti. **Fonte:** O autor. Setembro, 2011.

Souza (2007) caracteriza as dunas semi-fixas (Figura 21) como campo de dunas de gerações mais antigas, semi-edafisadas e recobertas por vegetação do complexo litorâneo. Apresentam certo grau de estabilidade, mas possuem dinâmica.



Figura 21: Campo de Dunas Semi-Fixas no interior do estuário do Rio Pacoti. **Fonte:** O autor. Maio, 2011.

Podem ser dunas frontais, que representam as primeiras dunas que se formam a partir da faixa de praia e preserva a antepraia do processo erosivo.

Os *bypass* são áreas que contribuem com a recarga sedimentar para a dinâmica costeira, seja pelos canais de marés ou pelas regiões de promontórios (MEIRELES et al., 2006). Na área de estudo, verifica-se a presença de jazidas sedimentares oriundas do campo de dunas semi-fixas presente na margem direita do estuário do Rio Pacoti. Rocha (2011), após coletas sedimentares na duna e no banco de areia submerso no interior do leito do Rio comprovou que os sedimentos são equivalentes, o que comprova o *by pass* de sedimentos (PASKOFF, 1996)



Figura 22: Área de *by pass* de sedimentos dunares para o interior do estuário do Rio Pacoti. **Fonte:** O autor. Maio, 2011.

As praias adjacentes ao estuário do Rio Pacoti representam costas arenosas com empilhamento do pacote sedimentar arenoquartzoso. Suas feições são dunas frontais, pós-praia com escarpa de berma, estirâncio e antepraia ou face litorânea.



Figura 23: Praia da COFECO. **Fonte:** O autor. Julho, 2011.

Na praia da Cofeco, na barra do Pacoti, afloram arenitos de praia (*beach rocks*) (figura 24), formando corpos alongados na zona de estirâncio e na zona de arrebentação, constituídos por sedimentos praias, cimentados por carbonato de cálcio e magnésio, com diagênese de média a alta (NASCIMENTO, 2006).

Afloramentos rochosos de praia formam-se através do cimentamento da areia litorânea. (MORAIS, 1969). Eles contêm a abrasão marinha nas praias, mas sofrem desagregação granular, termoclastia, hidroclastia, corrosão e dissolução (NASCIMENTO, 2006).



Figura 24: Rocha de Praia na margem direita da desembocadura do Rio Pacoti. **Fonte:** O autor. Setembro, 2011.



Figura 25: Exumação rochosa na margem direita da desembocadura do Rio Pacoti. **Fonte:** O autor. Setembro, 2011.

Na margem esquerda, espacializa-se um spit arenoso de característica recurvada (DOMINGUEZ, et. al. 1983) para o interior do estuário. Para Evans (1942), spits são feições deposicionais de sedimento em áreas de divisas de corpos

hídricos abertos. Sua dinâmica é condicionada, sobretudo aos processos de correntes marinhas sendo alimentado pela deriva litorânea de sedimentos (SUGUIO, et. al., 1985).

A noroeste do estuário do Rio Pacoti localiza-se a feição residual do Morro do Caruru a qual está ligada a presença de vulcanismo preenchendo zonas fraturadas de tensão associadas ao vulcanismo do Arquipélago de Fernando de Noronha (NASCIMENTO, 2006), com similitudes químicas e petrográfica com os fonólitos componentes desse arquipélago (Vandoros e Oliveira, 1968), circundada por sedimentos da Formação Barreiras.



Figura 26: Morro Caruru visto da desembocadura do Rio Pacoti. **Fonte:** O autor. Maio, 2011.

Sua condição fisiográfica apresenta-se como testemunho emerso do alinhamento vulcânico submarino ao longo das áreas em torno do paralelo de 4° Sul (MORAIS, 2000) configurando esta feição como um *hotspot* (ABBOTT, 1996).



Figura 27: Alinhamento de *hot spots* desde o Arquipélago Fernando de Noronha

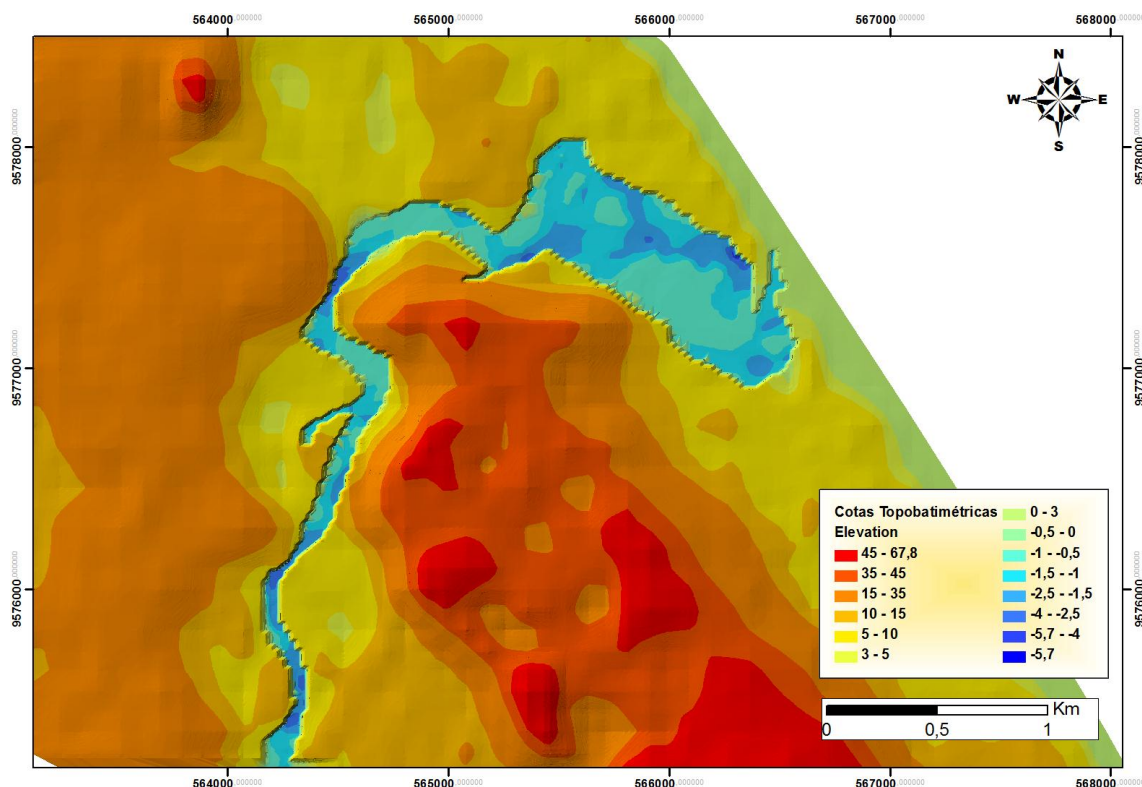
A figura acima apresenta a espacialização da linha de *hotspots* que se estende desde a cadeia mesoceânica, passando pelo arquipélago de Fernando de Noronha até o município de Fortaleza onde está exumado o morro Caruru. Desta forma, corrobora com as informações de que a feição apresentada na área é um correspondente geológico a Fernando de Noronha.

Morais (1968), estudando o perfil compreendido entre o Arquipélago de Fernando de Noronha e a costa nordeste brasileira, estabeleceu a correlação litorânea submarina entre os alto-fundos existentes na zona abissal e os afloramentos do Caruru. Embora constituído de rochas fonolíticas que fazem parte do vulcanismo fissural-basáltico são encontradas na região Nordeste, desenvolvido durante o Oligoceno e Mioceno (Almeida et al., 1969). Foi observada ocorrência de derrames abaixo dos sedimentos da Formação Barreiras. (MORAIS et. al., 2006).

Quanto a aspectos topobatimétricos da área, em relação à morfologia de fundo da sessão monitorada do Rio Pacoti pode-se enquadrá-lo como um estuário raso com máximas de 7 metros e 0,5 metros de profundidade, porém com maior parte do curso apresentando profundidades entre 3 e 4 metros. Apresenta pontos de assoreamento e disposição de bancos de areia principalmente na área da planície costeira, onde essa profundidade diminui e a largura da área drenada aumenta.

O mapa 7 apresenta a espacialização um modelo digital de elevação com a composição das cotas altimétricas e batimétricas obtidas no desenvolvimento desta pesquisa. De modo geral, os terrenos que compõem os campos de dunas

móveis têm altimetria de cerca de 5 a 10 metros, enquanto as altimetrias dos campos de dunas fixas são maiores, chegando a 50 metros. O terreno dos tabuleiros pré-litorâneos apresenta altimetria de aproximadamente 25 metros.



Mapa 7: Representação topobatimétrica da área de estudo

4.2. VARIÁVEIS DA DINÂMICA COSTEIRA

Os processos sedimentares (erosão e deposição) que ocorrem em uma praia são produtos de fatores oceanográficos, hidrológicos, meteorológicos, climáticos, geológicos e antrópicos (SOUZA, 1997 apud SOUZA et. al., 2005)

A temperatura do ar, precipitação pluviométrica, evaporação, umidade e outros fatores climáticos e meteorológicos são importantíssimos na interação com os processos hidrodinâmicos e sedimentológicos das praias (MORAIS, 1980).

4.2.1. Variáveis Hidroclimáticas

No Ceará, a dinâmica hidroclimática é regida sob as influências de circulação atmosférica mais precisamente pela Zona de Convergência Intertropical –

ZCIT sendo este um dos mais importantes sistemas meteorológicos que atua nos trópicos. É uma banda de baixa pressão e convergência dos alísios em baixos níveis que circunda a faixa equatorial do globo terrestre (HASTENRATH, 1993).

A ZCIT sofre variação sazonal com referência a sua posição geográfica. Ela permanece perto do Equador geográfico nas latitudes, predominantemente oceânicas, tais como os oceanos Pacíficos e Atlânticos mostrando, somente, pequenas variações sazonais. Essas variações determinam a intensidade do período de chuvas na área de estudo.

Nos anos chuvosos ou muito chuvosos no Estado do Ceará, durante a "quadra chuvosa" que usualmente se estende de fevereiro a maio. Aprofunda-se a descida da ZCIT para latitudes ao sul da linha equatorial, enquanto, nos anos secos ou muito secos, tal incursão ao sul é mais limitada. Por outro lado, finda a estação chuvosa, o retorno da ZCIT para latitudes ao norte faz-se mais lentamente nos anos Chuvosos e Muito Chuvosos, comparativamente ao que ocorre nos anos Secos ou Muito Secos. (XAVIER, et. al. 2000)

4.2.1.1. Temperatura

O monitoramento da temperatura média anual da desembocadura do Rio Pacoti foi obtido junto ao software CELINA 1.0 desenvolvido pelo departamento de Geografia da UFC e que gera estimativas de temperatura a partir de dados altimétricos e coordenadas geográficas. Para a área de estudo a temperatura média anual estimada foi de cerca 26,9°C.

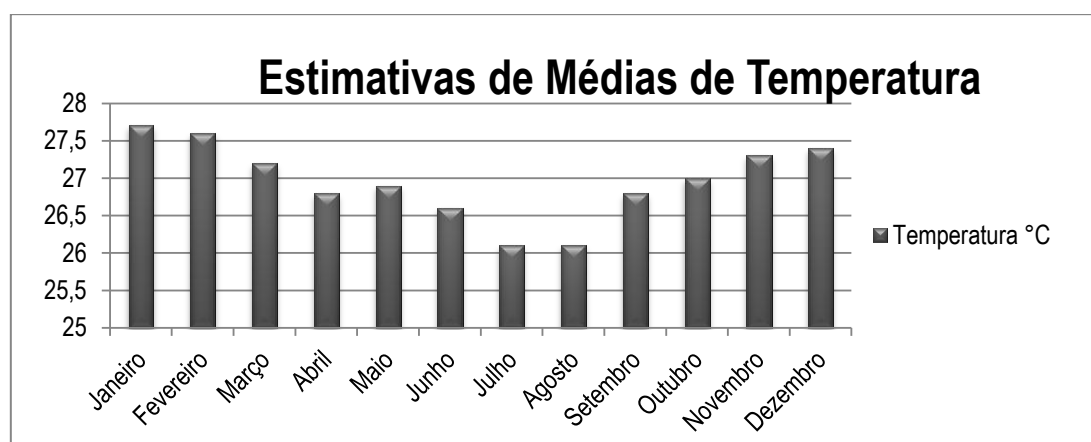


Gráfico 1: Médias de temperaturas para o estuário do Rio Pacoti. **Fonte:** CELINA.

Conforme apresenta o gráfico 1, Os meses de temperatura mais quente são janeiro e fevereiro e os meses com temperatura mais amena é julho e agosto, quando o regime de ventos é maior, embora seja no período seco.

4.2.1.2. Precipitação

Tendo em vista que na região nordeste a morfodinâmica dos ambientes naturais estão sob influência direta dos regimes de torrencialidade (SOUZA, 1988). Assim, a pluviometria é um dos fatores que mais influenciam na dinâmica da desembocadura do Rio Pacoti, pois o volume pluviométrico é diretamente proporcional ao aporte hídrico e vazão do rio.

O aporte hídrico em bacias hidrográficas como a em estudo determina a ocorrência do efeito de molhe hidráulico indicando erosão e/ou progradação da linha de costa, modifica os aspectos biogeoquímicos e o tempo de residência das águas (PINHEIRO, 2008) ou complemento de areia em zona de by passing (Dean & Dalrymple, 2002).

A série pluviométrica expressa no gráfico 2 mostra a irregularidade das chuvas tendo como amostragem os anos de 1849 até 2011.

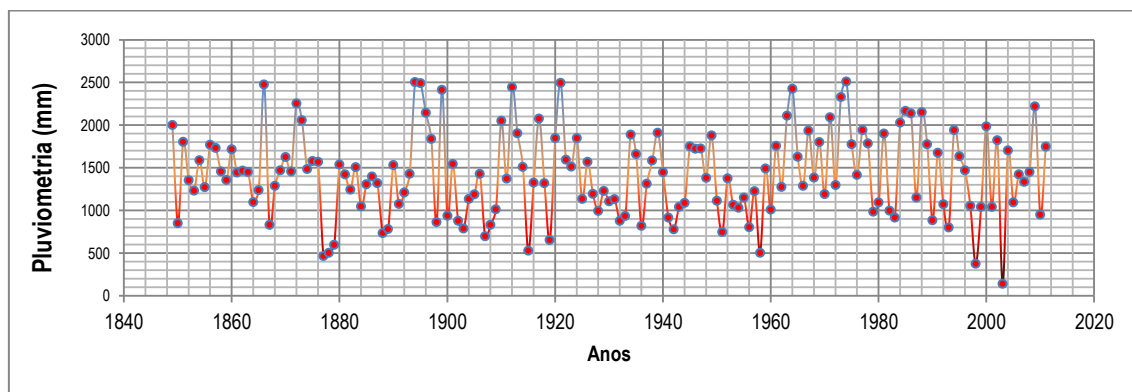


Gráfico 2: Totais pluviométricos para a área de estudo em macro escala temporal.

Fonte: FUNCEME, 2011.

O gráfico 3 apresenta os totais pluviométricos em meso escala apresentando os dados de chuvas entre 2000 e 2011. Revelando as características pluviometrias da área de estudo.

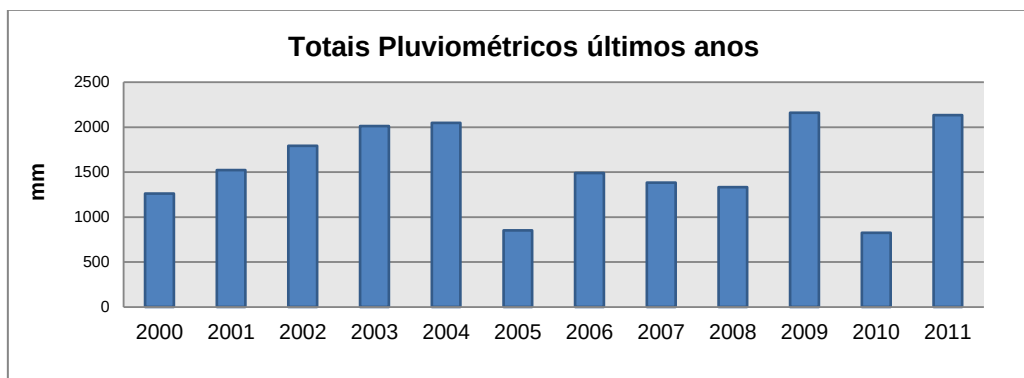


Gráfico 3: Totais pluviométricos para a área de estudo em mesoescala.

Fonte: FUNCEME, 2011.

4.2.1.3. Ventos

O vento é uma forçante que promove a aeração e a mistura das massas de água estuarina e costeira, podendo provocar a erosão dos gradientes verticais de salinidade (MIRANDA et. al. 2002). Além da formação do *fetch*, que gera as ondas, os ventos ainda atuam como modeladores de feições costeiras promovendo o transporte eólico por saltação (VILLWOCK et. al., 2005).

Na área de estudo predominaram-se os ventos de Nordeste e com velocidades de até 10 m/s como expressa o gráfico 4.

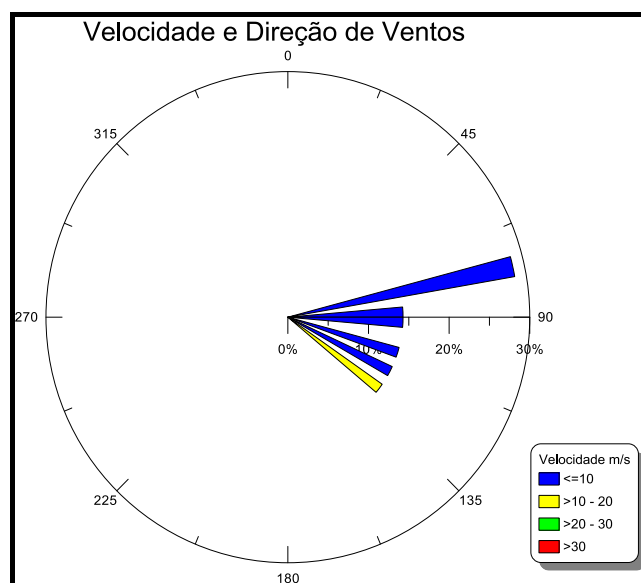


Gráfico 4: Velocidade e direção dos ventos para Aquiraz de março de 2011 a março de 2012.

Fonte: CPTEC/INPE, 2012.

A sazonalidade climática da região influencia no gradiente de ventos sendo inversamente proporcional ao período de chuvas. No primeiro semestre, no qual é caracterizada a quadra chuvosa, os ventos apresentaram-se mais amenos com média 6,5 m/s. Em contraponto, no período de estio os dados de vento apresentaram médias em torno dos 9,3 m/s.

4.2.2. Variáveis Oceanográficas

4.2.2.1. Ondas

As ondas são geradas no oceano aberto pelos ventos e dependem fundamentalmente de sua velocidade duração e extensão da pista no oceano (fetch) sobre a qual atuam (SOUZA et. al., 2005).

As modificações na praia são, em parte, causadas pela troca bidirecional de sedimentos entre estes dois limites, através da zona de arrebentação. O regime da zona de arrebentação, por sua vez, depende do "clima" de ondas de águas profundas do local e, pelo grau de modificação que as mesmas sofrem (diminuição ou aumento) antes de atingir o ponto de quebra (CALLIARI, 2003).

As condições hidroclimáticas determinam o clima de ondas de uma determinada região. Desta forma, para a área de estudo, o gráfico 5 expressa o comportamento das ondas.

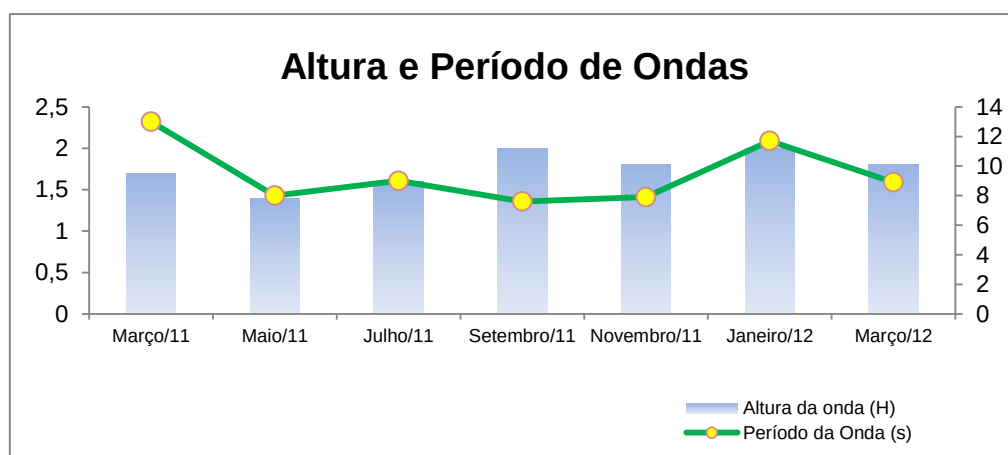


Gráfico 5: Altura e período de ondas da área de estudo.
Fonte: CPTEC/INPE, 2012.

Conforme expresso acima, em março e janeiro as ondas apresentaram maior período, indicando entrada de swell, quando o mar é mais agitado e o sistema possui maior energia. Para os outros meses, o regime de ondas foi do tipo sea.

4.2.2.2. Marés

Conforme (SOUZA et. al, 2005) as marés resultam da atração gravitacional exercida nas águas oceânicas pelo Sol e principalmente pela Lua, devido sua maior proximidade com a Terra.

O enquadramento dos tipos de maré é feito de acordo com o valor da sua amplitude a qual é obtida pela diferença entre a maré baixa (baixa mar) e maré alta (preamar).

Na área de estudo o regime de marés enquadra-se como de mesomarés uma vez que apresenta amplitude de aproximadamente 3 metros. As amplitudes destas estão subordinadas a atração gravitacional e o alinhamento entre Terra, Lua e Sol. Quando da amplitude entre 2 e 3 metros o regime de maré é caracterizado como de mesomarés (DAVIES, 1964).

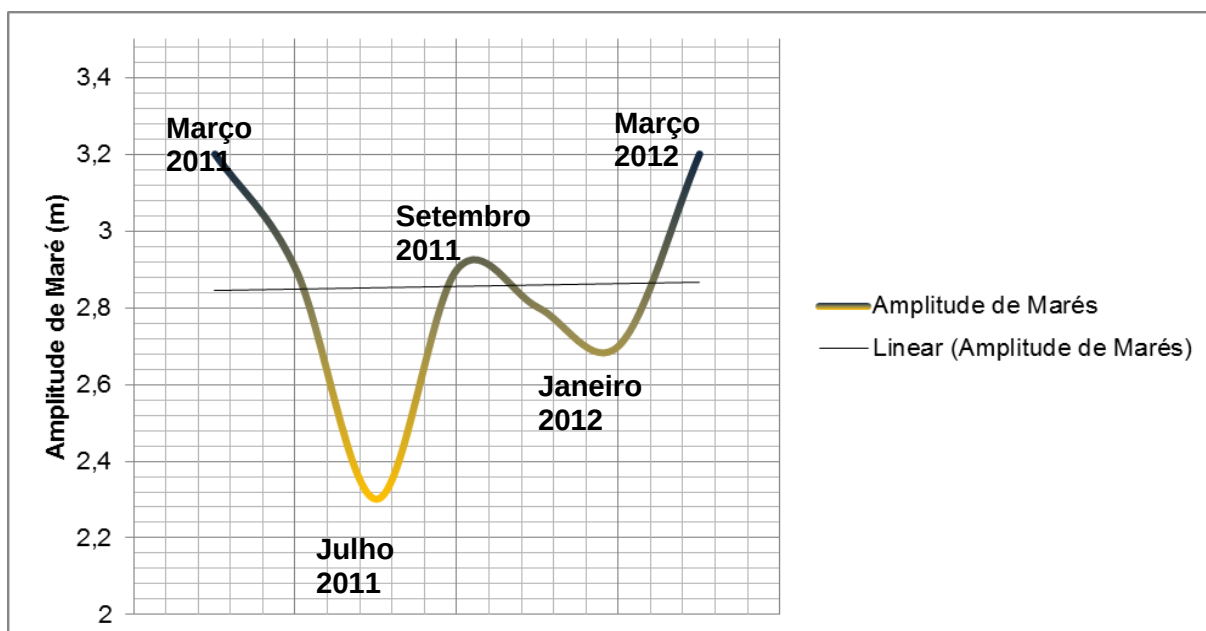


Gráfico 6: Amplitude de Maré do Porto do Mucuripe.

Fonte: DHN, 2012.

O gráfico 6 apresenta os valores de amplitude de maré do Porto do Mucuripe em um ciclo anual. Os meses em destaque são meses de ocorrência de eventos climatológicos extremos como equinócio de vernal (21/03) e equinócio outonal (23/09).

As marés do litoral cearense, mais especificamente para o Porto do Mucuripe em Fortaleza, são do tipo semi-diurna, ocorrendo duas preamares e duas baixamares em um dia (MOURA, 2011).

