



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE**

**INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA**

**Pós-Graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica**

**MORFODINÂMICA DA PRAIA DO FUTURO,  
FORTALEZA-CE**

**Miguel da Guia Albuquerque**

**Orientador: Prof. Dr. Lauro Júlio Calliari**

**Co-orientadora: Profa. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro**

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica da Universidade Federal do Rio Grande.

**Apoio:**



**Laboratório de Geologia e  
Geomorfologia Costeira e Oceânica**

**Rio Grande, RS – Dezembro de 2008.**

"Bom mesmo é ir a luta com determinação, abraçar a vida com paixão, perder com classe e vencer com ousadia, pois o triunfo pertence a quem se atreve"

**Charles Chaplin**

"Cada um é aquilo que lê"

## **Agradecimentos:**

Agradeço a Deus por ter iluminado meu caminho durante o curso de mestrado.

Muito obrigado ao Prof. Dr. Lauro Calliari, meu orientador e grande amigo, pela confiança no meu trabalho, pelos conselhos, sugestões, críticas construtivas, e por todo apoio e atenção dado a mim antes e durante a realização do mestrado. Lauro, você foi praticamente meu segundo pai aqui em Rio Grande!

Aos amigos Dr. José Fontoura, Dr. Carlos Tagliani, Dr. Antonio Klein (UNIVALI), MSc Pedro Pereira e MSc. Rafael Guedes pelas contribuições dadas no desenvolvimento da dissertação e pelo conhecimento transmitido.

Aos bolsistas e amigos do laboratório de Oceanografia Geológica da FURG: Elaine, Camila, Juliana Costi, Pedro Guimarães, Natan, Gabriela Jung, Claudia, Pablo, Alessandro, Eduardo Borba, Suelen, Fred, Renato, Arthur, Rosa e Bula pela acolhida e por proporcionar momentos descontraídos.

Aos demais amigos que também compõem o LOG: Manoel, Tati, Milico, Neuza, Gloria, Elisa, Alan Oliveira, Zé Antikeira, Eduardo (computadores), Tadeu, Francine, Clabisnei, Prof. Gilberto Griep, Profa. Isabel e demais professores e bolsistas pela amizade e por tornarem o LOG esse ambiente prazeroso de se trabalhar.

As gurias da biblioteca setorial (aff.....perturbei vocês demais quando eu ia procurar os *papers*).

Aos amigos da FURG: Christian Serpa, Baldez, Ângelo Lemos, Ítalo Braga, Marcelo Pinho, Josiara, Débora, Nicolas, Gisele, Carla, Mathias, Igor (Pará), Patrícia, Curiri, Felipe (Polvo) e todos os outros que passaram pela minha vida.

Aos amigos do LGCO/UECE: prof. Jader, profa. Lidriana, Alex Costa, Davis, João Sergio, Paulo Augusto, André (dente), Judária, Mariana, Silvio, Diego, Glairton, Rony, Laldiane, Marisa, Glacianne, Jorge, Neide, Carolina Dias, Aluisio (INPH), Tatiana Falcão, Raquel, João, Lilian e Paulo Henrique (Zé Bob) pelo apoio nos trabalhos de campo, pelo conhecimento transmitido e pela amizade.

A família Figueiredo Ferreira: Carlos e Eluza (*in memoriam*), Andréia, Leandro, Simone, Kiko, Andressa e aos demais membros por todo apoio, incentivo e amizade.

Muito obrigado a Valentina (Portuga) pela sua amizade, conselhos, críticas, momentos felizes e por todo apoio prestado durante minha permanência em Rio Grande. Você foi praticamente minha segunda mãe.

Por fim, muito obrigado a minha família (Fernando Luiz, Luiza Gabriela, João Henrique, Neide, sobrinhos e agregados) e aos meus pais, João e Nair, por acreditarem no meu trabalho e pelo apoio incondicional em minhas decisões profissionais e pessoais. Amo vocês!

