



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

**EROSÃO COSTEIRA EM PRAIAS ADJACENTES ÀS DESEMBOCADURAS  
FLUVIAIS: O CASO DE PARAJURU, MUNICÍPIO DE BEBERIBE-CE.**

**ANTONIA VLÁDIA SOUSA FONTINELE**

**FORTALEZA – CE  
DEZEMBRO 2013**

**ANTONIA VLÁDIA SOUSA FONTINELE**

**EROSÃO COSTEIRA EM PRAIAS ADJACENTES ÀS DESEMBOCADURAS  
FLUVIAIS: O CASO DE PARAJURU, MUNICÍPIO DE BEBERIBE-CE**

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC apresentada ao Curso de Geologia na Universidade Federal do Ceará como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Geologia, sob a Orientação do Professor Dr. Afonso Rodrigues de Almeida.

**FORTALEZA – CE  
DEZEMBRO 2013**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- F77e Fontinele, Antonia Vlândia Sousa.  
Erosão costeira em praias adjacentes às desembocaduras fluviais: o caso de Parajuru, município de Beberibe-CE. / Antonia Vlândia Sousa Fontinele. – 2013.  
80 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Geologia, Fortaleza, 2013.  
Orientação: Prof. Dr. Afonso Rodrigues de Almeida.
1. Erosão costeira. 2. Desembocadura fluvial. 3. Bancos arenosos. I. Título.

CDD 551

---

**ANTONIA VLÁDIA SOUSA FONTINELE**

**EROSÃO COSTEIRA EM PRAIAS ADJACENTES ÀS DESEMBOCADURAS  
FLUVIAIS: O CASO DE PARAJURU, MUNICÍPIO DE BEBERIBE-CE**

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC apresentada ao Curso de Geologia na Universidade Federal do Ceará como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Geologia, sob a Orientação do Professor Dr. Afonso Rodrigues de Almeida.

Aprovada em: \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Afonso Rodrigues de Almeida (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará-UFC

---

Prof. Dr. Wellington Ferreira da Silva Filho (1º membro)  
Universidade Federal do Ceará-UFC

---

Prof. Dr. Cristiano Magini (2º membro)  
Universidade Federal do Ceará-UFC

A força não vem da vitória. Seus esforços desenvolvem suas forças.  
Quando você enfrenta dificuldades e decide não se entregar, isso é força.

Arnold Schwarzenegge

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida que, até aqui tem me concedido e por mais esta experiência alcançada nesta caminhada;

Ao meu orientador Prof. Dr. Afonso Rodrigues de Almeida pela orientação cuidadosa pelos momentos de discussão, e pelos conselhos e sua paciência durante este trabalho;

Ao meu pai Antonio que não se encontra mais entre nós e minha mãe Zilma pelo amor, educação, caráter, enfim, por tudo que me proporcionaram;

A meu esposo Marcus e meus filhos João e Maria, pela amizade, pelo amor e pela compreensão que eles têm a oferecer;

Aos meus sogros Fátima e Willame, que sempre me ajudaram e incentivaram nos estudos;

Aos meus irmãos, cunhados, tio, sobrinhos e amigos que sempre me deram força e otimismo para a vida;

Aos Professores que compõem o departamento de Geologia e que de alguma forma contribuíram para ampliar meus conhecimentos e incentivo para uma nova vida profissional: Wellington Ferreira, Cesar Martinelli, César Ulisses, Christiano Magini, Clóvis Vaz, Itabaraci Nazareno, Beltrão Sabadia, Otaciel de Oliveira, Tereza Falcão.

Ao secretário Valmir que me ajudou nos momentos de dificuldade nas matrículas e documentos e outros problemas durante o curso;

Aos meus colegas de curso que tiveram paciência de ajudar nas dificuldades e compartilhar conhecimentos;

Ao Joel e Alisson do Laboratório de Geologia que me ajudaram nas análises das amostras;

Aos funcionários do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, em especial ao Mirgom que me ajudou na produção dos mapas.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização do meu trabalho.

## RESUMO

A área de estudo está inserida na região de Parajuru, Município de Beberibe, litoral Leste do Estado do Ceará. Essa região é caracterizada pela intensa ação dos processos costeiros, ocasionando instabilidade morfológica em boa parte da área. O principal objetivo da pesquisa é analisar a erosão costeira, suas causas e consequências. O desenvolvimento do trabalho foi realizado através de aplicação de técnicas cartográficas (fotografias aéreas, imagens de satélites multitemporais). As imagens multitemporais indicam a evolução dos sedimentos nos anos de 1975, 1987, 2007 e 2010, mostrando a formação do banco de areia e a dinâmica da migração da desembocadura do rio Pirangi. Dentre as causas observadas destacam-se a diminuição da descarga fluvial e consequente aumento do transporte de sedimentos pela deriva litorânea, formando uma barra arenosa em frente o canal impedindo sua desembocadura sendo deslocados alguns quilômetros de sua posição original. No estudo buscou-se realizar o levantamento da caracterização geoambiental das condições físicas da área, também foi realizada análise de minerais pesados através do microscópio eletrônico de varredura (MVE) juntamente com o detector de energia dispersiva (EDS) e análise de difração de raios x em argila. Os resultados evidenciam um forte caráter erosivo a oeste da desembocadura do rio o que ocasionou a destruição de barracas, estradas, pousadas e hotéis.

**Palavra-chave:** Erosão costeira, desembocadura fluvial, bancos arenosos.



## ABSTRACT

The study area is within the region of Parajuru, Beberibe County, on the east coast of Ceará State. This region is characterized by the intense action of coastal processes, causing morphological instability in much of the area. The main objective of the research is to analyze coastal erosion, its causes and consequences. The development work was carried out by application of cartographic techniques (aerial photos, multitemporal satellite). The multi-temporal images indicate the evolution of sediments in the years 1975, 1987, 2007 and 2010, showing the formation of the sandbar and the dynamics of migration of river mouth Pirangi. Among the highlights are observed causes the decrease of river discharge and consequent increased transport of sediment by longshore drift, forming a sandy bar across the channel by preventing its mouth being moved a few miles from its original position. In this study we sought to survey the environmental characterization of the physical conditions of the area, was also performed analysis of heavy minerals by scanning electron microscope (SEM) coupled with energy dispersive detector (EDS) and analyzes of x-ray diffraction clay. The results show a strong erosive character west of the mouth of the river which caused the destruction of tents, roads, inns and hotels.

**Keyword:** Coastal erosion, river mouth, sandy banks.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Localização da área de estudo, Parajuru-Beberibe-Ce.....	18
Figuras 2.1 – Amostra de sedimento arenoso e argila.....	21
Figuras 2.2 – Materiais utilizados para preparação das amostras almofariz de porcelana e depois é feito o Peneiramento dos sedimentos.....	22
Figura 2.3 – MEV de bancada TM-3000 da Hitachi High Technologies.....	23
Figura 2.4 - Equipamento de difração de raio x.....	23
Figura 4.1 – Mapa Geológico da Área de estudo, Parajuru-Beberibe-Ce.....	27
Figura 4.2 – Localização do Rio Pirangi.....	29
Figura 4.3 – Perfil praial e suas divisões.....	31
Figura 4.4 – Deposito de paleomangue na zona de estirâncio.....	32
Figura 4.5 – Campo de dunas móveis e dunas fixas.....	33
Figura 4.6 – Deposito de mangue próximo as margens do canal do rio Pirangi. .....	33
Figura 4.7 – Lagoa costeira perene no distrito de Parajuru em Beberibe.....	34
Figura 4.8 – Tabuleiro litorâneo.....	35
Figura 4.9 – Posicionamento da Zona de convergência intertropical-ZCIT.....	36
Figura 4.10 – Gráfico da Precipitação mensal em (mm), para cidade de Fortaleza-Ce (Fonte: INMET, 2012).....	37
Figura 4.11 – Gráfico da Precipitação mensal em (mm), para cidade de Fortaleza-Ce (Fonte: INMET, 2013).....	37
Figura 4.12 – Gráfico da Temperatura média, para cidade de Fortaleza-Ce (Fonte: INMET, 2013).....	38
Figura 4.13 – Gráfico de Insolação, para cidade de Fortaleza-Ce. (Fonte: INMET, 2013).....	39
Figuras 4.14 – Indústria extrativa salineira (marca sosal).....	43

Figura 4.15 – (A) Carcinicultura marinha em cativairo próximo do rio Pirangi. B) Os barcos utilizados para a pesca são atracados na margem do rio Pirangi....	43
Figura 4.16 – Energia Eólica.....	44
Figuras 5.1 – Tipos fisiográficos de estuários. Fonte: Fairbridge (1980) em adaptação de Miranda (2002).....	47
Figura 5.2 – Diagrama de circulação e estratificação. Fonte: Hansen e Rattray (1966).....	50
Figura 6.1 - Fotomicrografia ressaltando a morfologia do cristal de zircão e o seu espectro obtido por MEV/EDS.....	53
Figura 6.2 – Fotomicrografia ressaltando a morfologia do cristal quartzo e o seu espectro obtido por EDS em microscópio eletrônico de varredura.....	54
Figura 6.3 – Fotomicrografia ressaltando a morfologia do cristal feldspato e seu espectro obtido por EDS em microscópio eletrônico de varredura.....	54
Figura 6.4 – Fotomicrografia ressaltando a morfologia do cristal biotita e seu espectro obtido por EDS em microscopio eletrónico de varredura.....	55
Figura 6.5 – Fotomicrografia ressaltando a morfologia do cristal ilmenita e seu espectro obtido por EDS em microscopio eletrônico de varredura em microscopio eletrônico.....	56
Figura 6.6 – Fotomicrografia ressaltando a morfologia do cristal ilmenita e seu espectro obtido por EDS em microscópio eletrônico de varredura.....	56
Figura 6.7 – Fotomicrografia ressaltando a morfologia do cristal muscovita e seu espectro obtido por EDS em microscópio eletrônico de varredura.....	57
Figura 6.8 – Foto micrografia ressaltando a morfologia do cristal hematita e seu espectro obtido por EDS em microscópio eletrônico de varredura.....	58
Figura 6.9 – Fotomicrografia ressaltando a morfologia do cristal quartzo e seu espectro obtido por EDS em microscópio eletrônico de varredura.....	58

Figura 6.10 – Fotomicrografia ressaltando a morfologia do cristal biotita e seu espectro obtido por EDS em microscópio eletrônico de varredura.....	59
Figura 6.11 - Fotomicrografia mostrando a distribuição pontual dos elementos Silício, alumínio, ferro, potássio, titânio, magnésio, sódio e cloro em amostra.....	60
Figura 6.12 - Gráfico da representação do difratograma obtido para o material de argila.....	61
Figuras 7.1 - Desembocadura do rio Aracatimirim e ao lado casa destruída pela ação da erosão costeira na região de Itarema a oeste da desembocadura do rio.....	63
Figuras 7.2 – Desembocadura do rio Ceará e a ocupação das dunas na desembocadura do rio alterando o processo natural da dinâmica costeira no Município de Caucaia. (Aguiar, 2008).....	63
Figura 7.3 – Desembocadura do rio Cocó e erosão a leste na praia de Sabiaguaba e oeste na praia do futuro.....	64
Figuras 7.4 – Desembocadura do rio Pacoti e erosão a oeste na praia de Cofeco e a leste na praia do Porto das dunas.(Fonte Google Earth, 2013).....	64
Figuras 7.5 – Desembocadura do rio choró (Google Earth, 2013) e destruição da praia a oeste da desembocadura do rio na praia de Caponga. (Morais, 2000.).....	65
Figuras 7.6 – A) A erosão resultou na destruição da estrada de acesso ao setor oeste da praia imagem de 2000. B) Construção de barracas no setor oeste da praia imagem de 2013.....	65
Figuras 7.7 – Estruturas formadas pela erosão das ondas nas falésias do Pontal de Maceió.....	66
Figura 7.8 – Imagem de satélite (2010), mostrando a desembocadura do rio Pirangi a evolução da barra arenosa e área de sedimentação e erosão.....	69
Figura 7.9 – Perfil praiado mostrando que na área a cava esta preenchido por sedimentos fazendo com que as ondas avancem a face de praia.....	69
Figura 7.10 – Fotografia aérea da área em estudo no ano de 1975. (Pinheiro, 2003).....	70

Figura 7.11 – Fotografia aérea da área em estudo no ano de 1987. (Pinheiro, 2003).....	71
Figura 7.12 – Imagem de satélite do período histórico da área em estudo do ano de 2007. (Google Earth).....	72
Figura 7.13 – Imagem de satélite da área em estudo do ano de 2010. (Google Earth).....	72
Figura 7.14 – Índice de Risco costeiro em Parajuru.....	73
Figura 7.15 - (A) Barraca do Chico imagem de 2012; B) Destruição da barraca do Chico imagem de 2013; C) Barraca Gamboa imagem de 07/2013; D) Barraca Gamboa destruída em 09/2013; E e F) Atividade para proteção do hotel são empilhados blocos de rocha para conter o impacto das ondas.....	75
Figura 7.16 – Imagens de satélite, mostrando a erosão na área de alto risco na praia indicado nas fotos. ....	76

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Altura máxima e mínima das marés de sizígia e quadratura para o período de 2013 de acordo com a tábua de maré para Fortaleza-Ce.....	47
Tabela 6.1 – Mostra os elementos e as proporções de composição do zircão.....	54
Tabela 6.2 – Mostra os elementos e suas proporções de composição do quartzo.....	54
Tabela 6.3 – Mostra os elementos e suas proporções de composição do feldspato.....	55
Tabela 6.4 – Mostra os elementos e suas proporções de composição da biotita.....	55
Tabela 6.5 – Mostra os elementos e suas proporções de composição da ilmenita.....	56
Tabela 6.6 – Mostra os elementos e suas proporções de composição da ilmenita.....	57
Tabela 6.7 – Mostra os elementos e suas proporções de composição da muscovita.....	57
Tabela 6.8 – Mostra os elementos e suas proporções de composição da hematita.....	58
Tabela 6.9 – Mostra os elementos e suas proporções de composição do quartzo.....	59
Tabela 6.10 – Mostra os elementos e suas proporções de composição da biotita.....	59
Tabela 6.11 - Análise da composição dos minerais.....	61
Tabela 7.1 – Dados quantitativos indicando a evolução da barra arenosa entre os respectivos anos.....	74

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	Apresentação.....	17
1.2	Localizações e vias de acesso.....	18
1.3	Objetivos.....	19
1.3.1	Objetivos específicos.....	19
1.4	Justificativa.....	19
2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
2.1	Revisões Bibliográfica e cartográfica.....	20
2.2	Trabalho em campo.....	21
2.3	Coletas de sedimentos.....	21
2.4	Atividade de Laboratório.....	21
2.5	Análise Microscópio eletrônico de varredura (MEV).....	22
2.6	Difração de raios X.....	23
3	GEOLOGIA REGIONAL.....	24
3.1	Rochas do Embasamento.....	24
3.2	Formação Barreiras.....	24
3.3	Quaternário.....	25
4	CHARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	26
4.1	Geologia Local.....	26
4.2	Solos.....	27
4.3	Vegetação.....	28
4.4	Hidrografia.....	29
4.5	As principais unidades Geoambientais .....	30
4.5.1	Praia.....	30
4.5.2	Campo de Dunas.....	32
4.5.3	Planície flúvio marinha.....	33
4.5.4	Planície lacustre.....	34
4.5.5	Tabuleiro Pré-litorâneo.....	34
4.6	Parâmetros Climáticos.....	35
4.6.1	Zona de Convergência Intertropical – ZCIT.....	35
4.6.2	Pluviosidade.....	36
4.6.3	Temperatura.....	38

4.6.4	Umidade relativa do ar.....	38
4.6.5	Insolação.....	39
4.6.6	Ventos.....	39
4.7	Parâmetros Oceanográficos.....	40
4.7.1	Ondas.....	40
4.7.2	Marés.....	41
4.7.3	Correntes marinhas.....	42
4.8	Aspectos socioeconômicos.....	42
5	ESTUÁRIO DO RIO PIRANGI.....	45
5.1	Classificação do Estuário.....	45
5.1.1	Estuário de vales inundados.....	45
5.1.2	Estuário do tipo Fiord.....	46
5.1.3	Estuário de frente de barra arenosa.....	46
5.1.4	Estuário com origem tectônica.....	46
5.2	Classificação com base na estratificação e salinidade.....	48
5.2.1	Cunha Salina.....	48
5.2.2	Moderadamente ou Parcialmente Misturado.....	48
5.2.3	Verticalmente Bem Misturado.....	48
5.2.4	Lateralmente homogêneo.....	49
5.3	Classificação com base no diagrama Circulação X Estratificação.....	49
5.4	Classificação com base na salinidade.....	50
5.5	Classificação com base na amplitude de maré.....	51
5.6	Classificação com base na sedimentação.....	51
5.7	Classificação do sistema estuarino do Rio Pirangi.....	52
6	SEDIMENTOLOGIA ANALISE DE MINERAIS PESADOS.....	53
6.2	Microscópio eletrônico de varredura ( <b>MEV</b> ), com Espectrômetro de Energia Dispersiva ( <b>EDS</b> ) em sedimento.....	53
6.1	Difração de Raios-X em argila.....	61
7	EROSÃO NA ÁREA DE ESTUDO.....	62
7.1	O caso de Pontal de Maceió.....	65
7.2	Erosão na praia de Parajuru.....	68
8	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	77
9	CONCLUSÕES.....	79



10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
------------------------------------	----

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Apresentação

A zona costeira é uma área em constante transformação por enquadrar-se numa área de transição entre dois domínios distintos, o continente e o oceano, dos quais emanam forças construtivas e destrutivas na procura de um equilíbrio dinâmico.

As principais causas que ocorrem na região costeira estão relacionadas com o desenvolvimento de construção de obras em torno ou na praia, desmatamento, impermeabilização do solo, extração de areia e cascalhos, dragagens e, especificamente no litoral do Ceará, a ocupação das dunas que migram sobre os promontórios em direção as praias. Entretanto, além da influência pontual da intervenção humana sobre a zona costeira, impactos de maior porte como os oriundos dos processos de mudanças climáticas globais vem provocando alterações na atmosfera terrestre. A estas transformações associam-se fortes pressões e modificações no ambiente físico, irreparáveis.

A área de estudo localizado em Beberibe, distrito de Parajuru, está inserida em um trecho crítico, onde os impactos da erosão são acentuados nos episódios de tempestades, refletindo na diminuição do espigão hidráulico, em consequência a desembocadura do rio Pirangi é deslocado alguns quilômetros de sua origem devido a formação de uma barra arenosa transportada por sedimentos pela deriva litorânea.

Sendo assim o presente trabalho buscará fazer uma investigação das causas e consequências desta quebra do equilíbrio dinâmico da zona costeira e do estuário do rio Pirangi.

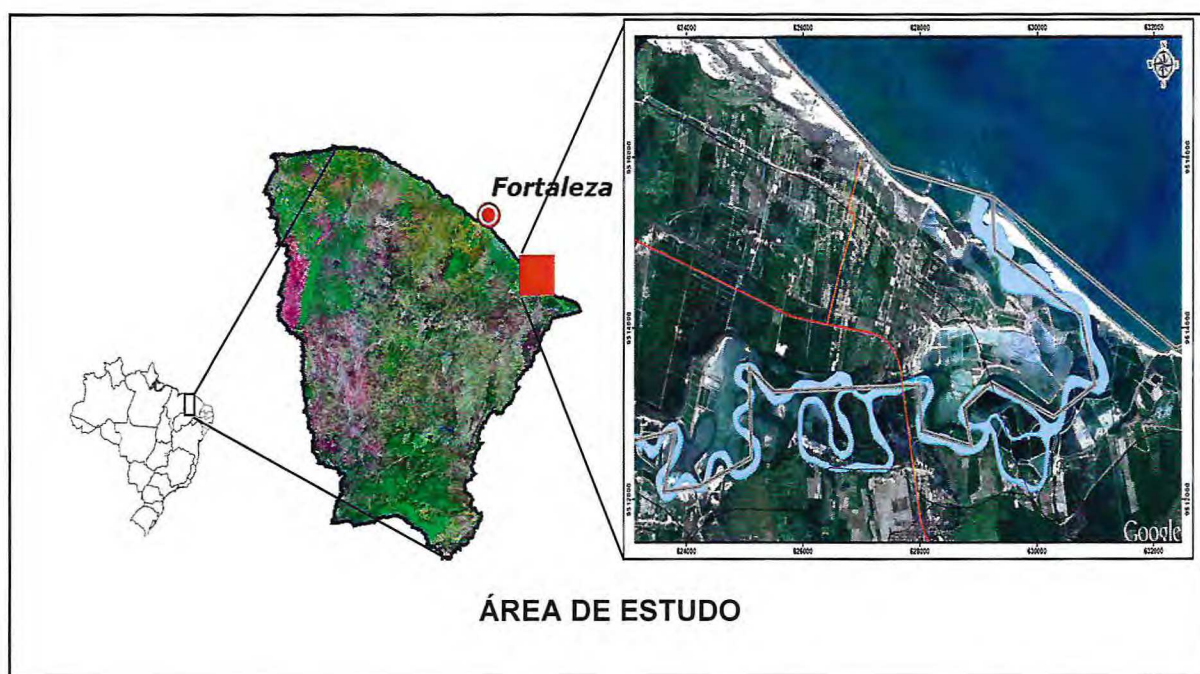
Para isso, este TCC está dividido em nove capítulos, os quais se apresentam da seguinte forma: O segundo capítulo aborda os materiais e métodos, terceiro capítulo descreve a geologia regional e o quarto e quinto capítulos abordam a caracterização geoambiental, mostrando a geologia local, geomorfológico, climatológico e oceanográfico através de dados, tabelas e gráficos e a definição de estuários e a classificação do estuário do rio Pirangi. O sexto capítulo analisa os sedimentos de praia e de argila para a identificação dos minerais pesados pelos métodos do MEV/EDS e difração de raio x. O

sétimo capítulo relata a erosão nas praias do Estado do Ceará o caso do pontal de Maceió e buscará explicar a erosão na praia de Parajuru definindo e analisando a área através de imagens multitemporais e imagens fotográficas. E os últimos capítulos finalizam e concluem o fechamento do trabalho.