4.2.2.3. Dinâmica Costeira

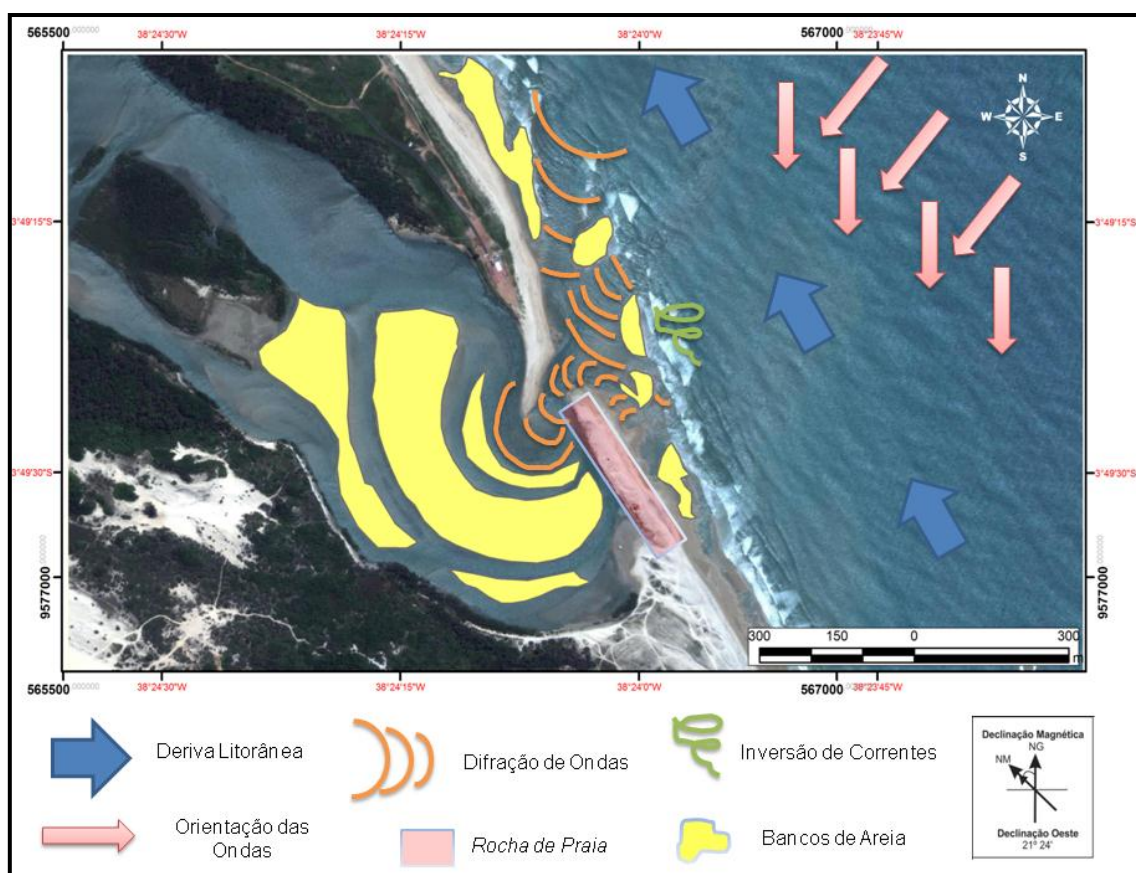
A dinâmica costeira resulta da interatividade dos fatores anteriormente aqui abordados como geologia e geomorfologia do terreno, topobatimetria, clima de ondas e correntes, deriva litorânea, aspectos climáticos, hidrológicos e oceanográficos além do balanço de sedimentos, variações do nível relativo do mar, dispersão de sedimentos, *storm surges*.

Conforme se espaciliza no mapa a seguir, na desembocadura do Rio Pacoti ocorrem peculiaridades em relação ao processo de correntes. A topologia das feições progradacionais da linha de costa interfere no curso do trem de ondas e da corrente de transportes longitudinais, difratando as ondas e gerando um processo de inversão de correntes.

O transporte de sedimentos pelas correntes que seguem em direção ao interior do rio Pacoti acaba perdendo força na porção mais sul da desembocadura quando a margem direita a qual é rígida pela presença de beach rocks, mantém a área abrigada, sendo um local de deposição desse sedimento, formando os bancos de areia.

O formato de meia lua disposto pelos bancos de areia corrobora com o comportamento observado pelas correntes que atuam na desembocadura, além disso, sinaliza o entalhamento do leito rio pelo seu aporte hídrico na porção mais a norte da desembocadura.

O mapa 8 espacializa os principais vetores que atuam na morfodinâmica da desembocadura fluvial do Rio Pacoti.



Mapa 8: Dinâmica Costeira da desembocadura do Rio Pacoti

5. DINÂMICA MODELADORA DA DESEMBOCADURA

FLUVIAL EM MESOESCALA DE TEMPO

No presente capítulo apresentam-se e discutem-se os dados, buscando levar a algumas inferências sobre as mudanças que ocorreram na morfodinâmica da desembocadura do Rio Pacoti ao longo de 51 anos.

Entende-se que os agentes modeladores da morfologia de desembocaduras arenosas em regime de clima semiárido são condicionados a fatores de torrencialidade. Nesse sentido, através de um perfil evolutivo de

correlação, permite-se discutir os fatores que influenciaram as condições morfológicas desse sistema na atualidade.

Os perfis de correlação em mesoescala serão apresentados para os anos de 1958, 1968, 1975, 1995 e 2009 (tabela 1), nas quais, através das técnicas de geoprocessamento, obteve-se a área espacial dos seguintes componentes: área antropizada, manguezal, apicum/salgado, dunas móveis, dunas semi-fixas e bancos de areia, fazendo a devida referência aos aspectos pluviométricos.

<i>Imagem (código)</i>	<i>Ano</i>	<i>Sensor</i>	<i>Inclinação</i>	<i>Datum utilizado</i>	<i>Fonte</i>
1715/E25000 O 175	1958	FotoCarta	-	UTM SAD'69	CPRM
PCB603/B5-518	1968	FotoCarta	-	UTM SAD'69	CPRM
3682/GEOO-198 50	1975	FotoCarta	-	UTM SAD'69	CPRM
IMG-238/ 214/193/192 213/236/237/257/258 259/268/26/270	1995	FotoCarta	Ortoretificada	UTM SAD' 69	PMF
QBCP_CN_RC017	2009	QuickBird-MS	97,2°	UTM SAD'69	SEMACE
QBCP_CN_RC018	2009	QuickBird-MS	97,2°	UTM SAD'69	SEMACE
QBCP_CN_RC024	2009	QuickBird-MS	97,2°	UTM SAD'69	SEMACE
QBCP_CN_RC025	2009	QuickBird-MS	97,2°	UTM SAD'69	SEMACE

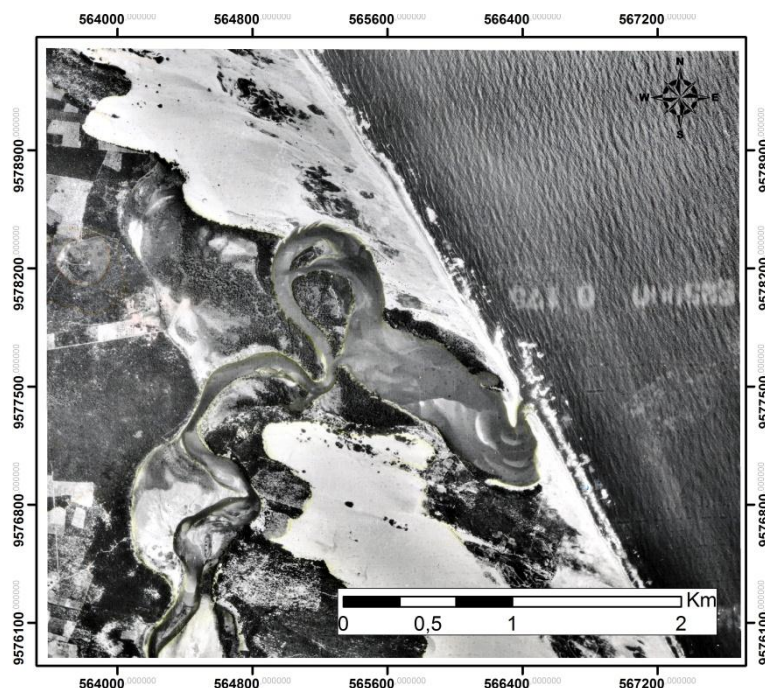
Tabela 1: Imagens georreferenciadas.

5.1. EVOLUÇÃO MULTITEMPORAL

A utilização das fotografias aéreas é fundamental para determinar áreas de acreção e num determinado ambiente costeiro, podendo-se ainda obter a caracterização morfológica, definindo os ambientes através sua forma, textura, tonalidade e padrão. (Frihy, 1988; Weerakkody, 1988; Oliveira, 2005; Lacerda et al., 2007).

A avaliação das imagens históricas permite traçar um perfil evolutivo bem como compreender como se articularam os vetores da morfodinâmica na evolução dos processos estuarinos e suas relações com a atual configuração do sistema. Desta forma, os sistemas ambientais foram mapeados através da técnica da vetorização de camadas e teve a sua área espacial calculada por meio do SIG.

5.1.1. Mapeamento de 1958:



Mapa 9: Carta Imagem de 1958

No ano em questão, a área da foz do Rio Pacoti não apresentava intervenções antrópicas, sendo ocupada por largas faixas de dunas móveis sem a visualização de quaisquer estradas de acesso. O leito do rio está entalhado na zona de contato geológico dos depósitos quaternários e do barreiras, havendo vestígios de leitos meandantes abandonados. Nestas áreas, há considerável presença de apicuns/salgados.

O mapeamento revelou que a maior parte dos sistemas mapeados é ocupado por dunas móveis e dunas semi-fixas, com uma espacialização da antropização representando apenas 5% do total (Gráfico 7).

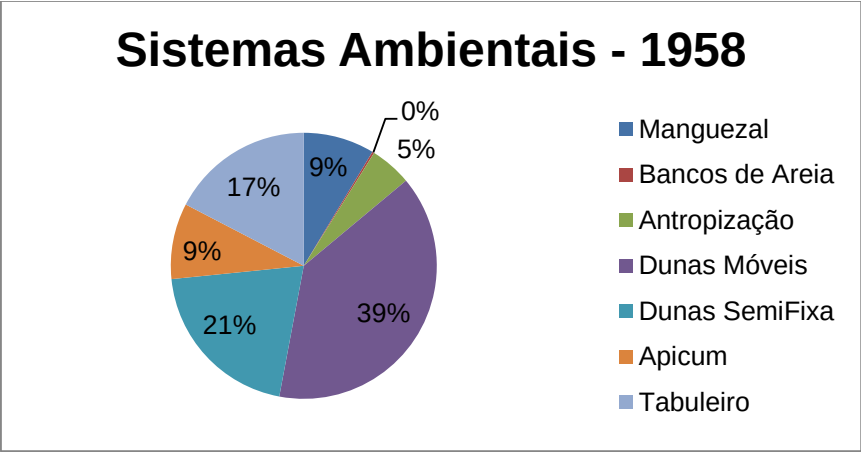
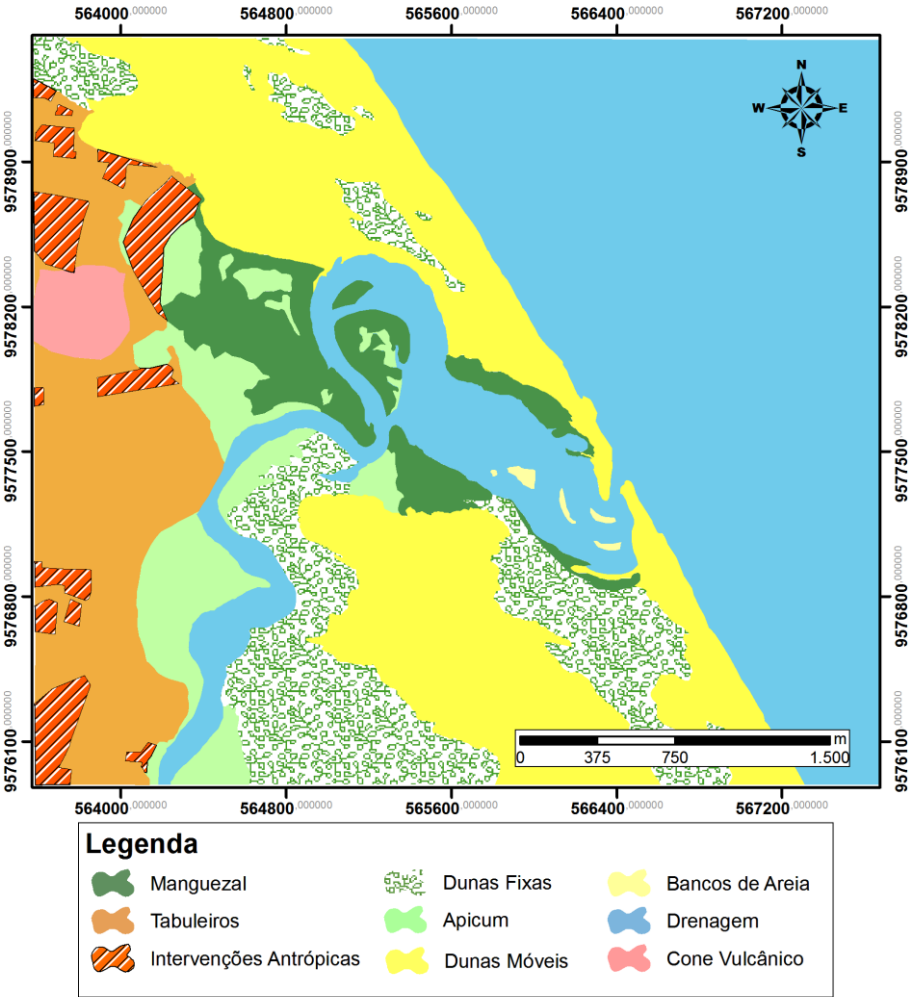
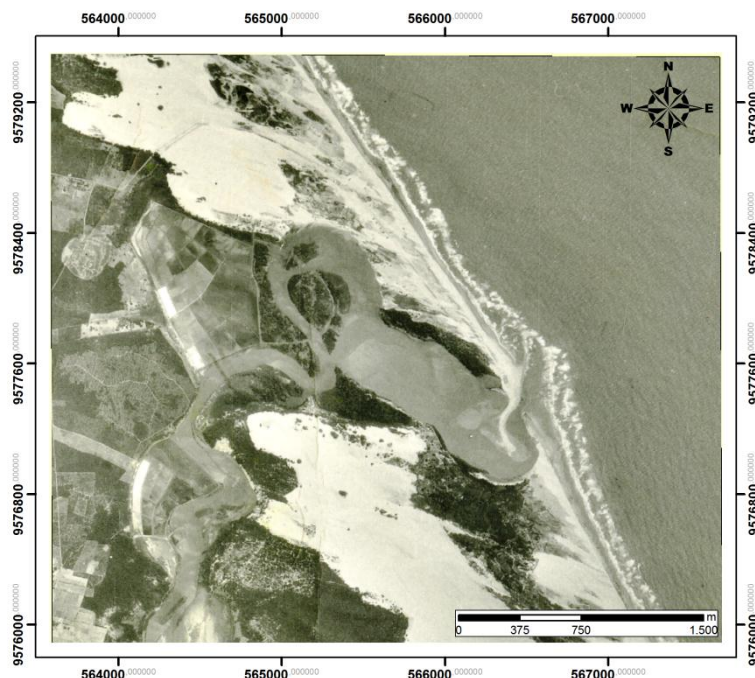


Gráfico 7: Percentual dos sistemas ambientais em 1958



Mapa 10: Mapeamento dos sistemas ambientais de 1958

5.1.2. Mapeamento de 1968:



Mapa 11: Carta Imagem de 1968

Em 1968, já é notada a evolução das áreas antropizadas, sobretudo no estuário, com o loteamento de áreas antigamente ocupadas pelos apicuns, nas quais prevalece a atividade de salinas. Cresceram também as áreas com solo exposto, indicando novo uso do solo nas áreas anteriormente ocupadas pela mata de tabuleiros. Ainda, é nesta imagem que notam-se algumas alterações no campo de dunas móveis, com uma maior espacialização das áreas semi-fitoestabilizadas e um caminho de terra que dá acesso à desembocadura do rio, revelando, portanto o crescimento da cidade de Fortaleza com a busca por esses novos espaços. O gráfico 8 apresenta em percentual as unidades mapeadas.

Outra característica importante é a sedimentação interna no canal fluvial, com a deposição de diversos bancos de areia, sobretudo na área da desembocadura, aumentando a dimensão do spit arenoso.

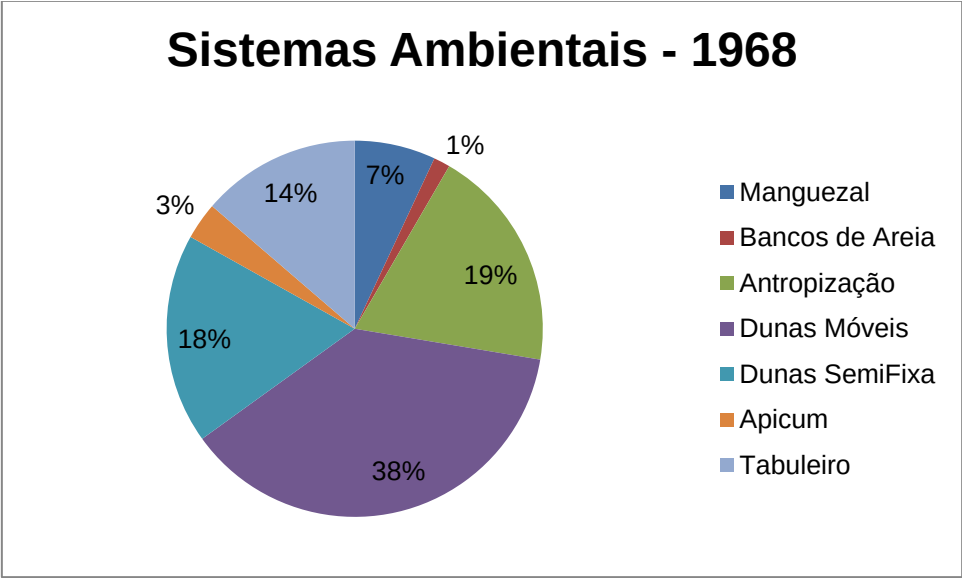
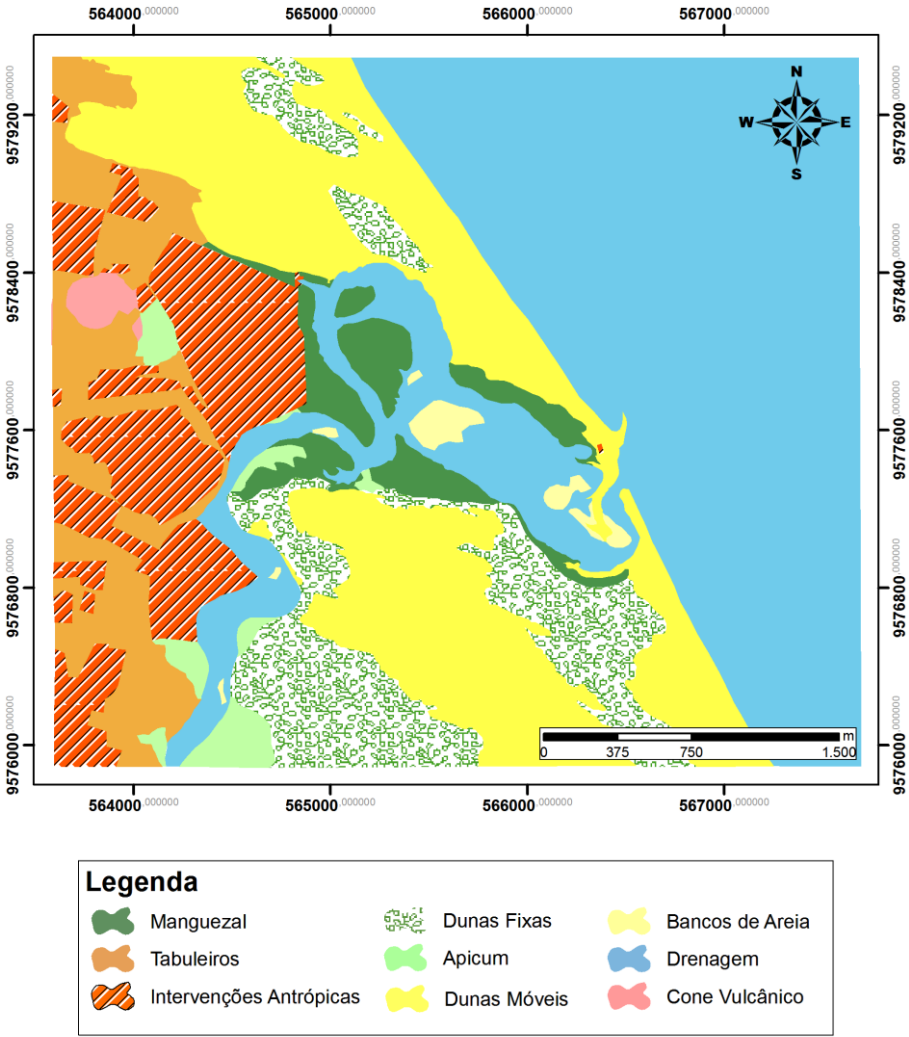


Gráfico 8: Percentual dos sistemas ambientais em 1968



Mapa 12: Mapeamento dos sistemas ambientais de 1968

5.1.3. Mapeamento de 1975



Mapa 13: Carta Imagem de 1975

Para o ano de 1975, a observação da imagem revela que as atividades antrópicas cresceram no interior do estuário com a consolidação das salinas ocupando antigas áreas de apicum. Verifica-se ainda um aumento da área de dunas fitoestabilizadas e as primeiras construções na área da praia da Cofeco. Verifica-se ainda que os processos de deposição na foz mostraram-se mais acentuados com a presença significativa de bancos de areia no interior. O gráfico 9 apresenta a representatividade destas áreas.

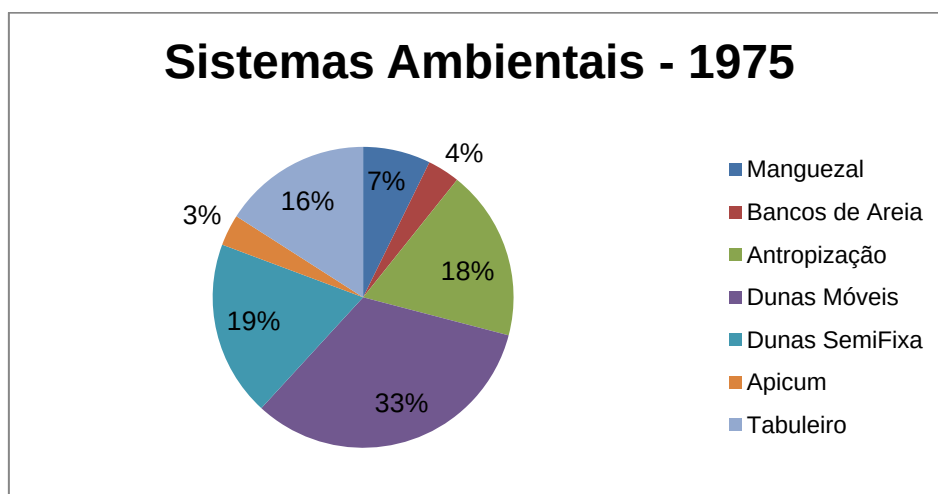
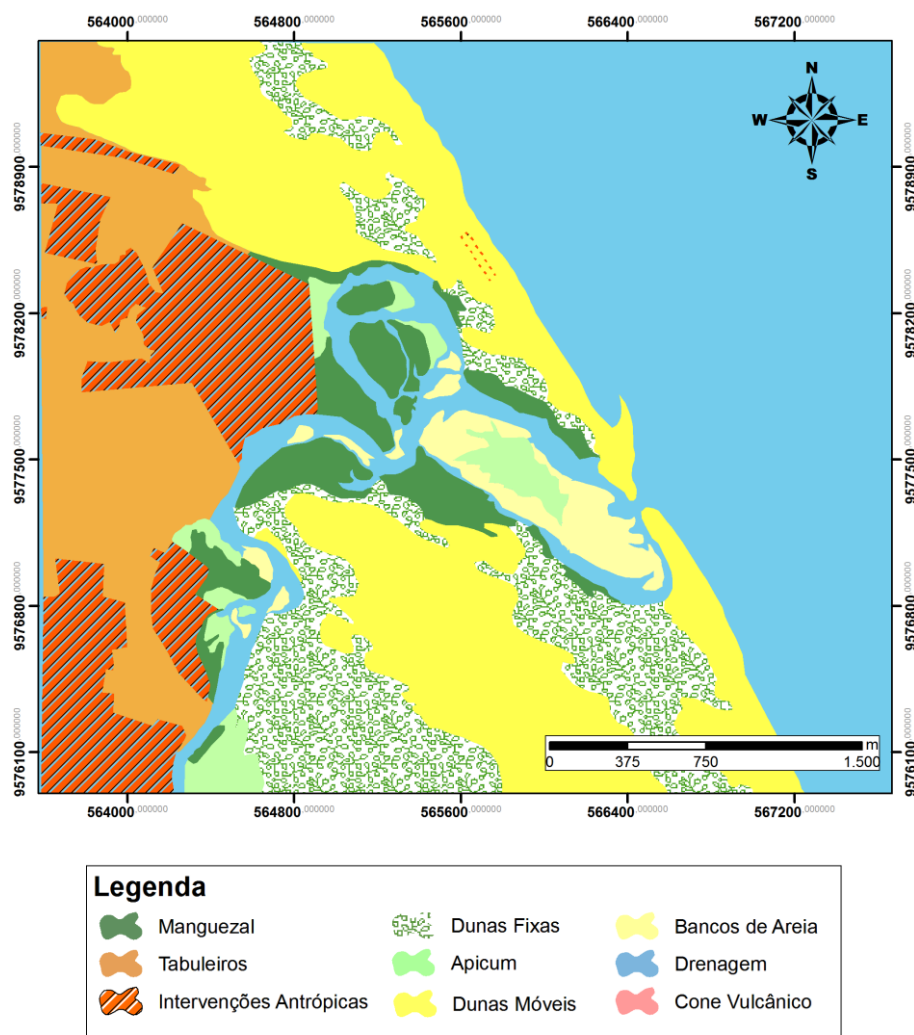
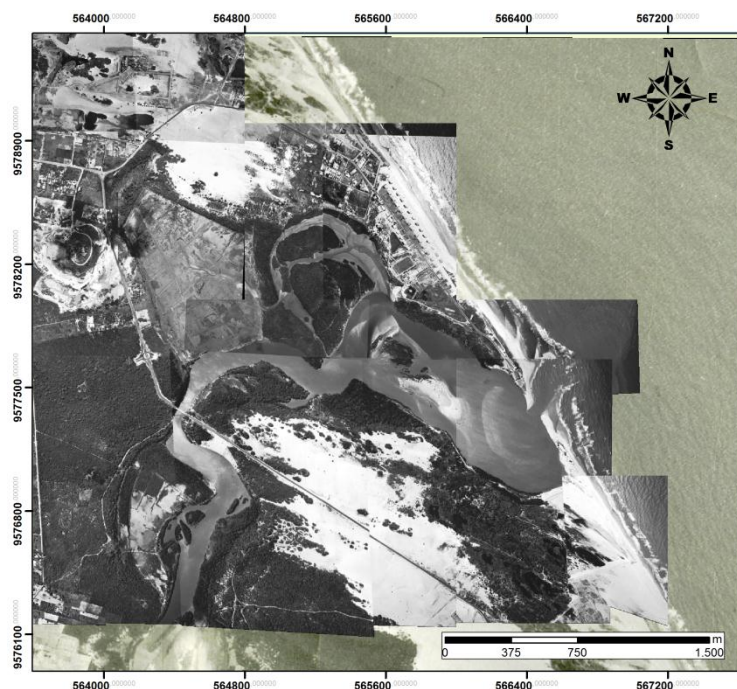