## INDICE:

<b>CAPITULO 01</b>	
1. INTRODUÇÃO .....	14
1.1. Subdivisões do Ambiente Praial .....	18
1.2. <b>OBJETIVOS</b> .....	20
1.3. Objetivo Geral .....	20
1.4. Objetivos Específicos .....	20
1.5. <b>MOTIVAÇÃO PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO</b> .....	21
1.6. <b>Localização da Área de Estudo</b> .....	21
1.7. Aspectos Geológicos e Climatológicos .....	24
<b>CAPITULO 02</b>	
2. <b>METODOLOGIA</b> .....	27
2.1. Levantamento Bibliográfico e Cartográfico .....	27
2.2. Levantamentos Morfodinâmicos .....	28
2.3. Levantamento Hidrodinâmico e Coleta de Sedimentos .....	29
2.4. Coleta de Sedimentos na Zona de Arrebentação .....	31
2.5. Levantamento dos Dados de Afogamentos e Perfil Socioeconômico dos Usuários .....	35
2.6. Coleta e Tratamento de Vídeo-Imagens .....	35
2.7. Tratamento dos Dados em Laboratório .....	37
2.8. Aplicação dos Parâmetros Morfodinâmicos .....	39
<b>CAPITULO 03</b>	
3. <b>CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA</b> .....	42
3.1. Aspectos Sedimentológicos do Setor 01 .....	45
3.2. Aspectos Sedimentológicos do Setor 02 .....	47
3.3. Aspectos Sedimentológicos do Setor 03 .....	49
3.4. Caracterização dos Parâmetros Estatísticos .....	51
3.5. Relação entre o Tamanho Médio do Grão e a Declividade da Praia .....	52
3.6. Comportamento dos Sedimentos em Suspensão na Zona de Surfe .....	56
<b>CAPITULO 04</b>	
4. <b>CARACTERIZAÇÃO DA MORFODINÂMICA E HIDRODINÂMICA SAZONAL</b> .....	61
4.1. Caracterização do Regime de Ventos .....	62
4.2. Morfodinâmica e Hidrodinâmica do Setor 01 .....	64
4.3. Morfodinâmica e Hidrodinâmica do Setor 02 .....	71
4.4. Morfodinâmica e Hidrodinâmica do Setor 03 .....	79
4.5. Variação dos Parâmetros Morfométricos ao Longo da Costa .....	85
<b>CAPITULO 05</b>	
5. <b>CARACTERIZAÇÃO DA MORFODINÂMICA E HIDRODINÂMICA DE ALTA FREQUÊNCIA</b> .....	88
5.1. Aspectos Morfodinâmicos e Hidrodinâmicos do Ponto 02 .....	88
5.2. Aspectos Morfodinâmicos e Hidrodinâmicos do Ponto 05 .....	95
5.3. Aspectos Morfodinâmicos e Hidrodinâmicos do Ponto 07 .....	97
5.4. Caracterização dos Padrões de Migração dos Bancos Arenosos .....	99
5.5. Caracterização do Índice de Mobilidade Praial Durante Levantamentos de Alta Frequência .....	104

<b>CAPITULO 06</b>	
<b>6. CARACTERIZAÇÃO DOS RISCOS ASSOCIADOS AO BANHO DE MAR</b> .....	<b>109</b>
6.1. Caracterização dos Riscos Associados ao Banho de Mar Segundo os Usuários .....	114
6.2. Caracterização do Perfil dos Usuários da Praia do Futuro	119
6.3. O Futuro dos Estudos de Morfodinâmica Costeira e sua Relação com a Segurança de Praias .....	123
<b>CAPITULO 07</b>	<b>125</b>
<b>7. CONCLUSÕES</b> .....	
<b>CAPITULO 08</b>	<b>130</b>
<b>8. PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>131</b>
<b>ANEXOS</b>	
<b>ANEXO I</b> .....	<b>142</b>
<b>ANEXO II</b> .....	<b>143</b>
<b>ANEXO III</b> .....	<b>144</b>
<b>ANEXO IV</b> .....	<b>145</b>