## 1.2 Localização e Vias Acesso

A área desta pesquisa localiza-se no município de Beberibe distrito de Parajuru na costa leste do Estado do Ceará, localizada a 90 km de Fortaleza, aproximadamente, e situada em parte dos municípios de Beberibe e Fortim. O acesso à região é feito a partir de Fortaleza, através da CE 040, passando pelos municípios de Eusébio, Aquiraz, Pindoretama, Cascavel e Beberibe, até o distrito de Parajurú. Os limites geográficos da área encontram-se são definidos pelas coordenadas 9517402 e 9511499 de latitude Sul, 622981 e 633029 de longitude oeste (Figura 1).

Figura 1.1 Localização da área de estudo, Parajuru-Beberibe-Ce.



Fonte: Própria.

### **1.3 Objetivo**

Como objetivo geral essa pesquisa consiste em analisar o risco à erosão costeira adjacente à desembocadura fluvial, visando contribuir com conhecimentos e informações necessárias para a compreensão do meio físico em estudo.

#### **1.3.1 Objetivos específicos**

Caracterizar o ambiente físico da área, através de fotografias digitais, fotografias aéreas, mapas cartográficos e imagens de satélite;

Levantar dados meteorológicos (zona de convergência intertropical, pluviometria, temperatura, umidade relativa do ar, insolação e ventos) e oceanográficos (ondas, marés, corrente marinha) da região disponíveis no banco de dados do Departamento Nacional de Meteorologia, atual Instituto Nacional de Meteorologia - INMET;

Definir e caracterizar o estuário do Rio Pirangi, com base em trabalhos anteriores;

Análise de sedimentos de corrente e argila na identificação de minerais pesados para fins econômicos;

Analisar a erosão costeira e o impacto destrutivo na área e em outras praias no Estado do Ceará;

### **1.4 Justificativa**

Tendo em vista o advento dessa atividade surge nesta pesquisa o intuito de gerar subsídios para a preservação do ambiente costeiro a praia, onde certamente será a área mais afetada, as quais transmitirão os prejuízos para a população e o turismo na região.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Revisões Bibliográfica e cartográfica

As atividades desenvolvidas para a elaboração deste trabalho, iniciaram-se com a realização de uma análise de trabalhos anteriores relacionados ao assunto como: teses, dissertações, artigos científicos, livros e relatórios técnicos. A pesquisa também foi realizada em anais e revistas impressos e digitais de alguns congressos *como*: II Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa, IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, II Congresso do Quaternário dos Países de Língua Ibérico, Revista da Gestão costeira Integrada, Revista de Geologia e Arquivos de Ciência do Mar – LABOMAR entre outros. Na internet o site mais utilizado na procura de artigos científicos e assuntos relacionados à temática foi o Google acadêmico.

Outra fonte de pesquisa bastante importante com os sites oficiais, Superintendência Estadual do Meio Ambiente – SEMACE, Fundação Cearense de meteorologia e Recursos Hídrico – FUNCEME, Diretoria de Hidrografia e Navegação – DHN e outros.

A aplicação de técnicas cartográfica foi um processo fundamental para a identificação da área de pesquisa. A análise das imagens, mapas e base cartográfica complementadas com dados coletados em campo permitem a compreensão da base física e a delimitação das unidades geoambientais.

A seleção de materiais utilizados para a confecção dos mapas foi possível analisar:

- Mapa Geológico do Estado do Ceará, na escala de 1:500.000, CPRM 2003, em meio digital;
- Imagem de satélite (Google Earth);
- Fotografias aéreas (PINHEIRO, 2003).

## 2.2. Trabalho em campo

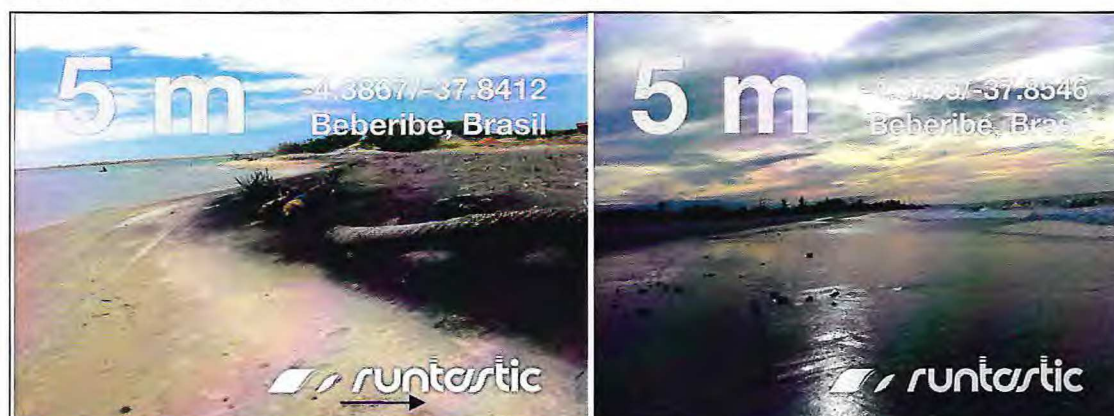
Primeiramente realizamos o registro fotográfico da área através do Aplicativo para Iphone IOS7, Runtastic Altimeter PRO que indica a altitude em relação ao nível do mar, localização e coordenadas em períodos diferentes, para constatar a transformação do ambiente costeiro. Neste período, foram verificados os pontos onde estavam ocorrendo erosão, bem como os pontos de acumulação dos sedimentos.

## 2.3 Coletas de sedimentos

A coleta das amostras na área de estudo foram coletadas expostas na faixa de estirâncio tanto a de sedimento como de argila (Figura 2.1).

Cada amostra possuiu, em média, um quilograma de sedimento, que foi armazenada em sacos plásticos, recebeu etiquetas de identificação e acondicionado em uma caixa, sendo posteriormente analisada em laboratório.

Figuras 2.1 - Amostra de sedimento arenoso e argila.



Fonte: Própria

## 2.4 Atividades de Laboratório

No Laboratório de geotécnica, as amostras foram levadas à estufa em temperatura de 90° para secagem em recipientes devidamente identificados. Em seguida os sedimentos foram desagregados com auxílio almofariz de

porcelana para facilitar o peneiramento. O peneiramento foi realizado em peneiras de abertura de 200 mesh, depois foi retirada 10g para análise no Microscópio eletrônico de varredura e difração de raio x. (Figura 2.2).

Figura 2.2 - Materiais utilizados para preparação das amostras almofariz de porcelana e depois é feito o Peneiramento dos sedimentos.



Fonte: Própria.

## 2.5. Análise Microscópio eletrônico de varredura (MEV)

O microscópio eletrônico de varredura (MEV) utilizado é um equipamento que apresenta profundidade de foco muito superior à dos microscópios óticos comuns. Essa característica, aliada à sua elevada resolução e aumentos que chegam a 30.000 vezes, o princípio do funcionamento do MEV consiste na emissão de feixes de elétrons por um filamento capilar de tungstênio (eletro negativo), mediante a aplicação de uma diferença de potencial que pode variar de 0,5 a 30KV. Essa variação de voltagem permite a variação da aceleração dos elétrons, que provoca o aquecimento dos filamentos. (Hans-Jurgen, 1997). O MEV foi utilizado juntamente com o detector de energia dispersiva (EDS) que permite a microanálise química das fases minerais, e uma identificação mineralógica mais segura. Na metalização, a amostra é recoberta com uma película metálica constituída da liga de ouro, com espessura média de 100 Å, o que a torna superficialmente condutora. As amostras foram analisadas em aumentos variáveis e documentadas fotograficamente. As amostras de sedimentos foram então montadas em suporte apropriado para microscopia, coberto com película condutiva de ouro e levado para observação no microscópio eletrônico de

varredura. Foram observadas as feições de grãos individuais e aglomerados de partículas de diversas feições. Imagens representativas foram tomadas e gravadas em meio digital.

Figura 2.3 - MEV de bancada TM-3000 da Hitachi High Technologies.



Fonte: Google imagens.

## 2.6. Difração de raios X

A identificação da argila foi realizada por difração de raios X (DRX). O DRX foi conduzido em amostras na forma de pó em um equipamento difratômetro de raios X (em operação); Marca: Panalytical; Modelo: Xpert Pro MPD; Operação: 40kV x 45mA; Tubo de Cu LFF (comprimento de onda  $Ka_1=1.540562\text{\AA}$ ,  $Ka_2=1.54439\text{\AA}$ ); Geometria: Monocromador plano de grafite para o feixe difratado; Detector: Pixcel, Panalytical 2nd generation solid-state detection technology; Origem: Holanda (Netherland).

2.4. Equipamento de difração de raios-X.



Fonte: Própria.



### **3 GEOLOGIA REGIONAL**

Muito embora mapas geológicos regionais cite unidades litoestratigráficas Pré-Cambrianas estas não foram observadas na área. Por outro lado, são abundantes as rochas recentes com a ocorrência de rochas de coberturas cenozoicas ora da Formação Barreiras, ora das dunas fixas recobertas por dunas móveis e sedimentos de manguezais (Figura 3.1).

#### **3.1 Rochas do Embasamento**

O embasamento regional esta constituído pelos Complexos Jaguaretama termo utilizado por Gomes et al. (2000) e Ferreira & Santos (2000) para representar uma unidade gnáissica paleoproterozóica aflorante a leste da Faixa Orós. Este complexo é representado por ortognaisses graníticos a granodioríticos acinzentados e gnaisses bandados (por vezes migmatizados), além de lentes/camadas de mármore, rochas calcissilicáticas, quartzitos e anfibolitos/gnaisses anfibolíticos. O Grupo Óros é representado pela Formação Santarém composto por micaxistos diversos, localmente com estreitas intercalações de metamagmatitos ácidos a básicos; quartzitos, localmente feldspáticos ou granadíferos, por vezes associados a metachertes ferríferos e mica-quartzo xistos; filitos, metassiltitos, metacarbonatos e rochas calcissilicáticas / marinho, transicional-lagunar. Rochas do embasamento ocorrem por toda a região logo abaixo dos sedimentos da Formação Barreiras.

#### **3.2 Formação Barreiras**

A Formação Barreiras, com área de ocorrência ao longo da faixa costeira brasileira, sendo pouco detalhadas, sem dúvida, análises mais abrangentes espacialmente, contribuem para um estudo mais integrado das formas de deposição destes depósitos sedimentares no Brasil.

Almeida (1964), que enquadra em seu trabalho a Formação Barreiras sob a denominação de "série Barreiras", os configura como sedimentos de natureza detrítica, com o predomínio de siltes e argilas, associados aos arenitos argilosos, leitos de conglomerados com seixos de quartzo e folhelhos.

A evolução sedimentológica da Formação Barreiras está associada a ciclos erosivos relacionados às oscilações climáticas que teriam predominado no Terciário, originando extensos pediplanos.

De acordo com Bigarella (1975), atribui-se uma idade de Miocênica superior a Pleistocênica para esta unidade. O caráter ambiental é admitido como predominantemente continental, onde os sedimentos foram depositados sob condições de um clima semiárido sujeito a chuvas esporádicas e violentas, formando amplas faixas de leques aluviais coalescentes em sopés de encostas. Durante essa época o nível do mar era mais baixo do que o atual, proporcionando o recobrimento de ampla plataforma (BRANDÃO, 1994).

Os depósitos desta formação distribuem-se ao longo da costa como uma faixa de espessura variável, dispostos a retaguarda dos sedimentos eólicos antigos e atuais; por vezes, afloram na linha de praia, formando as falésias vivas, como as encontradas na praia de Canoa Quebrada, Município de Aracati, litoral leste. Sua espessura também é bastante variável em função do seu relacionamento com a superfície irregular do embasamento, sobre o qual repousa em discordância erosiva angular, aprofundando-se em direção à costa, onde se encontra abaixo dos sedimentos eólicos que constituem as paleodunas (BRANDÃO, 1995).

### **3.3 Quaternário**

A planície costeira do Estado do Ceará está vinculada diretamente com flutuações do nível do mar durante o Quaternário, as quais controlaram a distribuição das areias, a posição e intensidade da deriva litorânea e, como consequência o nível de erosão/deposição e, por último, a disponibilidade de material para a formação dos depósitos eólicos (MEIRELES & MAIA, 1998).

Os depósitos sedimentares continentais e transicionais do Quaternário são caracterizados a partir de variações climáticas e do nível do mar (transgressão e regressão holocênica), evolução tectônica, fraturas, reativação de falhas. Esses depósitos irão delinear as formas litorâneas e sustentar os relevos mais recentes: estuários, falésias, campos de dunas, planícies litorâneas, etc. (SALES; PEULVAST, 2006; MAIA, 1993).

## 4 CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL

### 4.1 Geologia local

A Geologia da área mapeada é constituída por rochas sedimentares e sedimentos inconsolidados que compreende desde o Terceário até o Quaternário.

#### Tércio-Quaternário

##### A) Grupo Barreiras (ENb)

Indiviso formado por arenitos argilosos de tonalidade variegada (amarelada, avermelhada e esverdeada), matriz argilo-caulínica, com cimento argiloso, ferruginoso e, às vezes, silicoso; granulação fina a média, com leitos conglomeráticos e nódulos lateríticos na base (pode-se encontrar, no topo, areias sílticas bem classificadas) / sistema fluvial com esporádicas corridas de lamias.

##### A) Grupo Araripe (K1aa)

Formação Arajara está caracterizada por arenitos finos, às vezes caulínicos, siltitos amarelados e arroxeados, finamente estratificados / lagunar e planície de maré (sistema transicional e marinho raso).

#### Quaternário

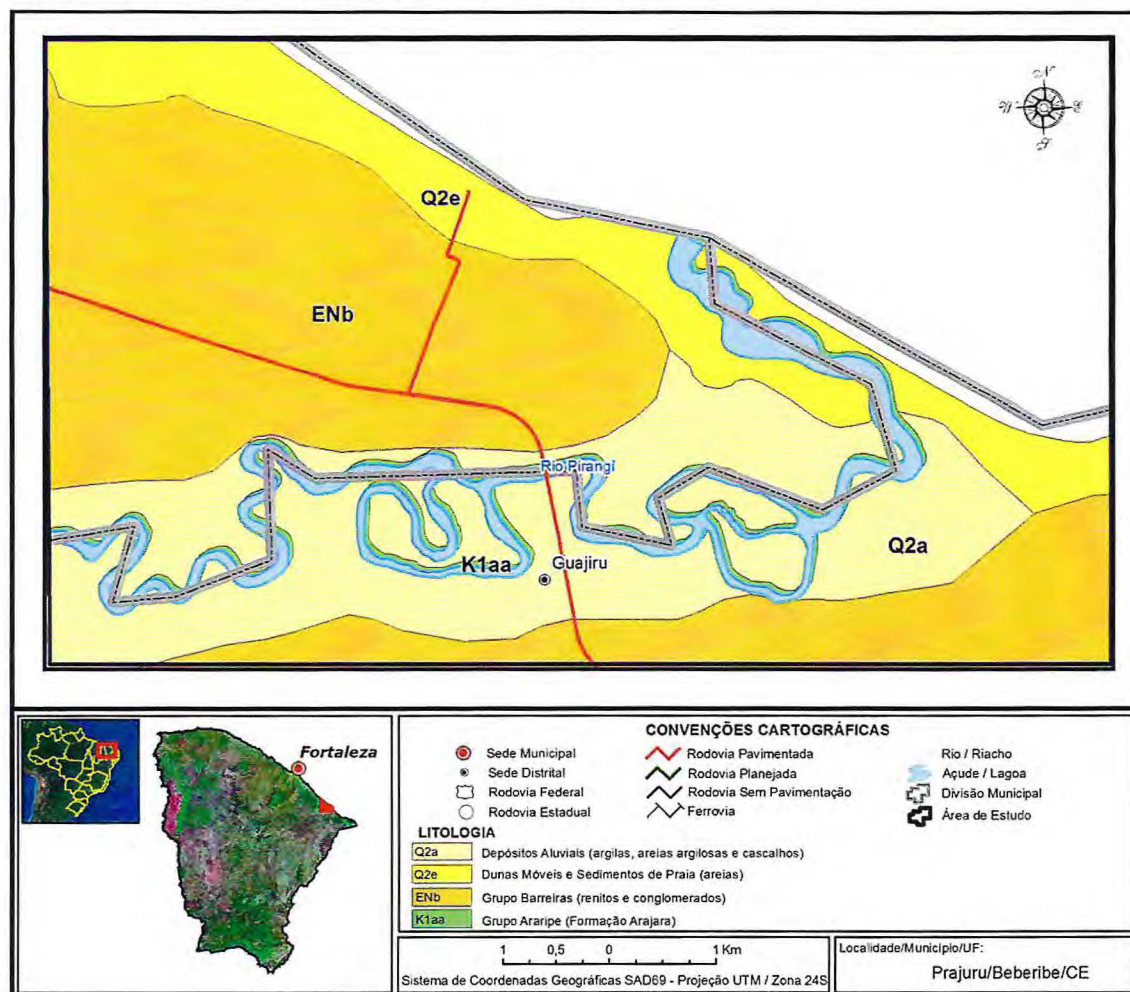
##### A) Dunas móveis e sedimentos de praia (Q2e)

Depósitos eólicos litorâneos 2 (dunas móveis e sedimentos de praia) inclui, localmente, sedimentos fluviomarinhos composta de areias esbranquiçadas, quartzosas, de granulometria variável, bem classificadas, em corpos maciços ou com partes exibindo arranjos estratiformes, onde ocorrem leitos mais escuros com concentrações de minerais pesados (somam-se níveis de cascalhos e outros com marcante estratificação cruzada, além de fácies com fragmentos de matéria orgânica).

##### B) Depósitos aluviais (Q2a)

Estes depósitos são constituídos por argilas, areias argilosas, quartzosas e quartzofeldspáticas, conglomeráticas ou não, cascalhos e argilas orgânicas / fluvial, em parte com influência marinha (Figura 4.1).

Figura 4.1 - Mapa Geológico da Área de estudo, Parajuru-Beberibe-Ce.



Fonte: Própria.

## 4.2 Solos

Os solos da área foram classificados de acordo com a Embrapa (1996), assim descritos:

*Neossolos Quartzarênicos*: Representa a maior parte da área de estudo, sendo constituído de sedimentos arenosos. São solos minerais, hidromórficos ou não, essencialmente quartzozos. Os solos são drenados com horizontes A-C, pouco desenvolvidos e distróficos (baixa fertilidade natural), e ph de 4,5 a 5,5, de forte a pouco ácidos. Engloba esta classe na área de estudo a faixa de praia, dunas móveis e fixas e a área correspondente aos tabuleiros pré-litorâneos.

Os *Gleysolos* compreende solos halomórficos indiscriminados, alagados, que se distribuem nas partes baixas da orla marítima sob influência das marés e com vegetação de mangue.

Os *Neossolos Flúvicos* ocorrem nas áreas rebaixadas da planície fluvial e nas pequenas planícies alveolares. É imperfeitamente ou moderadamente drenados, com textura variável – textura indiscriminada apresentando alta fertilidade natural (Silva, 2012).

### 4.3 Vegetação

De acordo com o clima-relevo-solo permite na área de estudo uma diversidade em relação à cobertura vegetal que está distribuída pela Mata ciliar, Mata de tabuleiro, vegetação pioneira psamófila e vegetação de mangue (FERNANDES, 1990).

*Vegetação Pioneira Psamófila:* Vegetação típica da planície litorânea é desenvolvida na faixa de pós-praia nas dunas móveis com um extrato herbáceo (gramíneas) e são adaptadas às condições impostas pelo ambiente local: vento, salinidade e solos pobres em nutrientes. Esta vegetação é a primeira a auxiliar no processo de fixação das dunas. Como principais espécies da vegetação pioneira temos: *Ipomea pés-caprae* (salsa), *Remirea marítima* (pinheirinho-da-praia), gurugutão (*Borreria capitata*), brejo da praia (*Sesuvium portulacastrum*).

*Vegetação Subperenifólia de Dunas:* É a vegetação que se desenvolve nas dunas, auxiliando na sua fixação, reduzindo o avanço dos sedimentos dunares. O caráter subperenifólio significa que uma parte das espécies mantém as folhas são conservadas durante o período seco. Este tipo de vegetação ocorre de uma forma heterogênea no espaço devido à disposição do relevo. As espécies mais representativas dessa vegetação são: *Anacardium occidentale* (caju), *Caesalpinia ferrea* (jucá), *Birsonima crassifolia* (murici).

*Vegetação Subcaducifólia de Tabuleiro:* Possui espécies arbóreas com extrato arbustivo pouco adensado. Encontramos espécies comuns da caatinga, cerrado e mata seca. Entre algumas espécies podemos citar: *Caesalpinia bracteosa* (catingueira); *Mimosa tenuiflora* (jurema preta), *Astronium urundeuva* (aroeira) e *Cereus tamacuru* (mandacuru).