Gráfico 9: Percentual dos sistemas ambientais em 1975



Mapa 14: Mapeamento dos Sistemas Ambientais de 1975

5.1.4. Mapeamento de 1995



Mapa 15: Carta Imagem de 1995

A análise para a imagem questão apresentou uma consolidação da atividade antrópica, que agora passa a superar a área espacial das dunas móveis ocupando ainda áreas antigamente ocupadas pela mata de tabuleiros. É importante ressaltar que áreas antigamente ocupadas pelos bancos de areia passaram a habitar manguezais os quais tiveram um significativo aumento para este ano, conforme se pode analisar no gráfico 10:

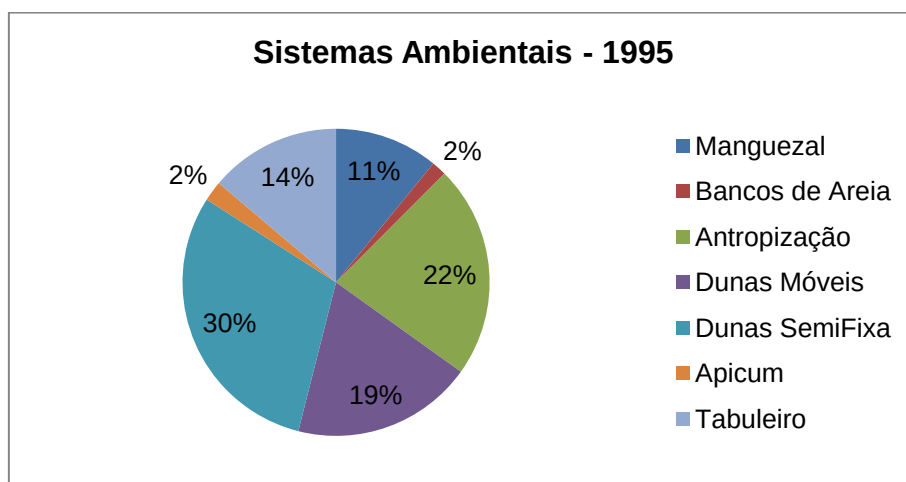
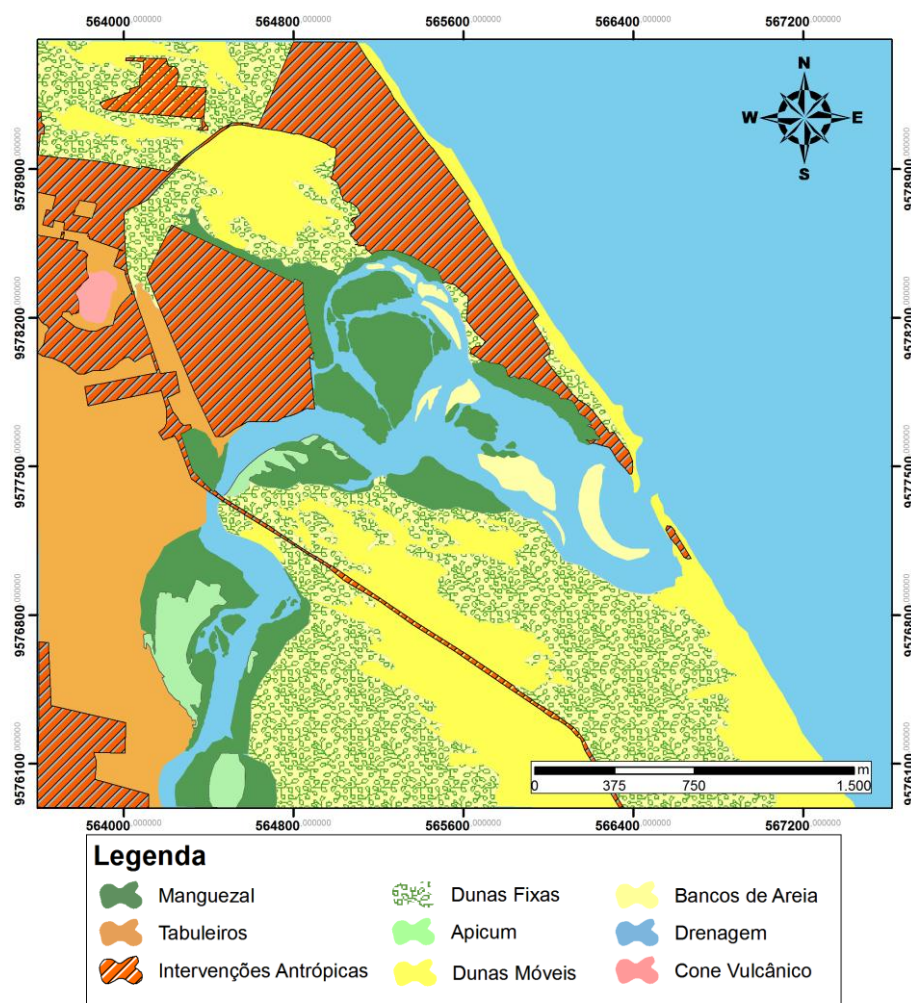


Gráfico 10: Percentual dos sistemas ambientais em 1995

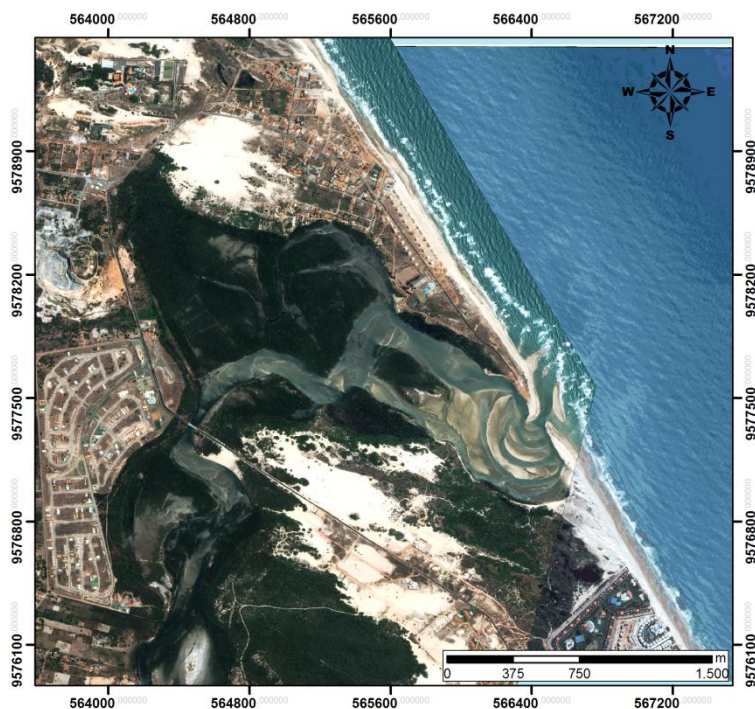
O fator de uso e ocupação revela que a atividades antrópicas marcaram uma notória diversidade uma vez que antigas salinas foram abandonadas e as novas áreas agora de intervenção antrópica estão mais próximas da praia, ocupando os campos de dunas móveis e sendo, portanto de caráter recreativo. Desta forma, infere-se que no período de 1975 a 1995, a atividade turística cresceu de forma a interferir no modo como o mercado enxerga as áreas estuarinas, as quais antigamente eram mais exploradas pela fertilidade para agricultura e pela utilização para produção sal e agora abrigam estruturas para o lazer e turismo.

Outrossim, em 1981, marco da construção de um importante barramento a montante, o rio Pacoti passa a ter sua vazão em função de tributários e dos aquíferos.



Mapa 16: Mapeamento dos sistemas ambientais de 1995

5.1.5. Mapeamento de 2009



Mapa 17: Carta Imagem de 2009

Para o ano de 2009 visualiza-se a consolidação das tendências que são notadas com a análise de 1995, quando as atividades antrópicas passaram a ter foco no setor do turismo com o fim das atividades de salinas no interior deste estuário, podendo-se fazer um paralelo com a instituição dos Decretos nº 25777 e 25778 de 2000, os quais criam respectivamente o Corredor Ecológico do Rio Pacoti e a APA do Rio Pacoti dos quais se prevêem ações punitivas para atividades potencialmente poluidoras e/ou impactantes. Nesse sentido, atenta-se para o poder de recuperação e de resistância do manguezal na planície fluvio-marinha, uma vez que este passa a ocupar áreas antes ocupadas pelas salinas. Porém, no campo de dunas móveis, verificam-se ocupações e loteamentos a serviço da indústria do turismo com uma diminuição significativa desse sistema (Gráfico 11).

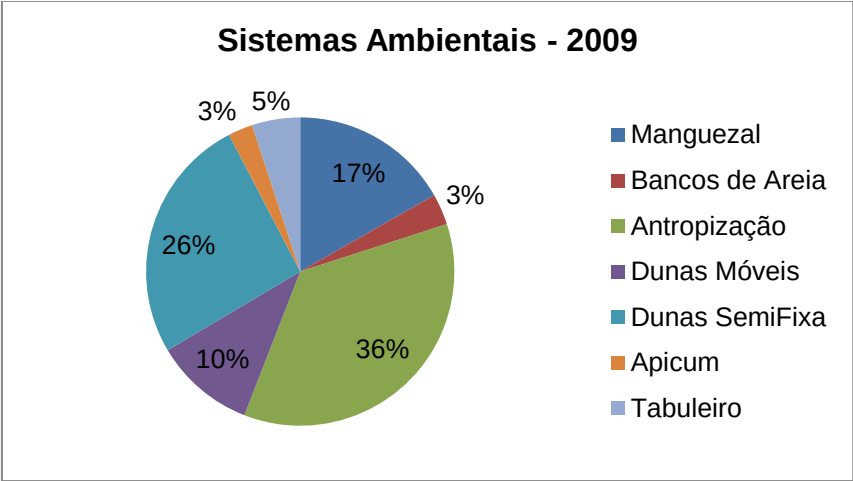
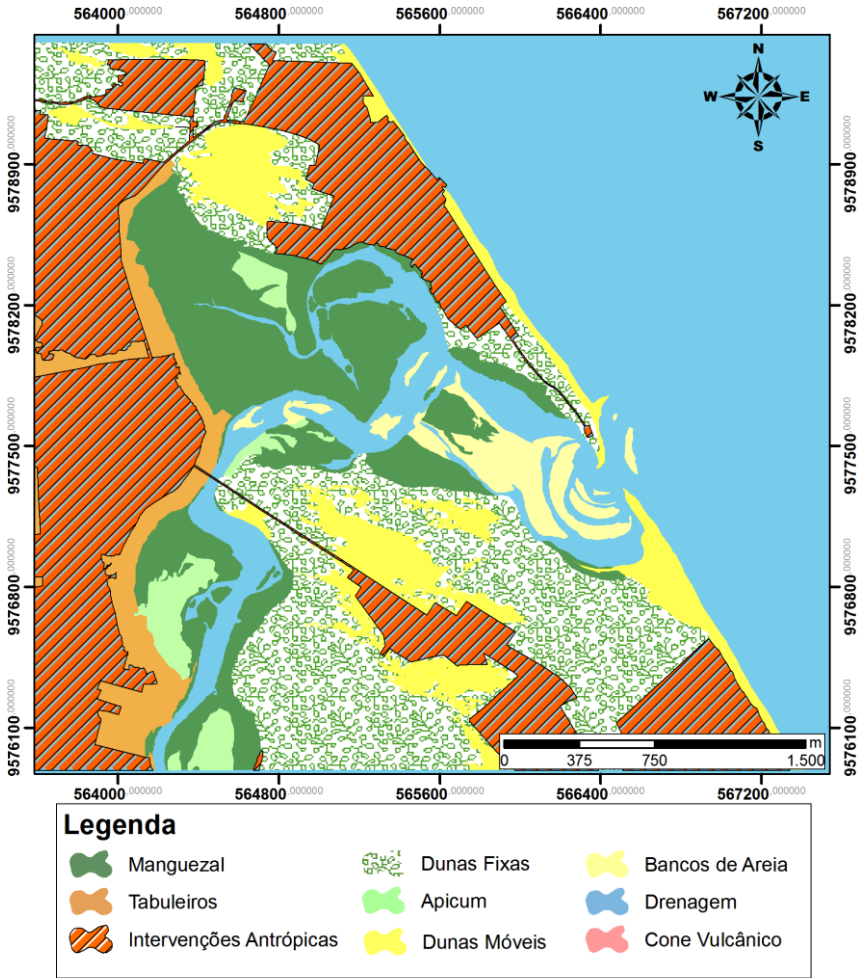


Gráfico 11: Percentual dos sistemas ambientais em 2009



Mapa 18: Mapeamento dos sistemas ambientais de 2009

No comparativo dos sistemas, verifica-se a continuação da evolução dos bancos de areia internos, com a formação de ilhas fluviais e povoamento de

manguezal, enquadrando o Rio Pacoti como um estuário bastante assoreado, sobretudo na área da sua foz.

Outro sistema que diminuía bastante foi a área anteriormente ocupada pelos tabuleiros pré-litorâneos, que deu lugar a moradias de luxo, devendo-se ressaltar a implantação do condomínio de luxo "Alphaville".

5.2. EVOLUÇÃO CORRELATIVA DOS COMPONENTES AMBIENTAIS

Os padrões de correlação aqui discutidos são fruto da observação do mapeamento apresentado nos quais se indicam, através de estatística, a relação de cada ambiente ante a alteração dos sistemas ao longo dos anos quanto parâmetros de evolução dos usos e ocupação da área estudada.

Para tal, analisa-se inicialmente a representatividade dos sistemas ambientais para cada ano monitorado seguindo um comparativo como estão espacializadas no gráfico 12.

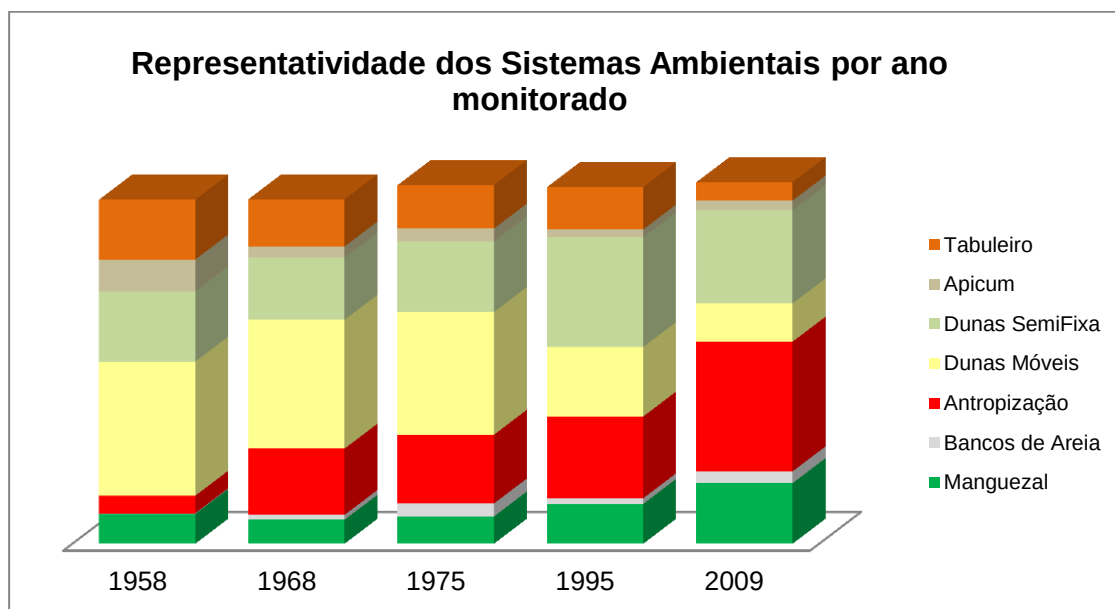


Gráfico 12: Representatividade dos sistemas ambientais por ano monitorado

Esta análise prévia permite que sejam elencados os parâmetros que melhor subsidiem o entendimento do comportamento morfológico e morfodinâmico da desembocadura do estuário do Rio Pacoti. Para tal, outros parâmetros como

pluviometria, área espacial do *spit* arenoso e linha de costa, também foram computados como atributos de cada mapeamento, resultando no conjunto de dados apresentados na tabela abaixo.

Parâmetros	1958	1968	1975	1995	2009
Manguezal (km ²)	0,73	0,59	0,67	0,98	1,49
Bancos de Areia (km ²)	0,02	0,12	0,32	0,14	0,29
Antropização (km ²)	0,43	1,63	1,69	2,01	3,19
Dunas Móveis (km ²)	3,3	3,17	3,02	1,71	0,94
Dunas Semi Fixa (km ²)	1,73	1,53	1,74	2,7	2,3
Apicum (km ²)	0,78	0,27	0,31	0,19	0,23
Tabuleiro (km ²)	1,47	1,16	1,07	1,04	0,45
Área do Spit (m ²)	25220	25198	36626	6119	6538
Largura da Foz (m)	50	57	65	83	159

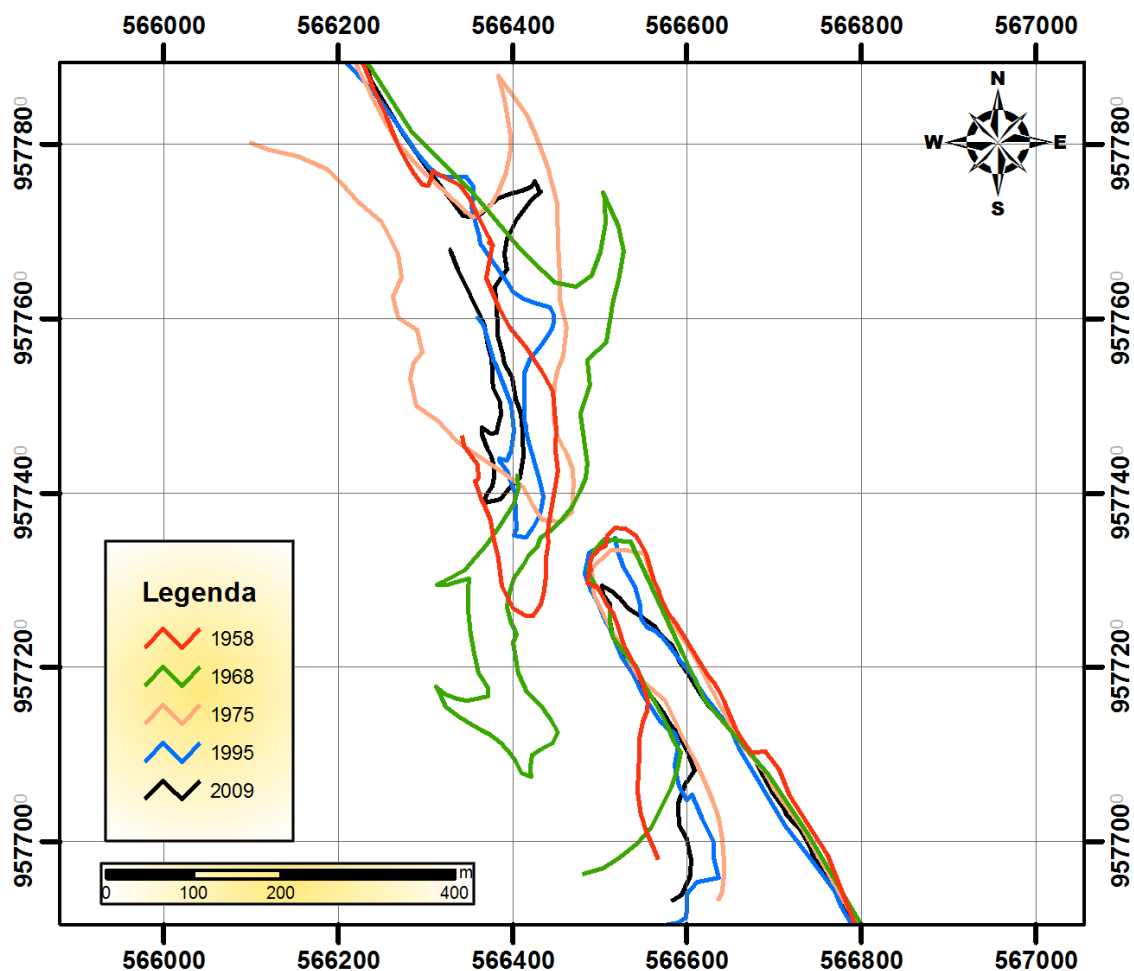
Tabela 2: Evolução dos sistemas ambientais por período monitorado

5.2.1. Análise da linha de costa

A linha de costa, que neste estudo, por questões de confiança dos dados, é considerada a base a duna frontal, também é um parâmetro de grande relevância para o entendimento da dinâmica evolutiva de ambientes costeiros. Morton (1997) e Lelis (2003) consideram a base da duna frontal como um parâmetro de melhor análise para mesoescala temporal sendo pouco variável às oscilações de curto período, estando subordinada principalmente a eventos de maior energia que alterem o estoque sedimentar.

Assim, obteve-se o lineamento da costa para cada ano monitorado a fim de entender como se comportou a erosão e sedimentação na foz do Rio Pacoti e suas praias adjacentes.

O mapa 19 espacializa as linhas de costa e permite traçar um panorama evolutivo ao longo dos 50 anos de análise da desembocadura do Rio Pacoti.



Mapa 19: Variação da linha de costa em meso escala.

Como ocorre nas praias arenosas do nordeste semi-árido, a faixa de praia é um ambiente de intensa modificação passando por períodos de erosão e de progradação conforme se configura a conjuntura do clima oceanográfico, sendo, portanto, um parâmetro de intensa mobilidade ao longo dos anos.

O comportamento da linha de costa foi bastante diferente a cada ano, confirmando que os ambientes estuarino-lagunares são extremamente dinâmicos, havendo um perfil mais estável apenas na sua margem direita visto que o *spit* desta área é naturalmente rígido formado por estruturas de rochas de praia.

Dean (1993) definiu que as zonas mais variáveis são as áreas adjacentes às desembocaduras que apresentam deltas de maré vazante, onde mudanças na ordem de dezenas de metros por ano ocorrem frequentemente.

Nas praias adjacentes, o comportamento da linha de costa foi erosivo para os anos em análise, cabendo ressaltar que a praia de Porto das Dunas apresentava-se mais erodida até 1975. Para 1995, a praia de Porto das Dunas foi menos erodida que a Cofeco, revelando que após a criação do barramento, o rio Pacoti apresentou efeito de molhe hidráulico, diminuindo a taxa de erosão da praia de porto das dunas, enquanto que na área da Cofeco a tendência erosiva permaneceu a mesma.

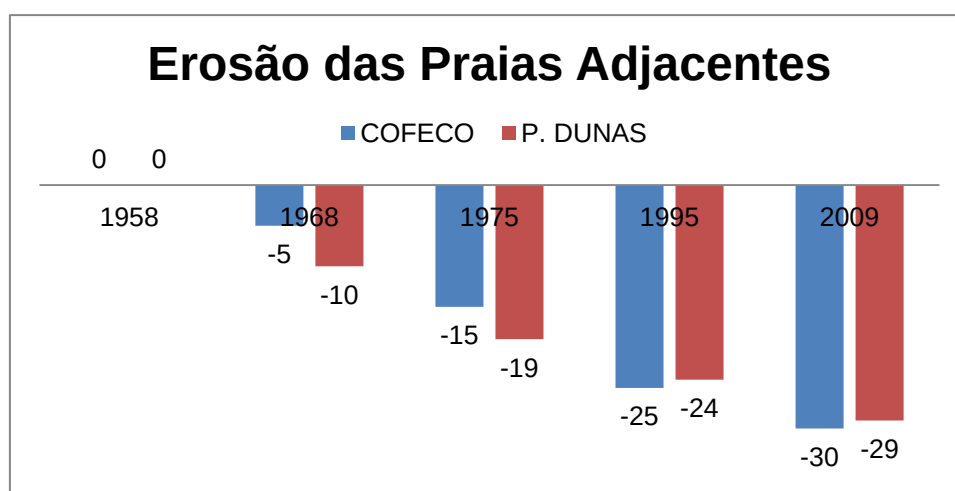


Gráfico 13: Erosão das Praias adjacentes

Quanto às taxas de erosão:

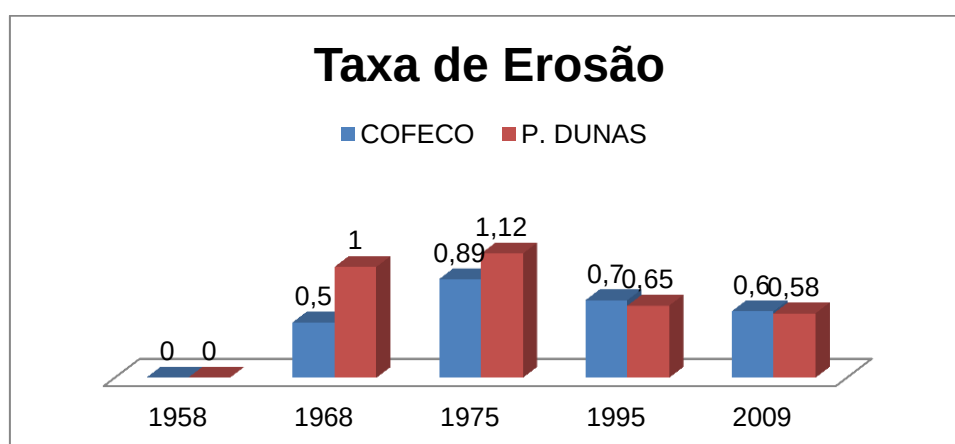


Gráfico 14: Taxa de erosão das praias adjacentes (m/ano)

5.2.2. Área do Spit x Pluviometria

A área do spit arenoso revela as contribuições sedimentares depositadas na foz, as quais são advindas, sobretudo pelo oceano e pelo rio. Sua morfologia é diretamente ligada ao regime pluviométrico, que aumenta o aporte hídrico do rio, interferindo na sua sedimentação.