## Lista de Tabelas

<b>Figura 1:</b> Evolução dos estudos de morfodinâmica costeira no Brasil .....	17
<b>Figura 2:</b> Subdivisão do ambiente praial .....	19
<b>Figura 3:</b> Mapa de localização da área de estudo .....	23
<b>Figura 4:</b> Clinometro usado nas medições de declividade da zona de espraiamento .....	28
<b>Figura 5:</b> Levantamento topográfico com auxílio de estação total ou nível topográfico .....	29
<b>Figura 6:</b> Medição da altura significativa de ondas com auxílio de uma régua de 5m .....	30
<b>Figura 7:</b> Esquema do trapeador com redes e espaçamento entre duas redes consecutivas .....	32
<b>Figura 8:</b> Esquema de instalação dos trapeadores ( $T_j$ ) com a profundidade local ( $h_j$ ) e área entre dois trapeadores consecutivos ( $A_k$ ) .....	33
<b>Figura 9:</b> Detalhes construtivos das armadilhas de sedimentos .....	34
<b>Figura 10:</b> Anemômetro portátil .....	34
<b>Figura 11:</b> Imagem de longa exposição ( <i>Timex</i> ) da praia do Futuro .....	36
<b>Figura 12:</b> Imagem <i>variance</i> da praia do Futuro .....	36
<b>Figura 13:</b> Etapas da análise granulométrica .....	38
<b>Figura 14:</b> Modelo praial conceitual onde HT e LT referem-se aos níveis de preamar e baixa mar respectivamente .....	41
<b>Figura 15:</b> Distribuição das classes granulométricas nos diferentes setores da praia do Futuro .....	44
<b>Figura 16:</b> Distribuição dos pontos de coleta no setor 01 da praia do Futuro .....	45
<b>Figura 17:</b> Rochas de praia na zona de espraiamento da praia do Futuro .....	46
<b>Figura 18:</b> Localização do setor 02 na praia do Futuro .....	48
<b>Figura 19:</b> Localização do setor 03 na praia do Futuro .....	49
<b>Figura 20a:</b> Relação entre o tamanho médio do grão <i>versus</i> a declividade da	53

praia nas amostras do estirâncio (setor 01) .....	
<b>Figura 20b:</b> Relação entre o tamanho médio do grão <i>versus</i> a declividade da praia nas amostras do estirâncio (setor 02) .....	<b>54</b>
<b>Figura 20c:</b> Relação entre o tamanho médio do grão <i>versus</i> a declividade da praia nas amostras do estirâncio (setor 03) .....	<b>55</b>
<b>Figura 21:</b> Caracterização da quantidade de sedimentos transportados, em suspensão e de fundo, nos três setores da praia do Futuro em três campanhas..	<b>57</b>
<b>Figura 22:</b> Variação da velocidade do vento no 1º e 2º semestre de 2004 e 2005 na praia do Futuro .....	<b>62</b>
<b>Figura 23:</b> Vista aérea do ponto 01 (Caça e Pesca) .....	<b>64</b>
<b>Figura 24:</b> Arenitos de praia na zona de espraiamento do ponto 01 .....	<b>64</b>
<b>Figura 25:</b> Perfis sazonais e variação do pacote de perfis no ponto 01 .....	<b>65</b>
<b>Figura 26:</b> Vista aérea da zona de arrebentação do ponto 01 .....	<b>66</b>
<b>Figura 27:</b> Vista do estirâncio e do pós-praia do ponto 02 .....	<b>66</b>
<b>Figura 28:</b> Caracterização do período e altura significativa das ondas no setor 01 .....	<b>67</b>
<b>Figura 29:</b> Acumulação de sedimentos no pós-praia do ponto 02 .....	<b>68</b>
<b>Figura 30:</b> Perfis sazonais e variação do pacote de perfis no ponto 02 .....	<b>68</b>
<b>Figura 31:</b> Vista aérea dos bancos arenosos na zona de espraiamento do ponto 02 .....	<b>69</b>
<b>Figura 32:</b> Zona de espraiamento do ponto 03 (Barraca Tropicália) .....	<b>71</b>
<b>Figura 33:</b> Perfis sazonais e variação do pacote de perfis no ponto 03 .....	<b>71</b>
<b>Figura 34:</b> Zona de espraiamento do ponto 04 (Barraca <i>Long Beach</i> ) .....	<b>72</b>
<b>Figura 35:</b> Perfis sazonais e variação do pacote de perfis no ponto 04 .....	<b>73</b>
<b>Figura 36:</b> Caracterização do período e altura significativa das ondas no setor 02 .....	<b>74</b>
<b>Figura 37:</b> Deposição de sedimentos no pós-praia do ponto 05 por ação eólica .	<b>75</b>
<b>Figura 38:</b> Perfis sazonais e variação do pacote de perfis no ponto 05 .....	<b>76</b>
<b>Figura 39:</b> Caracterização dos bancos arenosos transversais no ponto 05 .....	<b>77</b>
<b>Figura 40:</b> Perfil escarpado indicativo de uma praia intermediária (ponto 05) .....	<b>78</b>
<b>Figura 41:</b> Caracterização do período e altura significativa das ondas no setor	<b>79</b>