*Vegetação de Mangue:* Esta vegetação se desenvolve na área estuarina da bacia na planície flúvio-marinha onde há a influência da água doce e da água salgada. As espécies de mangue são adaptadas às condições ecológicas

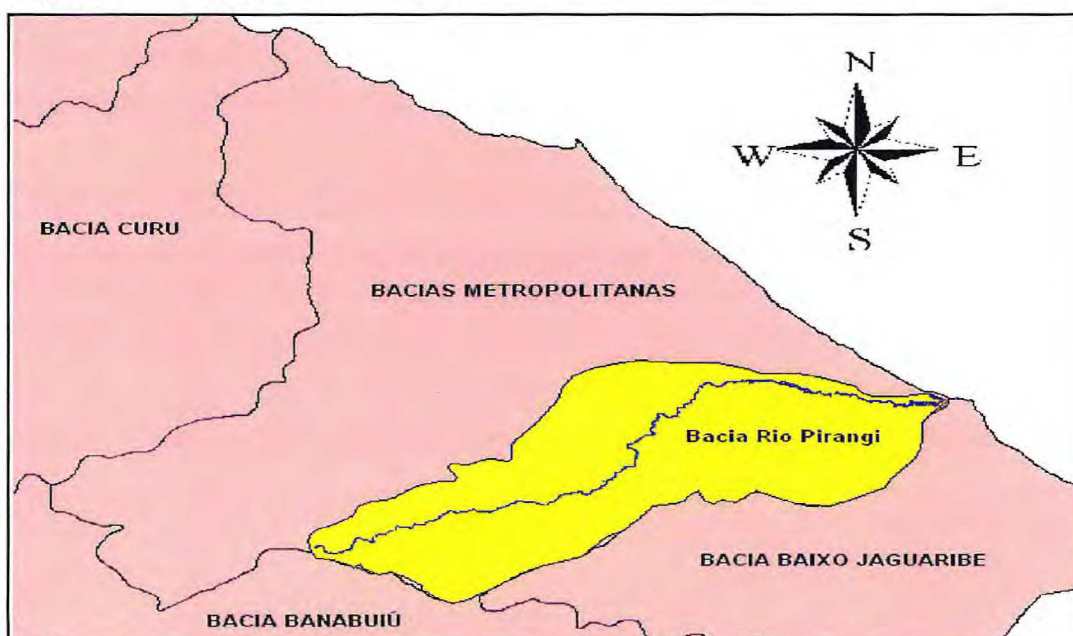
locais, possuem raízes suporte (rizóforos) para se sustentarem na lama, e pneumatóforos (raízes respiratórias) para absorverem oxigênio no ar. A composição florística é formada pelas espécies arbóreas: Mangue Vermelho (*Rhizophora mangle*), Mangue Branco (*Laguncularia racemosa*), Mangue siriúba (*Avicennia shaueriana*), Mangue botão (*Conocarpus erecta*).

*Vegetação de Várzea:* Esta vegetação ocorre ao longo do médio e baixo curso do rio Pirangi e nas margens de lagoas no baixo curso do rio. A principal espécie que ocupa é a carnaúba (*Copernicea cerifera*), (SILVA, 2012).

#### 4.4 Hidrografia

A Bacia Hidrográfica do rio Pirangi possui uma área de 4.367 km<sup>2</sup> e esta localizada entre as bacias Metropolitanas e bacia do baixo Jaguaribe (Figura 4.2). A bacia do rio Pirangi, estende-se por 177 km com uma largura média de 35 km no alto e médio curso e 55 km no baixo curso. O Rio Pirangi nasce na lagoa de carnaúba no distrito de Daniel de Queiroz município de Quixadá, passa por Ibaretama, Aracoiaba, Ocara, Morada Nova e Cascavel deságua no Oceano Atlântico sendo sua foz o limite entre os municípios Beberibe e Fortim. Sua bacia também abrange partes dos municípios de Russas, Palhano, Aracati e Chorozinho.

Figura 4.2 - Localização do Rio Pirangi.



Fonte: Google mapas.

## 4.5 As principais unidades Geoambientais

As unidades geoambientais que caracterizam a zona costeira têm feições mais ou menos homogêneas, ocupam determinada área da superfície terrestre e revelam um conjunto de características físicas e bióticas próprias. Cada uma se diferencia de outra unidade geoambiental vizinha, mas mantém entre si interconexões mediante a troca de matéria e energia. (RODRIGUES et al, 2004).

Na área de estudo, as unidades geoambientais encontram-se representadas pela praia que pode ser subdividida em três regiões (face praial, ante praia e pós-praia), campo de dunas, planície flúvio marinha, planície lacustre, tabuleiros pré-litorâneos.

### 4.5.1 Praia

A praia caracteriza-se pela acumulação de sedimentos inconsolidados, constituídas por areias que foram depositadas pelas ondas durante os fluxos de maré alta e retrabalhados e remobilizados durante a maré baixa. A origem destes sedimentos é proveniente continental e foram transportados pelo trabalho erosivo do rio até a sua foz, para posteriormente se misturarem com o mar, e depois formarem os sedimentos da faixa de praia. Uma praia pode ser dividida em três regiões: Antepraia, estirâncio e pós-praia (figura – 4.3).

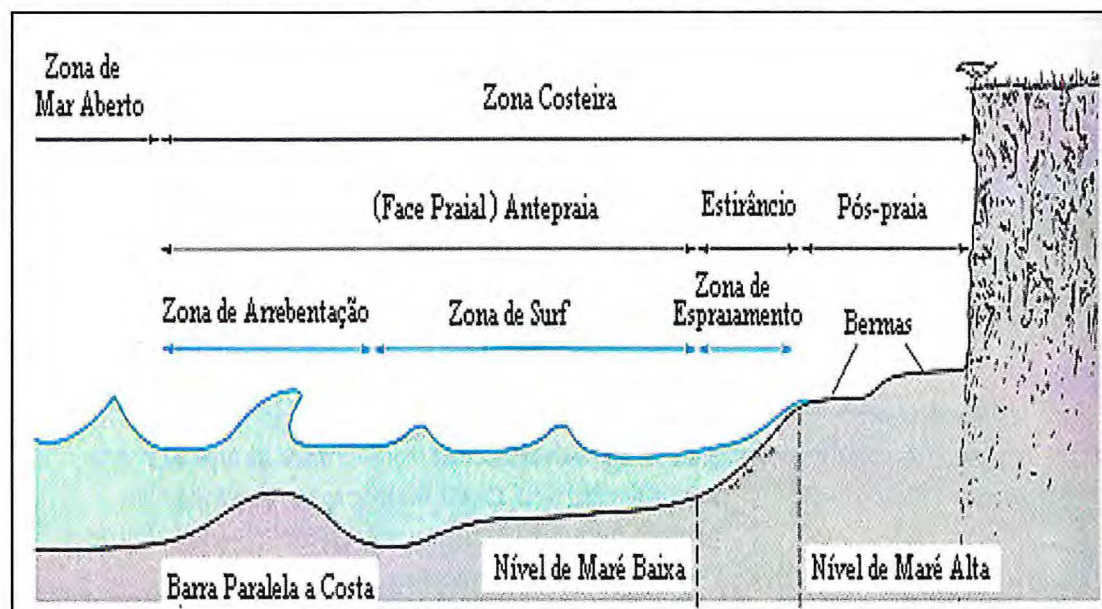
*Antepraia:* parte da zona litorânea que está sempre coberta pelas águas ficando exposta excepcionalmente em marés de amplitude elevada. Seu limite mar adentro vai até onde ocorre a zona de arrebatção das ondas, que interage com a zona de empolamento de ondas, devido ser o local onde o comprimento da onda reduz e aumenta sua altura para depois arrebatá-las. São nestes ambientes que podemos verificar a presença de feições de barras arenosas, barras longitudinais, bancos de areia e cavas formada pela ação das ondas que em períodos de marés de sizígia onde possui maiores amplitudes ficam expostas, e em nível de maré baixa, remobilizam sedimentos de fundo marinho.

*Estirâncio*: parte do litoral que é exposto durante a maré baixa e posteriormente coberto em maré alta, região de expressiva variação morfológica.

Zona de espraiamento – local de fluxo, refluxo e percolação das águas na praia.

*Pós-praia*: Localiza-se fora do alcance das ondas e marés normais e somente é alcançada pela água quando há ocorrência de marés muito altas ou tempestades. Nesta região são formados terraços denominados bermas que apresentam uma seção transversal triangular com a superfície de topo horizontal ou em suave mergulho em direção ao continente e a superfície frontal com mergulho acentuado em direção ao mar e ainda pode aparecer nessa região com maior inclinação, denominada escarpa praial, causada pela ação de ondas e marés muito altas que cortam a praia. A Escarpa praial pode aparecer na antepraia, mas não permanece muito tempo devido á sua remoção pela subida e descida da maré.

Figura 4.3 - Perfil praial e suas subdivisões ocorridas no ambiente praial.



Fonte: Brown et al, 1989.

Na área de estudo encontra-se depósitos de paleomangue (Figura 4.4), que estão atualmente aflorando na zona de estirâncio e afastados do canal estuarino, evidenciando condições climáticas onde o nível do mar era mais baixo do que o atual.



Figura – 4.4. Deposito de paleomangue na zona de estirâncio.



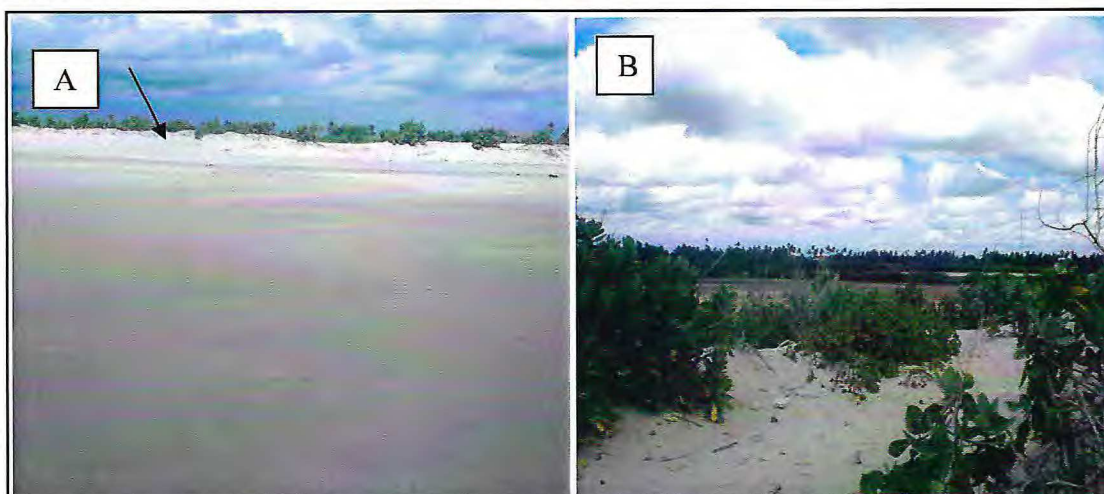
Fonte: Própria.

#### 4.5.2 Campos de dunas

As dunas são exemplos típicos de depósitos eólicos existentes e são formadas de acordo com a direção e competência do vento e condições climáticas existentes. A origem dos sedimentos é continental, transportados pelos rios até a costa e depositados nas praias e deslocados pela ação dos ventos, os quais foram se acumulando dando origem as dunas. As dunas podem fechar cursos ou desembocaduras de rios, dificultando o escoamento e propiciando o surgimento de lagoas.

Na área de estudo as dunas são formadas por areias quartzosas, esbranquiçadas, com ocorrência de feldspato com granulação média a fina. As dunas podem ser subdivididas em campo de dunas móveis e dunas fixas. As dunas móveis se localizam depois do pós-praia, com pequenas altitudes, com vegetação em processo de consolidação do tipo Psamófila com gramíneas e rasteiras adaptada as condições locais de salinidade e vento, mas sua disposição favorece a migração dos sedimentos, pois esta vegetação não possui capacidade suficiente para evitar o deslocamento das areias (Figura 4.5a). Ocorrendo mais no interior após as dunas móveis, podem-se encontrar as dunas fixas em menor número (Figura 4.5b).

Figura 4.5 - Campo de dunas móveis e dunas fixas.



Fonte: Própria.

#### 4.5.3 Planície flúvio marinha

A planície flúvio-marinha do rio Pirangi ocupa uma área de 66 km<sup>2</sup> e é formada por sedimentos argilosos, rico em matéria orgânica. Possui um modelado plano com dinâmica associada evidenciando as correlações com as condições climáticas, o aporte de água doce (fluvial e subterrânea), as oscilações diárias de maré, as correntes marinhas e a ação dos ventos. É um ambiente propício ao surgimento de manguezais (Figura 4.6).

Figura 4.6 – Deposito de mangue próximo as margens do canal do rio Pirangi.



Fonte: Própria.

#### 4.5.4. Planície lacustre

As planícies lacustres são áreas que se desenvolvem as margens de lagoas temporárias e intermitentes ocorrendo nas depressões interdunares. Durante o período chuvoso estas aumentam de tamanho, mas com a estiagem algumas lagoas secam e outras permanecem, mas com um nível de água bem mais baixo (Figura 4.7). Ambientes de origem fluvial, freática ou mista em áreas precariamente incorporada a rede de drenagem, constituídas por sedimentos coluviais e lagunares areno-argiloso (Souza, 2000).

Na área de estudo, encontra-se pequenas lagoas que servem de lazer para a população local, pesca, coleta de mariscos etc. No entorno destas lagoas é possível observar a utilização para a agricultura de subsistência e pecuária.

Figura 4.7 - Lagoa costeira perene no distrito de Parajuru em Beberibe.



Fonte: SILVA, et. al, 2012.

#### 4.5.5 Tabuleiros pré-litorâneos

Os Tabuleiros Pré-Litorâneos são constituídos predominantemente por sedimentos Tércio-Quaternários da Formação Barreiras. É apontado como ambiente mais urbanizado do litoral (Figura 4.8).

Figura 4.8 - Tabuleiro pré-litorâneo.



Fonte: Própria

#### **4.6 Parâmetros climáticos**

O clima constitui uma das mais importantes variáveis controladoras dos processos Costeiros. As condições climáticas da região estão relacionadas diretamente com indicadores meteorológicos definidos pela zona de convergência intertropical-ZCIT, pluviosidade, temperatura, insolação, umidade, direção e velocidade dos ventos.

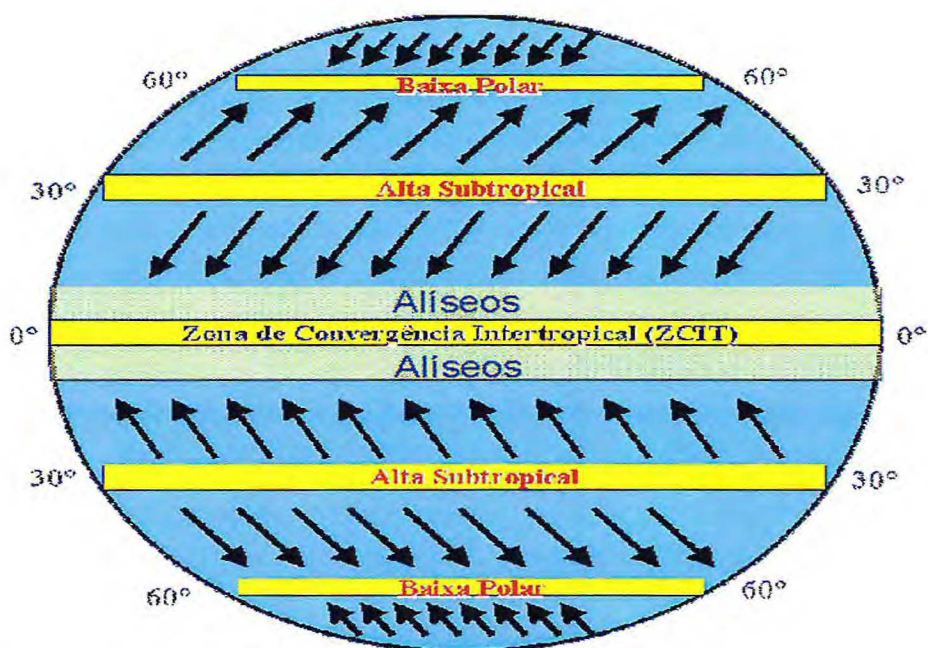
##### **4.6.1 Zona de convergência intertropical- ZCIT**

Estudos observacionais têm mostrado que, em geral, a ZCIT interage com outros sistemas meteorológicos que atuam sobre o Nordeste durante os meses chuvosos, destacando-se os Distúrbios Ondulatórios de Leste e a formação de Linhas de Instabilidade ao longo da costa norte brasileira. Pode-se também verificar a interação da ZCIT com sistemas meteorológicos que atuam nos altos níveis (Cavados e Vórtices Ciclônicos), os quais, dependendo da posição na qual se encontram, tanto podem inibir como favorecer a ocorrência de chuvas sobre o Nordeste brasileiro.

A ZCIT é o fator mais importante na determinação de quão abundante ou deficiente serão as chuvas no setor norte do Nordeste do Brasil. Normalmente

ela migra sazonalmente de sua posição mais ao norte, aproximadamente 14°N em agosto-outubro para posições mais ao sul, aproximadamente 2 a 4° s entre fevereiro a abril. Esse deslocamento da ZCIT está relacionado aos padrões da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre essa bacia do Oceano Atlântico Tropical, conforme já demonstrado em vários estudos (FUNCEME, 1998). A ZCIT é mais significativa sobre os oceanos, e por isso, a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) é um dos fatores determinantes na sua posição e intensidade (FUNCEME, 1998).

Figura 4.9 - Posicionamento da Zona de convergência intertropical- ZCIT.

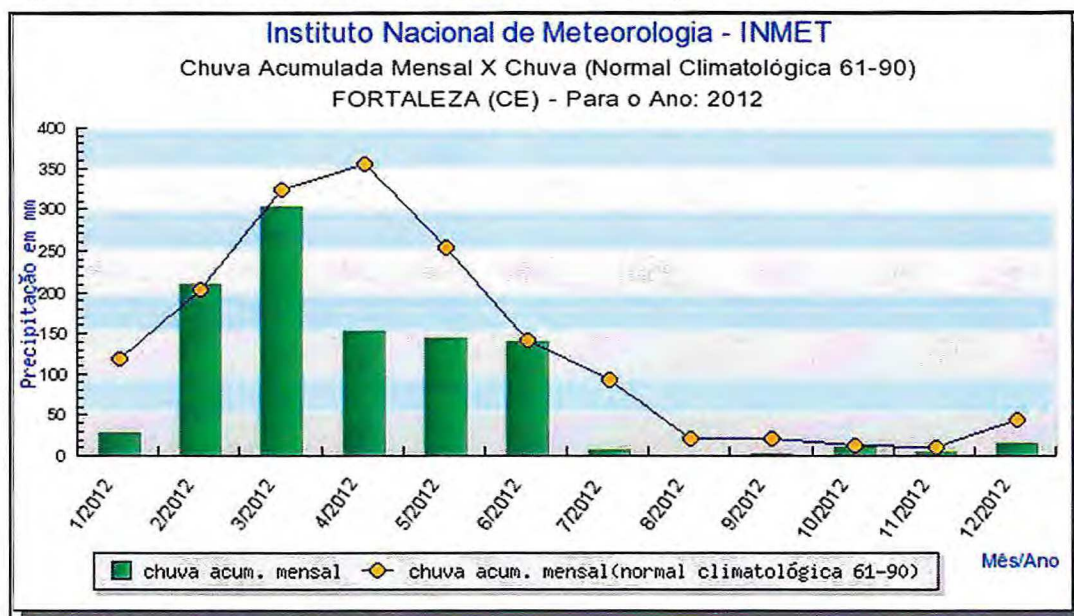


Fonte: Google imagens.

#### 4.6.2 Pluviosidade

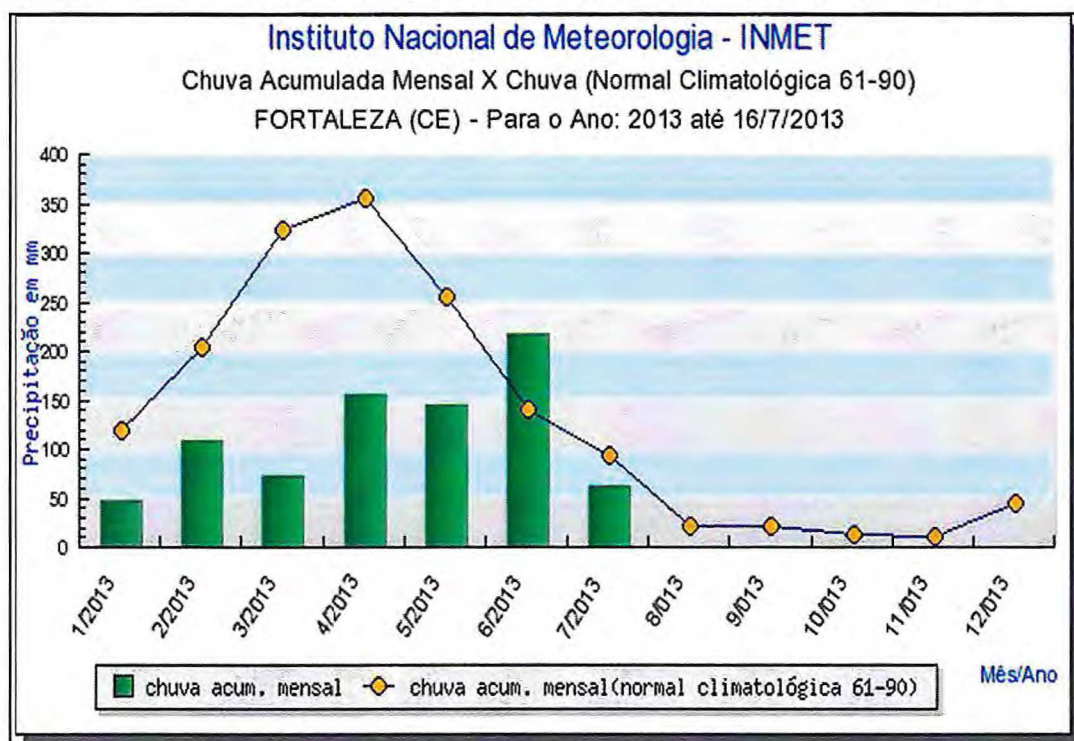
Durante o ano de 2012 observou-se o comportamento padrão de chuvas acumuladas no primeiro semestre com pico no mês de março e no segundo semestre bastante seco (Figura 4.10). No ano de 2013 as precipitações foram totalmente diferenciadas da normatização climatológica de 1961-1990, mostra pico no mês de junho (Figura 4.11), cujos dados foram obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

Figura 4.10 – Gráfico da Precipitação mensal em (mm), para cidade de Fortaleza-Ce.



Fonte: INMET, 2012.

Figura 4.11 – Gráfico da Precipitação mensal em (mm), para cidade de Fortaleza-Ce.