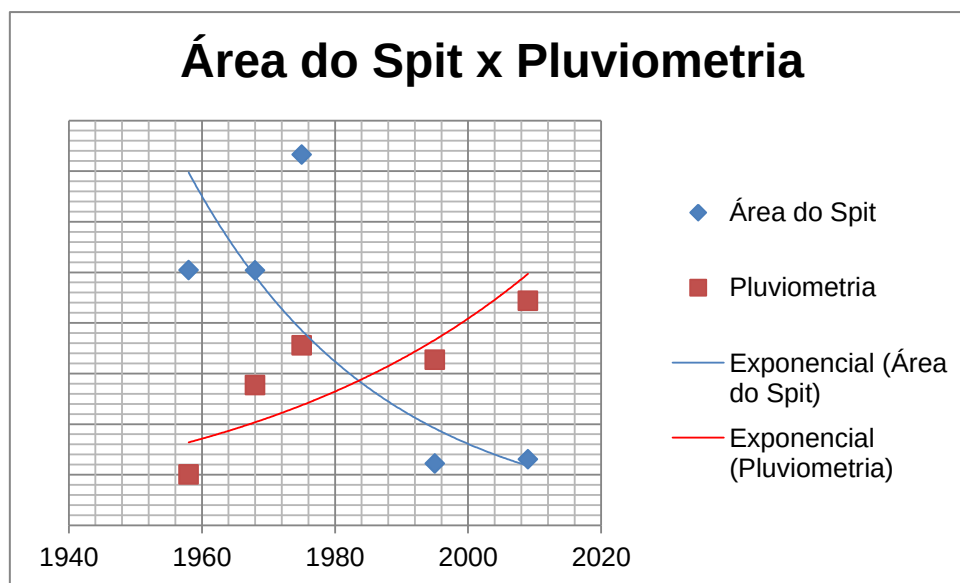


Gráfico 15: Evolução correlativa da área do spit com pluviometria

A observação do gráfico 15 revela que no caso do objeto de estudo existiu correlação no sentido de que a área do *spit* arenoso é inversamente proporcional ao regime pluviométrico, definindo que nos anos de maior pluviometria a área do *spit* é menor.

5.2.3. Pluviometria x Largura da Foz

Seguindo a mesma perspectiva sobre o regime pluviométrico, é importante visualizar os aspectos sobre a largura da foz. Esta abertura define os aspectos biogeoquímicos característicos da região estuarina e, portanto o tempo de detenção das águas.

Partindo do gráfico 16, infere-se que a pluviometria é diretamente proporcional a largura da foz, indicando que nos anos de mais pluviosidade a largura da foz é maior.

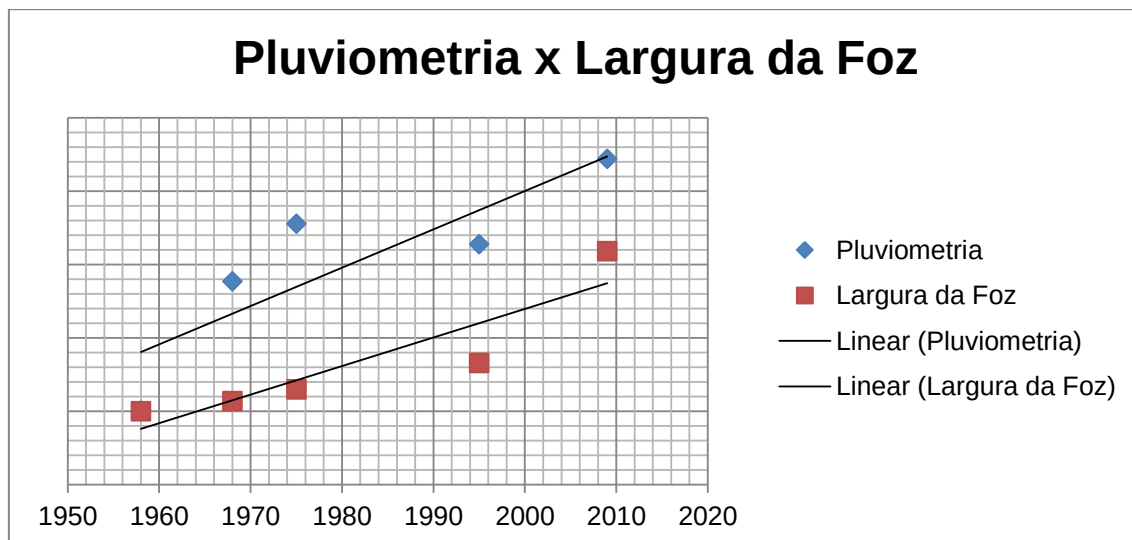


Gráfico 16: Evolução correlativa da largura da foz com pluviometria

Tal fato também foi observado por *Huong et al. (2011)* a desembocadura do Rio Da Rang no centro-sul do Vietnã. Embora no Vietnã os padrões climáticos estejam subordinados aos efeitos das monções, que são épocas de grande contribuição hidráulica, no semi-árido a época chuvosa, dada a sua torrencialidade também apresenta essa relação como vistos em *Pinheiro et al. (2006)*; *Falcão Quintela (2011)*.

5.2.4. Manguezal x Apicum

O manguezal e o apicum são dois sistemas que ocorrem na planície fluvial. As áreas de manguezal são aquelas ocupadas por vegetação de mangue consolidada. Enquanto que o apicum é uma área, que embora se assemelhe geologicamente ao manguezal, não possui vegetação desenvolvida, sendo, portando uma área de estresse vegetal, porém com possibilidades de regeneração.

Ao longo dos anos, percebe-se um aumento da ocupação de manguezais no interior do estuário, confirmando que se expandiram as áreas de intrusão salina.

Tal fato é explicitado no gráfico 17, onde as áreas de apicum, ao longo dos anos foram sendo ocupadas pelos manguezais.

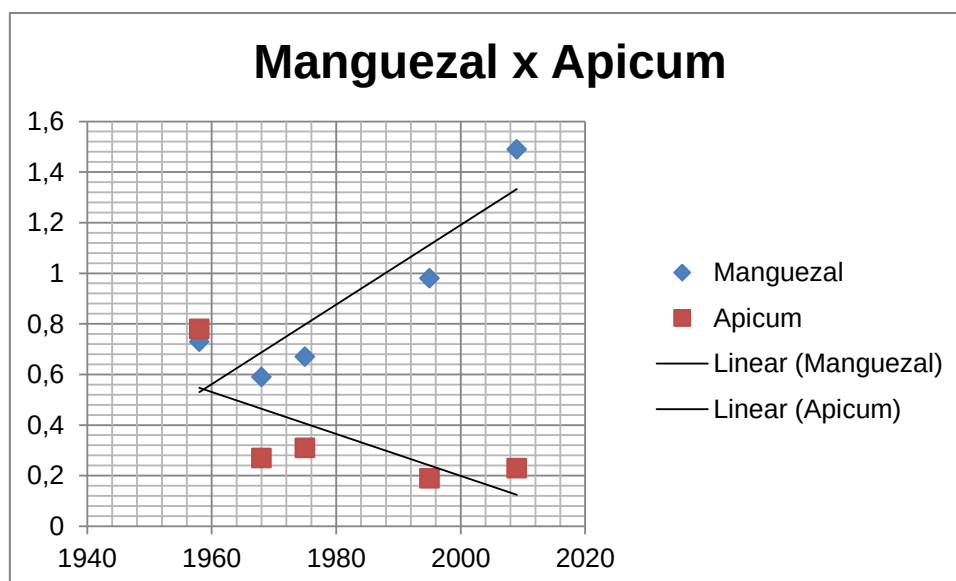


Gráfico 17: Evolução correlativa do Manguezal e Apicum.

Lacerda *et al.* (2007) analisou as variações da extensão da cobertura de manguezal no mesmo estuário, obtendo grande similaridade dos resultados. Além disso, atribui as mudanças como parte da colonização de áreas anteriormente cobertas por vegetação de salgado, mas também ao longo de praias alargadas do rio e em ilhas recém formadas. Em outros sistemas estuarinos do Nordeste o aumento das áreas povoadas por manguezais também tem crescido (Santana *et al.*, 2011; Monteiro *et al.* 2004; Lara *et al.*, 2002; Maia *et al.*, 2006)

5.2.5. Dunas Móveis x Antropização

Com o fortalecimento da atividade turística da região, verificou-se uma modificação dos tipos de estrutura antrópicas, sobretudo a partir da década de 70, quando Fortaleza enquadrou-se como uma grande cidade. Nesse sentido, um dos sistemas ambientais que sofrera maiores impactos foi certamente o campo de dunas móveis, pois este fora ano a ano dando espaço à antropização como evidencia o gráfico 18.

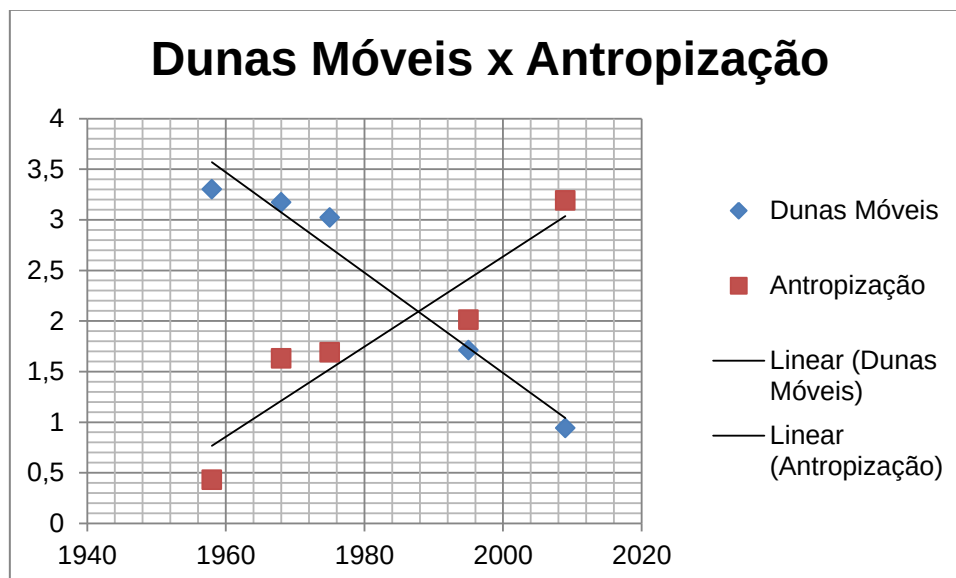


Gráfico 18: Evolução correlativa das dunas móveis e antropização

Tal fato também está evidenciado por Carvalho Neta (2007) no estuário do Rio Jaguaribe, localizado a aproximadamente 100 km em linha reta para leste onde ao longo de 26 anos de análise, os depósitos quaternários eólicos diminuíram aproximadamente 16%, atrelando este resultado à pressão dos usos no interior do estuário e adjacências.

5.2.6. Dunas Móveis x Dunas Fixas

Quanto ao comparativo das dunas móveis com as dunas fixas, ao passo que diminuem as áreas de dunas móveis, aumentam-se as áreas de dunas fixas, revelando que ao longo dos anos, o campo de dunas móveis fora foi sendo fitoestabilizado (Gráfico 19). Esse é um processo que geralmente ocorre quando não existe contribuição sedimentar para alimentar a duna móvel, pois esta área fonte fora escassa ou barrada. No caso da área estudada, como tratam-se de dunas frontais, a alimentação é ofertada principalmente pelo vetor eólico, que mobiliza sedimentos inconsolidados a montante, e pelo vetor oceânico, que em eventos de alta energia deposita sedimentos mais finos que são incorporados e transportados pela duna móvel através da mobilização eólica. A dissipação das dunas pela ação eólica sem nova alimentação aflora a capilarização freática, favorecendo a pedogênese e o desenvolvimento de vegetação pioneira psamófila fixadora de dunas.

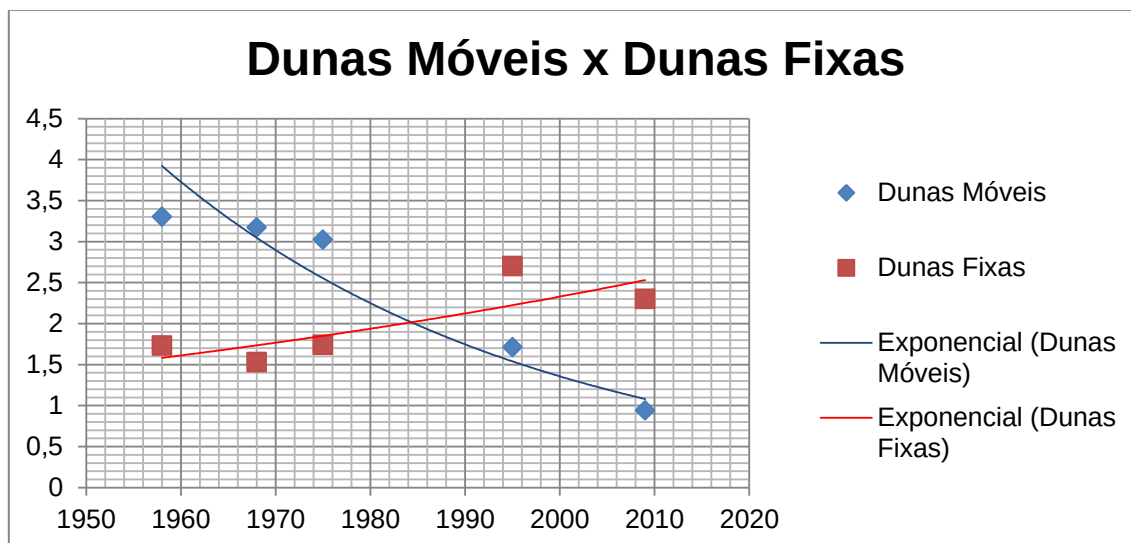


Gráfico 19: Evolução correlativa das dunas móveis e dunas fixas

5.2.7. Antropização x Bancos de Areia

Diante do aumento significativo na área de bancos de areia no interior do estuário, inclusive com a formação de novas ilhas fluviais, é importante associar o aumento desses bancos de areia com a antropização, tendo em vista que os processos de assoreamento dos rios é intimamente relacionado às atividades antrópicas realizadas nas suas proximidades.

Leite (2011) verificou que as atividades como agricultura e exploração dos recursos naturais afetou a qualidade ambiental, com assoreamento do Rio Taperoá na Paraíba.

No caso do Rio Pacoti a antropização forma uma curva muito ascendente (Gráfico 20), que está diretamente proporcional a área ocupada por bancos de areia, ainda que se excluam aqueles já povoados por manguezal ao longo dos anos, apoiando o fato de que o crescimento de atividades antrópicas em sistemas estuarinos desse tipo acentua o assoreamento.

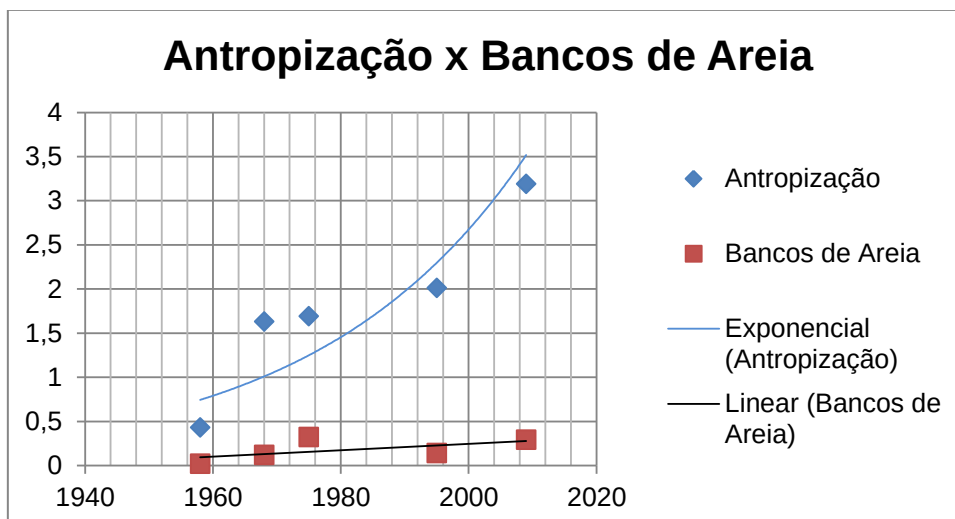


Gráfico 20: Evolução correlativa da Antropização e Bancos de Areia

Dyer e Huntley (1999) associam a evolução de bancos de areia no interior de estuários aos eventos de elevação do nível do mar, considerando as peculiaridades do sistema tais como as pressões de agentes causadores de erosão sobre o interior do estuário, sobretudo se existe formação de delta de maré vazante como ocorre no Rio Pacoti.

5.2.8. Largura da Foz x Pluviometria X Manguezal

Ainda quanto aos aspectos de evolução das áreas de manguezais faz-se a relação entre a largura da foz e a pluviometria visto que estes são fatores que induzem os processos de mistura de água.

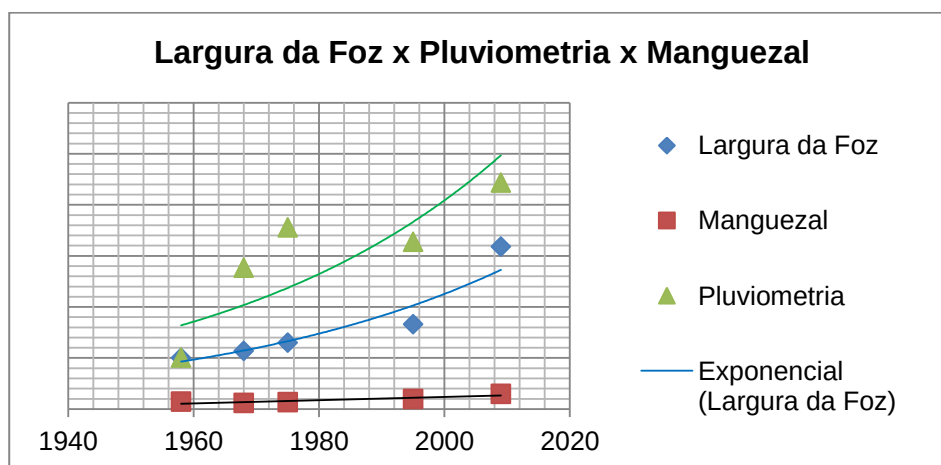


Gráfico 21: Evolução correlativa da pluviometria, manguezal e largura da foz.

No caso do Rio Pacoti, a correlação dos fatores persiste no sentido de que o aumento da pluviosidade associado ao alargamento da foz, infere uma maior zona de mistura de águas fluviais e marinhas, facilitando o povoamento do manguezal.

Diante do exposto, verifica-se que ao longo dos anos uma série de fatores permitiu traçar um perfil evolutivo da morfologia do sistema estuarino do Rio Pacoti, atentando para o fato de que são áreas extremamente sensíveis à ocupação desordenada e que gera inúmeros desdobramentos na evolução dos sistemas ao longo dos anos.

5.3. PADRÕES DE CORRELAÇÃO

Os padrões de correlação são cálculos de geoestatística aplicada que visa confrontar os parâmetros em modelos matemáticos a fim de analisar o grau de correlação entre eles. Diferentemente da evolução correlativa onde verificam-se as mudanças em função do tempo, os padrões correlativos estabelecem a confiabilidade e a interdependência dos fatores neste meio por meio de função quadrática.

Como forma de validar a discussão anterior estabeleceu-se aqui alguns padrões correlativos entre os parâmetros de monitoramento.

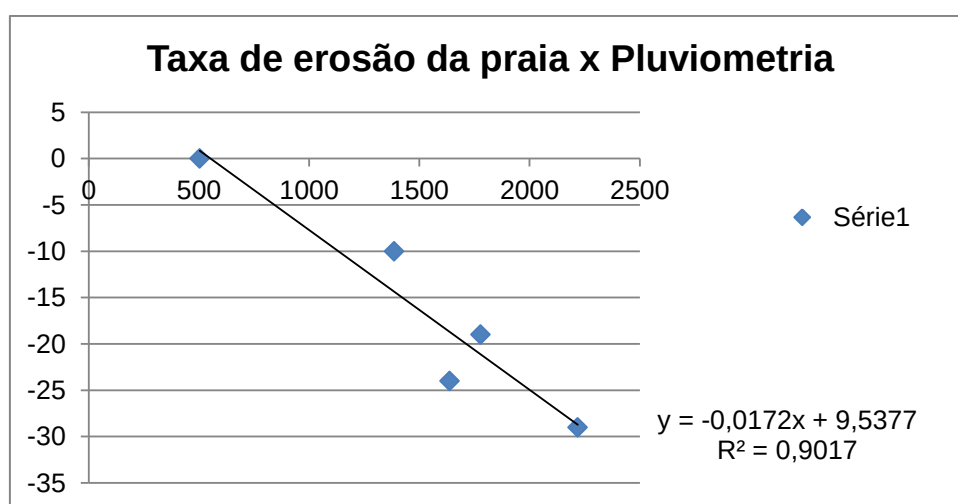


Gráfico 22: Correlação entre Taxa de Erosão e Pluviometria

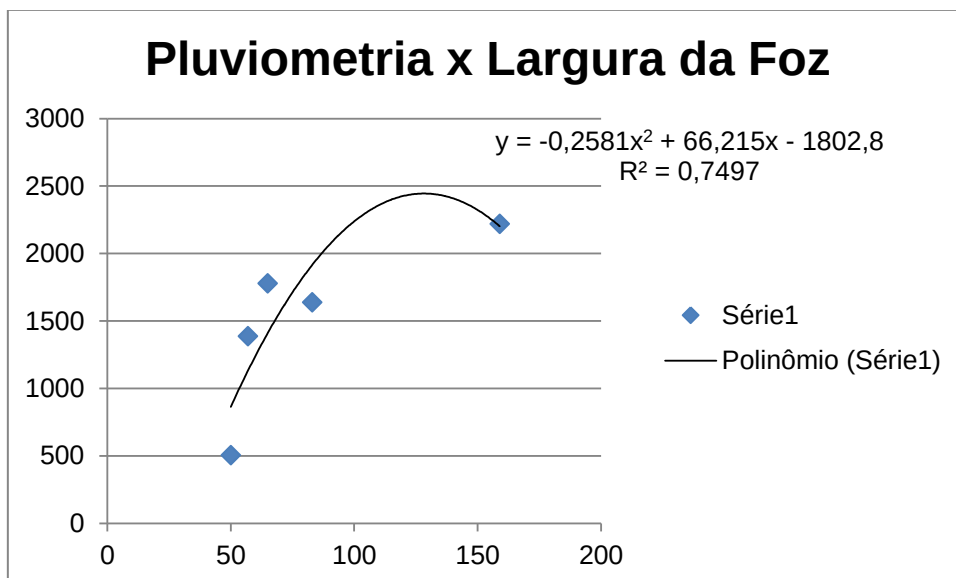


Gráfico 23: Correlação entre pluviometria e Largura da Foz

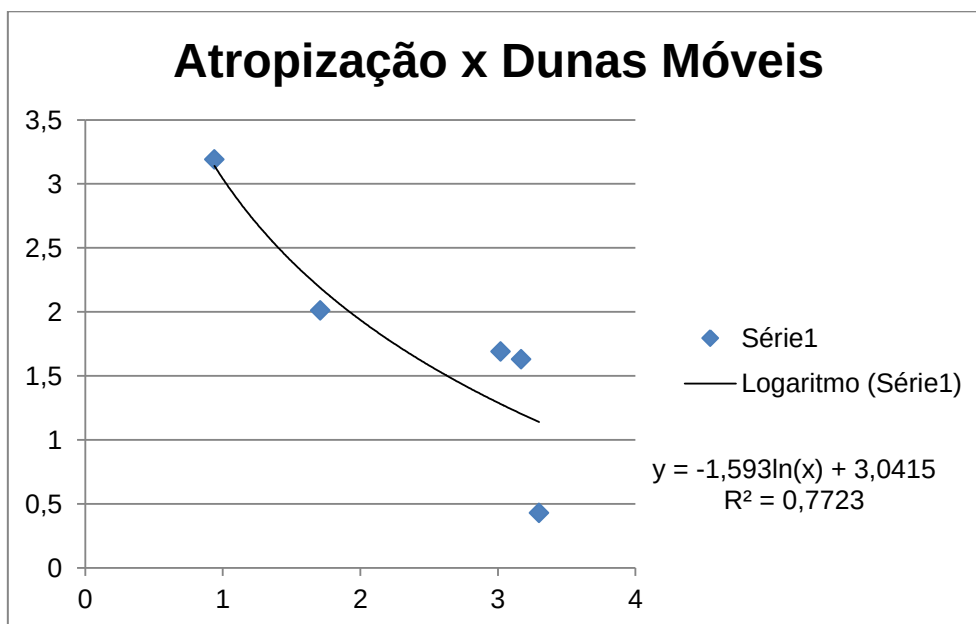


Gráfico 24: Correlação entre Antropização e Dunas Móveis

A geoestatística considera padrões correlativos para R^2 acima de 0,5, sendo mais confiáveis as funções mais próximas de 1. Como observa-se nos gráficos, os sistemas que atuam na desembocadura do Rio Pacoti, apresentaram consideráveis níveis de correlação.

6. DINÂMICA MODELADORA DA DESEMBOLCADURA FLUVIAL EM MICROESCALA DE TEMPO

Os processos modeladores da morfologia de praias arenosas no semi-árido brasileiro estão intrinsecamente subordinados aos processos vinculados a sazonalidade climática.