03 .....	81
<b>Figura 42:</b> Perfis sazonais e variação do pacote de perfis no ponto 06 .....	81
<b>Figura 43:</b> Caracterização do estirâncio do ponto 07 (Barraca Dallas) .....	81
<b>Figura 44:</b> Perfis sazonais e variação do pacote de perfis no ponto 07 .....	82
<b>Figura 45:</b> Caracterização da zona de surfe de praias ultra-dissipativas (ponto 07) .....	83
<b>Figura 46:</b> Caracterização dos diferentes tipos de estágios morfodinâmicos em virtude das variações da maré .....	84
<b>Figura 47:</b> Variação dos valores de altura significativa e período de ondas no ponto 02 .....	89
<b>Figura 48:</b> Variação do volume no pacote de perfis no ponto 02 .....	90
<b>Figura 49:</b> Imagens <i>Timex</i> caracterizando a evolução das feições da zona de espraiamento e de surfe nos períodos de transição entre a baixa-mar e a preamar .....	91
<b>Figura 50:</b> Variação do pacote de perfis no ponto 02 .....	92
<b>Figura 51:</b> Comportamento do banco mais externo à costa em ambientes sujeitos a diferentes amplitudes de maré .....	94
<b>Figura 52:</b> Caracterização do período e altura de ondas no perfil 05 durante 30 dias .....	95
<b>Figura 53:</b> Variação do volume no pacote de perfis no ponto 05 .....	96
<b>Figura 54:</b> Variação do pacote de perfis no ponto 05 .....	97
<b>Figura 55:</b> Caracterização do período e altura de ondas no perfil 05 durante 30 dias .....	98
<b>Figura 56:</b> Variação do volume no pacote de perfis no ponto 05 .....	98
<b>Figura 57:</b> Variação do pacote de perfis no ponto 07 .....	99
<b>Figura 58:</b> Migração dos bancos arenosos a partir da posição do primeiro banco .....	101
<b>Figura 59:</b> Perfil representativo e caracterização dos diferentes estágios morfodinâmicos encontrados nos ciclos de preamar e baixa-mar .....	103
<b>Figura 60:</b> Evolução do numero de resgates entre os anos de 2000 e 2006 .....	111
<b>Figura 61:</b> Numero de ocorrências mensais registradas na praia do Futuro entre 2002 e 2006 .....	112
<b>Figura 62:</b> Evolução do número de resgates na praia do Futuro em	113



comparação com o somatório de ocorrências das demais praias da capital .....	
<b>Figura 63:</b> Visão da torre salva-vidas em diferentes situações do dia .....	<b>114</b>
<b>Figura 64:</b> Principais riscos associados ao banho de mar segundo os usuários da praia do Futuro .....	<b>115</b>
<b>Figura 65:</b> Caracterização das correntes de retorno na zona de surfe .....	<b>116</b>
<b>Figura 66:</b> Rochas de praia na região do Caça e Pesca (ponto 01) .....	<b>117</b>
<b>Figura 67:</b> Perfil dos usuários da praia do Futuro .....	<b>120</b>
<b>Figura 68:</b> Caracterização dos banhistas sobre os riscos na localidade .....	<b>121</b>

## Lista de Tabelas

<b>Tabela 1:</b> Coordenadas Geográficas dos pontos monitorados (em UTM) .....	<b>27</b>
<b>Tabela 2:</b> Caracterização dos diferentes tipos de estágios morfodinâmicos a partir do Parâmetro Relativo da Maré .....	<b>40</b>
<b>Tabela 3:</b> Caracterização dos parâmetros morfométricos de amostragens sazonais .....	<b>87</b>
<b>Tabela 4:</b> Caracterização dos parâmetros morfométricos .....	<b>106</b>
<b>Tabela 5:</b> Principais cuidados que os usuários têm ao entrar no mar .....	<b>122</b>