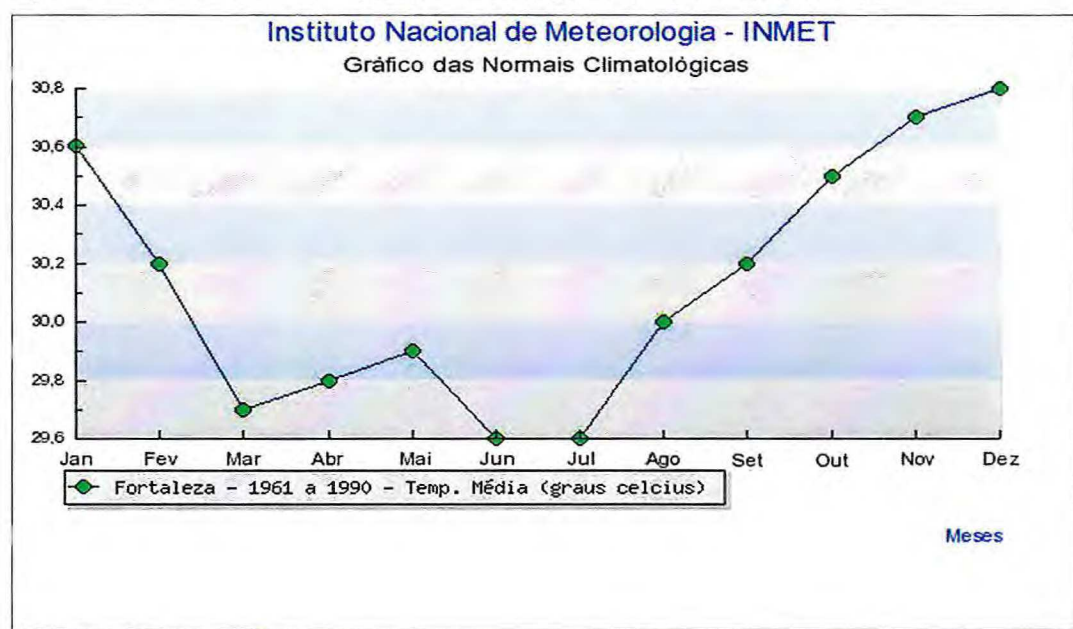


Fonte: INMET, 2013.

### 4.6.3 Temperatura

A temperatura média varia entre 29° á 30°C, com diminuição entre os meses de março a julho (Figura 4.12) É possível perceber que a temperatura é elevada durante o ano todo. Os valores máximos estão associados aos meses de menor incidência pluvial e as menores temperaturas ocorrem nos períodos de precipitação, em função de maior intensidade das chuvas e por causa da formação de nuvens neste período.

Figura 4.12 – Gráfico da Temperatura média, para cidade de Fortaleza-Ce.



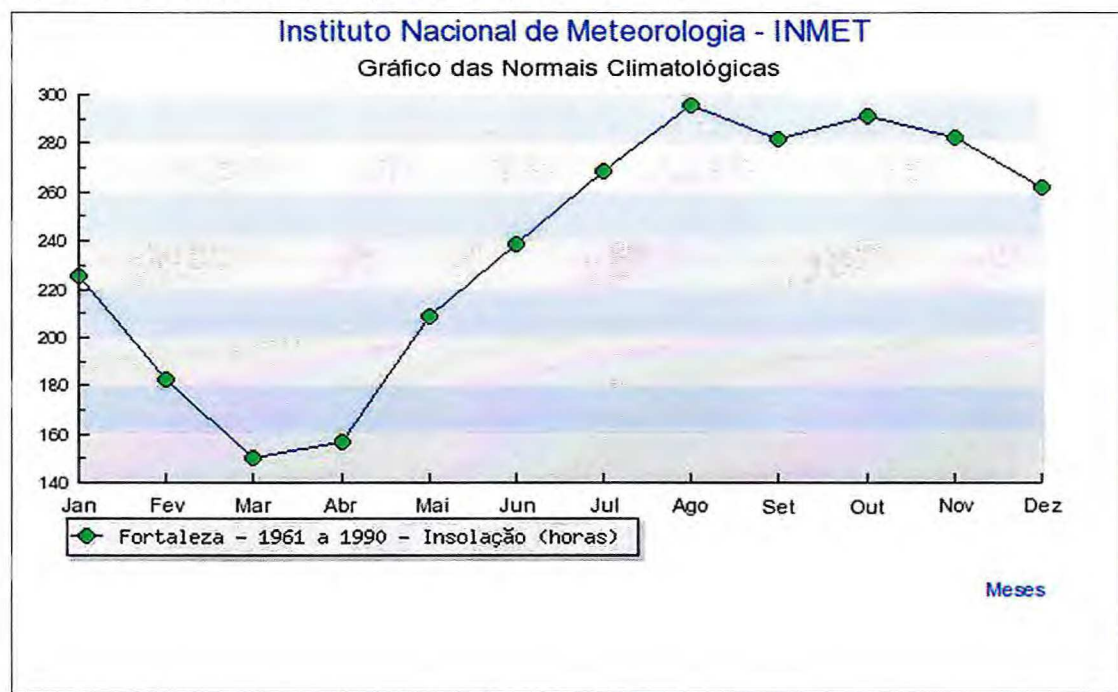
### 4.6.4 Umidade Relativa do ar

A Umidade relativa do ar está relacionada com os índices pluviais. Esse parâmetro é diretamente proporcional á quantidade de chuvas. Nos períodos em que há maior índice pluviométrico, os valores de umidades são maiores. Os valores observados nos meses de abril á junho são mais elevados que nos outros meses.

#### 4.6.5 Insolação

Os níveis de insolação também estão diretamente relacionados à precipitação e é inversamente proporcional a quantidade de chuvas. No período de maior pluviosidade ocorre menor grau de insolação.

Figura 4.13 – Gráfico de Insolação, para cidade de Fortaleza-Ce.



Fonte: INMET, 2013.

#### 4.6.6 Ventos

Os ventos são de fundamental importância na dinâmica terrestre, visto que eles são modeladores de relevos. Os ventos apresentam-se no litoral Cearense velocidades médias bastante significativas com direções predominantes no de SE, ESE, E e NE. As médias de velocidade chegam a superar os 4,5 m/s. nos meses mais secos. No período de estiagem (segundo semestre) procede-se um predomínio dos ventos de SE (são os ventos mais intensos). No início da estação chuvosa, com a chegada da ZCIT, registram-se mudanças na direção dos ventos, passando a predominar os de nordeste.



## 4.7 Parâmetros Oceanográficos

### 4.7.1 Ondas

As ondas possuem um papel importante na configuração do litoral. Existem diversos tipos de ondas, com diferentes origens que atuam na formação da linha de costa através de sua ação erosiva, no transporte e deposição dos sedimentos. A velocidade e direção do vento condicionam as alturas e periodicidade das ondas, influenciando na dinâmica litorânea. Ondas do tipo *swell*, são aquelas que viajam para além da sua área de formação, Já outro tipo de onda, a *sea*, é muito irregular, com diversos períodos e várias direções. Encontra-se este tipo de onda em locais onde são geradas, ou seja, onde o vento está soprando. Em águas rasas, as ondas sofrem processos distintos devido às influências da batimetria e/ou da morfologia costeira, são estes; refração e difração de ondas e as correntes de retorno.

A forma da arrebentação da onda resulta da interação de fatores como a altura e comprimento da onda e a declividade da praia. Galvin (1968 *apud* Hoefel *op. cit.*) classificou a quebra de ondas em:

**Arrebentação Progressiva ou Deslizante** (*Spilling Breaker*) é característica de praias com baixa declividade, a onda desliza sobre o perfil praial e tem a energia dissipada através de uma larga faixa.

**Arrebentação Mergulhante** (*Plunging Breaker*) é observada em praias com declividade que varia de moderada a alta. As ondas formam um tubo e quebram na costa, tem sua energia dissipada sobre uma pequena parte do perfil de praia.

**Arrebentação Ascendente** (*Surging Breaker*) ocorre em praias com declividade bastante alta, onde a onda praticamente não quebra, ela ascende sobre a face de praia, interagindo com o refluxo das ondas anteriores.

**Arrebentação Frontal** (*Collapsing Breaker*) é a quebra intermediária entre a arrebentação mergulhante e ascendente, desta forma torna-se difícil de ser identificada, sua ocorrência se dá em praias com declividade abruptas.

Em Parajuru as ondas que formam a linha de costa são do tipo Sea com pequenos períodos e alturas máximas de 1,3 m atacam obliquamente à praia com direção SE-NW.

#### 4.7.2 Marés

Seguindo as fases da lua conseqüentemente seguimos as oscilações da maré. No entanto é conveniente salientar que as marés de altura máxima são chamadas maré de sizígia e o ponto de menor oscilação é denominado de quadratura. As marés no seu ponto maior são denominadas de preamar, e no ponto mais baixo de baixar-mar, oscilando temporalmente entre uma e outra, em torno de 6h e 12', por isso á marés altas diurnas e também noturnas.

Baseados em dados da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), o Estado do Ceará é atingido por mesomaré do tipo semi diurna com amplitude média de aproximadamente 2,6m e máxima de 2,7m, período médio de 12,4 h e defasagem média de 50 min. De um dia para outro, de acordo com a classificação de Davies (1964). Durante os meses de janeiro e março são observados um aumento nas marés de sizígia, enquanto o inverso ocorre durante os meses de abril a julho, e nas marés de quadratura os meses de junho e julho são maiores em relação aos outros meses.

Tabela 4.1 - Altura máxima e mínima das marés de sizígia e quadratura para o período de 2013 de acordo com a tábua de maré para Fortaleza-Ce.

<b>Meses (2013)</b>	<b>Altura Max. (maré de sizígia)</b>	<b>Altura min. (maré de quadratura)</b>
Janeiro	2,76	0,49
Fevereiro	2,66	0,49
Março	2,68	0,46
Abril	2,67	0,47
Maiο	2,67	0,47
Junho	2,67	0,58
Julho	2,65	0,53

Fonte: DHN, 2013.

### **4.7.3 Correntes marinhas**

A formação das correntes marinhas, de acordo com diversas pesquisas, é resultado, dentre outros fatores, da influência dos ventos. Outro fator determinante na configuração das correntes é em relação aos movimentos terrestres, especificamente decorrentes da inércia da rotação do planeta, ocorrendo em diversas direções ao longo do globo, que faz com que as correntes migrem para direções contrárias, ou seja, no hemisfério norte move-se no sentido horário e no hemisfério sul no sentido anti-horário, essa dinâmica das correntes é denominada de efeito de Coriolis. As correntes não são homogêneas quanto à suas características e origem, elas podem ser: correntes quentes e correntes frias. Correntes quentes: massas de água originadas de áreas da zona intertropical ou zonas tórridas da Terra, essas deslocam com destino às zonas polares. Correntes frias: correntes marítimas com origem nas zonas polares e migram em sentido às regiões equatoriais.

A dinâmica das correntes para o litoral cearense imposta pelos ventos alísios ocorre com intensidade entre 0,15 e 0,28 m/s e tem uma direção resultante entre 230 à 280°, ou seja, predominantemente no quadrante noroeste.

### **4.8 Aspectos socioeconômicos**

A beleza natural e exuberante da paisagem da praia de Parajuru é importante para implantação de pólos de lazer e turismo, atividades que já vêm se destacando nos últimos anos, como fonte importante de geração de renda e estimulando diretamente setores como agricultura, indústria e serviços.

A Região apresenta a indústria extrativa salineira (Figura 4.14) que, já foi a principal atividade econômica na região e que, devido ao baixo valor do sal no mercado, está sendo substituída por grandes empreendimentos de carcinicultura marinha em cativeiro.

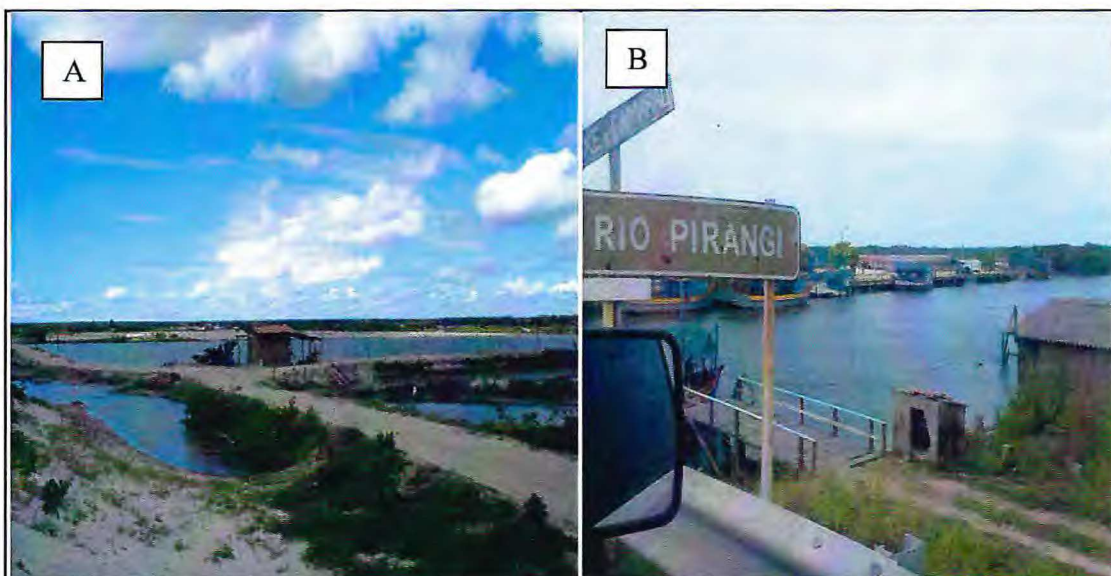
Figuras 4.14 - Indústria extrativa salineira (marca sosal).



Fonte: Própria.

A Carcinicultura tem grande influência na economia local. Os principais produtos que tem valor comercial são as espécies de camarão e lagosta. Atualmente esta é a atividade que mais cresce e está em plena expansão no estuário do rio Pirangi (Figura 4.15).

Figura 4.15 - A) Carcinicultura marinha em cativeiro próximo do rio Pirangi. B) Os barcos utilizados para a pesca são atracados na margem do rio Pirangi.



Fonte: Própria.

A agricultura desenvolvida na área ocorre em forma de subsistência. Os produtos mais cultivados são a mandioca, o milho e o feijão. Aproveitando o tipo de solo o agricultor cultiva o caju e o côco para fins comerciais.

A região apresenta também outros cultivos como acerola, graviola, mamão, manga, maracujá, goiaba, melão, melancia, uva, pimentão e tomate irrigados; e para beneficiamento de cera de carnaúba, fabricação de sucos e conservas de caju, frutas e hortaliças; turismo e pesca artesanal. Na pecuária destaca-se a criação de bovinos, suínos e aves.

Na atividade mineira observam-se ocorrências de Lepidolita, fonte de obtenção do Lítio, Moscovita, Biotita e jazidas de Quartzo e Feldspato. Quanto à atividade industrial, existem indústrias de produtos minerais não metálicos, de produtos alimentares, de vestuário, calçados e artigos de couro e peles.

A geração de energia elétrica através da energia eólica (Figura 4.16). É de extrema importância para a região, pois se trata de uma fonte renovável e limpa que foi implantados 19 aerogeradores no ano de 2010 para o abastecimento de energia para a cidade.

Figura 4.16 - Energia Eólica.



Fonte: Própria.

## **5 ESTUARIO DO RIO PIRANGI**

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).

Estuário é um ambiente costeiro que possui conexão com o mar permanente aberta e intermitente, esse ambiente pode ser subdividido em três zonas distintas (Figura 5.1).

Zona de Maré do Rio (ZR) – parte fluvial com salinidade praticamente igual a zero, mas ainda sujeita à influência da maré;

Zona de Mistura (ZM) – região onde ocorre a mistura da água doce da drenagem continental com a água do mar;

Zona Costeira (ZC) – região costeira adjacente que se estende até a frente da pluma estuarina que delimita a Camada Limite Costeira (CLC).

### **5.1. Classificação do Estuário**

A classificação de estuários pode levar em consideração diversos parâmetros (morfologia, geologia, estratificação, etc). Alguns sistemas de classificação já foram desenvolvidos por diversos pesquisadores dentro das diversas áreas. Apresenta-se agora um resumo da classificação de alguns tipos de estuários.

#### **5.1.1 Estuário de vales inundados**

São estuários característicos de regiões de planície costeira com o processo de formação relacionado à transgressão marinha no Holoceno, provocando a inundação dos vales dos rios e terminou a 5000 anos atrás. Esses estuários são relativamente rasos, raramente ultrapassa 30m de

profundidade, eles são localizados em regiões tropicais e subtropicais e apresentam a razão largura/profundidade grande. (Figura 4.2).

### **5.1.2 Estuário do tipo Fiord**

Esse tipo de estuário teve sua formação através da intensa escavação glacial na planície costeira ou na plataforma continental, regiões que se encontravam cobertas por calotas de gelo durante o Pleistoceno, localizados em altas latitudes e regiões montanhosas, apresentam a razão largura/profundidade pequena. De um modo geral, são estuários profundo, perpendicular ou diagonal a costa, com bacia em forma de U, acesso direto do mar, mas apresentando na boca uma soleira de depósito morênicos.

### **5.1.3 Estuário de frente de barra arenosa**

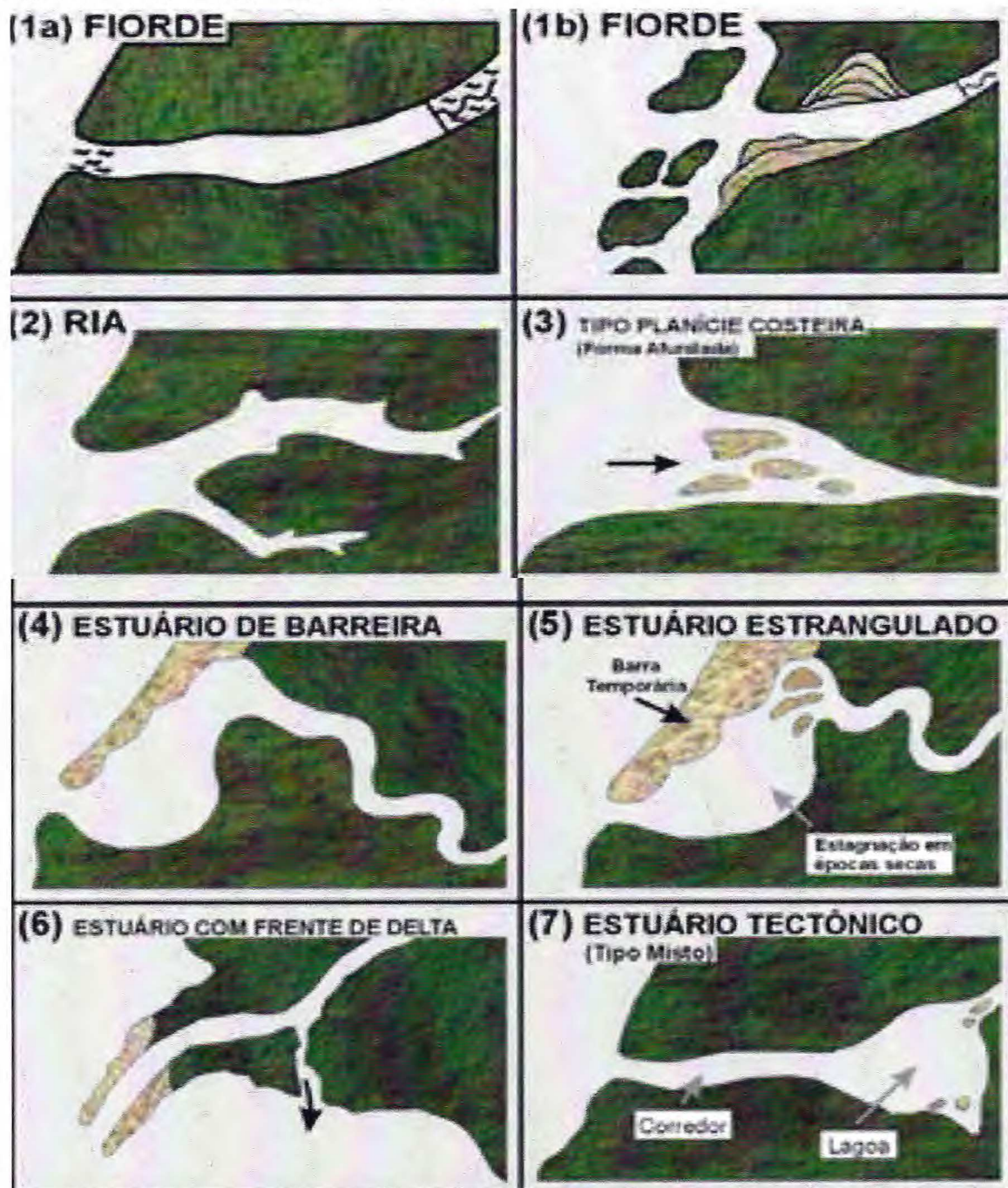
Nesses estuários também houve inundação dos vales primitivos dos rios no período da transgressão marinha e ocorre a formação de barras na foz provocada pela sedimentação da dinâmica costeira local. São estuários que sofrem processos erosivos com facilidade e em regiões que apresentam grande movimentação de areias transportadas pelas ondas e correntes litorâneas, caracterizado por bacia ampla e rasa, paralela à costa limitando com o mar a formação de uma praia de barreira. Os estuários de barreira são feições desenvolvidas ao longo de planície tectonicamente estáveis e relativamente extenso na costa atlântica em área com ativa deposição de sedimentos. A profundidade desse estuário é usualmente menor que 5m e a máxima raramente excede de 10m.

### **5.1.4 Estuário com origem tectônica**

São características de costas acidentadas ou baías separadas pelo mar por terras movimentadas associada com falhamento, subsidência local, vulcanismo e desmoronamento. Um exemplo típico é a baía de São Francisco nos Estados Unidos, formado durante a era Cenozoica. Estes estuários estão

em bacias com boca amplas, bancos de areia entre cones rochosos e são profundos.

Figura 5.1 - Tipos fisiográficos de estuários.