Desta forma, os fatores inerentes ao clima oceanográfico e outros processos associados à zona costeira condicionam os aspectos morfológicos e sua dinâmica. Segundo Bascom (1951), a granulometria da face praial é um determinante de sua declividade, sendo os sedimentos de maior tamanho encontrados em faces praiais de declividade mais elevada e os de menor tamanho em faces que apresentam declives suaves. O conhecimento de fatores como a sedimentologia e a topografia da praia permite caracterizar os principais processos na dinâmica litorânea, sinalizando os riscos, prevendo impactos e definindo profilaxias que ordenem os usos na zona costeira.

Neste caso, apresentam-se aqui os dados de topografia, sedimentologia e linha de costa nos períodos monitorados, fazendo por fim, uma discussão entre eles.

6.1. CARACTERIZAÇÃO TOPOGRÁFICA DAS PRAIAS ADJACENTES

A fins de análise da morfologia da faixa de praia foram elencados três pontos de monitoramento na praia da Cofeco, a jusante a desembocadura do rio Pacoti e um ponto na praia de Porto das Dunas, a montante do mesmo. As coletas ocorreram bimestralmente, utilizando uma estação total para coleta dos dados com adequação à referência nível por meio de transferência de cota ortométrica com base em marco do IBGE. Os dados plotados são apresentados nos subtópicos abaixo e discutidos em seguida.

6.1.1. Ponto de Monitoramento 1

O primeiro ponto de monitoramento tem como referência de nível a estrada do clube Cofeco, estando a 3,702 m de altitude. Perpassa por uma área de

pós praia fitoestabilizada de aproximadamente 100 metros de comprimento, que marcam o contato com as dunas móveis frontais.

Ao longo do monitoramento, percebe-se que a área fitoestabilizada da póspraia não sofrera consideráveis alterações no seu padrão topográfico. O gráfico 25 compara os períodos monitorados.



Figura 28: Área fitoestabilizada de pós-praia no ponto de monitoramento nº 1.

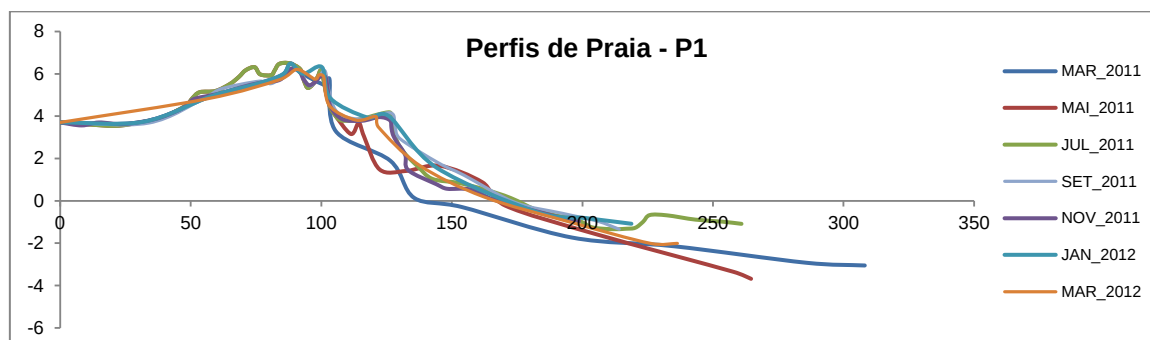


Gráfico 25: Perfis de Praia do ponto de monitoramento nº 1.

O comportamento dos perfis revela uma escarpa de berma mais recuada para os períodos de março de 2011 e maio do mesmo ano, revelando recuperação sedimentar no segundo semestre, sobretudo de setembro de 2011, a janeiro de 2012, havendo recuo da escarpa do berma no período de março de 2012, evidenciando aspectos sazonais na evolução morfológica deste ponto.

6.1.2. Ponto de Monitoramento 2

O segundo ponto de monitoramento localiza-se a aproximadamente 350 metros a jusante da desembocadura e dista 250 metros do primeiro ponto. Seu marco zero é na Estrada da Cofeco com referencial de nível de 5,914 m. No sentido do oceano, possui uma distância de aproximadamente 50 metros de uma pós-praia fitoestabilizada (figura 29).



Figura 29: Vista parcial do ponto de monitoramento nº 2.

Os perfis de praia apresentaram uma grande variação das cotas ao longo do período de monitoramento, revelando que esta é uma área mais vulnerável às forçantes ambientais, sobretudo as que estão relacionadas ao estuário pela sua proximidade.

Quanto à sazonalidade, verificam-se maiores escarpas em março, maio, julho de 2011 e março de 2012, porém, ausência de escarpa ou suaves declives nos demais meses, sobretudo em setembro de 2011 e janeiro de 2012 (Gráfico 26).

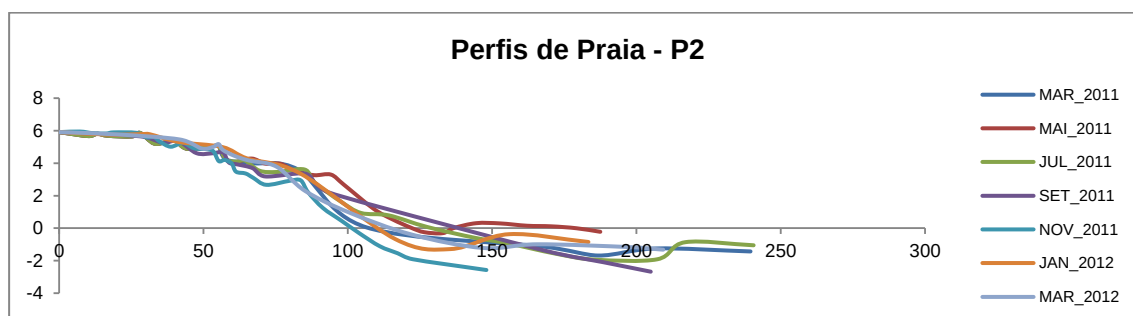


Gráfico 26: Perfis de Praia do ponto de monitoramento nº 2.

6.1.3. Ponto de Monitoramento 3



Figura 30: Vista geral do ponto de monitoramento nº 3.

O terceiro ponto de monitoramento distancia-se 145 metros do segundo ponto no sentido da desembocadura, de onde está a 205 metros. Seu marco inicial está no referencial de nível 5,425 m em um ponto do antigo restaurante do clube Cofeco. É um ponto bastante antropizado, com uma distância de aproximadamente 23 metros da área de berma (Figura 30).



Figura 31: Vista de barranco e entulho no ponto de monitoramento nº 3.

Em alguns pontos, sobretudo após a pós praia, apresenta entulhos e rochas para contenção (figura 31), revelando consideráveis escarpas, que ficam ainda mais acentuadas em algumas épocas do ano. A análise do gráfico apresenta as áreas de estirâncio e de antepraia com a formação de cavas e de bancos de areia sempre variáveis (Gráfico 27). Este fato está subordinado aos efeitos da pluma

estuarina e do molhe hidráulico do Rio Pacoti, caracterizando feições deposicionais nesta faixa monitorada.

Ressaltam-se aqui os períodos de março e maio de 2011, quando sob influência de fortes marés e da carga hídrica pela pluviometria, a escarpa fora bem mais acentuada que nos anos seguintes. Em maio de 2011 apresentava ainda a erosão do barranco em virtude da ocorrência das chuvas de março a abril do mesmo ano.

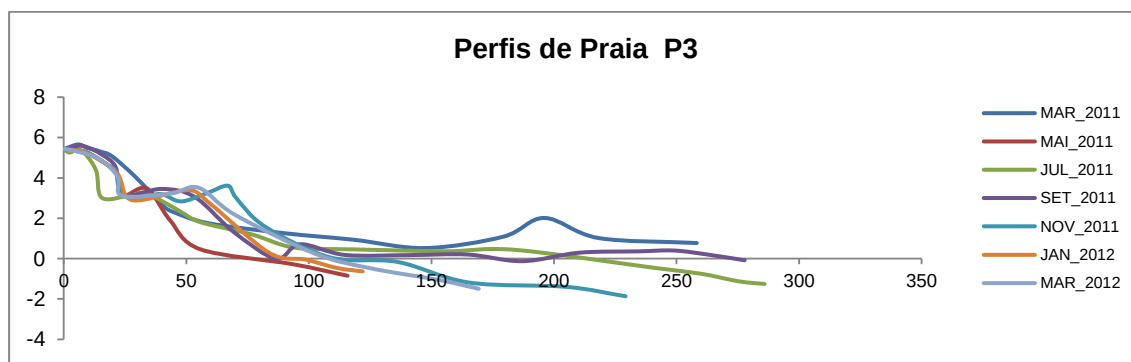


Gráfico 27: Perfis de Praia do ponto de monitoramento n° 3.

6.1.4 Ponto de Monitoramento 4



Figura 32: Vista parcial do ponto de monitoramento n° 4.

O quarto ponto de monitoramento localiza-se a aproximadamente 400 metros a montante da foz do rio Pacoti, na praia de Porto as Dunas, em Aquiraz.

Tal ponto tem como marco inicial um poço artesiano (Figura 33) localizado próximo ao *spit* de *beach rocks* direito da desembocadura do rio Pacoti. O terreno inicia com uma faixa de dunas semi fitoestabilizadas, porém com os topos sem vegetação fixadora.



Figura 33: Poço Artesanal que marca o RN do ponto nº 4.

Próximo a este ponto existem rotas de bugueiros em meio aos campos de dunas, indicando pontos de instabilidade e reativando a erosão do campo de dunas semi-fixas que estão a antepostos a faixa de dunas móveis (Figura 34).



Figura 34: Vista parcial do campo de dunas a partir do ponto de monitoramento nº 4.

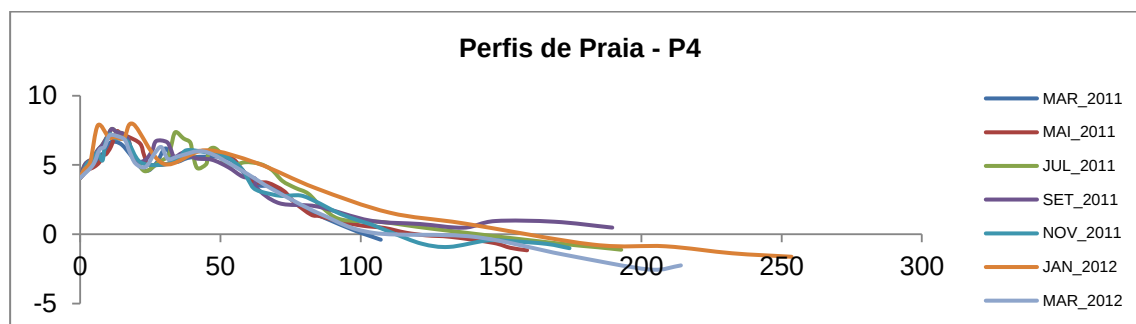


Gráfico 28: Perfis de praia do ponto de monitoramento nº 4.

A análise dos perfis revela uma grande modificação na topografia dos primeiros 50 metros deste ponto. É de fato nesta área onde se observa a dinâmica eólica atuando como fator transformador do campo de dunas móveis. Esse fator tem desdobramentos sobre a morfologia da praia, sobretudo nos meses de ondas do tipo *swell* são mais intensas, quando a praia apresentou-se de maneira mais escarpada. Nos demais meses, principalmente em janeiro de 2012, observa-se um perfil de praia mais suave.

6.2. BALANÇO SEDIMENTAR TRANSVERSAL

O estudo do movimento dos sedimentos analisado a partir das feições encontradas no local e dos processos sedimentares envolvidos com a erosão, o transporte, a deposição deste material auxiliam no conhecimento da morfodinâmica do ambiente costeiro (Woodroffe, 2002). Assim, o balanço sedimentar representa o transporte de massa sedimentar (Menezes, 2008), envolvendo as contribuições e as perdas para determinado compartimento litorâneo (Bowen & Inman, 1996). Tais perdas e ganhos, demonstrados pelo balanço sedimentar, refletem na erosão e deposição do ambiente costeiro (Komar, 1976; Rosati, 2005).

Para o estudo da morfodinâmica da desembocadura do Rio Pacoti, o conhecimento do volume de sedimentos em cada período monitorado auxilia na caracterização do padrão de suas praias adjacentes.

O gráfico 29 apresenta volume de sedimentos nos pontos monitorados os quais revelaram que as maiores alterações ocorreram nos pontos 3 e 4, embora todos tenham revelado um balanço sedimentar positivo para a comparação do ciclo anual março/2011 - março/2012.

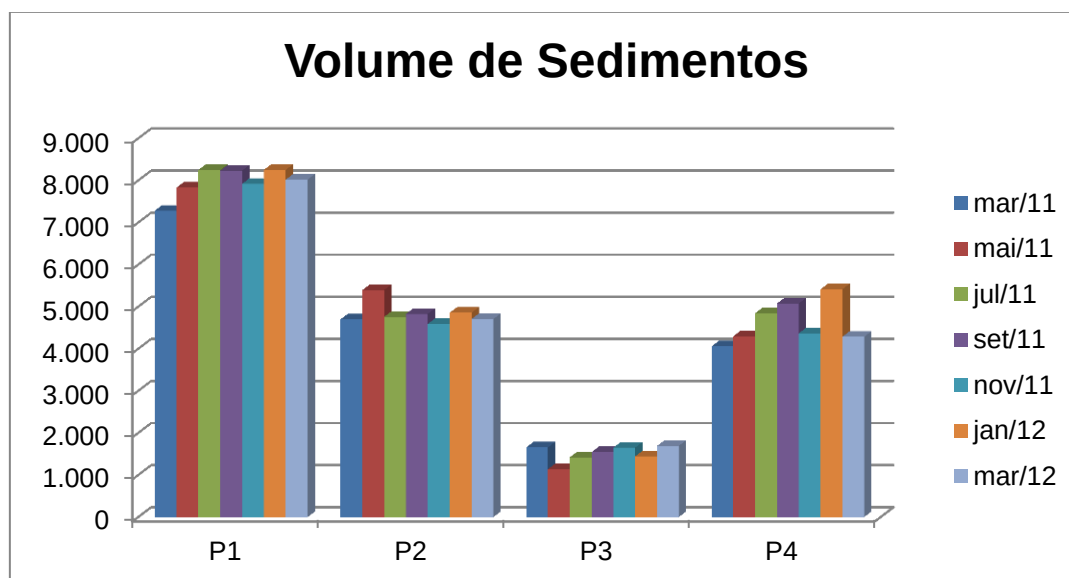


Gráfico 29: Volume de sedimentos para cada período monitorado

No entanto, o entendimento dos efeitos da sazonalidade climática sobre o volume de sedimentos revela o caráter de vulnerabilidade praial frente aos processos costeiros. O gráfico 30 compara o volume bimestral de cada ponto a partir de março de 2011, que fora escolhido como *background* amostral.

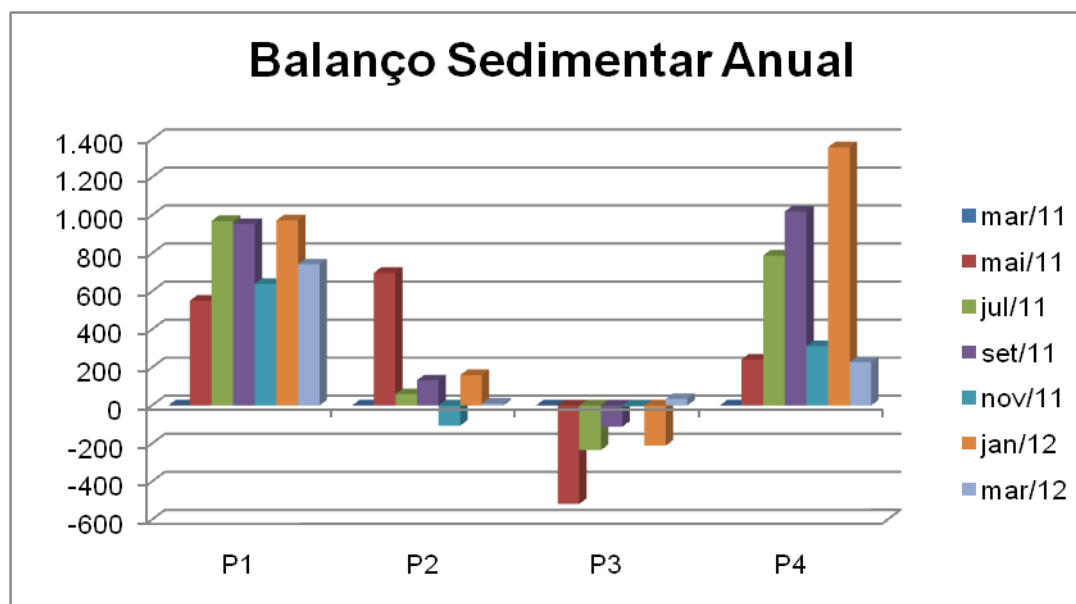


Gráfico 30: Balanço sedimentar anual

O ponto 1 teve uma tendência de sedimentação positiva, apresentando perdas apenas nos meses de novembro e março. Nesse sentido, a erosão deste ponto está subordinada aos efeitos das chuvas (março) e das ondas de quadrante E,

que sopram com maior intensidade no mês de novembro. Tal padrão sazonal foi visualizado em outras praias do litoral leste e oeste de Fortaleza (Pinheiro, 2005; Soares, 2007; Aquino, 2007).

Os pontos 2 e 3 apresentaram um vínculo inverso entre si, podendo-se inferir que o ponto 3 caracteriza-se como uma área fonte de sedimentos para o ponto 2. Este, por sua vez, pela grande proximidade com desembocadura fluvial apresenta uma dinâmica subordinada aos efeitos do molhe hidráulico. Dominguez *et al.*, (1983) avaliam o molhe hidráulico como elemento de controle das desembocaduras fluviais e nos episódios de erosão e sedimentação da linha de costa das praias adjacentes ao rio Paraíba do Sul. No Ceará, esta relação fora observada por Moraes *et al.* (2008) no Pontal do Maceió, associando a vazão anual do rio Jaguaribe a erosão nas praias adjacentes.

No caso do Rio Pacoti, a vazão, segundo Molisani *et. al* (2007) foi calculada em 19 e 1 m³/s para os períodos de chuva e de estiagem, respectivamente, evidenciando o efeito torrencial da sazonalidade climática neste ponto.

O Ponto 4, que localiza-se a sotamar da desembocadura fluvial, perdeu estoque sedimentar nos período de intensa pluviosidade (março e abril/2011), recuperando-o no período de estio, sobretudo com o aporte sedimentar para as dunas frontais. Em novembro, o perfil apresentou perda sedimentar, justificável pelo desdobramentos da entrada de ondas de maior energia no mês anterior, tendo, portando recuperação do pacote sedimentar em janeiro de 2012. Esse padrão de comportamento pode ser observado em Moura & Moraes (2011), onde o balanço sedimentar de praias do Porto das Dunas e Prainha, próximo a este ponto, revela que ao longo dos anos esta praia apresenta formação de escarpa em períodos mais energéticos com formação de estoque de sedimentos no perfil sub-aéreo o qual repõe nos períodos em que a energia do sistema permite a sedimentação.

Assim, como estipula-se uma taxa de sedimentação para o período de monitoramento, corroborando com a discussão apresentada.

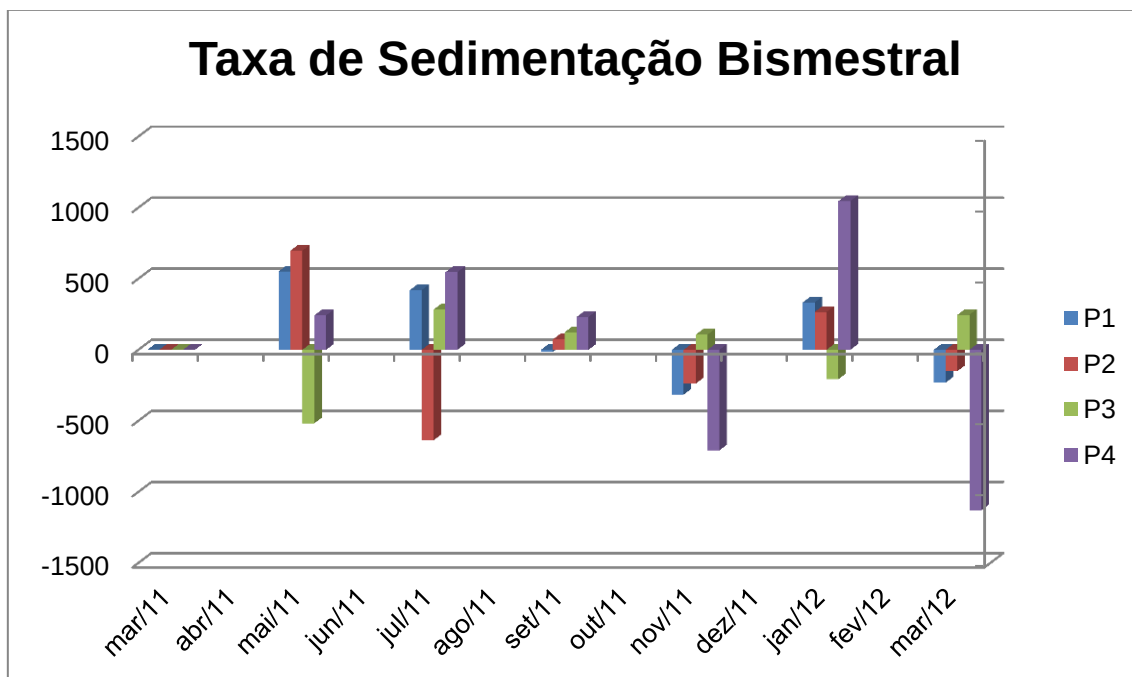


Gráfico 31: Taxa de sedimentação bimestral

6.3. CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTAR DAS PRAIAS ADJACENTES

O transporte de sedimentos é realizado por meio fluido. A deposição do grão e sua granulometria caracterizam sedimentologicamente a praia correlacionando-se com as variações na dinâmica costeira e seus desdobramentos nos processos de caráter depositório ou erosivo.

O tamanho do sedimento reflete a topografia de fundo e a intensidade local da turbulência e da energia de dissipação das ondas (Komar, 1998), classificando a seção quanto à perda e ganho de sedimento.

6.3.1. Ponto 1

Este ponto apresentou a escarpa de berma sempre com granulometria média, enquanto que o estirâncio apresentou areia grossa nos períodos de maior energia ressaltando que em março de 2012, a granulometria foi de sedimentos finos no estirâncio e na antepraia (Tabela 3).

P1	mar/11	mai/11	jul/11	set/11	nov/11	jan/12	mar/12
Berma	Areia	Areia	Areia	Areia	Areia	Areia	Areia
	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média
Estirâncio	Areia	Areia	Areia	Areia	Areia	Areia	Areia
	Grossa	Grossa	Média	Média	Grossa	Média	Fina
Ante Praia	Areia	Areia	Areia	Areia	Areia	Areia	Areia
	Fina	Média	Fina	Média	Média	Média	Fina

Tabela 3: P1 - Médias Granulométricas por período monitorado

6.3.2. Ponto 2

Assim como mostraram os perfis de praia, verifica-se que ao longo do ano a escarpa de berma apresentou características variadas, indicando este como um ponto mais susceptível às forçantes que ocorrem ali. Quanto ao estirâncio, a maior parte do monitoramento, apresentou-se com granulometria grossa, mostrando-se fina apenas no período de março de 2011 e de 2012 (Tabela 4). Na antepraia, verifica-se granulometria mais grossa no período de ventos e ondas de maior energia.

P2	mar/11	mai/11	jul/11	set/11	nov/11	jan/12	mar/12
berma	Areia	Areia	Areia	Areia	Areia	Areia	Areia
	Grossa	Média	Grossa	Grossa	Fina	Média	Média
estirâncio	Areia	Areia	Areia	Areia	Areia	Areia	Areia
	Fina	Grossa	Grossa	Grossa	Grossa	Grossa	Fina
antepraia	Areia	Areia	Areia	Areia	Areia	Areia	Areia
	Fina	Fina	Média	Grossa	Grossa	Grossa	Fina

Tabela 4: P2 - Médias granulométricas por período monitorado

6.3.3. Ponto 3

Neste terceiro ponto verificou-se uma face de berma com relativa estailidade, apresentando areia grossa apenas em novembro de 2011, porém, a área do estirâncio e da antepraia, onde os processos de transporte fluido são bem mais intensos, percebe-se que este é um ponto onde há variação de grossa a média (Tabela 5), tendo a textura maior, sobretudo no período de ventos e ondas mais

fortes, classificando este ponto como muito vulnerável aos processos da dinâmica costeira.

P3	mar/11	mai/11	jul/11	set/11	nov/11	jan/12	mar/12
Berma	Areia Média	Areia Média	Areia Média	Areia Média	Areia Grossa	Areia Média	Areia Média
Estirâncio	Areia Grossa	Areia Média	Areia Grossa	Areia Grossa	Areia Grossa	Areia Média	Areia Média
Antepraia	Areia Grossa	Areia Média	Areia Grossa	Areia Grossa	Areia Grossa	Areia Média	Areia Média

Tabela 5: P3 - Médias granulométricas por período monitorado

6.3.4. Ponto 4

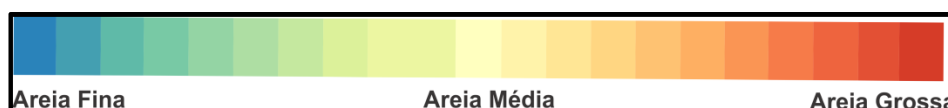
Para o quarto ponto, o qual está subordinado à dinâmica eólica e a sedimentos dunares, o seu padrão granulométrico da berma permaneceu em areia média, caracterizando as contribuições dos campos de dunas, porém a granulometria do estirâncio flutuou entre areia fina a média para a maior parte do monitoramento. Já na antepraia a textura do grão apresentou-se fino, mostrando-se muito fino apenas em março de 2012.