## Lista de Anexos:

<b>Anexo I:</b> Histórico da ZCIT no Estado do Ceará.....	<b>142</b>
<b>Anexo II:</b> Escala de Wentworth.....	<b>143</b>
<b>Anexo III:</b> Valores para velocidade de decantação do sedimento ( $W_s$ ).....	<b>144</b>
<b>Anexo IV:</b> Questionário socioeconômico aplicado na praia do Futuro.....	<b>145</b>

## Lista de Símbolos:

**UTM:** Coordenadas referenciadas na projeção Universal Transversa de Mercator.

**ZCIT:** Zona de Convergência Intertropical.

**FUNCEME:** Fundação Cearense de Meteorologia.

**Fi:** Fluxo de sedimentos em cada rede do trapeador.

**CTTMar:** Centro de Educação Superior de Ciências da Terra e do Mar.

**UNIVALI:** Universidade do Vale do Itajaí.

**$\Phi$ :** Escala phi.

**UFF:** Universidade Federal Fluminense – RJ.

**UECE:** Universidade Estadual do Ceará.

**LOG:** Laboratório de Oceanografia Geológica.

**LGCO:** Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica.

**SAG:** Sistema de análise granulométrica.

**RTR:** Parâmetro Relativo da Maré.

**TR:** Amplitude da Maré.

**Hb:** Altura de onda na arrebentação.

**$\Omega$ :** Parâmetro adimensional ômega.

**T:** período da onda.

**Ts:** Período significativo da onda.

**Ws:** Velocidade de decantação dos sedimentos.

**CV:** Índice de mobilidade do pós-praia.

**Mz:** diâmetro médio do grão.

**Vv:** variação do volume.

**D:** Declividade da praia.

**N:** Número de levantamentos realizados.

**Yb:** Largura média da praia.

**$\sigma Yb$ :** Índice de mobilidade da praia.

**ha:** Profundidade da zona de empolamento das ondas.

**Hs:** Altura significativa das ondas.

## Resumo

O entendimento dos processos responsáveis pela morfodinâmica dos ambientes costeiros e formação e migração dos bancos arenosos são importantes, tendo em vista que assumem um importante papel na conformação, estabilização do ambiente praias e identificação de riscos costeiros. No que diz respeito à morfodinâmica de praias, diferentes modelos conceituais, abordando variações nos estágios morfodinâmicos, tem sido aplicados com intuito de estabelecer uma classificação universal para praias submetidas a diferentes regimes de marés. O presente estudo foi conduzido na praia do Futuro, Fortaleza-CE, onde através de dados morfológicos, hidrodinâmicos e de sedimentologia, sazonais e de alta frequência, pode-se acompanhar a evolução dos ciclos de acreção e erosão na localidade em função da variação de energia na zona de arrebatamento. A área foi dividida em três setores de monitoramento e classificada no modelo de estágios morfodinâmicos proposto por Masselink & Short (1993), para ambientes de meso maré. Os dois primeiros setores, caracterizados por granulometria predominantemente grossa e média, respectivamente, foram enquadrados nos estágios morfodinâmicos intermediários. O setor 02 (P03) apresentou os maiores valores para o índice de mobilidade da praia ( $\sigma Y_b=34,65m$ ), durante os monitoramentos sazonais. As variações do pacote sedimentar nos dois primeiros setores são mais acentuadas na região do estiramento médio e inferior. No setor 03, caracterizado por sedimentos finos, predominou o estágio ultra-dissipativo. Durante os monitoramentos de alta frequência, o setor 03 apresentou os maiores índices de mobilidade ( $\sigma Y_b=19,79m$ ). Ao contrário das coletas pré-éritas, onde os sedimentos apresentavam uma granulometria fina, no monitoramento de alta frequência a localidade apresentava um misto de sedimentos médios e finos. O conhecimento do padrão de migração dos bancos arenosos (4,17 m/dia no setor 02 e 5,67 m/dia no setor 03 respectivamente) em ambientes com diferentes tamanhos de grão torna-se uma importante ferramenta no entendimento do comportamento dessas feições subaquosas. A integração entre os dados morfodinâmicos e hidrodinâmicos é fundamental para a identificação de locais propícios a acidentes com banhistas. A praia do Futuro é caracterizada como sendo a responsável pelos maiores índices de afogamento, se considerarmos as demais praias da Região Metropolitana de Fortaleza. O estudo aponta que os principais riscos a acidentes com banhistas são atribuídos as correntes de retorno onde, a maioria das vítimas é do sexo masculino (54%) e com faixa etária entre 20 e 30 anos e procedentes, em grande parte, de Fortaleza. Os maiores registros são catalogados entre sexta-feira e domingo, das 10h da manhã até 15h e 30min, em locais caracterizados por sedimentos bimodais. A partir da caracterização morfodinâmica dos locais mais propícios a acidentes, um melhor deslocamento do contingente de salva-vidas e a educação preventiva (distribuição de cartilhas, *folders*, divulgação nos meios de comunicação local) são medidas de grande importância na prevenção e diminuição dos acidentes com os banhistas da praia do Futuro.