Fonte: FAIRBRIDGE (1980), em adaptação de MIRANDA (2002).



## **5.2 Classificação com base na estratificação e salinidade**

Os estuários classificados de acordo com as características geomorfológicas podem apresentar diferentes padrões de circulação, estratificação de salinidade e processos de mistura. As variações entre a descarga fluvial e a amplitude das marés modificam os padrões de circulação estuarina permitindo outra classificação. Têm-se os seguintes tipos de estuários (PRITCHARD, 1995): cunha salina, moderadamente ou parcialmente misturada, verticalmente bem misturada e lateralmente estratificada e bem misturada (MIRANDA *et. al.*, 2002).

### **5.2.1 Cunha Salina**

São estuários típicos de regiões onde prevalecem às descargas fluviais em relação à força da maré, as quais tipicamente ocorrem com pequenas amplitudes (micromarés) pequena razão largura/profundidade e grandes vazões. A cunha salina nesses estuários em resposta as variações da descarga fluvial e da maré não se mantém estacionária, procurando sempre uma posição de equilíbrio.

### **5.2.2 Moderadamente ou Parcialmente Misturado**

Nesse tipo de estuário todo o volume de água no seu interior é agitado periodicamente com a co-oscilação da maré. Pode ocorrer em marés de pequena altura, porém só ocorre em pequenos valores de razão de fluxo, o que possibilita a erosão da haloclina. A maré nesse processo deve possuir energia suficiente para gerar turbulência interna e quebrar as forças estabilizadoras presentes. Nesse momento a turbulência gerada quebra os gradientes verticais, provocando a mistura das camadas, salinizando toda coluna de água.

### **5.2.3 Verticalmente Bem Misturado**

Esse tipo de estuário forma-se em geral em canais rasos e estreitos forçados por descarga fluvial pequena. Se esse sistema estiver localizado

numa região com altura de maré moderada ou grande, o cisalhamento das correntes no fundo produzirá turbulência, cujo fluxo para o interior será suficientemente intenso para a completa erosão da haloclina. Entretanto, como em condições naturais esses estuários apresentam, em geral, pequena estratificação vertical de salinidade, o fluxo vertical de sal é desprezível e o processo de mistura ocorre principalmente na direção longitudinal (DYER, 1997). Segundo Miranda (2002), a intensidade do gradiente longitudinal de salinidade (densidade) para esse estuário é menor do que no estuário parcialmente misturado e o componente baroclínico da força de gradiente de pressão não é capaz de gerar circulação gravitacional.

#### **5.2.4 Lateralmente homogêneo**

Em sistemas estreitos o cisalhamento lateral poderá ser intenso e lateralmente homogêneo. Nesse sistema a salinidade aumenta gradativamente estuário abaixo e o movimento médio está orientado em todas as profundidades nessa direção. Embora esse movimento o sal possa ser transportado para fora do estuário, o balanço do sal é feito por transporte do sal estuário acima por difusão turbulenta associada a irregularidades topográfica e ao atrito com o fundo. A água do mar pode ser aprisionada por embaiamentos no estágio de maré enchente, retornando na fase seguinte de maré vazante no sistema principal.

### **5.3 Classificação com base no diagrama Circulação X Estratificação**

Hansen e Rattray (1966) desenvolveram um diagrama para classificação de estuário utilizando certos parâmetros. O parâmetro de estratificação é definido como a razão entre a diferença da salinidade da superfície ( $S_s$ ) e fundo ( $S_b$ ) dividido pela média vertical da salinidade ( $S$ ) e o parâmetro da circulação é a razão entre a corrente resultante de superfície ( $U_r$ ) e a média da corrente na seção transversal ( $U_t$ ). O diagrama proposto é classificado em quatro tipos:

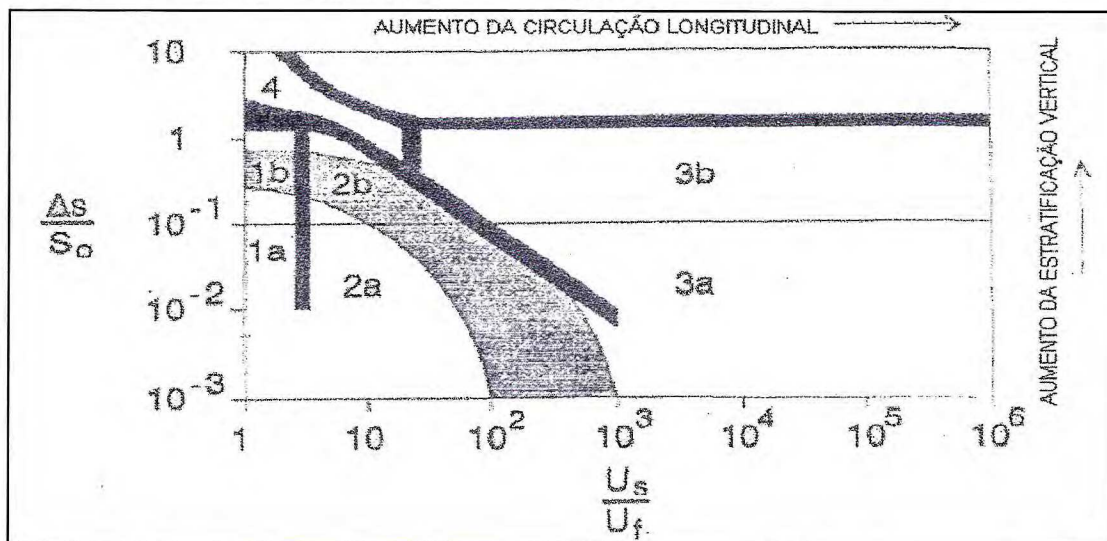
Tipo 1 – Estuário bem misturado, em que o escoamento resultante processa-se para jusante a qualquer profundidade, a dispersão controla a intrusão salina. Este grupo subdivide-se em tipo 1a possui pouca estratificação, estuário bem misturado e lateralmente homogêneo e o do tipo 1b, existe estratificação, mas não ocorre fluxo de fundo em direção ao continente.

Tipo 2 – Estuário parcialmente misturado, em que o escoamento resultante processa para montante das camadas mais profundas é dividida em tipo 2a bem misturado e do tipo 2b parcialmente estratificado. Estuário do tipo 2 são caracterizado por circulação gravitacional e transporte longitudinal por advecção e difusão turbulenta.

Tipo 3 – Estuário parcialmente estratificado com forte circulação gravitacional e estratificação de média a intensa. Os estuários do tipo 3a são bem misturados, enquanto os do tipo 3b são parcialmente estratificados.

Tipo 4 – Estuário fortemente estratificado, sem circulação gravitacional, também identificado como do tipo cunha salina.

Figura 5.2 - Diagramas de circulação e estratificação.



Fonte: HANSEN E RATRAY (1966).

#### 5.4 Classificação com base na salinidade

Pritchard (1967 e 1952) apresenta uma classificação dos estuários de acordo com a salinidade em positivo, negativo e neutro. No estuário positivo o volume da água doce e a precipitação excedem a evaporação e a salinidade

aumenta de montante para jusante. A água marinha penetra no estuário por baixo e mistura a água doce que flutua por cima da água salina que é mais densa. Day (1981) subdivide os estuários positivos em quatro categorias de acordo com o grau de estratificação e mistura. Estuário salino, altamente estratificado, parcialmente misturado e verticalmente homogêneo. No estuário negativo a evaporação excede o volume da água doce e da precipitação tornando a salinidade maior que a marinha. Estuários negativos são mais comuns em regiões tropicais, devido sua pequena amplitude de maré. Quando a evaporação iguala ao fluxo da água doce e a precipitação, desenvolve um regime salino estático. O estuário neutro representa um estado intermediário ou transitório entre o estuário positivo e negativo.

### **5.5 Classificação com base na amplitude de maré**

Davies (1964) e Hayes (1975) classificaram os estuários de acordo com as amplitudes de marés em três tipos: microtidal, mesotidal e macrotidal (ou micromaré, mesomaré e macromaré).

Estuários de micromarés estão sujeitos a amplitudes de marés de (0 a 2m), contendo sedimentos na zona de delta de rio, leques washover e estruturas construídas por ondas. Estuário de mesomarés com amplitudes de marés intermediária de (2 a 4m), são caracterizados por sedimentos depositados por correntes de marés, o principal depósito de areia é localizado em delta de maré.

### **5.6 Classificação com base na sedimentação**

Rusnak (1967) introduziu um sistema de classificação sedimentológico. De acordo com esta classificação o nível de sedimentos de uma bacia sedimentar pode ser positivo, inverso e neutro.

Suprimento positivo é totalmente abastecido por sedimentos do transporte fluvial. Um rio com grande carga de sedimentos pode encher rapidamente a bacia estuarina formando uma frente deltaica progradante.

Suprimento inverso é quando a quantidade de sedimentos transportados pelo regime fluvial é baixa e a maior parte dos depósitos da bacia estuarina é oriunda das praias ou costa oceânica, introduzida através das marés de enchente, resultando na inversão do abastecimento. Suprimento neutro estuário sem suprimento em estado de equilíbrio com pouca ou nenhuma mudança de volume na bacia sedimentar.

## **5.7 Classificação do sistema estuarino do Rio Pirangi**

O Sistema estuarino do Rio Pirangi pode ser classificado de acordo com Pritchard (1952) ou pelo Fairbridge (1980), como estuário de frente de barra arenoso gerado pelo alongamento de esporão de barreira.

Segundo a classificação de Pritchard (1989), o rio Pirangi se enquadra basicamente como estuário parcialmente misturado e por vezes verticalmente homogêneo. Estuário do tipo 2b em quadratura, e entre 2a e 2b em sizígia Hansen e Hattray (1966). Pela classificação quanto à salinidade o estuário pode ser negativo, ou seja, a evaporação excede o volume de água doce, tornando a salinidade do estuário maior que a marinha. Levando em consideração a classificação de Davis (1964) e Hayes (1984) que se baseia na amplitude de maré é classificado como de mesomaré (2-4m) a amplitude média de maré da região é de 2,1m. De acordo com Rusnak (1967) o estuário do rio Pirangi pode ser classificado de acordo com a sedimentação como inverso em sizígia e neutro em quadratura.

## 6 SEDIMENTOLOGIA – A ANÁLISE DOS MINERAIS PESADOS

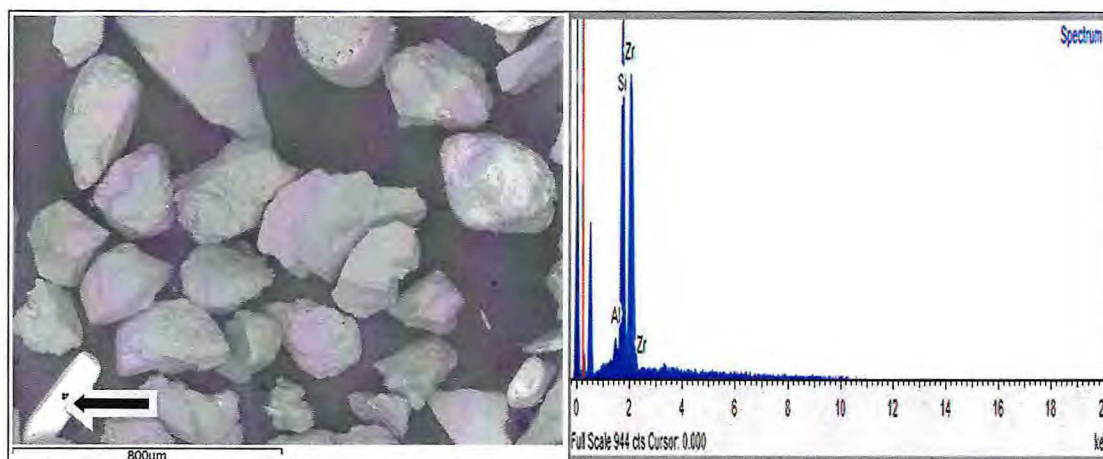
Duas fácies petrográficas compõem as áreas de praia de Parajurú: areia quartzosa e argila. As argilas se mostram ao longo de toda a praia intercaladas nas areias, porem eventualmente aflorando conforme a maré. Níveis de areias ricas em minerais pesados, assim chamados (MARTIN *et al*, 1997) porque possuem densidade superior a 2,9 g/cm<sup>3</sup>, ou seja, superior à dos minerais comuns (leves) como o quartzo (2,65 g/cm<sup>3</sup>) e feldspatos (2,56 a 2,76 g/cm<sup>3</sup>) (DIAS, 2004), característica esta que faz com que sejam mais dificilmente transportados pela ação de ondas (KOMAR & WANG, 1984).

### 6.1 Microscópio eletrônico de varredura (MEV), com Espectrômetro de Energia Dispersiva (EDS) em sedimento.

Análises químicas qualitativas e semiquantitativas foram realizadas em microscópio eletrônico de varredura (MEV), com Espectrômetro de Energia Dispersiva (EDS).

Nas tabelas abaixo mostradas alguns minerais apresentam teores anômalos dos elementos cloro e sódio. Estes valores se devem ao fato das amostra ter sido analisadas sem a devida desalinização (lavagem).

Figura 6.1 - Fotomicrografia ressaltando a morfologia dos cristal de zircão e o seu espectro obtido por MEV/EDS.



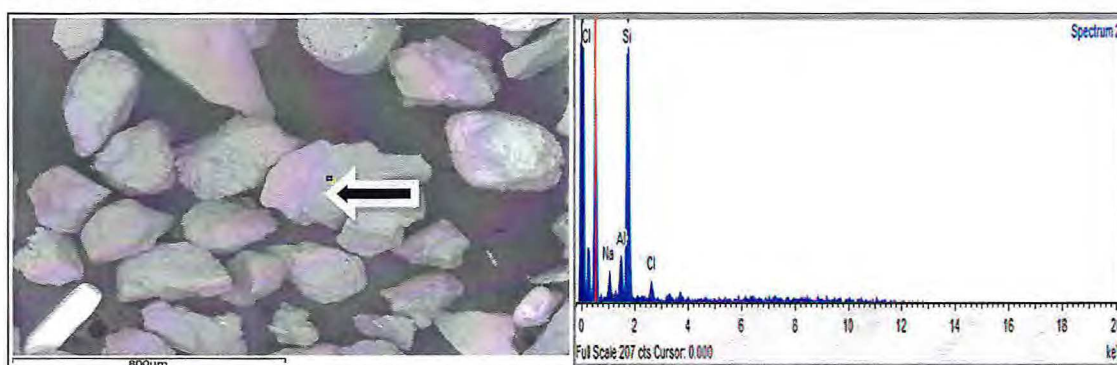
Fonte: Própria.

Tabela 6.1 - Mostra os elementos e as proporções da composição do zircão.

Elementos	Peso %	Peso % $\sigma$	Atômico %
Aluminio	1.487	0.211	3.152
Silica	24.864	0.600	50.652
Zircônio	73.650	0.635	46.196

Fonte: Própria.

Figura 6.2 - Fotomicrografia ressaltando a morfologia dos cristais quartzo e o seu espectro obtido por MEV/EDS.



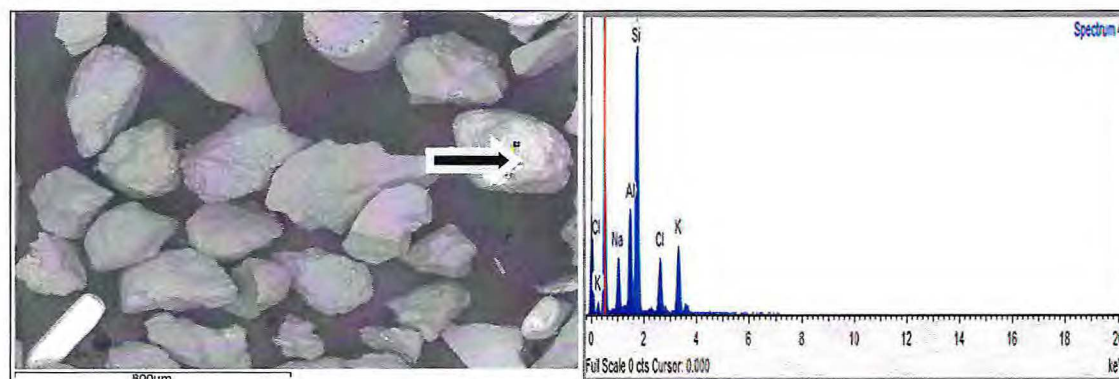
Fonte: Própria.

Tabela 6.2 - Mostra os elementos e as proporções de composição do quartzo.

Elementos	Peso %	Peso % $\sigma$	Atômico %
Sódio	5.323	0.962	6.512
Alumínio	8.594	1.070	8.957
Silício	78.074	1.867	78.177
Cloro	8.009	1.566	6.354

Fonte: Própria.

Figura 6.3 - Fotomicrografia ressaltando a morfologia do feldspato e seu o espectro obtido por MEV/EDS



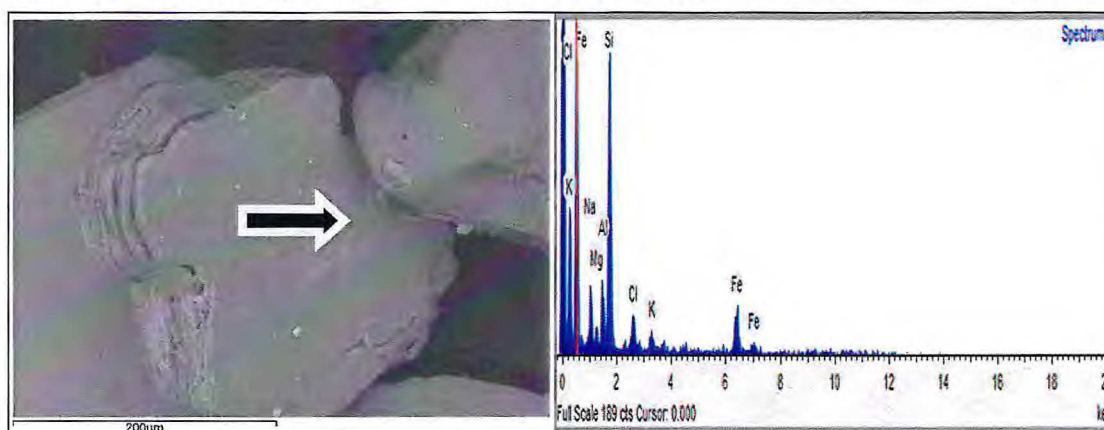
Fonte: Própria

Tabela 6.3 - Mostra os elementos e as proporções de composição do feldspato.

Elementos	Peso %	Peso % $\sigma$	Atômico %
Sódio	8.110	0.287	10.545
Alumínio	12.536	0.326	13.889
Silício	46.101	0.510	49.066
Cloro	13.706	0.419	11.557
Potássio	19.546	0.451	14.943

Fonte: Própria.

Figura 6.4 - Fotomicrografia da identificação da biotita e o espectro obtido por MEV/EDS.



Fonte: Própria.

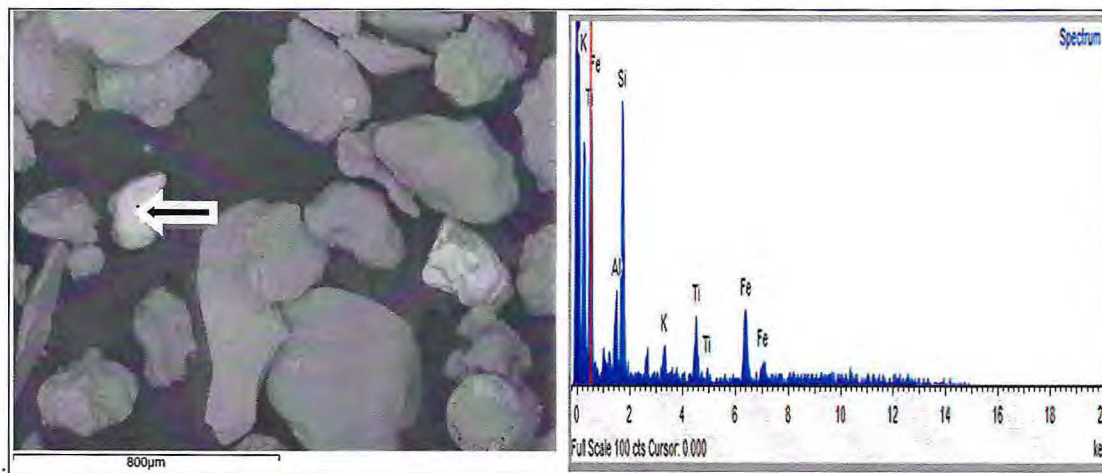
Tabela 6.4 - Mostra os elementos e as proporções de composição da biotita.

Elementos	Peso %	Peso % $\sigma$	Atômico %
Sódio	10.141	1.124	14.226
Magnésio	3.206	0.760	4.253
Alumino	7.049	0.896	8.425
Silício	42.657	1.851	48.983
Cloro	6.172	0.960	5.615
Potássio	2.938	0.758	2.423
Ferro	27.837	2.276	16.075

Fonte: Própria.



Figura 6.5 - Fotomicrografia ressaltando a morfologia da ilmenita e o espectro obtido por MEV/EDS.



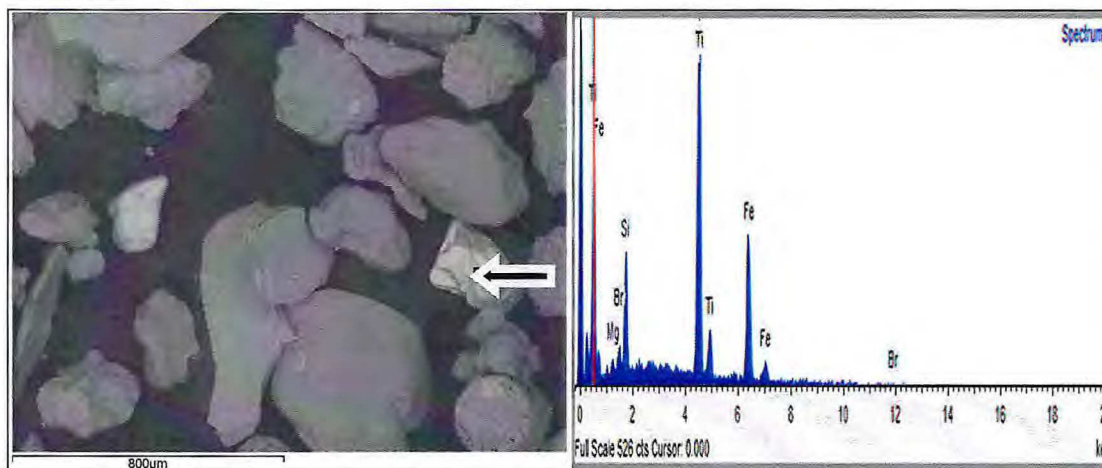
Fonte: Própria.