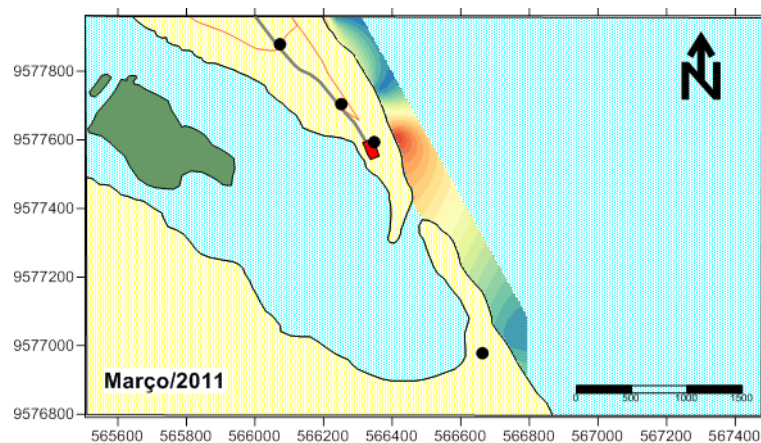
P4	mar/11	mai/11	jul/11	set/11	nov/11	jan/12	mar/12
Berma	Areia Média	Areia Média	Areia Média	Areia Média	Areia Média	Areia Média	Areia Média
Estirâncio	Areia Fina	Areia Média	Areia Média	Areia Média	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina
Antepraia	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Muito Fina

Tabela 6: P4 - Médias granulométricas por período monitorado

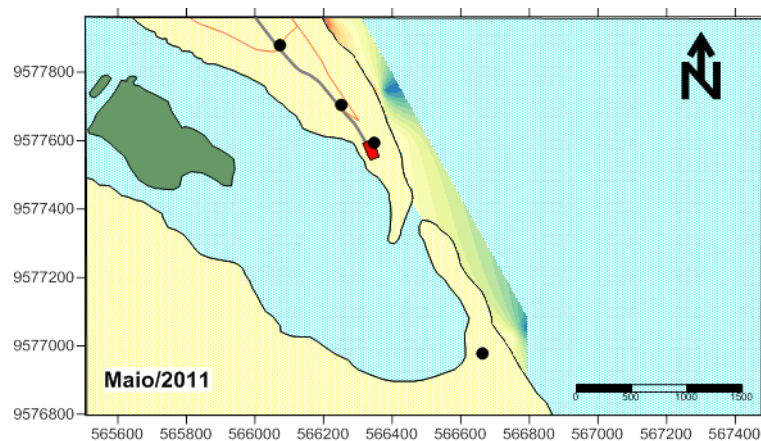
6.3.5. Distribuição Textural

Os mapas 20 a 26 apresentam em através gradiente de cores a distribuição textural dos sedimentos para o período monitorado seguindo a seguinte escala:

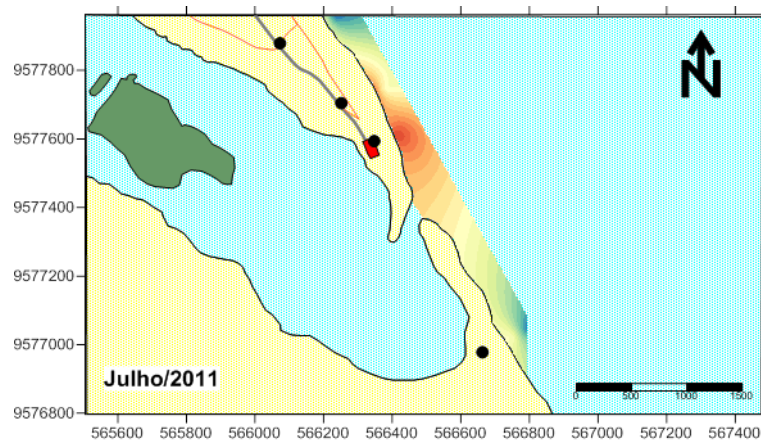




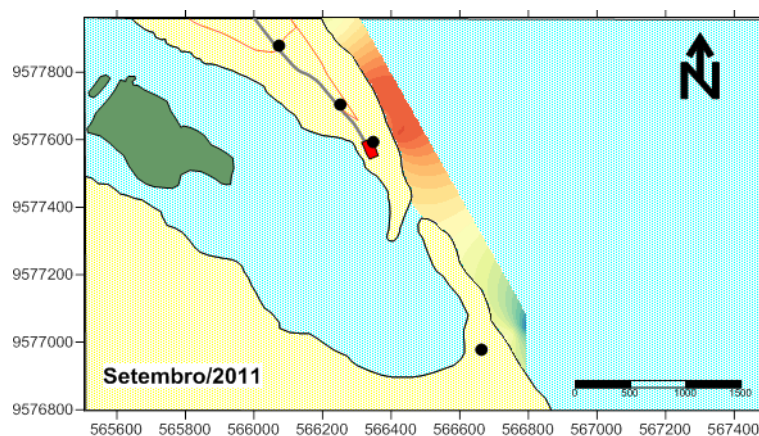
Mapa 20: Distribuição textural dos sedimentos em março de 2011.



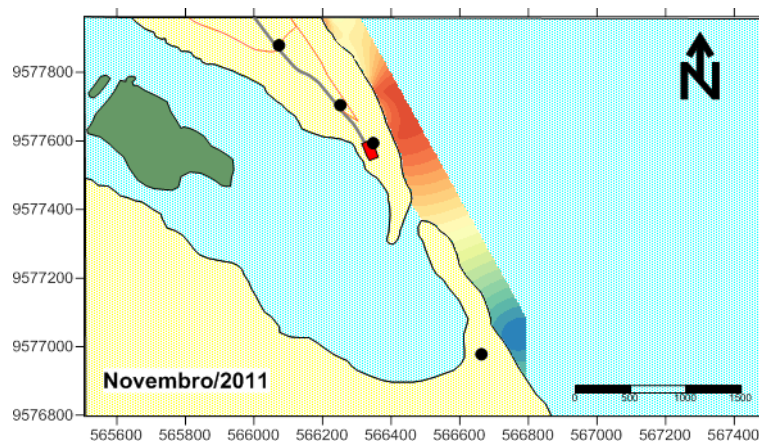
Mapa 21: Distribuição textural dos sedimentos em maio de 2011.



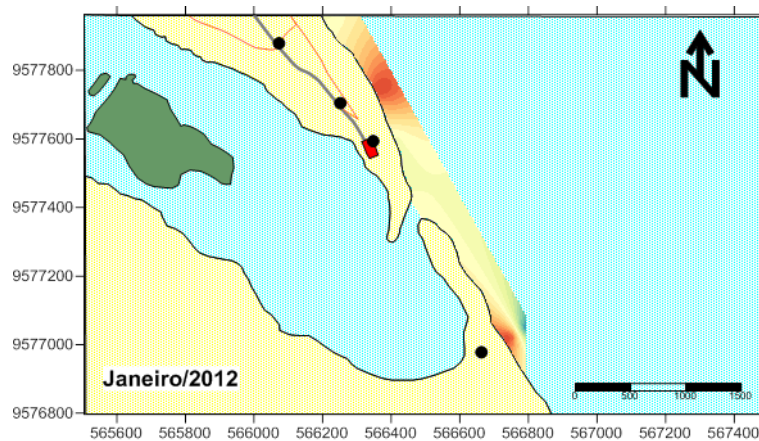
Mapa 22: Distribuição textural dos sedimentos em julho de 2011.



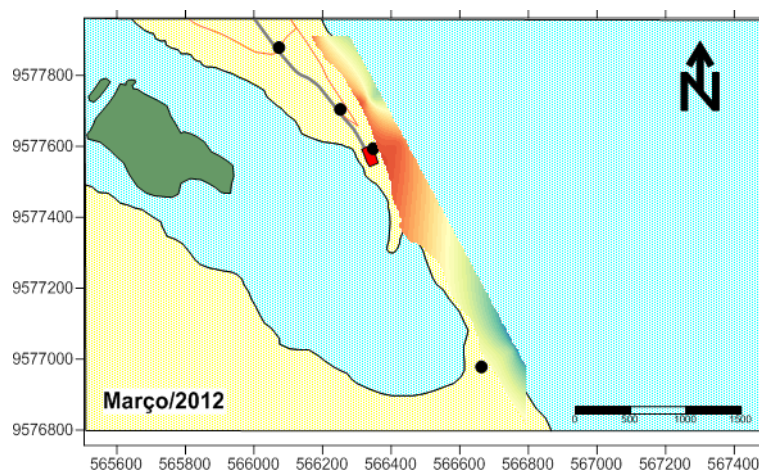
Mapa 23: Distribuição textural dos sedimentos em setembro de 2011.



Mapa 24: Distribuição textural dos sedimentos em novembro de 2011.



Mapa 25: Distribuição textural dos sedimentos em janeiro de 2012.



Mapa 26: Distribuição textural dos sedimentos em março de 2012.

6.4. EVOLUÇÃO DA LINHA DE COSTA E PROCESSOS ASSOCIADOS

A linha de costa foi obtida através de caminhamento na linha de preamar com equipamento de posicionamento (DGPS) de precisão milimétrica.

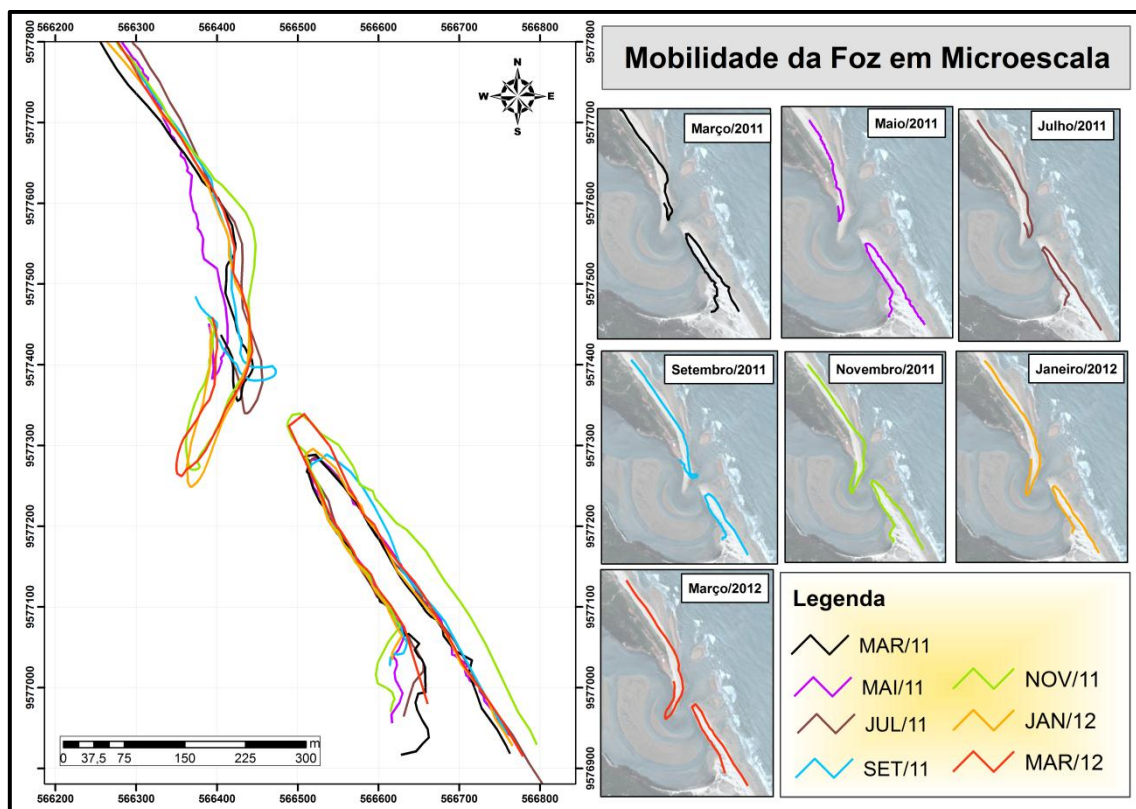
A espacialização da linha de costa para os períodos em análise está expressa no mapa 27, onde as maiores variações são visualizadas no spit arenoso na margem esquerda do rio (Figura 35), uma vez que o spit da direita é estabilizado por *Beach rocks*, sendo portando um molhe natural (Figura 36).



Figura 35: Vista parcial do spit arenoso na Cofeco.



Figura 36: Vista parcial do spit rochoso no Porto das Dunas.

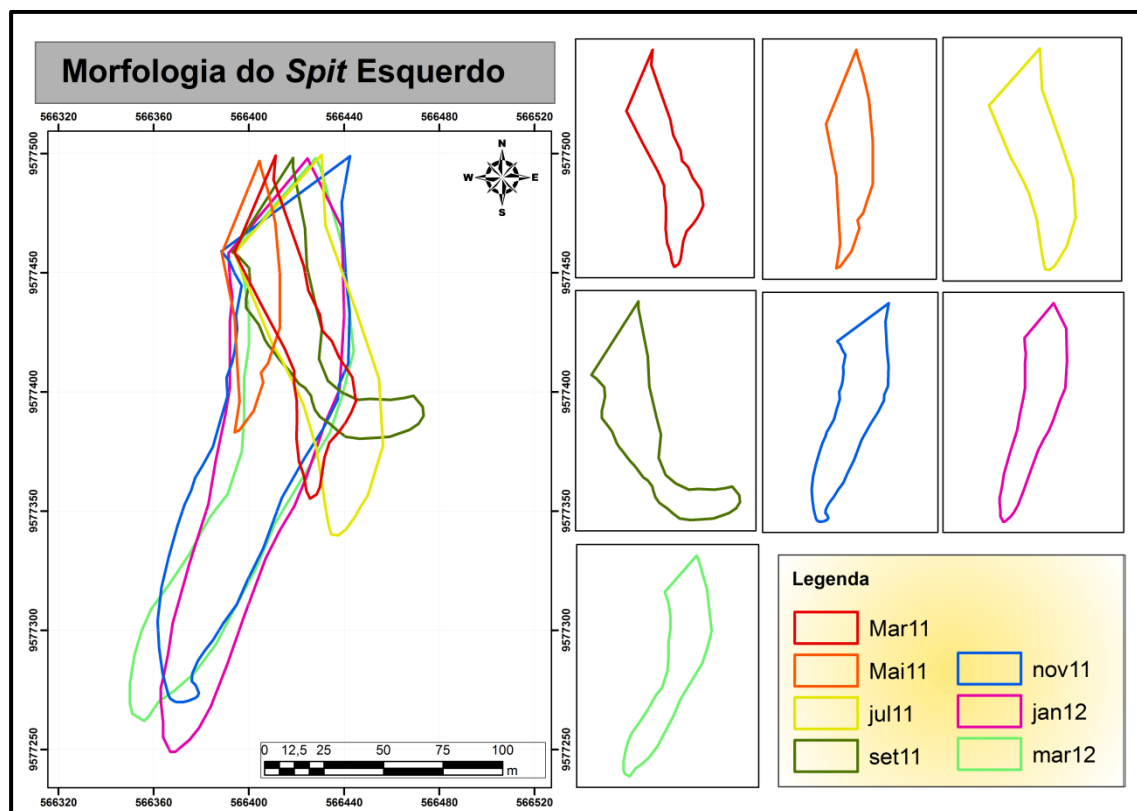


Mapa 27: Mobilidade da foz em microescala

O *spit* recurva-se para o interior no estuário indicando que o vetor resultante das correntes que atuam na desembocadura é no sentido da sua inclinação. Infere-se, portanto, que na maior parte do ano prevalecem os vetores de ordem oceânica, sobretudo nos três últimos meses de análise.

Nos outros períodos do ano, percebem-se processos de erosão do *spit*, havendo muitas vezes um processo de *overwash* quando a maré, especialmente a meteorológica, transpõe a feição costeira.

O mapa 28 apresenta o comportamento do detalhado do spit arenoso no período monitorado.



Mapa 28: Morfologia do *spit* arenoso esquerdo.

Mihaly e Angulo (2002) verificaram padrões morfológicos ao estudarem a morfodinâmica da desembocadura da Barra do Ararapira, entre os estados de São Paulo e Paraná, revelando padrões apresentados para esporões recurvados em associação às correntes de maré como em FitzGerald (1988).

Assim, o sentido de curvatura apresentado pela feição costeira em dado período é fruto os processos hidrodinâmicos como ondas e correntes.

Observa-se ainda a largura da foz como um parâmetro importante no sentido de diagramar essas modificações, pois o efeito de molhe hidráulico é diretamente proporcional à largura da foz.

Outrossim, é de igual importância elencar os dados de evolução da linha de costa, bem como da área espacial arenoso, relacionando com os dados de pluviometria e discutindo com os demais resultados acima colocados. Nesse sentido, a tabela 7 reúne parâmetros necessários para tal discussão.

Meses	Area do Spit (m²)	Largura da Foz (m)	Variação Cofeco (m)	Variação - Porto das Dunas (m)
mar/11	2478,21	119	0	0
mai/11	1604,83	168	12	8
jul/11	4528,99	102	35	12
set/11	2628,16	118	19	8
nov/11	8153,44	81	21	34
jan/12	8441,73	131	14	6
mar/12	7574,59	94	17	11

Tabela 7: Parâmetros obtidos em microescala.

A área do *spit* arenoso foi bastante variada no período de análise, revelando sua extrema vulnerabilidade aos processos costeiros e do clima oceanográfico. Sua área foi menor em maio de 2011 em virtude do acumulado de chuvas do período (Gráfico 32), enquanto que em janeiro de 2012 apresentou-se bem maior, quando o estuário passara por um período de 4 meses sem receber carga pluvial, revelando assim, que a área do *spit* em microescala é subordinada aos efeitos pluviométricos.

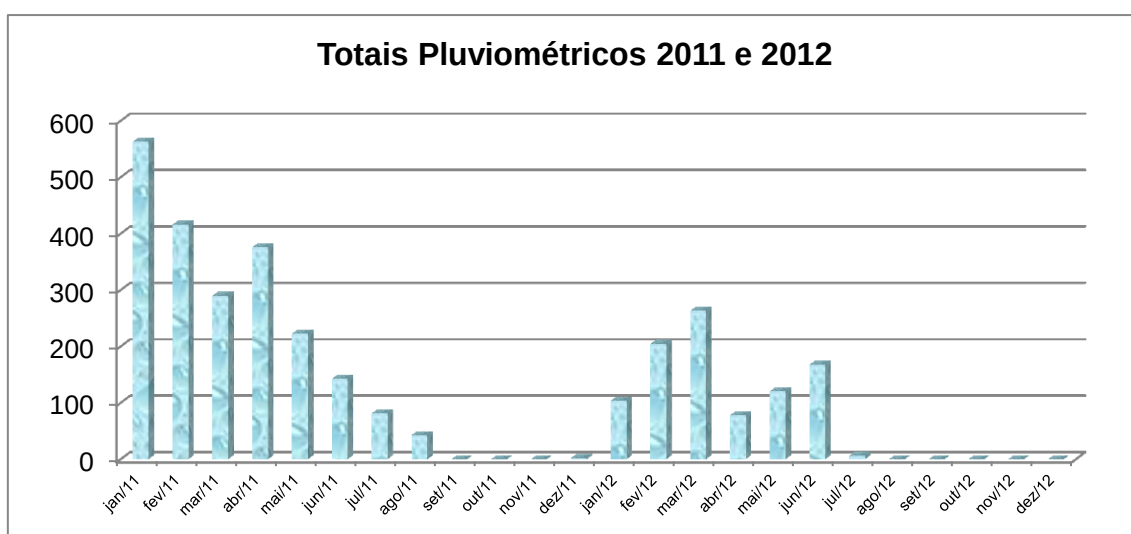


Gráfico 32: Totais pluviométricos mensais para os anos de 2011 e 2012.

A variação da largura da foz também corrobora com este fato ao passo que observam-se valores mais elevados para o primeiro semestre (ciclo chuvoso) e menores valores para período de estio, exceto no mês de setembro quando os processos oceanográficos são mais intensos como o aumento da altura das ondas em virtude da quadra de ventos, como expressa o gráfico 33.

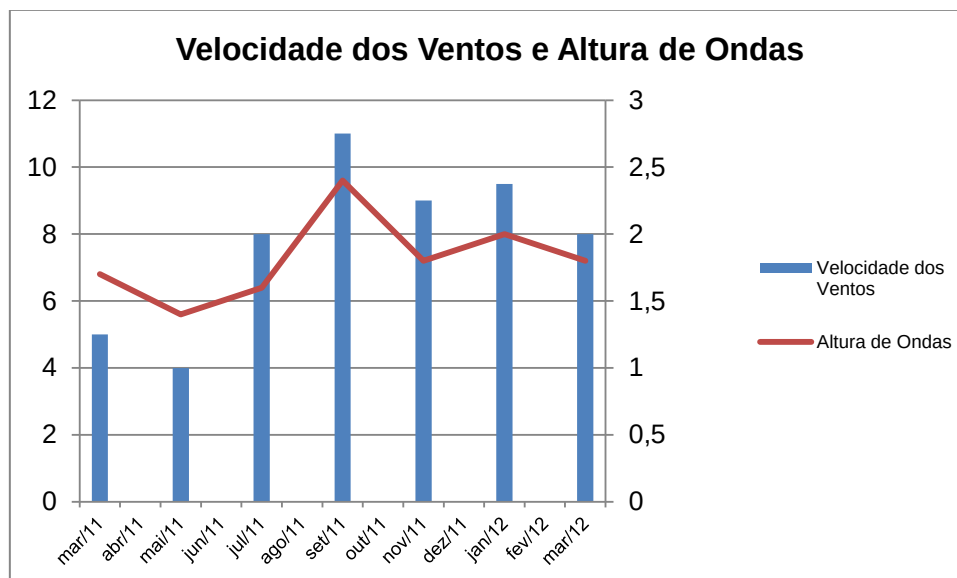


Gráfico 33: Altura de Ondas e Velocidade dos Ventos para o período monitorado.

Os valores expressos na variação da linha de costa, tomaram como base a linha de março de 2011, quando esta apresentou-se em sua configuração mais recuada, havendo progradação para todos os períodos monitorados, exceto para maio de 2011, quando em um específico trecho de 100 metros localizado próximo ao ponto 3 de monitoramento, a linha de maio apresentou-se aproximadamente 20 metros de recuo em relação a março do mesmo ano, revelando uma escarpa mais acentuada, corroborando com a análise dos perfis deste ponto anteriormente discutida.

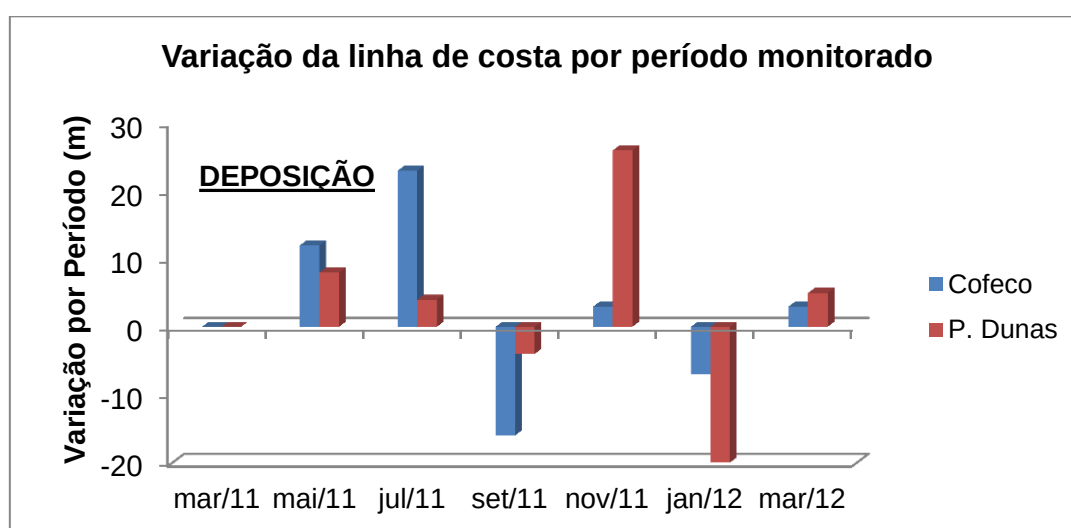


Gráfico 34: Variação média da linha de costa no período monitorado.

Em resumo, o gráfico 34 expõe os valores médios do comportamento da linha de costa por período de monitoramento, constatando que durante todo o ciclo anual as praias apresentam-se erosivas e progradativas em diversos graus e não segue um padrão linear a jusante a montante da desembocadura fluvial, constatando que os vetores de maior relevância na dinâmica de uma delas é menos representativo na outra e vice-versa.

Tal fato comprova a complexidade do sistema estuarino, sobretudo o dominado por ondas, como é o caso do Rio Pacoti, que apresenta intenso grau de vulnerabilidade a diversos vetores oceânicos e atmosféricos em diversos pontos de análise sob diversos eventos sazonais.

Assim, o manejo de áreas como estas só é de fato sustentável com o conhecimento prévio dos processos tanto em meso escala como em microescala, podendo então subsidiar propostas de uso sobre suas potencialidades e limitações.

7. PROPOSTA DE ZONEAMENTO PARA FINS DE GESTÃO FRENTE AOS CENÁRIOS FUTUROS

O zoneamento ambiental, conforme Fortaleza (2009) caracteriza-se como uma ferramenta técnica para a definição de um modelo territorial que distribui atividades no território em função das limitações, vulnerabilidades e fragilidades naturais bem como riscos e potenciais de uso.

No Brasil foi inicialmente consubstanciado pela Lei Federal nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 a qual dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. É regulamentado pelo Decreto 4297 de julho de 2002, que estabelece critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil – ZEE.

Assim, a proposta de zoneamento da desembocadura do Rio Pacoti em sua distribuição espacial e aproveitamento econômico, leva em consideração a importância ecodinâmica, as limitações e as fragilidades dos sistemas, estabelecendo restrições e alternativas de exploração (SOUZA, 2002; MONTAÑO et.al. 2007; FORTALEZA, 2009).

O método parte da análise isolada de cada um dos elementos selecionados do meio, resultando em conteúdos fundamentais (Quadro 1) para a montagem do contexto ambiental da região, definindo e delimitando de unidades territoriais com seus respectivos padrões ambientais.