## Abstract

Understanding the processes responsible for the morphodynamic of coasts, the formation and migration of sandbanks are important, considering their roles on conformation, shore stabilization and identification of coastal risks. Concerning to beaches morphodynamic, different conceptual model, approaching variations on morphodynamic stages, have been applied aiming to establish a universal classification for beaches under different tidal variations. This study was conducted on Futuro Beach, Fortaleza – CE, where the cycles of gain and erosion of sand material were monitored based on the variation of energy in the breaker zone. Analyzes were made through morphologic, hydrodynamic and sedimentologic data, seasonally and with high-frequency. The area was divided in 3 monitoring sectors and classified according to the model proposed by Masselink & Short (1993), for mesotidal environments. The first two sectors, characterized by coarse and medium grain size, respectively, were classified in intermediate morphodynamic stages. The sector 02 (P03) presented the highest values for the beach mobility index ( $\sigma Y_b=34.65$  m), during the seasonal monitoring. The variation of the sand envelope in the first two sectors is more significant in the medium and lower intertidal zone. In the sector 03, characterized by fine sediments, the major stage was ultra-dissipative. During the high-frequency monitoring, the sector 03 presented the highest mobility indexes ( $\sigma Y_b.=19.79$  m). The opposite of the past samples, where the sediments presented fine granulometry, in the high-frequency monitoring the locality presented a mixture of medium and fine grains. The knowledge of migration pattern of sand banks (4.17 m/day in the sector 02 and 5.67 m/day in the sector 03, respectively) in environments with different grain sizes becomes an important tool to understand better those sub-water behavior of these banks. The integration between morphodynamic and hydrodynamic data is paramount to identify points likely to accidents with bathers. Futuro Beach is responsible for the highest drowning indexes, considering the others beaches in Fortaleza Metropolitan Region. The study shows that the main risks to accidents with bathers are related with rip-currents, the major percentile of victims are men (54%), with age between 20 to 30 years old and, most of them, from Fortaleza. The peak of cases is observed between 10.00 a.m. to 03.30 p.m., at places with bi-modal sediments. Starting from morphodynamic characterization of places likely to accidents, some actions are suggested in order to reduce the occurrences of accidents with bathers at Futuro Beach, such as life-guards, preventive education (distribution of folders, signals, diffusion by local media).

## **CAPITULO 01**

---

### **1. INTRODUÇÃO:**

O ambiente praial é caracterizado como sendo um produto da interação entre ondas e sedimentos, que são influenciados por uma amplitude de parâmetros adicionais. Praias ocorrem em todas as linhas de costa sedimentares expostas à ação de ondas e podem, portanto, ser examinadas em uma amplitude de escalas de tempo dependendo dos processos de formação. A forma da praia e a evolução dos processos que ocorrem neste ambiente dependem significativamente do nível de energia das ondas incidentes e das propriedades geológicas e geomorfológicas da zona costeira.

Embora, tradicionalmente, a zona costeira seja encarada como uma zona de transição, no que diz respeito à influência predominante dos processos de natureza terrestre ou marinha, pode ser encarada também como uma zona de convergência, no que se refere aos processos sócio-econômicos e culturais. Em macro escala, essa zona de convergência abriga seis em cada dez pessoas vivendo dentro de um raio de 60 km (AGENDA 21, 1992 in: REIS *et al.*, 2000) das águas costeiras e dois terços das cidades do mundo, com populações de 2,5 milhões de pessoas ou mais. As maiores cidades do mundo encontram-se nesta interface (REIS *et al.*, *op. cit.*) e, na América Latina, aproximadamente 60% da população de 475 milhões de pessoas vivem em estados ou províncias costeiras.