Tabela 6.5 - Mostra os elementos e as proporções de composição da biotita.

	<b>Peso %</b>	<b>Peso % <math>\sigma</math></b>	<b>Atômico %</b>
Alumínio	8.260	1.232	11.969
Silício	29.557	2.054	41.146
Potássio	5.618	1.045	5.617
Titânio	14.353	1.748	11.716
Ferro	42.212	2.858	29.552

Fonte: Própria.

Figura 6.6 - Fotomicrografia ressaltando a morfologia da ilmenita e o espectro obtido por MEV/EDS



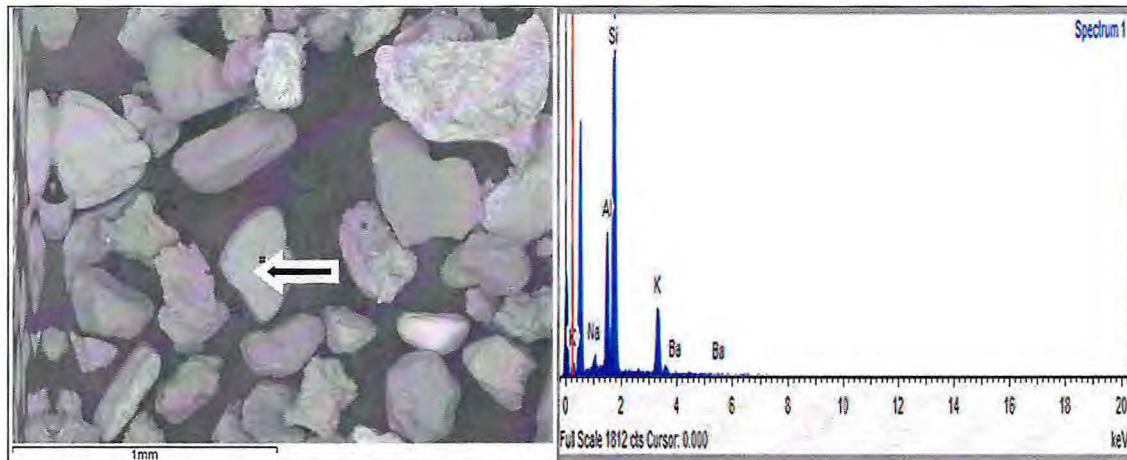
Fonte: Própria.

Tabela 6.6 - Mostra os elementos e as proporções de composição da ilmenita

Elementos	Peso %	Peso % $\sigma$	Atômico %
Magnésio	0.974	0.262	1.938
Silício	7.374	0.350	12.706
Titânio	46.240	0.832	46.717
Ferro	42.678	0.887	36.982
Bromo	2.734	0.515	1.656

Fonte: Própria.

Figura 6.7 - Fotomicrografia ressaltando a morfologia da muscovita e o espectro obtido por MEV/EDS.



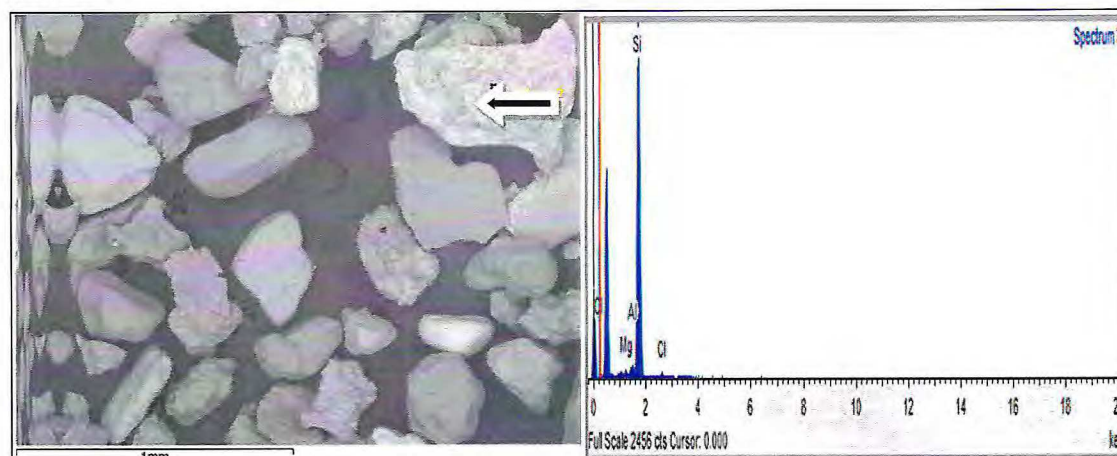
Fonte: Própria.

Tabela – 6.7 Mostra os elementos e as proporções de composição da muscovita

Elementos	Peso %	Peso % $\sigma$	Atômico %
Sódio	1.754	0.232	2.300
Alumínio	16.587	0.385	18.527
Silício	58.296	0.679	62.558
Potássio	20.838	0.503	16.061
Bário	2.525	0.716	0.554

Fonte: Própria.

Figura – 6.8 Fotomicrografia ressaltando a morfologia da hematita e o espectro obtido por MEV/EDS



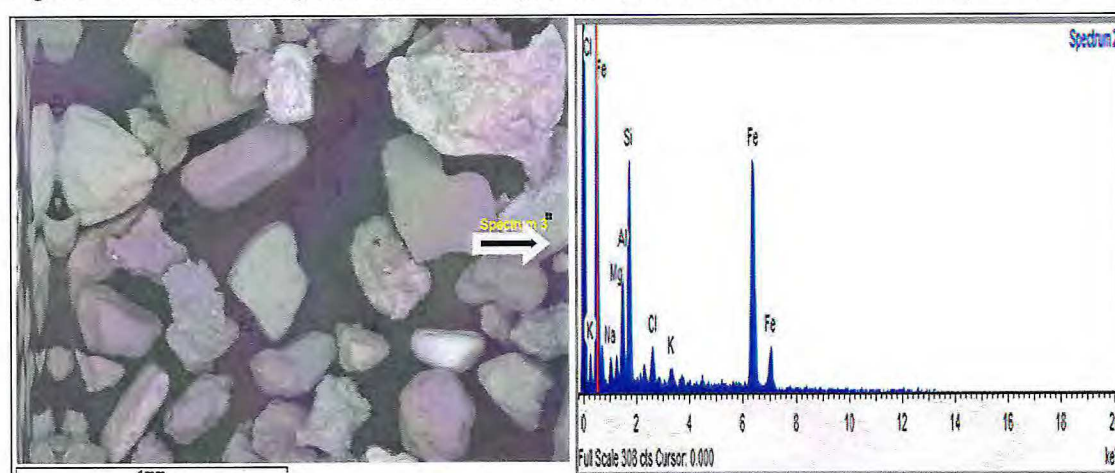
Fonte: Própria.

Tabela – 6.8 Mostra os elementos e as proporções de composição da hematita.

Elementos	Peso %	Peso % $\sigma$	Atômico %
Sódio	3.250	0.559	6.038
Magnésio	1.405	0.410	2.468
Alumínio	7.268	0.501	11.506
Silício	14.826	0.637	22.549
Cloro	2.494	0.341	3.005
Potássio	0.956	0.278	1.045
Ferro	69.801	1.026	53.389

Fonte: Própria.

Figura – 6.9 Fotomicrografia da identificação da quartzo e o espectro obtido por MEV/EDS.



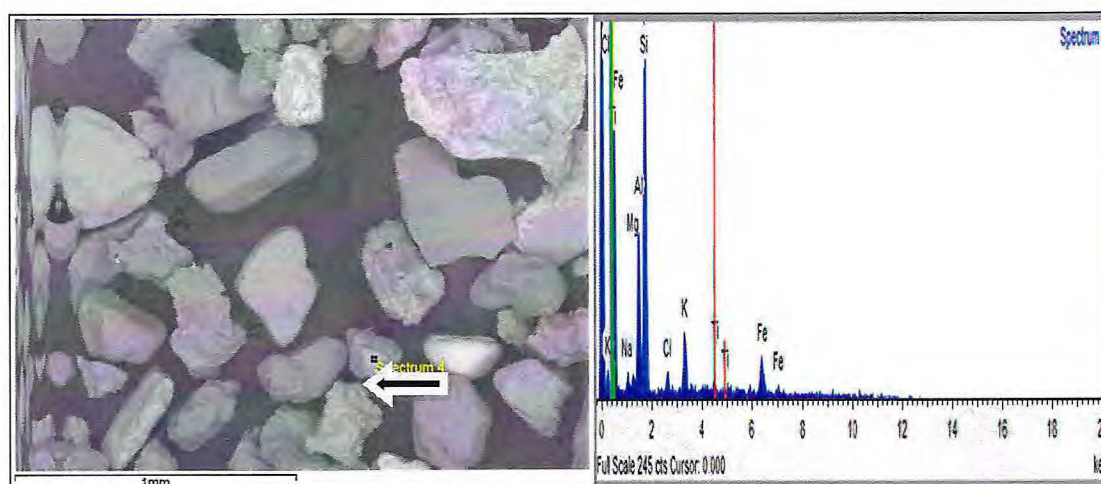
Fonte: Própria.

Tabela – 6.9 Mostra os elementos e as proporções de composição do quartzo.

Elementos	Peso %	Peso % $\sigma$	Atômico %
Magnésio	0.875	0.210	1.013
Alumínio	1.618	0.249	1.688
Silício	95.332	0.502	95.571
Cloro	2.175	0.400	1.727

Fonte: Própria.

Figura 6.10 - Fotomicrografia ressaltando a morfologia da biotita e o espectro obtido por MEV/EDS.



Fonte: Própria.

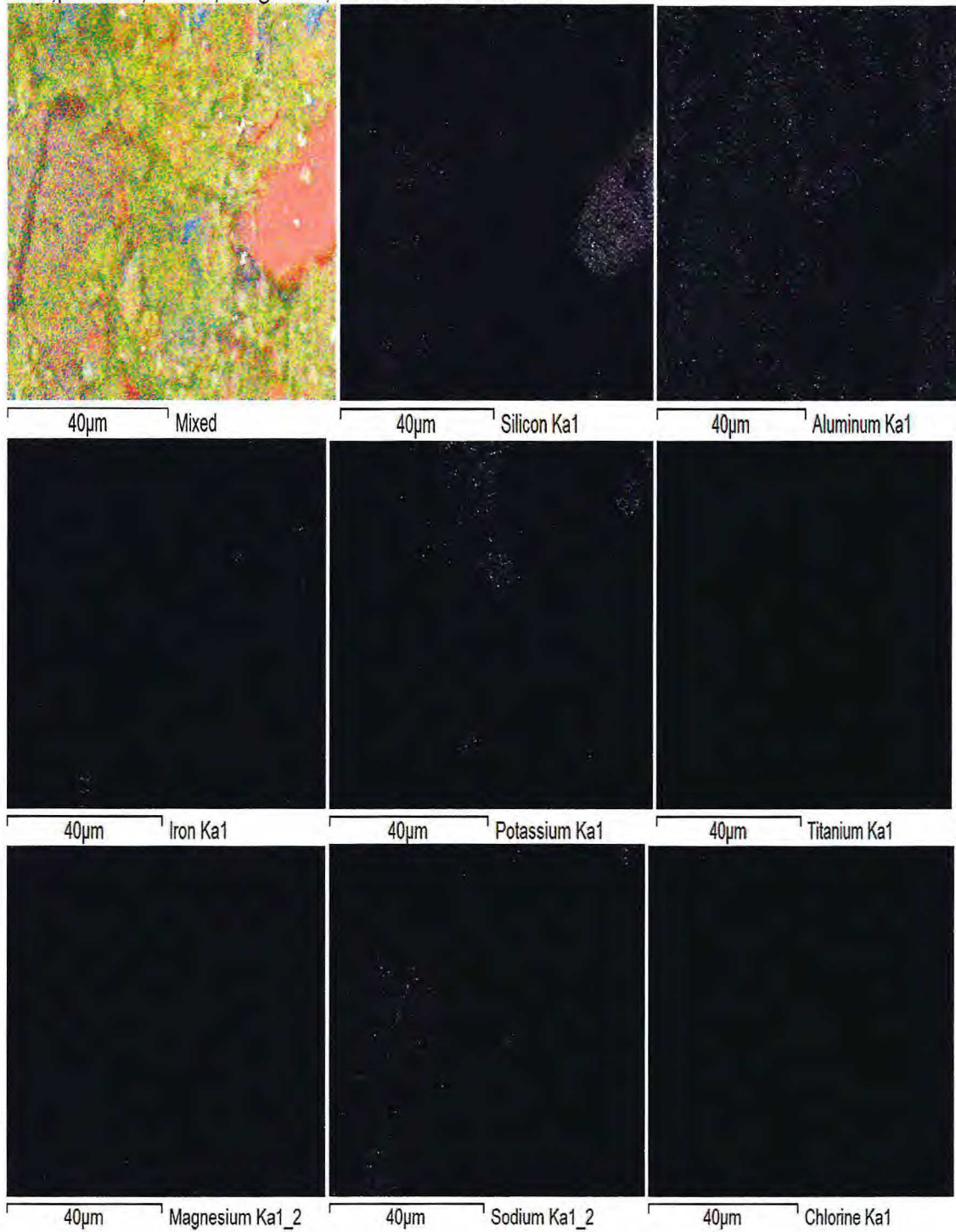
Tabela 6.10 - Mostra os elementos e as proporções de composição da biotita.

Elementos	Peso %	Peso % $\sigma$	Atômico %
Sódio	2.098	0.631	2.942
Magnésio	1.007	0.539	1.335
Alumínio	15.878	0.992	18.974
Silício	45.291	1.731	51.994
Cloro	3.528	0.711	3.208
Potássio	11.288	0.999	9.308
Titânio	1.730	0.921	1.165
Ferro	19.181	2.140	11.074

Fonte: Própria

A Fotomicrografia (colorida) é a composição dos elementos Silício, alumínio, ferro, potássio, titânio, magnésio, sódio e cloro contidas na amostra e as fotomicrografia (preto) é a proporção de cada elemento distribuída na amostra citadas abaixo nas imagens do MEV.

Figura 6.11 - Fotomicrografia mostrando a distribuição pontual dos elementos Silício, alumínio, ferro, potássio, titânio, magnésio, sódio e cloro em amostra.



Fonte: Própria.

## 6.2 Difração de raios X em argila

A tabela apresenta o resultado da análise por DRX da argila. A argila apresenta picos de difração correspondentes à caulinita  $[Al_2Si_2O_5(OH)_4]$ , quartzo ( $SiO_2$ ), microclina ( $KAlSi_3O_8$ ), hematita ( $Fe_2O_3$ ), biotita  $K(Mg,Fe)_3(OH,F)_2(Al,Fe)Si_3O_{10}$  e Halita ( $NaCl$ ). A caulinita é responsável pelo desenvolvimento da plasticidade em mistura com água e ainda apresenta comportamento refratário de queima. O quartzo é uma impureza natural das argilas e atua como um material não plástico no sistema água/argila. A microclina é benéfica aos processos cerâmicos devido à ação fundente durante o estágio de queima.

Figura 6.12 - Gráfico da representação do difratograma obtido para o material de argila.

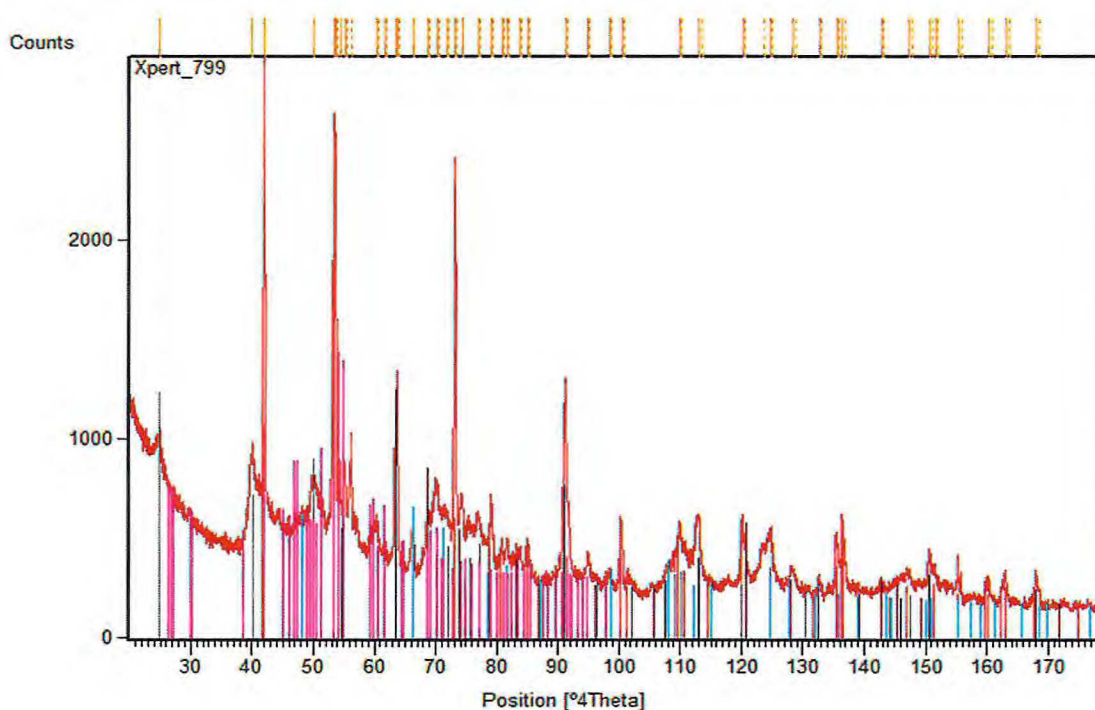


Tabela 6.11. Análise da composição dos minerais.

Cores	Mineral	Fórmula Química
	Quartzo	$SiO_2$
	Caulinita	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$
	Biotita	$K(Mg,Fe)_3(OH,F)_2(Al,Fe)Si_3O_{10}$
	Hematita	$Fe_2O_3$
	Microclina	$KAlSi_3O_8$
	Halita	$NaCl$

Fonte: Própria.

## 7 EROSIÃO NA ÁREA DE ESTUDO

No Estado do Ceará, os estudos sobre o recuo da linha de costa em praias mostram um cenário que se aproxima do cenário nacional. Os processos erosivos nos 573 km de costa se apresentam com velocidades e intensidades bem diferenciadas, com taxas médias variando de 0,05 m/ano a 5 m/ano (MORAIS *et al.*, 2006). Em decorrência de sua grande extensão e da complexidade dos diferentes ecossistemas costeiros é muito sensível aos efeitos decorrentes das intervenções antrópicas e dos processos costeiros dinâmicos naturais destas áreas.

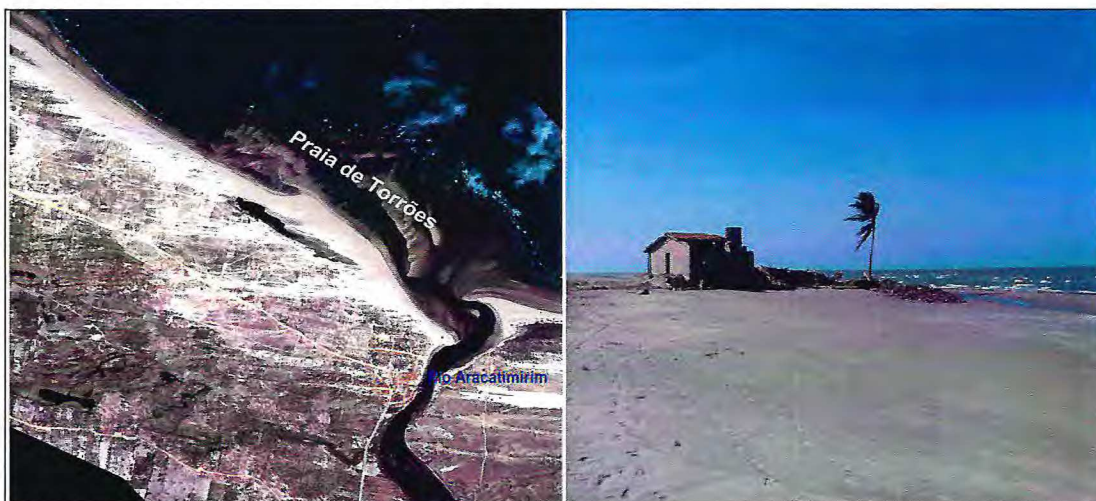
A erosão costeira é um processo natural que vem modelando a linha de costa nas últimas décadas esse fenômeno tem intensificado e esta associada a diversos fatores como a construção de obras em torno ou na praia, desmatamento, impermeabilização do solo, extração de areia e cascalhos, dragagens e, especificamente no litoral do Ceará, a ocupação das dunas que migram sobre os promontórios em direção as praias.

Também observa-se que o estado de cada praia pode ser alterado de forma significativa a partir de intervenções antropicas a exemplo do porto do Mucuripe onde o bloqueio exercido por estruturas tem alterado as características do transporte longitudinal que originalmente mantinha a praia em equilíbrio, causando como consequência a erosão em várias praias (Iparana, Icaraí, Caponga etc) a oeste do porto.