Quadro 1

Análises Temáticas/Subsídios do Zoneamento Ambiental				
- Geotecnia; - Estudos e Diretrizes de Zoneamento	- Hidrogeologia - Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos	- Hidrologia - Ambiental das águas de Superfície	- Geomorfologia - Grandes Unidades e Feições	- Patrimônio Arqueológico - Tipologia de Sítios Pré-Históricos
- Paleontologia - Inventário dos Sítios Paleontológicos	- Meio Biótico: Fauna e Flora - Proposta de Zoneamento	- Uso e Ocupação da Terra - Levantamento Cartográfico	- Processos e Tendências Sócio-econômicas	- Aspectos jurídicos e institucionais

Fonte: CPRM (1998).

7.1. Mapeamento dos sistemas e Vulnerabilidade Ambiental

O quadro 2 define os sistemas ocorrentes na área de estudo e subsidia, com informações, o zoneamento uma vez que esta parte da análise da vulnerabilidade dos sistemas ambientais o qual propicia uma análise ecodinâmica dos sistemas ambientais envolvidos.

Quadro 2

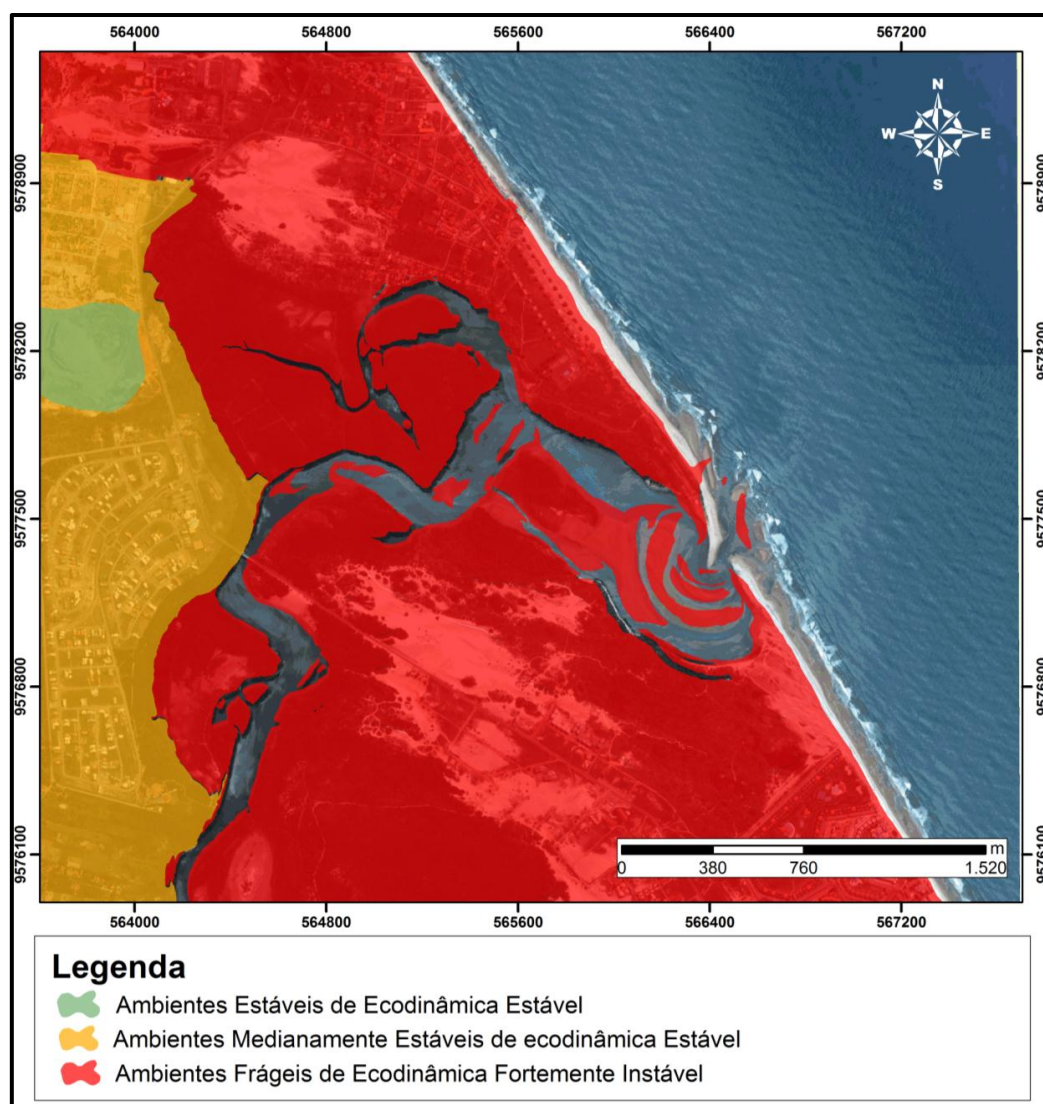
Síntese dos Sistemas Ambientais			
Região Natural	Geossistema	Geofacies	Localização
Litoral do Nordeste Brasileiro	Planície Litorânea	Dunas Frontais	Cofeco e Porto das Dunas
		Faixa de Praia	
		Dunas Semi Fixas	
	Planície Fluvio-Marinha	Manguezal	Estuário do Rio Pacoti
		Apicum/Salgado	
	Glacis Pré-Litorâneos	Tabuleiros Pré-litorâneos	

A vulnerabilidade leva em consideração a ecodinâmica dos ambientes (FORTALEZA, 2009), tendo em vistas a sua morfodinâmica e sua capacidade de depuração de impactos. Assim, estabeleceu-se como fator de vulnerabilidade dos ambientes, a seguinte classificação:

- Ambientes Estáveis de Ecodinâmica estável – afloramentos da suíte magmática messejana;
- Ambientes Medianamente Estáveis de ecodinâmica estável: Áreas fitoestabilizadas dos tabuleiros pré-litorâneos.
- Ambientes Frágeis de ecodinâmica fortemente instável – classificam-se aqui as dunas semi-fixas, faixa de praia, planície fluviomarinha e demais áreas de preservação permanente (APP);

As áreas correspondentes aos depósitos geológicos mais recentes como a faixa de praia, pós-praia, campos de dunas e planície fluvio-marinha são classificadas como ambientes frágeis; a área de tabuleiros pré-litorâneos são classificadas como áreas medianamente estáveis haja visto seu processo de fitoestabilização e, por fim, o afloramento da suíte magmática messejana, que fora

classificado como ambiente estável, tendo em vista a idade geológica deste compartimento (Mapa 29).



Mapa 29: Vulnerabilidade dos Sistemas Ambientais da Área de Estudo

7.2. Definição das Zonas

Partindo-se da vulnerabilidade e do estado de conservação dos ecossistemas, delimitam-se as zonas, que são unidades de intervenção nas quais persiste a análise integrada dos sistemas ambientais do estuário do Rio Pacoti bem como da sua ecodinâmica e do diagnóstico das suas potencialidades e limitações para o uso. Desta forma, o zoneamento estabeleceu as seguintes classes e fatores de potencialidade:

- Zona de Uso Sustentável dos Tabuleiros e afloramentos fonólitos (ZUStf) – visa a ocupação ordenada dos tabuleiros, pautando-se no desenvolvimento sustentável em que objetiva-se o desenvolvimento agrícola, extrativismo sustentável dos recursos naturais, expansão urbana e empreendimentos que têm a estabilidade ambiental como requisito;
- Zona Oficial de Proteção dos Manguezais (ZOPm) - Visa à preservação do sistema ambiental flúvio-marinho e a proteção permanente da vegetação de mangue de acordo com a legislação vigente;
- Zona Oficial de Proteção das Dunas (ZOPd) - visa a proteção dos campos de dunas móveis, fixas, semi-fixas e paleodunas em consonância com a legislação ambiental vigente, bem como proteger estes ecossistemas de processos erosivos;
- Zona de Proteção Ambiental da Faixa de Praia (ZPAfp) – Visa a preservação ambiental da dinâmica dos componentes ambientais litorâneos para manutenção do patrimônio paisagístico e dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Admitem-se práticas turísticas sustentáveis e incentiva as práticas voltadas à Educação Ambiental;
- Zona de Conservação Prioritária (ZCP) – Visa a preservação de unidades de conservação previamente decretadas por órgãos ambientais;
- Área de Preservação Permanente (APP) - Área protegida nos termos do inciso II do art.3º da Lei 12.651 de 2012 (Novo Código Florestal).

A definição do zoneamento do estuário do Rio Pacoti corrobora com a proposta elaborada por Crispim (2011) em que as unidades de intervenção foram aplicadas a toda sub-bacia do Pacoti sob a análise da escala de 1:250.000. Como forma de maior detalhamento, a análise é feita na escala de 1:2.000, devendo considerar para tanto os correspondentes bióticos e abióticos de cada unidade mapeada.

O conhecimento dos correspondentes ambientais de cada zona permite a efetividade do zoneamento uma vez que possibilita o conhecimento da sua vulnerabilidade sob a análise de suas respectivas potencialidades e limitações.

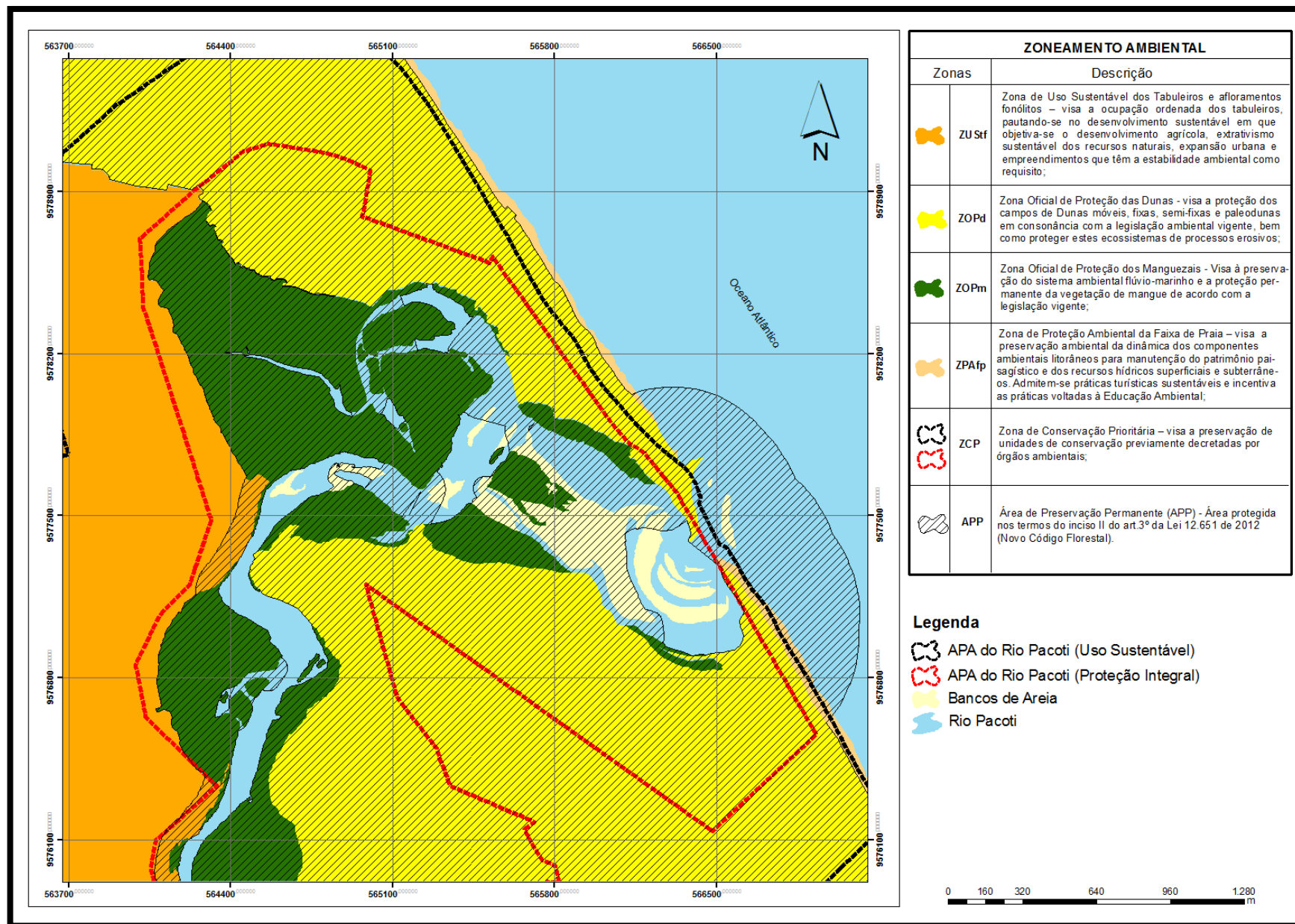
Nesse sentido, o quadro 3 apresenta as unidades de intervenção sob os aspectos bióticos e abióticos.

Quadro 3

Unidades Geoambientais					
Zonas	Correspondências				
	Físico			Biótico	Socioeconômico
	Geológica	Geomorfológica	Pedológica	Fitoecologia	Usos
ZUSTf	Formação Barreira Suíte Magmática Messejana	Tabuleiro pré-litorâneo Morro Caruru	Neossolos Quartzarênicos Distróficos/ Argissolos Vermelho- Amarelo	Vegetação de tabuleiro	Desenvolvimento sustentável agrícola, expansão urbana e extrativismo mineral sustentável.
ZOPm	Depósitos Fluvio-marinhos	Planície Fluvio-marinha	Solos Indiscriminados de Mangue	Manguezal	Área de Preservação Permanente.
ZOPd	Depósitos eólicos litorâneos	Dunas	Areias incolidadas	Vegetação pioneira de dunas psamófilas	Área de Preservação Permanente.
ZPAfp	Depósitos Eólicos Litorâneos	Faixa de Praia	Areias Inconsolidadas	Ausência de Vegetação;	Uso recreacional e científico.

Conforme se observa no quadro, cada unidade de intervenção apresenta as suas especificidades quanto aos meios físico, biótico e socioeconômico. Dessa forma, a interação entre as diversas zonas (Mapa 30) subsidiam a gestão da zona costeira, permitindo práticas sustentáveis em sintonias com as potencialidades do local.

Além das zonas correspondentes a unidades geoambientais, ressalta-se a Zona de Conservação Prioritária como uma unidade de intervenção de escala menor, que se reporta à sub-bacia de drenagem do Pacoti, portanto de abrangência espacial superior. Nesse sentido, esta seria uma zona intersectiva abrigando outras zonas em seu interior, fortalecendo, portanto, o aspecto de restrição ambiental para ações interventivas.



7.3. Proposta de uso sustentável frente aos impactos já existentes

O estuário do Rio Pacoti, como outrora caracterizado, é uma área de forte interesse por parte do mercado imobiliário residencial e turístico, tendo seus terrenos de frente para o mar como o segundo metro quadrado mais caro do estado.

Essa pressão sobre o sistema ambiental costeiro, naturalmente instável e susceptível a impactos, promove uma intensificação dos processos erosivos, sobretudo pela compactação de terrenos e pelo impedimento do transporte de sedimentos de dunas móveis.

Embora existam instrumentos normativos que disponham acerca da conservação e proteção de ambientes vulneráveis a perda e patrimônio natural nas diferentes escalas de poder legislativo (Lei 12.651/2012; CONAMA 303/2002; CONAMA 369/2006; Decreto Estadual Nº 25.778/2000) é importante atentar que as unidades de Conservação ao longo da sub-bacia do Pacoti não têm cumprido efetivamente sua proposta de manejo pela falta de gerenciamento e de políticas públicas ambientais como concluiu Crispim (2011).

Andrade (2008) afirma que a atividade turística em Aquiraz liga-se fortemente ao ambiente natural e sustenta-se principalmente nas belezas naturais da região. No entanto esta atividade tem como suporte a indústria hoteleira uma vez que se buscam acomodações e infra-estruturas básicas e de qualidade para o público.

Neste sentido, busca-se balizar a preservação dos recursos naturais, pautando-se em práticas sustentáveis em consonância com a demanda da atividade turística, haja vista seu impacto positivo nos aspectos socioeconômicos.

Para tal, a figura 37 ilustra propostas de usos na área de estudo como forma de subsidiar o processo de gestão e manejo dos sistemas ambientais que compõem a desembocadura do Rio Pacoti.

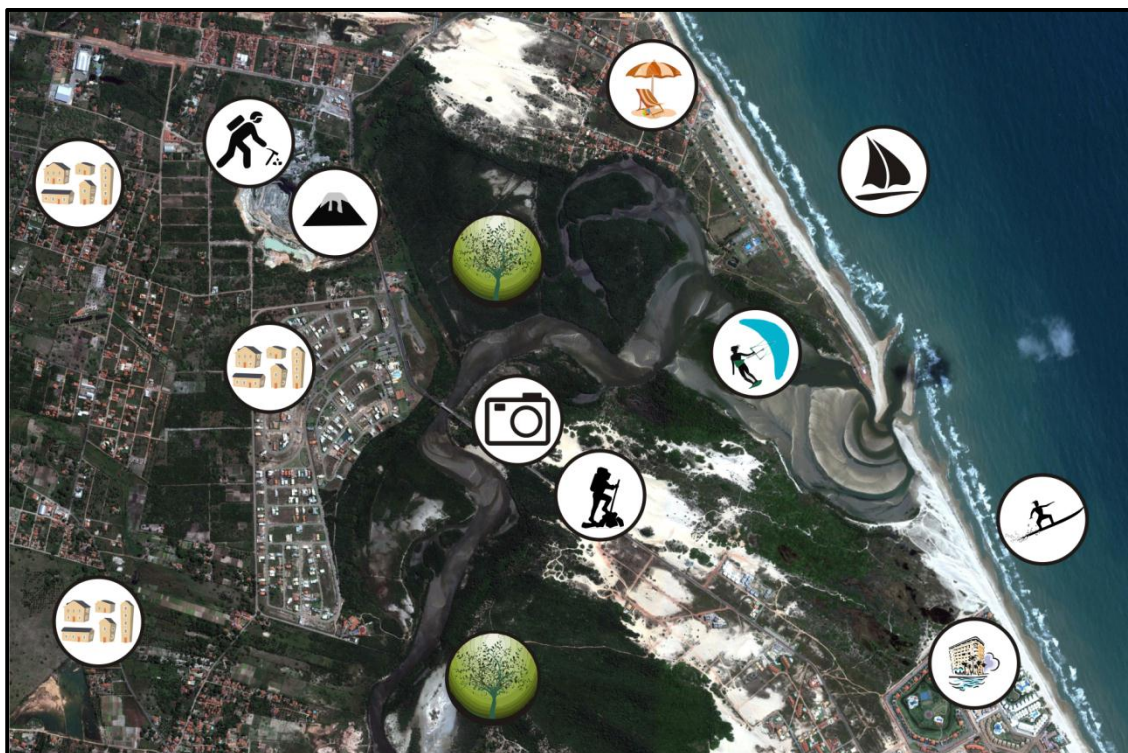


Figura 37: Proposta de usos e práticas sustentáveis

Cada indicação de uso levou em consideração a ecodinâmica dos ambientes, as atividades que já ocorrem no local e os aspectos ambientais bióticos, abióticos e de natureza paisagística de cada sistema inserido no recorte do objeto de estudo.

O quadro 4, estrutura a legenda de cada um dos ícones apresentados na figura acima.

Quadro 4

Usos e Práticas Indicados	
	<u>Área de Expansão Urbana</u> : Prevê a ocupação ordenada, com estruturas de saneamento nas áreas de Tabuleiros Pré-litorâneos.
	<u>Cone Vulcânico do Caruru</u> : Prevê a informação dos processos estruturais de formação desta feição e dos arquipélagos correspondentes.
	<u>Área de Interesse Geológico</u> : Fomenta atividades de pesquisa e informação quanto à litoestrutura da Suíte Magmática Messejana.

	<u>Ecoturismo</u> : Áreas destinadas a práticas de trilhas ecológicas auto guiadas por meio de sinalização.
	<u>Vista panorâmica</u> : Áreas mais elevadas onde se permite acesso para contemplação paisagística.
	<u>Unidades de Conservação</u> : Possibilita informar acerca do advento e da missão de cada unidade de conservação do local, fomentando a educação ambiental.
	<u>Prática de Esporte Náutico a Vela</u> : Indica os locais apropriados a prática desta categoria de esporte.
	<u>Prática de Surf</u> : Indica os locais apropriados a prática desta categoria de esporte.
	<u>Passeios de Barco</u> : Indica rotas de passeio de barco sem motor, respeitando banhistas.
	<u>Área de Banho</u> : Área de uso de banhistas onde a pós-praia denota estruturas de menor impacto visual.
	<u>Área de Infra-Estrutura Turística</u> : Permite construções em consonância com a legislação ambiental, que respeitem aspectos paisagísticos e apliquem medidas compensatórias de impactos ambientais não mitigáveis.

Ainda, as indicações de atividades aqui definidas, em consonância com as diretrizes do desenvolvimento sustentável, permitem os usos desde que estes ocorram em harmonia e suas funcionalidades sejam complementares, objetivando sempre a viabilidade econômica, a justiça social e as práticas ambientais corretas.

8. CONCLUSÕES

O Rio Pacoti situa-se numa região onde encontra-se um dos maiores cordões de dunas móveis e fixas do Brasil. Tais feições revelam, através da análise da pesquisa, que a evolução morfológica da desembocadura deste rio está subordinada a seus processos de mobilidade e ocupação.

É um dos principais vertedouros hídricos para abastecimento da região metropolitana de Fortaleza, sendo barrando por dois açudes, o primeiro deles é o Acarape do Meio, construído em 1924 e o segundo, construído em 1981 é o Açude Pacoti. Atualmente é um rio bastante assoreado, com muitos bancos de areia e rasas profundidades, tendo em média 1,5 m de profundidade com alguns pontos superiores a 5 m.

Sob a ótica de uma análise morfológica dos seus sistemas ambientais ao longo de 51 anos, verificou-se diferentes níveis de ocupação antrópica, onde os diferentes tipos de usos da bacia hidrográfica possuem relação direta com o crescimento da cidade de Fortaleza. As unidades mapeadas como manguezal, bancos de areia, antropização e dunas semi-fixas apresentaram crescimento de área espacial, enquanto que as dunas móveis, apicuns e áreas de tabuleiro foram sendo diminuídos.

A análise colerrelativa a longo dos anos de monitoramento revelou que existem ligações entre os ambientes sendo a evolução inversamente proporcional para área do spit x pluviometria, mangue x apicum, dunas móveis x antropização, dunas móveis x dunas fixas. Isto revela que ao longo dos anos os apicuns foram sendo povoados por manguezais; as dunas móveis foram sendo fixadas e/ou passaram por processos de ocupação. Dentre os sistemas analisados pontuam-se como melhores padrões de correlação a taxa de erosão da linha de costa x pluviometria ($R^2 = 0,9$); pluviometria x largura da foz ($R^2 = 0,74$) e antropização x dunas móveis ($R^2 = 0,77$).

Até a década de 70, os usos no interior do estuário estavam ligados a agricultura e a atividade salineira; a partir da mesma década, é notório o surgimento dos primeiros aparatos da atividade turística. Tal atividade vem crescendo ao longo

dos anos e coloca este litoral como área de expansão urbana da cidade de Fortaleza com a intensa construção de condomínios.

Os decretos da SEMACE que instituem a APA do Rio Pacoti e o Corredor Ecológico do Rio Pacoti, reiteram e corroboram com o fim das atividades de salinas, que permitiram a recuperação da área de manguezal.

Sob uma ótica de análise em micro escala, ao longo dos meses de março de 2011 a março de 2012 avaliaram-se os aspectos morfológicos da desembocadura do Rio Pacoti e das praias da Cofeco e Porto das Dunas, onde os perfis topográficos para os meses de inverno e entrada de *swell* foram mais erosivos em todos os pontos monitorados. O ponto 3, na Cofeco, que está mais próximo da desembocadura do rio sofreu grandes perdas de sedimento nos meses de maior vazão e deposição de uma estrutura deposicional de granulometria grossa nos meses de estio. Tal estrutura tem formato de esporão perpendicular a costa com curvatura na ponta no sentido a deriva litorânea. Quanto ao balanço de sedimentos, os pontos 1, 2 e 4 apresentaram balanço positivo nos meses que seguiram os período chuvoso, enquanto o ponto 3, apresentou perdas durante todo o período chuvoso e por alguns meses do período de estio.

Desta forma conclui-se que o Rio Pacoti exerce efeito de molhe hidráulico sobre o ponto 3 ao longo do ano, sendo o mais erodido e de maior energia ao longo do período monitorado. O ponto 2, por sua vez recupera sedimentos em menor escala que o ponto 1, porém, apresenta-se erosivo e novembro, quando no ponto 3 consolida-se a feição e flecha perpendicular à praia.

No ponto 4, localizado no Porto das Dunas, a dinâmica eólica prevaleceu e sua dinâmica está subordinada aos efeitos do clima oceanográfico e à sazonalidade dos regimes de ventos, ondas e chuvas.

Para fins de gestão, os sistemas ambientais foram elecandos e classificados em três graus de vulnerabilidade: 1) Ambientes Estáveis de Ecodinâmica estável – afloramentos da suíte magmática messejana; 2) Ambientes Medianamente Estáveis de ecodinâmica estável: Áreas fitoestabilizadas dos tabuleiros pré-litorâneos; 3) Ambientes Frágeis de ecodinâmica fortemente instável –

classificam-se aqui as dunas semi-fixas, faixa de praia, planície fluviomarinha e demais áreas de preservação permanente (APP).

Através da análise integrada dos sistemas de vulnerabilidade e dos correspondentes ambientais de cada sistema, foram definidas as seguintes zonas: 1) Zona de Uso Sustentável dos Tabuleiros e afloramentos fonólitos (ZUStf); 2) Zona Oficial de Proteção dos Manguezais (ZOPm); 3) Zona Oficial de Proteção das Dunas (ZOPd); 4) Zona de Proteção Ambiental da Faixa de Praia (ZPAfp) e 5) Zona de Conservação Prioritária (ZCP). Cada zona apresenta-se como unidade de intervenção dentro das suas potencialidades.