Geógrafos e geomorfólogos foram os primeiros que abriram as portas para os estudos costeiros, onde buscaram identificar e classificar as várias formas e feições que aparecem na zona costeira, visando o entendimento da formação e evolução das mesmas. Em agosto de 1953, foi criado pelo *Office of Naval Research*, através do *Woods Hole Oceanographic Institution*, um programa voltado para a investigação dos ambientes praias (ZEIGLER *et al.*, 1959).

O interesse pelo conhecimento dos processos aos quais os ambientes praias estão sujeitos, devido à ação de ondas, marés, correntes e as trocas sedimentares, desencadeou no final da década de 1970 a inserção do termo morfodinâmica praias na literatura costeira. O termo foi introduzido à primeira vez por Wright & Thom (1977) onde eles definiram morfodinâmica costeira como sendo o ajustamento mútuo da topografia e dinâmica dos fluídos envolvendo o transporte de sedimentos.

Atualmente, dentre os inúmeros conceitos existentes, temos que morfodinâmica praias é um método de estudo o qual integra observações morfológicas e dinâmicas numa descrição mais completa e coerente da praia e zona de arrebatamento (CALLIARI *et al.*, 2003). O conhecimento do comportamento morfodinâmico de uma praia específica permite o acompanhamento espaço temporal de ciclos de erosão/deposição de patamares esperados de variação morfológica. No mundo, desde a década de 1940, pesquisadores de vários países demonstraram interesse nas questões relacionadas aos processos ligados ao ambiente praias.

Diferentes modelos conceituais de praias têm sido propostos dentre os quais, se destacam os modelos das Escolas Americana (DAVIS & FOX, 1972; SONU, 1973; FOX & DAVIS, 1974; OWENS, 1977; SASAKI, 1980, *apud* CARTER, 1988) e Australiana de Geomorfologia Costeira (WRIGHT & SHORT, 1984; SHORT, 1991). Sasaki (*op. cit.*) estabeleceu as características principais para três estados morfodinâmicos: dissipativo, intermediário e refletivo. O modelo proposto por este pesquisador da escola norte-americana é bastante útil, quando os dados sobre clima de ondas não estão disponíveis.

Wright & Short (1984) e Short (1991, 1999) classificaram as praias da Austrália de acordo com seis estados morfodinâmicos: um dissipativo, um refletivo e quatro estágios intermediários. Os modelos estabelecidos foram baseados nas características do clima de ondas, principalmente através da velocidade de decantação adimensional ( $\Omega$ ) ou parâmetro de Dean (1973).



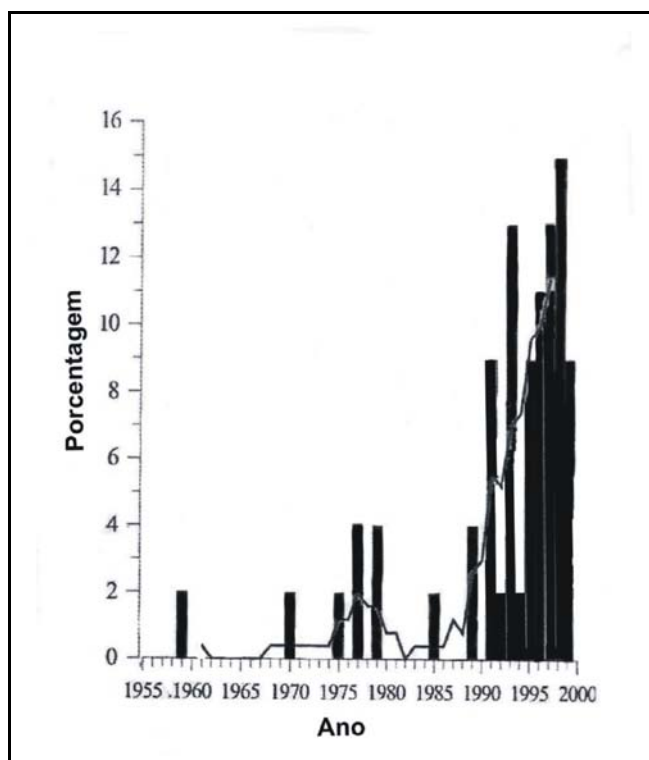
Na tentativa de ampliação dos modelos de estágios morfodinâmicos, Sunamura (1988) realizou uma abrangente revisão dos resultados apresentados por vários outros estudos e, baseado nestes trabalhos, sintetizou um modelo evolutivo, aplicável a praias de micro marés dominadas por regimes de média a alta energia e de declividade moderada. O modelo é composto de oito estágios morfodinâmicos: dois limitantes (erosivo e acrescivo) e seis intermediários.