Entretanto, além da influência pontual da intervenção do homem sobre a zona costeira, impactos de maior porte como os processos de mudanças climáticas globais vem provocando alterações na atmosfera terrestre devido a crescente emissão de gases causadores do efeito estufa e aerossóis em decorrência da expansão industrial e da utilização de combustíveis fósseis nas últimas décadas (IPCC, 2005). Alterações advindas desse fenômeno é o crescente degelo das calotas glaciais o que vem a contribuir consequentemente com expressivas taxas de elevação média do nível dos mares e um aumento das taxas de recuo da linha de costa numa escala global, devido ao derretimento das mesmas.

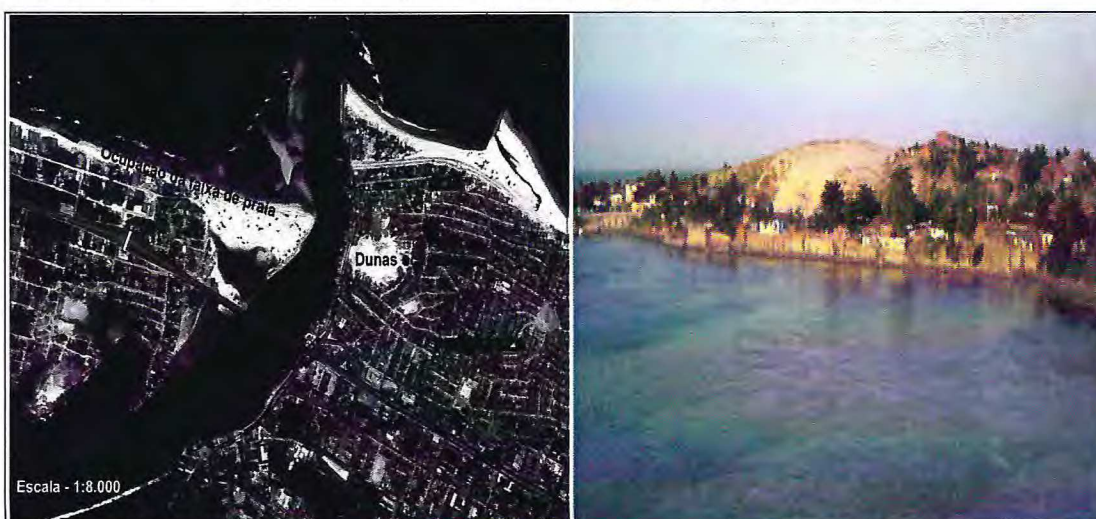
As desembocaduras fluviais são ambientes de extrema dinâmica espacial em virtude da ação dos vetores que atuam na linha de costa, tais como, marés, ventos, deriva litorânea, vazão fluvial, além de fatores climáticos e neotectônicos locais. A erosão costeira em praias adjacentes à desembocadura de rios, na costa do Ceará, parece ser comum e pode ser exemplificada por alguns rios como: Aracatimirim (Itarema), Ceará, Cocó e Pacoti (em Fortaleza), Choró (Caponga) e Jaguaribe (Aracati) observados nas (Figuras 7.1 á 7.5).

Figuras 7.1 - Desembocadura do rio Aracatimirim e ao lado casa destruída pela ação da erosão costeira na região de Itarema a oeste da desembocadura do rio.



Fontes: AGUIAR, 2012 e FARIAS, 2008.

Figuras 7.2 - Desembocadura do rio Ceará e a ocupação das dunas na desembocadura do rio alterando o processo natural da dinâmica costeira no Município de Caucaia.



Fonte: ARAÚJO, et, al, 2008.



A planície costeira de Fortaleza situa-se entre os baixo curso dos rios Pacoti e Ceará possui uma extensão de aproximadamente 23km de praia e é segmentada pela ponta do mucuripe dividindo-a em dois setores: faixa leste (rio Cocó á ponta do Mucuripe), com 8km de praia e a faixa oeste (ponta do Mucuripe até a foz do rio Ceará), com 15km de praia.

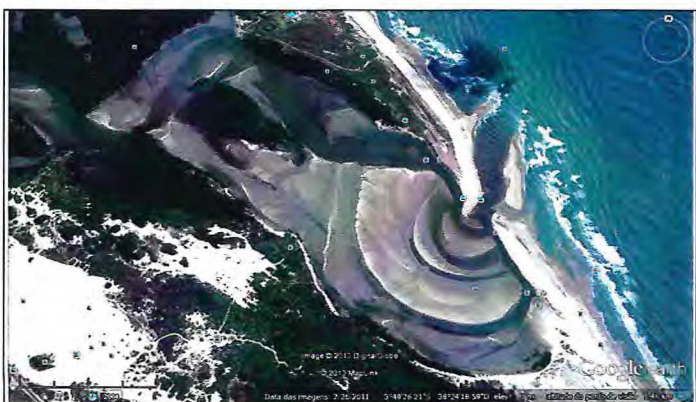
Figura 7.3 - Desembocaduras do rio Cocó e erosão a leste na praia de Sabiaguaba e oeste na praia do futuro.



Fonte: Google Earth, 2011.

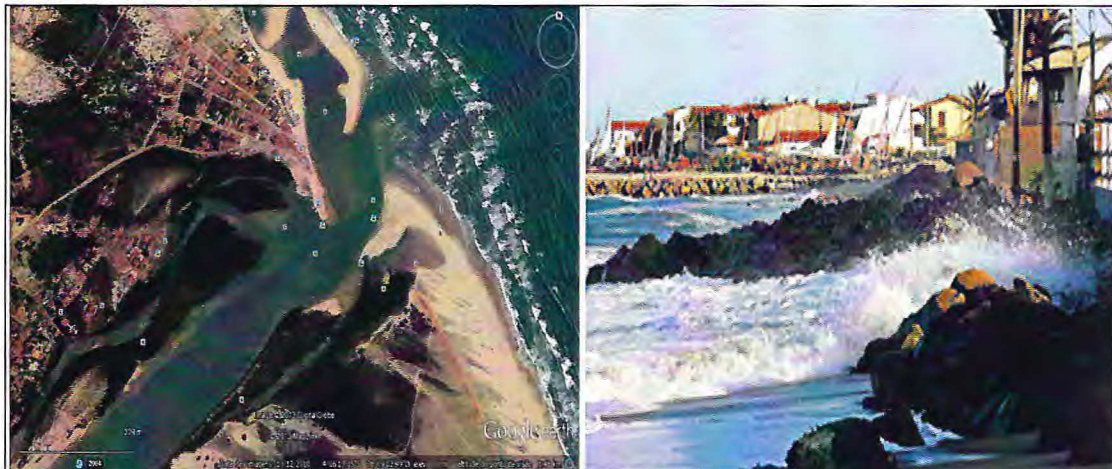
Na Desembocadura do rio Pacoti cálculos realizados com a sobreposição das linhas de costas de 1968 e 2011 revelaram que ao longo de 43 anos a praia da Cofeco reduziu 40 metros de sua área praial, e a praia de Porto das Dunas reduziu 35 metros, que implicou numa taxa de erosão em torno de 0,93m/ano. Houve erosão do *spit* arenoso superior a 200 metros com formação de bancos de areia emersos na baixa mar. (Morais J.O.).

Figura 7.4 - Desembocadura do rio Pacoti e ocorrência de erosão a oeste na praia de Cofeco e a leste na praia do Porto das dunas.



Fonte Google Earth, 2011.

Figuras 7.5 - Desembocadura do rio choró e ao lado destruição da praia de Caponga a oeste da desembocadura do rio.

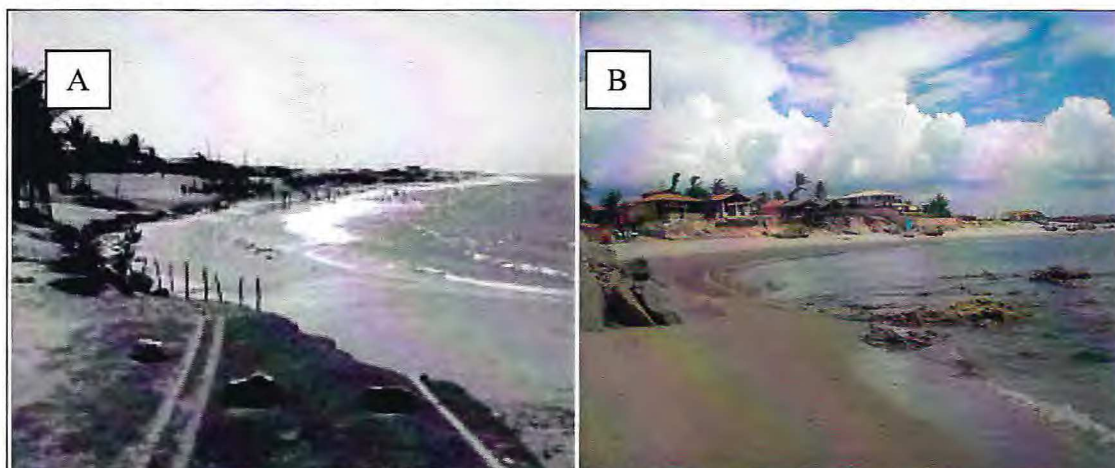


Fonte: Google Earth,2010 e ao lado foto MORAIS,et, al, 2000.

### 7.1 O caso de Pontal de Maceió

No município de Fortim, o processo de erosão verificado na localidade de Pontal de Maceió foi responsável pelo recuo de aproximadamente 200 metros da linha de costa entre os anos de 1988 e 2000 (MORAIS E PINHEIRO, 2000), isso ocasionou o avanço do mar em direção à vila de pescadores (Figura 7.6).

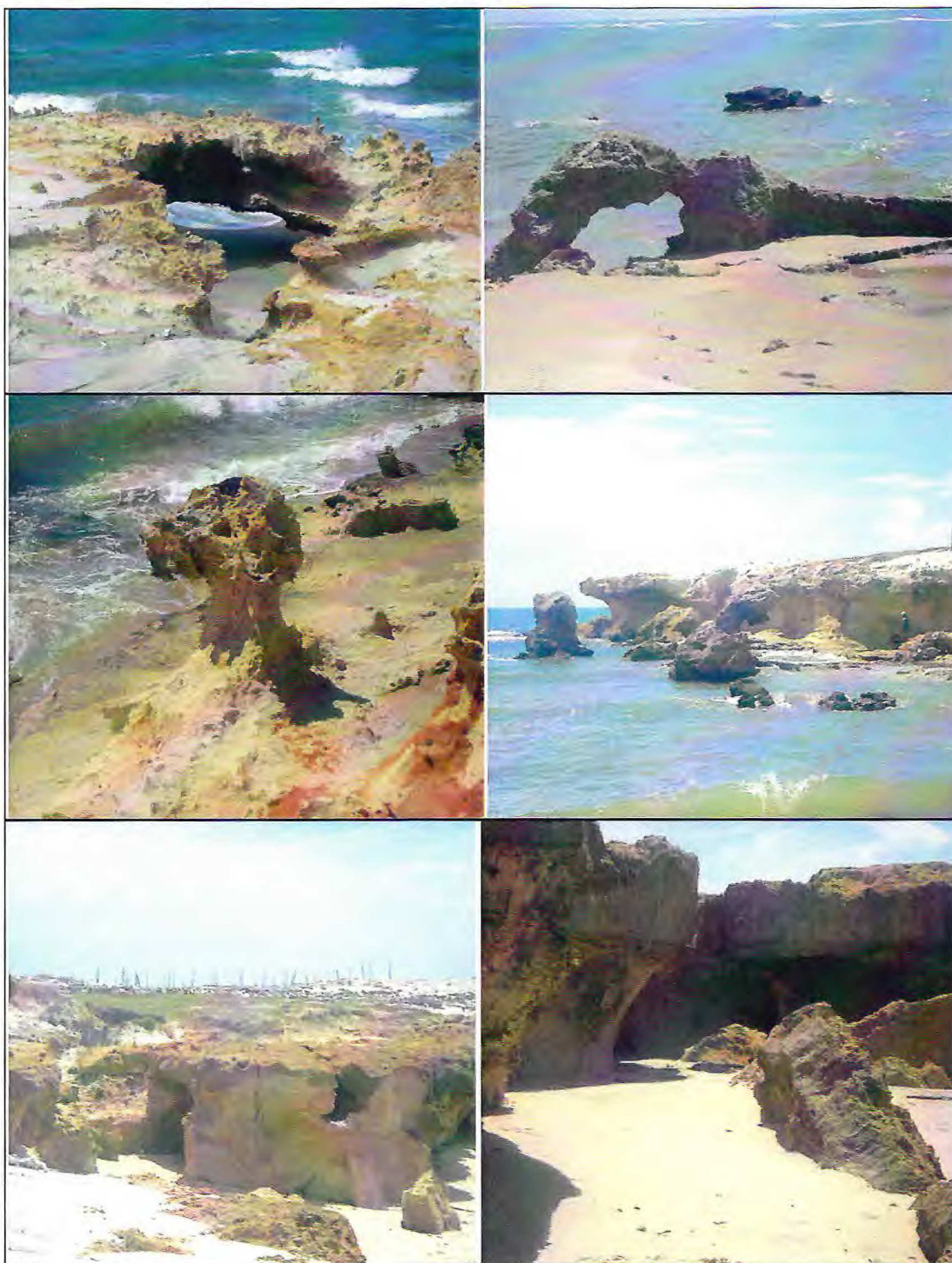
Figuras 7.6 - A) A erosão resultou na destruição da estrada de acesso ao setor oeste da praia imagem de 2000. B) Construção de barracas no setor oeste da praia imagem de 2013.



Fonte: MORAIS E PINHEIRO, 2000, ao lado fonte própria.

No Pontal de Maceió os movimentos das ondas modelam as falésias formando várias estruturas (Figuras 7.7).

Figuras 7.7 Estruturas formadas pela erosão das ondas nas falésias do Pontal de Maceió.



Fonte: Própria.

As ondas que formam a linha de costa são do tipo sea, com pequenos períodos e alturas máximas de 1,3 m. Essas ondas são geradas pela influência dos sistemas de ventos com direção predominante provenientes do quadrante E, com variações de SE. Ao incidirem na linha de costa gera um vetor resultante, paralelo a linha de costa (SE-NW), responsável pelo transporte de

sedimentos junto à praia. As principais causas da erosão no Pontal de Maceió estão relacionadas com o desenvolvimento de processos energéticos representados pela ação das ondas e marés na sequência de promontórios e reentrâncias que marcam a linha de costa desde a foz do Rio Jaguaribe até a Praia de Maceió. Do Pontal de Maceió até o limite com a praia de Parajuru, observa-se remobilização de grandes volumes de areias na direção da antepraia, sendo que são recolocados no transporte longitudinal, contribuindo significativamente na evolução do *spit* arenoso na foz do rio Pirangi.

## 7.2 Erosão na Praia de Parajuru

A praia de Parajuru vem sofrendo ao longo dos anos avanço do mar. Observamos que ocorre no rio Pirangi no decorrer dos anos um processo de migração de sua foz na direção norte, tal como nos mostra a Figura 7.8. Relatos locais de antigos veranistas e pescadores da praia de Parajuru afirmam que a foz, do rio vem migrando ano após ano sendo que hoje ela já se encontra situada a quase três quilômetros da desembocadura original. Outro ponto observado pelos frequentadores locais é que a foz do rio movimenta-se de maneira mais acelerada nos meses de outono e inverno. O fato de a foz de um rio migrar para um dos lados da praia é um excelente indicador da deriva litorânea dos sedimentos em um segmento de costa. No caso do rio Pirangi o acúmulo de sedimentos em frente o canal ocorre o estreitamento gradual do mesmo. Dessa maneira se o volume acumulado de sedimentos na desembocadura do canal exceder a capacidade de remoção da corrente do canal, essa mesma corrente de água do talvegue do rio começa a migrar. Dessa forma pressiona sua saída na direção da deriva litorânea local e conseqüentemente forma uma longa barra arenosa que acompanha esta migração se posicionando entre o canal migrante e o mar. Esta migração pode variar de alguns metros a quilômetros dependendo da intensidade da força predominante da deriva. Sendo assim a deriva ocorre na direção leste para o oeste.

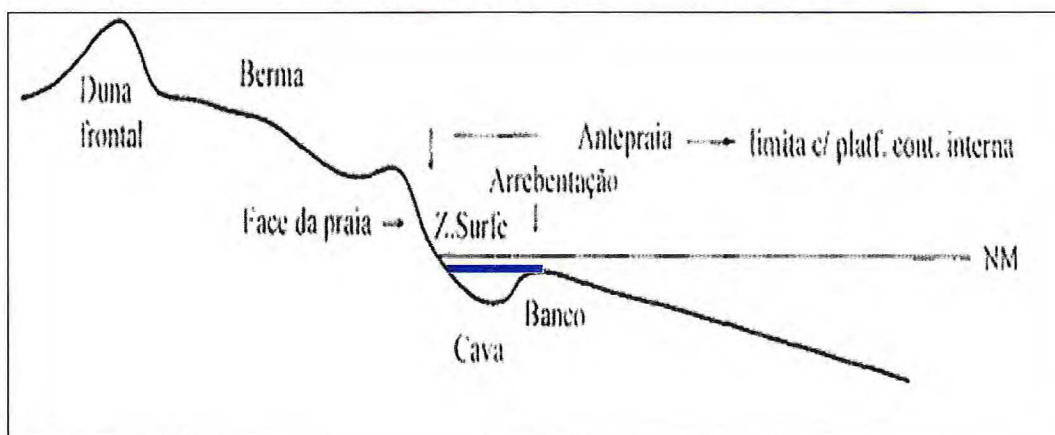
As características morfológicas foram avaliadas por meio de batimetria com relação ao comportamento hidrodinâmico, transporte de sedimentos, tipo de sedimento de fundo, e erosão através de imagens de satélite (Figura 7.8). Ao aproximar-se da costa, as ondas quebram na zona de arrebentação, gerando grande turbulência e correntes. A arrebentação das ondas é caracterizada em três tipos: mergulhante ou tubular, deslizante e ascendente. A maneira como a onda vai arrebentar depende do gradiente do fundo marinho e da geometria da onda. Ao(s) ponto(s) de quebra comumente associa-se a ocorrência de um banco arenoso, seguido por uma cava (Figura 7.9b), na área de estudo essa cava é preenchido por sedimento assoreando a praia fazendo com que as ondas ao incidirem elas não conseguem parar e conseqüentemente avança a faixa praial destruindo tudo que vem pela frente.

Figura 7.8 – Imagem de satélite (2010), mostrando a desembocadura do rio Pirangi a evolução da barra arenosa e área de sedimentação e erosão.



Fonte: Própria.

Figura 7.9 – Perfil praiado mostrando que na área a cava esta preenchidos por sedimentos, fazendo com que as ondas passam direto avançando a face de praia.

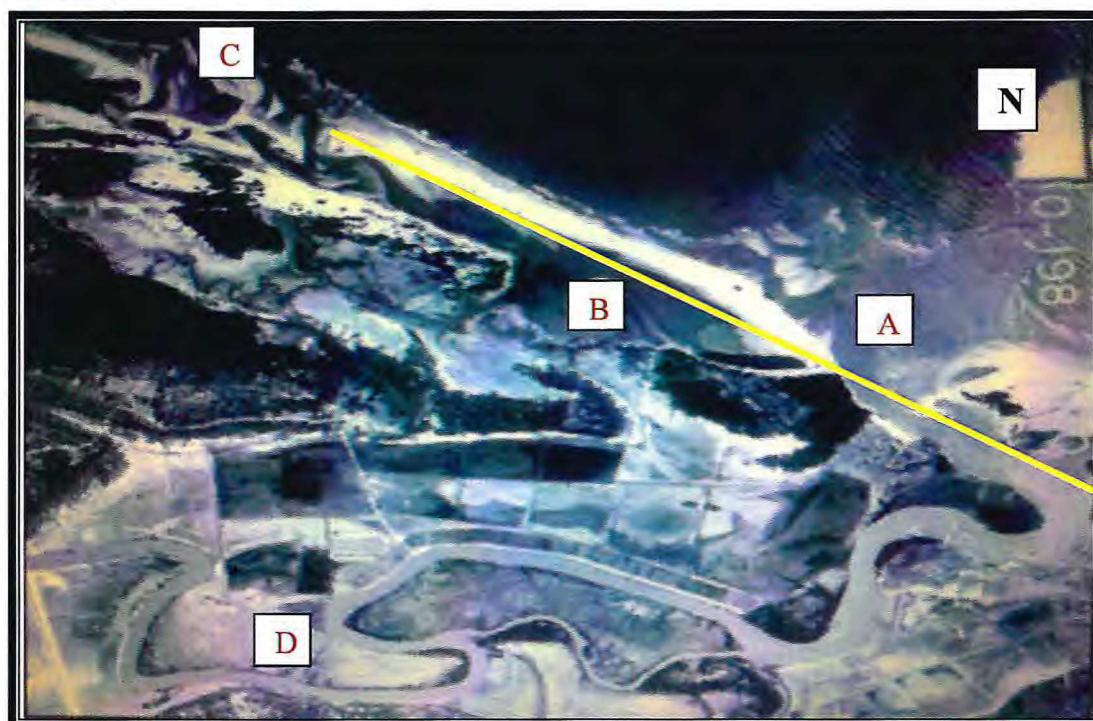


Fonte: Google imagem.

A observação de fotografias áreas de diversas datas permite que seja montada um esquema evolutivo da morfologia dos sedimentos e permite também determinar a influência do aporte fluvial, da energia das ondas e das marés, em sua desembocadura.

Na praia de Parajuru, observa-se na imagem de fotografia aérea (Figura 7.10), no ano de 1975 a evolução da desembocadura do Rio Pirangi (A), se encontrava bastante afastada para leste em relação à posição atual e desenvolvendo um aparente delta de maré vazante. Tal fato possivelmente esta relacionado a um aumento da descarga fluvial e conseqüentemente maior pluviosidade neste periodo que rompeu a barra de sedimento que costuma ocorrer na região formada pelo transporte da deriva litorânea de leste para oeste. Existe uma vasta região inundada refere-se a uma Gamboa (B) e canais indicando a antiga desembocadura estuarina (C) e no ponto (D) percebe-se a intervenção humana no curso do rio, através de construções e barragens.