Propõe-se, a partir de tal, formas de uso sob fatores de susceptibilidade associado a expansão urbanas nessas áreas, harmonizando atividades de fator econômico com práticas ambientais corretas, buscando o desenvolvimento sustentável. Nesse sentido, elencaram-se as seguintes indicações de uso: 1) Área de Expansão Urbana; 2) Cone Vulcânico do Caruru; 3) Área de Interesse Geológico; 4) Ecoturismo; 5) Vista panorâmica; 6) Unidades de Conservação; 7) Prática de Esporte Náutico a Vela; 8) Prática de Surf; 9) Passeios de Barco; 10) Área de Banho; 11) Área de Infra-Estrutura Turística.

A aplicação de práticas sustentáveis no estuário do Rio Pacoti permitirá a manutenção do seu potencial paisagístico e manterá o sistema que é naturalmente susceptível a eventos torrenciais em melhor estado de resiliência e de recuperação natural.

Dessa forma, a necessidade do cumprimento efetivo das políticas ambientais já instituídas alinhada ao uso sustentável regido por políticas públicas eficientes contribuirão para a manutenção do ecossistema e do potencial paisagístico da área, podendo diversificar a atividade turística, fortalecendo comunidades locais e movimentando a economia de forma socialmente justa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ACKOFF, Russell. Planejamento Empresarial. Trad. Marco Túlio de Freitas. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979.

ANDRADE, Rony Iglecio Leite de. Dinâmicas e Conflitos na Zona Costeira de Aquiraz: Porto das Dunas e Prainha em Análise. (Dissertação de Mestrado). UECE, 2008.

ANGULO, R. J.; SOUZA, M. C.; MULLER, M. E. 2009. Previsão e consequências da abertura de uma nova barra no Mar do Ararapira, Paraná – São Paulo, Brasil. Quaternary and Environmental Geosciences. 01(2): 67-75.

ANGULO, R.J. 1995. Feições Depositionais associadas às desembocaduras dos complexos estuarinos da costa paranaense. In: ABEQUA, Congr. Assoc. Bras. Est. Quat., 5, Niterói, RJ, Resumos Expandidos, 58-64.

AQUASIS. 2003. A zona costeira do Ceará: Diagnóstico para a gestão integrada. Fortaleza. Gráfica e Editora Pouchain Ramos.

BERTALANFFY, L. V. Teoria Geral dos Sistemas. Vozes, 1977.

BITTENCOURT A.C.S.P, MARTIN L., DOMINGUEZ J.M.L, SILVA I.R., SOUSA D.L. 2002. A Significant Longshore Transport Divergence Zone at the Northeastern Brazilian Coast: Implications on Coastal Quaternary Evolution. An. Acad. Bras. Ciências, 74:505-518.

BITTENCOURT, A.C.S.P; MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J.M.L.; SILVA, I.R.; SOUSA, D.L. 2002. A significant longshore transport divergence zone at the Northeastern Brazilian coast: implications on coastal Quaternary evolution. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 74(3): 505-518.

BOON, J.D., III and Byrne, R.J., 1981. On basin hypsometry and the morphodynamic response of coastal inlet systems. Mar. Geol., 40: 27-48.

BOWEN, A. J. & INMAN, D. L.. bUDGET OF LITTORAL SANDS IN THE vicinity of Point Aguello, California, U.S. Army Coastal Engineering Research Center Tech. Memo. 1966

BRANDÃO, R. L. 1995. Diagnóstico geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da Região Metropolitana de Fortaleza. Fortaleza: CPRM.

CALLIARI, L. J.; TOZZI, H. A. M. & KLEIN, A. H. F., 1996. Erosão associada a marés meteorológicas na costa sul-rio-grandense (COMEMIR/OSNLR). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39O. Anais... Salvador: SBG, v. 4, p. 430-434.

CALLIARI, L. R. Pereira, P.S.; Oliveira, A. O. de; Figueiredo, S. A. Variabilidade das Dunas Frontais no Litoral Norte e Médio do Rio Grande do Sul, Brasil. GRAVEL, n° 3, Porto Alegre. 15-30 p. 2005.

CAMERON, W. M. & PRITCHARD, D. W. 1963. Estuaries. In: Hill, M.N. (ed.) The Sea. Ideas and Observations on Progress in the Study of the Seas. New York.

CAPRA, Fritjof. O ponto de mutação. São Paulo: Edgard Blücher, 1982. 447p.

CASSIANO, Gabriela Freire; SIEGLE, Eduardo. Migração Lateral da Desembocadura do Rio Itapocú, SC, Brasil: Evolução Morfológica e Condicionantes Físicas. Revista Brasileira de Geofísica (2010) 28(4): 537-549.

CHAYA, M. The Ecology of Dams. Disponível em <http://chamisa.freeshell.org/dam.htm>, 2012.

CHRISTOFOLETTI, Antônio Modelagem de sistemas ambientais. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.236p.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. Análise de sistemas em geografia: introdução. São Paulo: Hucitec-Edusp, 1979. 106p.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. Complexidade e auto-organização aplicadas em estudos sobre paisagens morfológicas fluviais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 7., 1997, Curitiba. Anais...Paraná: Universidade Federal do Paraná, 1997. p. 9-19.

CONTI, José Bueno. Epistemologia, Métodos e Técnicas em Geografia/Climatologia In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 7., 1997, Curitiba. Anais... Paraná: Universidade Federal do Paraná, 1997. p. 20-23.

CPTEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos) – INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), <http://www.cptec.inpe.br/>, acessado em março de 2012.

CRISPIM, Andrea Bezerra. Sistemas Ambientais E Vulnerabilidades Ao Uso Da Terra No Vale Do Rio Pacoti - Ce: Subsídios Ao Ordenamento Territorial. (Dissertação de Mestrado). UECE, 2011.

DEAN, R. G. Terminal Structures at Ends of Litoral Systems. Journal of Coastal Research 18: 195-211, CERF, Flórida., 1993.

DIAS, C. B. 2005. Dynamics of the estuarine system Timonha/Ubatuba and its environmental implications, Fortaleza, Ceará: Federal University of Ceará, dissertation, 145p.

DYER, K. R. 1973. Estuaries, a physical introduction. London, John Wiley & Sons. 140 p

DYER, K. R., 1972. Sedimentation in estuaries. In: Barnes, R. S. R., and Green, J. (eds.), The Estuarine Environment. Applied Science Publ., London, pp. 10-32.

DYER, K. R.; HUNTLEY, D.A. The origin, classification and modeling of sand banks and ridges. Continental Shelf Research, Vol 19, p. 1285-1330, 1999.

DYER, K.R., 1997, Estuaries. A Physical Introduction. 2 ed. Chichester, England, John Wiley & Sons.

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

FALCÃO, Tatiana Oliveira ; MORAIS, J.O. ; PINHEIRO, L. S. . Morphodynamics of the Curu Estuary Inlet-Brazil. Journal of Coastal Research, v. 64, p. 805-808, 2011.

FRAZÃO, Eugenio Pires. Caracterização Hidrodinâmica e Morfosedimentar do estuário Potengi e áreas adjacentes: Subsídios para controle e recuperação ambiental no caso de derrame de hidrocarbonetos. (Dissertação de Mestrado). UFRN, 2003.

FRIHY, O.E. (1988) "Nile Delta shoreline changes: aerial photographic study of a 28-year period." Journal of Coastal Research, Vol. 4, Nº 4, pp. 597-606.

GORAYEB, Adryane ; GOMES, R.B ; SOUZA, M. J. N. ; ROSA, Morsyleide Freitas ; FIGUEIREDO, M. C. B. . Aspectos Ambientais e Qualidade das Águas Superficiais na Bacia Hidrográfica do Rio Curu - Ceará - Brasil. HOLOS Environment (Online), v. 7, p. 105-122, 2007.

HALL, A. D. & FAGEN, R. E. Definition of systems, General Systems Yearbook, 1: 18 – 26. 1976.

HARDEN, Blaine. A River Lost: The Life and Death of the Columbia. W. W. Norton & Company, 1997.

HUMBORG, Cristoph; ITTEKKOT, Venugopalan; COCIASU, Adriana; Von BODUGEN, Bodo. Effect of Danube River dam on Black Sea biogeochemistry and ecosystem structure. Nature Magazine, vol. 386, 384-388 p. 1997.

IPPEN, A.P., HARLEMAN, D.R.F, 1966, "Tidal Dynamics in Estuaries". In: Ippen, A.P. (ed), Estuary of Coastline Hydrodynamics, chapter 10, New York, USA, Mc Graw Hill Book.

KJERFVE, B. Estuarine Geomorphology and Physical Oceanography. In Day, J.W.Jr. et al (eds). Estuarine Ecology. New York: JOHN WILLEY; SONS, 1989.

KOMAR, D. P. Beach processes and sedimentation: the latest scientific research in the study of physical processes of beaches and resulting sedimentary deposits. New Jersey: Prentice Hall Ed. 1976.

KOMAR, P. D Tidal inlet process and morphology related to the transport of sediments. Journal of Coastal Research, SI 23, p. 23-45, 1996

KOMAR, P. D. Coastal erosion – underlying factors and human impacts. Shore & Beach, v. 68, n.1, p. 3-16, 2000.

LACERDA, L. D., MENEZES, M.O.T. & MOLISANI, M.M. Changes in mangrove extension at the Pacoti River estuary, CE, NE Brazil due to regional environmental changes between 1958 and 2004. Biota Neotrop. Sep/Dez 2007 vol. 7, no. 3.

LARSONNEUR, C. 1977. La cartographie des dépôts meubles sur le plateau continental français: méthode mise au point et utilisée en Manche. Journal Redi oceanog, 2:34-39;

LEATHERMAN, S. 1983. Shoreline mapping: a comparison of techniques: Shore and Beach, 51:28-33.

LEFF, Enrique - A Complexidade Ambiental. São Paulo: Cortez Editora, 342p., São Paulo, SP, Brasil, 2003.

LELIS, Renato José Furigo. Variabilidade da Linha de Costa Oceânica Adjacente às principais desembocaduras do Rio Grande do Sul. (Monografia de Graduação). FURG. Universidade Federal do Rio Grande, 2003.

LÖWY, M. As aventuras de Karl Marx contra o barão Münchhausen. São Paulo: Busca Vida, 1987.

MAIA, L.P. et. al. (2005). Mapeamento das Unidades Geoambientais da Zona costeira do Estado do Ceará. Instituto de Ciências do Mar (Labomar/UFC). Programa de Zoneamento Ecológico - Econômico (ZEE) do Estado do Ceará, Fortaleza, Ceará. 226p.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M. As flutuações de nível do mar durante o Quaternário superior e a evolução geológica de "deltas brasileiros". Boletim IG-USP. Publicação especial 15. São Paulo. USP. 186p. 1993.

McCULLY, Patrick. *Silented Rivers: The Ecology and Politics of Large Dams*. Zed Books; Enlarged & Updated edition., 2001.

MEDEIROS, C & Kjerfve, B. 1993. Hydrology of the estuarine system: Itamaracá, Brazil. *Estuar.coast. ShelfSci.*, 36:495-515.

MEIRELES, A. J. A. 2008. Impactos ambientais decorrentes da ocupação de áreas reguladoras do aporte de areia: A planície costeira da Caponga, litoral leste cearense. *Revue Franco-Brésilienne de Géographie*, n. 2. Confins.

MEIRELES, A. J. A.; ARRUDA, M. G. C; GORAYEB, A.; THIERS, P. R. L. Integração dos Indicadores Geoambientais de Flutuações do Nível Relativo do Mar e de Mudanças Climáticas no Litoral Cearense. *Mercator - Revista de Geografia da UFC*, ano 04, número 08, 109-134 p. 2005.

MENEZES, João Thadeu de. *Balanço de Sedimentos Arenosos da Enseada de Balneário Camburiú-SC*. (Tese de Doutorado). UFRGS, 2008.

MIHALI, Paola; ÂNGULO, Rodolfo José. Dinâmica da Desembocadura do Corpo Lagunar do Arapirã. *Revista Brasileira de Geociências*. Vol. 32 32(2):217-222, junho de 2002.

MIRANDA, L. B. de & Castro, B. M. de 1996. On the salt transport in the Mar de Cananéia during a spring tide experiment. *Rev. bras. oceanography.*, 44(2): 123-133.

MIRANDA, L. B., and B. M. Castro, 2002: *Princípios de Oceanografia Física de Estuários*. Editora da USP, 424p.

MOLISANI, M.M., CRUZ, A.L.C. & MAIA, L.P. 2006. Estimativa da descarga fluvial para os estuários do Estado do Ceará, Brasil. *Arq. Ciênc. Mar* 39:53-60.

MORAIS, J. O. ; SOUZA, M. J. N. . Contribuição ao Estudo Geomorfológico-Sedimentológico do Litoral de Beberibe-Ce. *Arquivos de Ciências do Mar, Fortaleza*, v. 15, 1975.

MORAIS, J. O. 1996. Processos e impactos ambientais em zonas costeiras. *Revista de Geologia da UFC, Fortaleza-CE*, v. 9, p. 191-242.

MORAIS, J.O. & Pinheiro, L.S. (2000) - Evolução a curto e médio prazo da zona costeira adjacente à foz do Rio Jaguaribe-Ceará. *Revista de Ciências e Tecnologia da UECE*, 2(2):69-77. Fortaleza, CE, Brasil. (ISSN:1516-9758).

MORAIS, J.O. ; PINHEIRO, L. S. ; CAVALCANTE, A. A. ; PAULA, Davis Pereira de ; SILVA, R. L. . Erosão Costeira em Praias Adjacentes às Desembocaduras Fluviais: O caso de Pontal de Maceió, Ceará, Brasil. *Gerenciamento Costeiro Integrado*, v. 8, p. 61-76, 2008.

MORAIS, J.O. ; PITOMBEIRA, E. S. . Processos Migratorios Na Embocadura do Rio Maceiozinho (Fortaleza-Ceara-Brasil). Arquivos de Ciências do Mar, FORTALEZA, v. 32, n. 27, p. 1-9, 1974.

MORAIS, J.O., PAULA, D.P. & PINHEIRO, L.S. (2006) - Influência dos Processos Estuarinos do Rio Jaguaribe na Variação da Linha de Costa da Praia de Pontal de Maceió – Ceará - Brasil. Anais do VI SINAGEO – VI Simpósio Nacional de Geomorfologia, 10 p., Goiânia, GO, Brasil.

MORAIS, J.O., PINHEIRO, L.S. & CAVALCANTE, A.A. (2002) - Dinâmica Costeira. In: Elias, D. (org.), O Novo Espaço da Produção Globalizada: O Baixo Jaguaribe – CE, 1:119-159, FUNECE, Fortaleza, CE, Brasil. (ISBN: 8587203142)

MORIN, E & KERN, A.B. Terra Pátria. Porto Alegre, Sulina: 2003.

MORIN, Edgar - O método. Vol.1: A natureza da natureza. Editora Sulina, 479p., Porto Alegre, RS, Brasil, 2002.

MORIN, Edgar. - Introdução ao pensamento complexo. 4ª ed., Instituto Piaget, 177p., Lisboa, Portugal., 2003.

MORTON, R. A. Gulf Shoreline movement between Sabine Pass and the Brazos River, Texas: 1974 to 1996. Geological Circular, 97 (3): 1-27. Universidade do Texas. Austin, Texas., EUA. 1997.

MOURA, M. R.; MORAIS, J. O. de. Análise do balanço sedimentar da faixa de praia do litoral oeste de Aquiraz, Ceará. Revista de Geologia, Vol. 24, nº 2, 187 - 198 , Fortaleza, 2011.

MOURA, Marisa Ribeiro. Processos costeiros e evolução da ocupação nas praias do litoral oeste de Aquiraz, Ceará entre 1970-2008. (Dissertação de Mestrado). Mestrado Acadêmico em Geografia, UECE, 2009.

MUEHE D. Critérios Morfodinâmicos para o Estabelecimento de Limites da Orla Costeira para fins de Gerenciamento. Rev. Brasileira de Geomorfologia, 2(1):35-44., 2001.

MUEHE, D., 1998. O litoral brasileiro e sua compartimentação. Em Geomorfologia do Brasil (orgs.) Cunha, S.B., Guerra, A.J.T., Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 273-349.

PEREIRA, A.P; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. 2002. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Lavras: Agropecuária, 478p;

PERILLO, G.M.E., Angeles G.R., Piccolo C.1999. Argentina Coast Vulnerability Assessment Built Around GIS. ArcNews on line, fall 99.

- PIANCA, C. 2009. Dinâmica de Bancos e Pontais Arenosos associados à desembocadura do do estuário de Caravelas, BA. Dissertação de Mestrado, USP/ São Paulo.
- PIANCA, C.; P.L.F. MAZZINI & SIEGLE, E., 2010. Brazilian Offshore Wave Climate Based on NWW3 Reanalysis. *Brazilian Journal of Oceanography*, 58(1): 53-70.
- PINHEIRO, L. S. ; MEDEIROS, Carmen ; MORAIS, J.O. . Erosive processes monitoring linked to the estuarine evolution systems nearby Aguas Belas, Cascavel, Ceará, Brazil. *Journal of Coastal Research*, Itajaí, v. 39, n. 1, p. 1403-1406, 2006.
- PINHEIRO, L. S. ; MORAIS, J.O. ; ROCHA, G. H. M. ; OLIVEIRA, M. M. N. Impactos de Barramentos na Morfodinâmica da Foz do Rio Malcozinhado, Cascavel- Ceará - Brasil.. In: VII Simposio Nacional de Geomorfologia e II Encontro Latino-Americano de Geomorfologia, 2008, Belo Horizonte. *Dinâmica e Diversidade da Paisagem*. Belo Horizonte : UFMG, 2008. v. 1. p. 1-10.
- PINHEIRO, L. S. 2003. Riscos e Impactos Ambientais no Estuário do Rio Malcozinhado, Cascavel-CE. Tese (Doutorado em Oceanografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- PINHEIRO, L. S.; MORAIS, J.O. ; CAVALCANTE, A. A.; PAULA, D. P.; SILVA, R. L. 2008. Erosão costeira em praias adjacentes às desembocaduras fluviais: O caso de Pontal de Maceió, Ceará, Brasil. *Gerenciamento Costeiro Integrado*, v. 8, p. 61-76.
- PINHEIRO, Lidriana de Souza ; MORAIS, J.O. . Interferências de barramentos no regime hidrológico do estuário do rio Catú-Ceará-Nordeste do Brasil. *Sociedade & natureza (UFU. Online)*, v. 22, p. 237-250, 2010.
- QUEIROZ, P.H.B, Planejamento Ambiental Aplicado a um Setor da Bacia Hidrográfica do Rio Pacoti – CE. (Dissertação de Mestrado). UFC, 2010.
- ROSATI, J. D. Concets in sediment budgets. *Journal of Coastal Research*, Coastal Education and Research Foundation, Inc. Vol. 21, N° 2. pp 307-322
- SCHWARZ, A. M. 2003. Spreading mangroves: a New Zealand phenomenon or a global trend? *Water & Atmosphere*, 11(1):8-10
- SHEPARD, FD. 1954. Nomenclature based on sand silt clay rations. *J. of Sed. Petr.*, 24 (3): 151-158;
- SIEGLE, E. - Morfodinâmica da Desembocadura do Rio Camboriú, Balneário Camboriú. Dissertação de Mestrado, 137p., UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), Porto Alegre, RS, Brasil, 1999.

SIEGLE, E.; HUNTLEY, D.A.; DAVIDSON, M.A.. Combining video imaging and numerical modelling for the extraction of intertidal morphology. *Journal of Coastal Research*, v. SI39, p. 478-482, 2006.

SIEGLE, E.; SCHETTINI, C.A.F. Migração Lateral de Desembocaduras: Balanço Entederiva Litorânea e Orientação do Canal. In: *Anais do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia*. Goiania, 2006.

SILVA, I.R., Bitencourt, A.C.S.P., Dominguez, J.M.L.& Melo, S.B.S. (2003) - Uma contribuição a gestão ambiental da costa do descobrimento (litoral sul do Estado da Bahia): Avaliação da qualidade recreacional das praias. *Geografia*, 28(3):397-414, AGETEO - Associação de Geografia Teorética, Rio Claro, SP, Brasil

SILVEIRA, I. C. A., A. C. K. Schmidt, E. J. D. CAMPOS, S. S. GODOY, & Y. IKEDA, 2000: A corrente do Brasil ao largo da costa leste brasileira. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 48(2), 171–183.

SILVEIRA, I. C. A., L. B. MIRANDA, & W. S. BROWN, 1994: On the origins of the North Brazil Current. *Journal of Geophysical Research-Oceans*, 99(C11), 22.501 – 22.512.

SOTCHAVA, V. B. O estudo de geossistemas. São Paulo: IGEOG/USP, 1977.

SOUZA C.R.G., SUGUIO K., Oliveira A.M.S., OLIVEIRA, P.E. (orgs.) *Quaternário do Brasil*. São Paulo, Ed. Holos, 382 p., 2005.

SOUZA, Celia Regina de Gouveia. 2005. *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto: Holos

SOUZA, Célia Regina de Gouveia; HIRUMA, S. T.; SALLUM, A. E. M.; RIBEIRO, R. R.; SOBRINHO, J. M. A. Restinga: Conceitos e empregos do termo no Brasil e implicações na legislação ambiental. 2008, 1ª Ed. São Paulo, Instituto Geológico/USP.

SOUZA, M. C. ; ANGULO, Rodolfo José ; ASSINE, Mario Luis ; SOUZA, M. C. . Evolução das barreiras holocênicas paranaenses, sul do Brasil. In: *X Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário*, 2005, Guarapari. Resumos expandidos. Guarapari: Abequa, 2005. v. 1. p. 1-5.

SOUZA, M. J. N. . Contribuição ao Estudo das Unidades Morfo-Estruturais do Ceará. *Revista de Geologia (Fortaleza)*, Fortaleza, v. 1, 1988.

SOUZA, M. J. N. . Diagnóstico Geoambiental: Unidades Geoambietais.. In: Alberto Alves Campos... [et al.]. (Org.). *A Zona Costeira do Ceará*. Fortaleza: AQUASIS / FNMA, 2003

SOUZA, M. J. N. . O Litoral Leste do Estado do Ceará: potencialidades e limitações de uso dos recursos naturais das unidades geoambientais. In: Zenilde Baima Amora. (Org.). O Ceará: enfoques geográficos. 1 ed. Fortaleza: FUNECE, 1999, v. , p. 11-24

SOUZA, M. J. N. . Panorama da Degradação Ambiental, Desertificação e Entraves ao Desenvolvimento Sustentável do Ceará. In: PINHEIRO, Daniel R. de Carvalho. (Org.). Desenvolvimento Sustentável: Desafios e Discussões. 1 ed. Fortaleza: ABC Editora, 2006, v. 1, p. 35-56.

SOUZA, M. J. N. ; MORAIS, Jader Onofre de ; LIMA, L. C. . Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará. Fortaleza: Fortaleza, 2000. 268 p.

SOUZA, M. J. N. Compartimentação Geoambiental do Ceará. In: José Borzachiello; Tércia Cavalcante; Eustógio Dantas. (Org.). Ceará: Um novo Olhar Geográfico. 1 ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005, v. 01, p. 127-140.

SOUZA, M. J. N. Compartimentação Topográfica do Estado do Ceará. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 9, 1979.

STAFFORD, D. B. 1971. An Aerial Photographic Technique for Beach Erosion Surveys in North Carolina. Technical Memorandum 36. Coastal Engineering Research Center, 115p.

STEWART, R. H, 2002: Introduction to Physical Oceanography. Texas A & M University, 350p.

SUGUIO, K e Tessler,M.G. - Planícies de Cordões Litorâneos Quaternários do Brasil: Origem e Nomenclatura - Simppósio sobre Restingas Brasileiras – Anais. Universidade Federal Fluminense – Niterói – RJ.1984

SUGUIO, K. 2003. Tópicos de geociências para o desenvolvimento sustentável: As regiões litorâneas. Revista do Instituto de Geociências – USP. Série didática, v. 2, n. 1, São Paulo.

SUGUIO, K. Geologia Sedimentar. São Paulo: Edgard Blucher, 2003.

SUGUIO, K. Introdução à Sedimentologia. São Paulo: Edgard Blucher, 1973.

SUGUIO. K.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E. Quartenário do Brasil. 2005. Cap. 8. p. 153-173.

TESSLER, M. G.; MAHIQUES, M. M. Utilization of Coastal Geomorphic Features as Indication of Longshore Transport: Examples of Southern Coastal Region of the State of São Paulo, Brasil. Journal of Coastal Reaserch. Vol. 9, nº 3, p. 823-830, Fort Lauderdale, Florida, 1993.

TESSLER, M. G; GOYA, S. C. 2005. Processos costeiros condicionantes do litoral brasileiro. Revista do Departamento de Geografia. N. 17. P. 11-23.

TOLDO Jr., E. E., Almeida, L. E. S. B., Nicolodi, J. L. & Martins, L. R. 2006. Rio Grande do Sul - Erosão e acreção da zona costeira. Pp. 468-475. In: Muehe, D. (Ed.). Erosão e progradação do litoral brasileiro. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 475 p.

TOLMAN HL. 1999. User manual and system documentation of WAVEWATCH – III version 1.15. NOAA/NWS/NCEP/OMB Technical Note 166, 110 p.

TRICART, Jean. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

VICENTE, Luiz Eduardo; PEREZ FILHO, Archimedes. Abordagem sistêmica e Geografia. Revista Geografia. v. 28, n. 3, set./dez. 2003

VILA-CONCEJO, A., MATIAS, A., FERREIRA, Ó. and DIAS, J.M.A., 2006. Inlet sediment bypassing to a downdrift washover plain. Journal of Coastal Research, SI 39 (Proceedings of the 8th International Coastal Symposium), 401 - 405. Itajaí, SC, Brazil, ISSN 0749-0208.

WRIGHT, L. D. & SHORT, A. D. 1984. Morphodynamics variability of surf zones and beaches: A synthesis. Marine Geology, 56:93-118.

WRIGTH L. D.; THOM. B. G; HIGGIS, R. J. Wave Influences on River-mouth Depositional Process: Examples from Australia and Papua New Guinea. Estuarine and Coastal Marine Science, 263-277p., 1980.

WRIGTH, L.D. & THOM, B.G.. Coastal depositional landforms: a morphodynamic approach. Progress in Physical Geography. 1977.