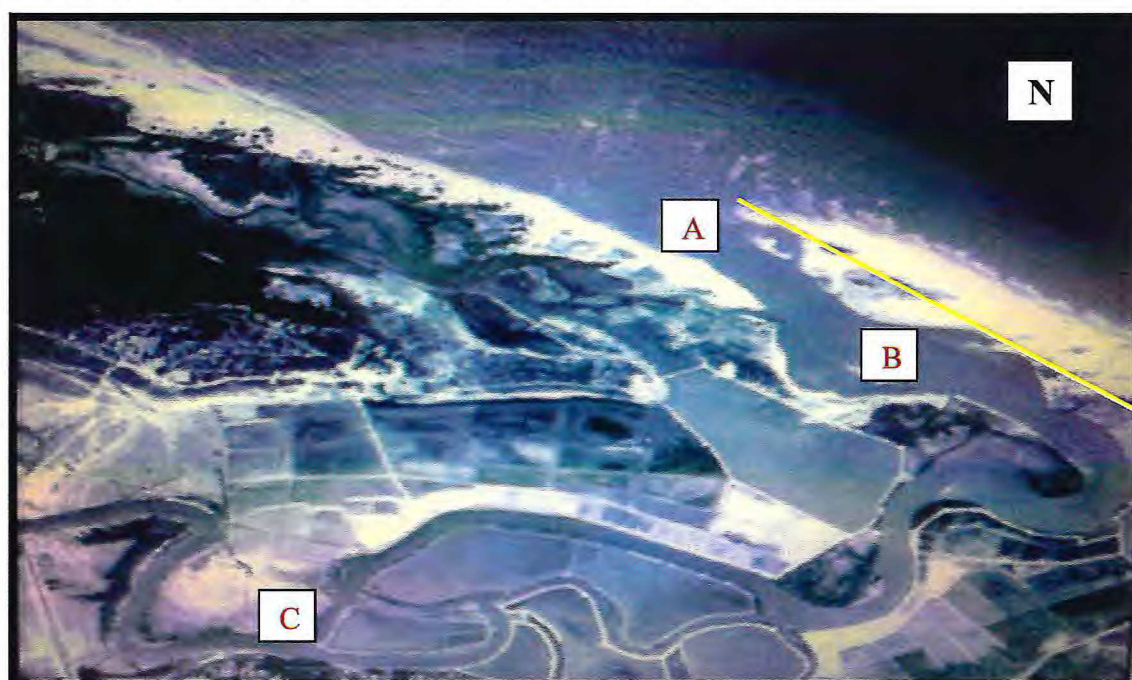
Figura 7.10 - Fotografia aérea da área em estudo no ano de 1975 (escala aproximada 1:32.000).



Fonte: PINHEIRO, 2003.

Depois de 12 anos observamos na fotografia aérea (Figura 7.11) mostra a desembocadura do rio se deslocando para oeste como evidenciada no antigo ponto (C) da figura anterior, possivelmente forçada pela diminuição da descarga fluvial. No ponto (B) nota-se a morfologia bastante diferente da observada em 1975. Com a continuidade do processo de transporte de sedimentos ocorre o aumento da barra arenosa, e também no canal encontra-se com largura aumentada e provavelmente rasa como nos dias atuais. No ponto (C) onde houve a construção de um canal artificial, agora a largura encontra-se mais expressiva indicando o fluxo estuarino preferencial.

Figura 7.11 - Fotografia aérea da área em estudo no ano de 1987.



Fonte: PINHEIRO, 2003.

Após 20 anos observa-se na imagem de satélite (Figura 7.12), mostra a evolução da barra arenosa ponto (A) em relação ao ano de 1987. O surgimento de pequenas ilhas de sedimentos ponto (B) presentes na desembocadura do rio, o banco de areia que fazia parte da antiga flecha de sedimentos. No ponto (C) ocorre a diminuição na largura do canal estuarino que pode comprovar a perda de competência da descarga fluvial.



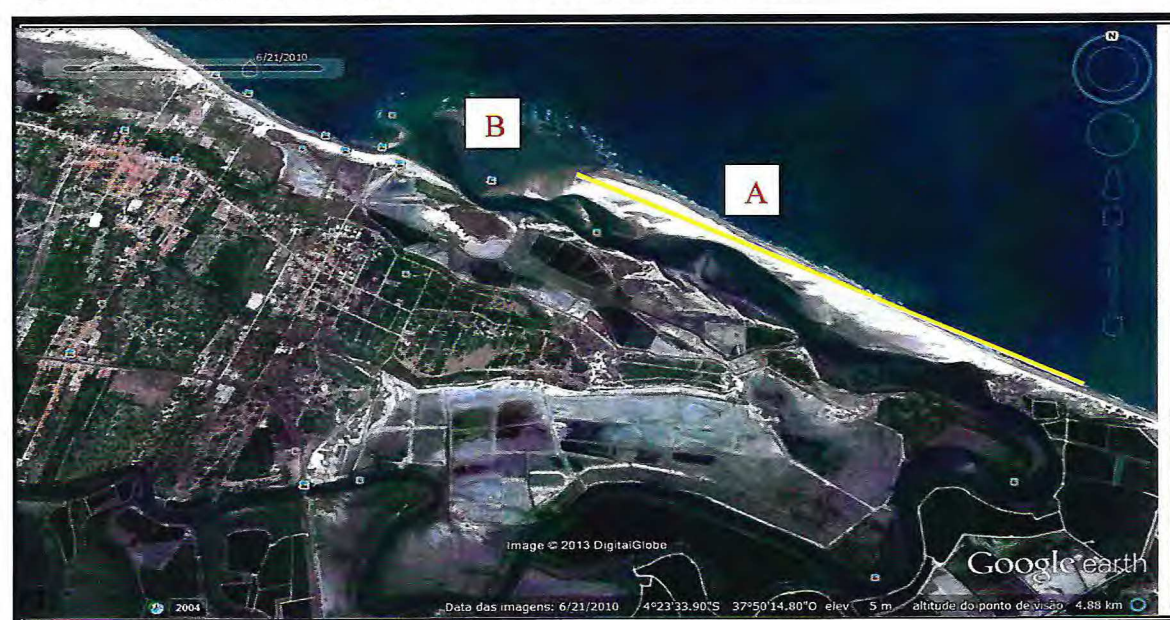
Figura 7.12 - Imagem de satélite do período histórico da área em estudo do ano de 2007.



Fonte: Google Earth, 2007.

No ano de 2010, a imagem de satélite (Figura 7.13) é observada um aumento da barra arenosa em relação aos anos anteriores ponto (A). No ponto (B) mostra a desembocadura do Rio Pirangi formando ilhas de sedimentos e talvez um possível fechamento no final da barra, indicando um rompimento da parte mais fina da barra arenosa como o que ocorreu na imagem de 1975, um novo ciclo poderá acontecer sendo influenciada pelo aumento da pluviosidade.

Figura 7.13 - Imagem de satélite da área em estudo do ano de 2010.



Fonte: Google Earth 2013.

A variação da morfologia da desembocadura do rio Pirangi no intervalo de 35 anos (1975 a 2010) indica um crescimento da barra arenosa ao longo dos anos (Tabela 7.1). Essa tendência ao aumento da barra arenosa faz parte de um ciclo evolutivo que talvez possa ser rompida quando alcançar as características naturais obtidas no período de 1975, em consequência a uma junção de fatores naturais com a diminuição da descarga fluvial e o transporte de sedimentos pela deriva litorânea.

Tabela 7.1 – Dados quantitativos indicando a evolução da barra arenosa entre os respectivos anos.

<b>Anos</b>	<b>Barra arenosa (comprimento m)</b>
1975	3,750m
1987	1,500m
2007	2,742m
2010	2,918m

O nível de risco na área de estudo perante o grau de urbanização e as intervenções antrópicas presentes na faixa costeira com a vulnerabilidade, cuja mesma pode oferecer uma análise de risco presente em cada trecho. Dessa forma foram determinados três graus de vulnerabilidade da praia. Apresentamos no mapa abaixo o nível de risco relacionado ao ambiente costeiro (Figura 7.15).

Baixo - caracterizado por uma área de mangue e ausência de edificação e apresenta estrutura de proteção (barra arenosa).

Moderadamente - caracterizado por uma área de frágil estabilidade por encontrar-se em ambiente de transição entre o mangue e a faixa de praia.

Alta - caracterizada pela presença da faixa de praia e construções (barracas, hotéis, pousadas, casas e estradas). Nota-se que essa área é constituída pela desembocadura do rio e conseqüentemente é o ambiente mais propicio a dinâmica da erosão.

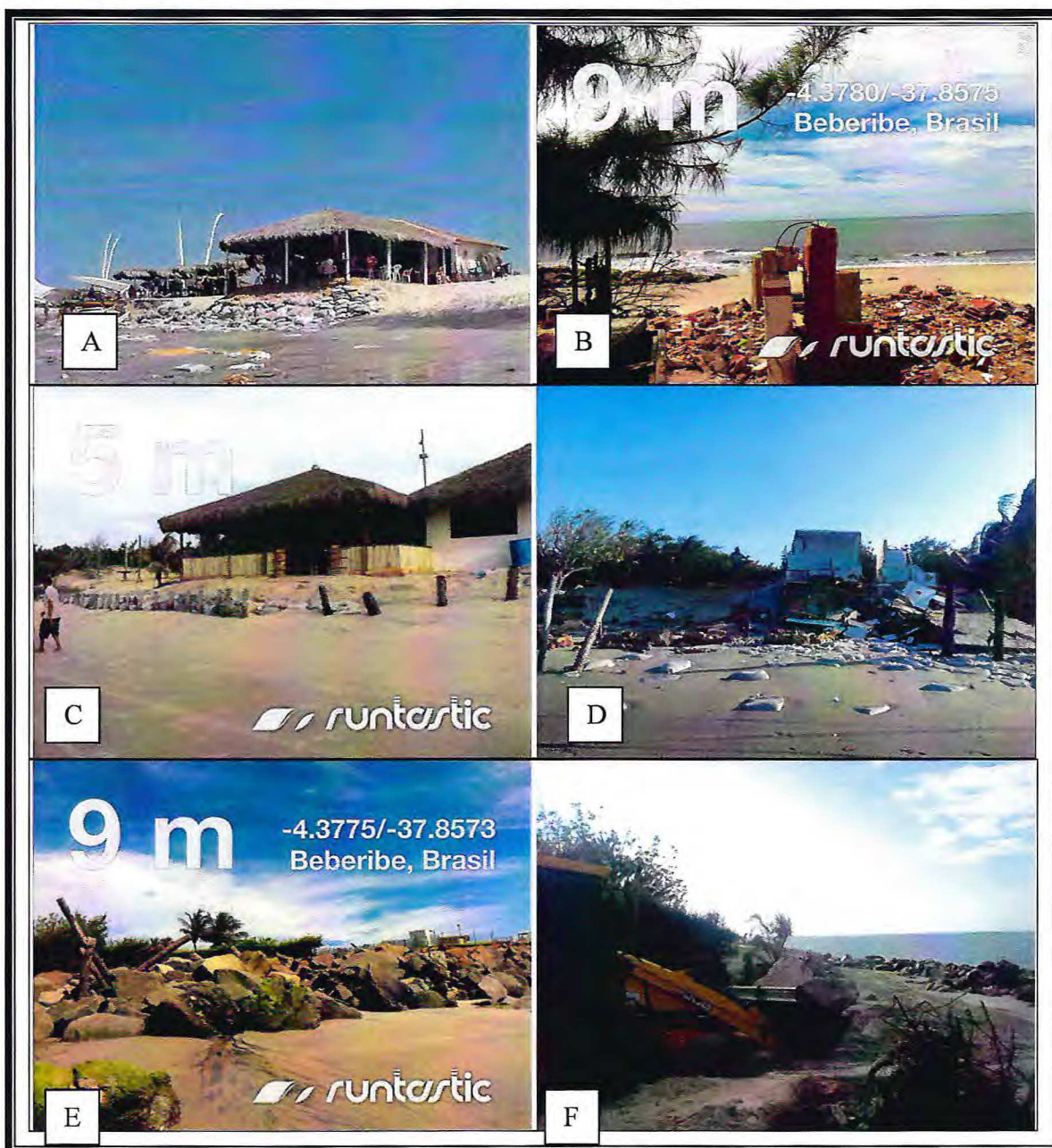
Figura 7.14 – Índice de Risco costeiro em Parajuru.



Fonte: Google Earth 2013

A erosão que ocorre a oeste da desembocadura do rio Pirangi, indicando processos erosivos na fase de preamar, em consequência do assoreamento, ocasionou o avanço do mar na faixa de praia em direção da vila de pescadores, destruindo nas maiores marés do ano, as casas, barracas, estradas, pousadas, hotéis e locais para atracação de jangadas. Esses trechos estão localizados em áreas de alto risco mostradas abaixo nas fotografias (Figuras 7.15).

Figura 7.15 - (A) Barraca do Chico imagem de 2012; B) Destruição da barraca do Chico imagem de 2013; C) Barraca Gamboa imagem de 07/2013; D) Barraca Gamboa destruída em 09/2013; E e F) Atividade para proteção do hotel são empilhados blocos de rocha para conter o impacto das ondas.



Fonte: Própria.

Observamos na imagem de satélite na (figura 7.16), que todas as construções formadas a partir do limite (linha amarela), encontram-se destruídas pelo avanço das ondas. Relatos de moradores confirmaram que no

início desse ano de 2013 ocorreram às ondas de tempestades, que chegou a inundar toda a barraca até o limite do muro (linha vermelha).

Figura 7.16 - Imagens de satélite, mostrando a erosão na área de alto risco na praia indicado nas fotos.



Fontes: Google Earth, 2013.

## 8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao longo do trabalho foram tratados aspectos específicos dos diversos setores costeiro existente na área, ou e considerou-se necessário apresentar uma abordagem integrada destes aspectos, pois foi a partir dessa que obtivemos dados para a caracterização e classificação da área.

Na caracterização física da área, pode verificar que os aspectos oceanográficos foram observados através de ondas, marés e correntes marítimas tiveram como resultado em períodos de conjunção de marés de maior amplitude e ventos de maior intensidade resultando na morfodinâmica da praia.

Os aspectos climáticos apresentam como característica do tipo semiárido com duas estações bem definidas, sendo uma com precipitações curtas, que ocorre no primeiro semestre do ano e outra com estiagem mais prolongada no segundo semestre do ano. Essa mudança na pluviosidade e intensidade dos ventos no litoral influenciou na dinâmica da remoção e/ou acreção de sedimentos na área de estudo.

Na caracterização geoambiental foram identificados na geologia local as unidades do terciário ao quaternário. A geomorfologia encontra-se dividida em unidades geoambientais são as praias, campo de dunas, planície fluvial marinha, planície lacustre, tabuleiro pré-litorâneo, na área também foram realizadas análises para minerais pesados, através do microscópio eletrônico de varredura (**MEV**) e Espectrômetro de Energia Dispersiva (**EDS**) e difração de raios-X em análise de argila para fins econômicos.

Na análise de fotografias aéreas, imagens de satélites e fotografias digitais multitemporais confirma a dinâmica da migração da desembocadura do estuário do rio Pirangi. Este fenômeno parece ser influenciado pelos processos da deriva litorânea e pela diminuição da descarga hidráulica. Nos períodos de estiagem, a diminuição da descarga hidráulica associado ao transporte da deriva litorânea promoveria a formação de uma barra arenosa, (observa-se nas Figuras 7.10 a 7.13), já nos períodos chuvosos onde as altas descargas

hidráulicas seriam capazes de romper esses sedimentos e gerar um molhe hidráulico, impedindo seu crescimento (observa-se na Figura 7.10).

As análise multitemporal da morfologia costeira permitiu por meio de comparação de períodos distintos, apresentando valores correspondentes as mudanças obtidas nessas imagens comparativas e realizadas em intervalo de tempo, representadas nas (Tabela 7.1).

A Imagem que representa a análise de risco a erosão para a área em estudo refletem as condições de fragilidade que permitem a categorização em três graus (baixo, moderado e alto), com o intuito de se compreender sua condição atual perante os processos erosivos que vem sendo observado nas (Figuras 7.14 á 7.16).

## **9 CONCLUSÕES**

Na análise geral do contexto estudado sobre a erosão da praia de Parajuru, concluímos através de verificações feitas em campo, em fotografias aéreas, imagens de satélite multitemporais e levantamentos bibliográficos sobre o tema, onde encontramos subsídios para respondermos as questões levantadas, que o processo de erosão que está ocorrendo a oeste da desembocadura do rio Pirangi é o resultado de vários fatores de origem natural e antrópico que atuam na dinâmica costeira.

A erosão costeira é um fenômeno que ocorre a nível mundial e estando mais ou menos condicionado por fatores naturais e, sobretudo por fatores antrópicos é importante que a atual sociedade e seus governantes reconheçam que o avanço do mar deve ser encarado como uma condição decisiva e limitativa na determinação do uso e ocupação das faixas costeiras. Só assim, se poderá contribuir para a redução dos riscos.

## **10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**



AGUIAR P. F., EL-ROBRINI M. FREIRE G. S. S., CARVALHO R. G., **Análise multitemporal da linha de costa da praia de Torrões (Itarema, Ceará, Brasil) em médio período (1958-2004) utilizando imagens quickbird e fotografias aéreas revista Geonorte**, Edição Especial, V.2, N.4, p.1279 – 1290 , 2012.

ARAÚJO M. V. FREIRE G. S. S. **Análise ambiental e de uso e ocupação da Área de Proteção Ambiental do estuário do Rio Ceará**, Fortaleza – Ceará, Revista de Geologia, Vol. 21, nº 1, 7-19, 2008.

BEZERRA, L. J. C. – **Caracterização dos Tabuleiros Pré-Litorâneos do Estado do Ceará** - Dissertação (mestrado) – UFC, Fortaleza, 2009, p40-47.

BEZERRA R. G., **Hidrodinâmica do estuário do rio Choró (Cascavel/Beberibe) litoral leste do Estado do Ceará**. Dissertação (mestrado) – UFC, Fortaleza, 2006, p14-81.

BITTENCOURT, R.; ALMEIDA G.; CARPENTIERI, E. **Potencial Eólico no Litoral do Ceará e Rio Grande do Norte para Geração de Energia Elétrica**. 1996. Relatório – DEFA-EO-RT, CHESF - 002/96, rev.1, outubro, 1996.

FARIAS, Eduardo Guilherme G. de – **Aplicação de Técnicas de Geoprocessamento para evolução da linha de costa em ambientes litorâneos do Estado do Ceará**. (Dissertação de Mestrado em ciências marinha tropicais do instituto de ciências do mar - LABOMAR). Fortaleza: UFC – 2008 p32-88.

FECHINE J. A. L., SALES V. C., PEULVAST J. P., **Alterações no perfil natural da zona litorânea da cidade de Fortaleza, Ceará, ao longo do século XX**, Artigo p1-20.

MAGALHÃES, S. H. O. **Caracterização morfodinâmica e evolução a médio e curto prazo das praias dos municípios de São Gonçalo do Amarante e Caucaia-CE**. 2000. 123f. Dissertação (Mestrado em Sedimentologia). Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

MOURA, M. R. **Dinâmica costeira e vulnerabilidade á erosão do litoral dos municípios de Caucaia e Aquiraz, Ceará**. Tese de Doutorado em Geografia na Universidade Federal do Ceará-UFC. Fortaleza 2012, 112-115p.

MORAIS J. O., FREIRE G. S. S., PINHEIRO L., SOUZA M. J. N., CARVALHO A. M., PESSOA P. R., OLIVEIRA S. H. M., **Erosão e progradação do litoral Brasileiro** | Ceará, 2000, p132-151.

NASCIMENTO, G. S. **As dunas do litoral leste de Aquiraz/CE: Evolução, Dinâmica e Gestão Ambiental**. (Dissertação de Mestrado). Fortaleza: UFC – Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2007. 150p.

NEAT, FUNCEME, UECE, LGCO, NUGEN, projeto da CNPq, **Avaliação do Uso Potencial de Áreas Estuarinas a Partir da Identificação e Caracterização do Comportamento de Variáveis Hidro-Climáticas, Oceanográficas e Ambientais – Estudos de Caso: Rio Pirangi-CE**, Relatório final, Fortaleza, 2007, p 5-9.

PINHEIRO, L. S.; MORAIS, J. O. **Processos Hidrodinâmicos e Impactos Ambientais na Planície Costeira de pontal de Maceió-Fortim-CE**. IN: VII ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, v. 1, Fortaleza, Anais... Fortaleza, UECE, 1998. p.1-47

PINHEIRO, L.S., MORAIS, J.O. & MEDEIROS, C., 2001, **Mudanças da linha de praia e feições morfológicas no município de Cascavel, estado do Ceará, Brasil**. Arq. de Ciên. do Mar, **34**: 67-75.

PINHEIRO, R. D., 2003, **Análise do comportamento hidrodinâmico e sedimentológico do estuário do rio Pirangi-CE (NE/Brasil)**, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geologia Fortaleza - UFC, p1-89.

ROCHA G. H. M.; ROCHA M. N.; PINHEIRO L. DE SOUZA; MORAIS J. O. **Variações na linha de costa da desembocadura do rio Pacoti e processos sazonais associados**. XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário; ABEQUA III Encontro do Quaternário Sulamericano; XIII ABEQUA Congress - The South American Quaternary: Challenges and Perspectives, UECE, LABOMAR, 2011, p3.

SCHMIEGELOW, JOÃO M. MIRAGUAIA, 2004, **O Planeta azul: uma introdução as Ciências marinhas**. Rio de Janeiro Cap:7 p.49-56.

SILVA, J. M. O., SILVA, E. V., **Análise geoambiental do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Pirangi-CE**. Revista Geonorte, Edição especial, v.3,n.4, p.593-605, 2012.

ZASSO, L. A., **A alteração na deriva litorânea e no balanço de Sedimentos em costas arenosas. Estudo de caso: Molhes do rio Mampituba e praias adjacentes.** Monografia - Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, em Geografia, na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2007, p10-20.