Em estudos independentes, Aagaard (1991) e Short (1992) propuseram modelos de praias de bancos múltiplos baseados em observações de praias dinamarquesas e holandesas, respectivamente. Estes pesquisadores propuseram seqüências de desenvolvimento morfológico para sistemas monitorados através de um grande número de fotografias aéreas, dados de ondas e perfis morfológicos regulares. Posteriormente compilaram os dois estudos em um único trabalho, apresentando um terceiro modelo (SHORT & AAGAARD, 1993), que se baseia na seqüência de Wright & Short (1984) e introduz o Parâmetro de Banco ( $B^*$ ) para prever o número de bancos a ser formado em uma praia.

Levando em consideração que a maior parte dos estudos de morfodinâmica costeira se concentra em ambientes de micro maré, Masselink & Short (1993) e Masselink & Turner (1999) ampliaram as idéias de Wright & Short (*op. cit.*) e Short (1991), passando a considerar também os efeitos relativos das ondas e marés na morfologia das praias, combinando os modelos preexistentes com o conceito de Davis & Hayes (1984) sobre variação relativa das marés. O resultado foi a criação do modelo empírico RTR (Parâmetro Relativo da Maré), aplicável a ambientes de meso e macro marés.

No Brasil, os estudos referentes à morfodinâmica de praias (fig. 1), com ênfase na classificação morfodinâmica de ambientes praias, foram implementados por Calliari & Klein (1993) e por Toldo *et al.* (2003) na costa do Rio Grande do Sul, com base na classificação proposta por Wright & Short (*op. cit.*). Na região nordeste, Morais *et al.*

(2001) fizeram uso dos mesmos parâmetros utilizados pelos pesquisadores gaúchos, para classificar as praias do litoral de Fortaleza - CE.



**Figura 1:** Evolução dos estudos de morfodinâmica costeira no Brasil. Adaptado de Muehe (2003).

Em relação aos aspectos econômicos e turísticos, os ambientes praias são caracterizados por serem os mais democráticos que existem, uma vez que são locais de recreação e lazer (SHEEDY *et al.*, 1993). Segundo Reis *et al.* (2000) as potencialidades para as atividades recreacionais são as principais razões para a expansão urbana, ocupação territorial e a não industrialização das áreas costeiras no Brasil e no mundo. Além dos aspectos turísticos uma preocupação com a segurança dos banhistas, no âmbito do gerenciamento costeiro, tem ganhado uma importância direta junto à população à medida que diz respeito ao seu bem-estar. Informações relacionadas à procedência dos banhistas, faixa etária, horários de frequência à praia

e habilidade de natação/flutuação do público usuário são aspectos que tem sido preponderantes na gestão dos ambientes costeiros e segurança dos banhistas.

O Estado do Ceará tem nas suas praias os principais atrativos para o desenvolvimento do turismo e implantação de projetos que visam o aumento do fluxo de investimentos e pessoas. Além do turismo, o veraneio foi um dos principais vetores de urbanização dos distritos costeiros inseridos na Região Metropolitana de Fortaleza. Nesse contexto insere-se a praia do Futuro, principal praia da capital Cearense, possuindo 8 km de extensão.

### **1.1. Subdivisões do Ambiente Praial:**

São muitas as terminologias utilizadas para caracterizar o ambiente praial. Nesse sentido optou-se pela subdivisão proposta por Hoefel (1998), para as diferentes porções do litoral (fig. 2). Hoefel (*op. cit.*) divide a praia em duas regiões: a zona subaérea e a zona subaquosa onde, a primeira é composta pelas regiões de pós-praia e face de praia e, a segunda é caracterizada pela praia média e antepraia.

O pós-praia é a zona que se estende do limite superior do espraiamento até o início das dunas fixadas por vegetação ou qualquer outra mudança fisiográfica brusca. Inserido no pós-praia está a berma. Está é uma feição característica de processos de construção sedimentar, apresentando-se sob a forma de um banco.

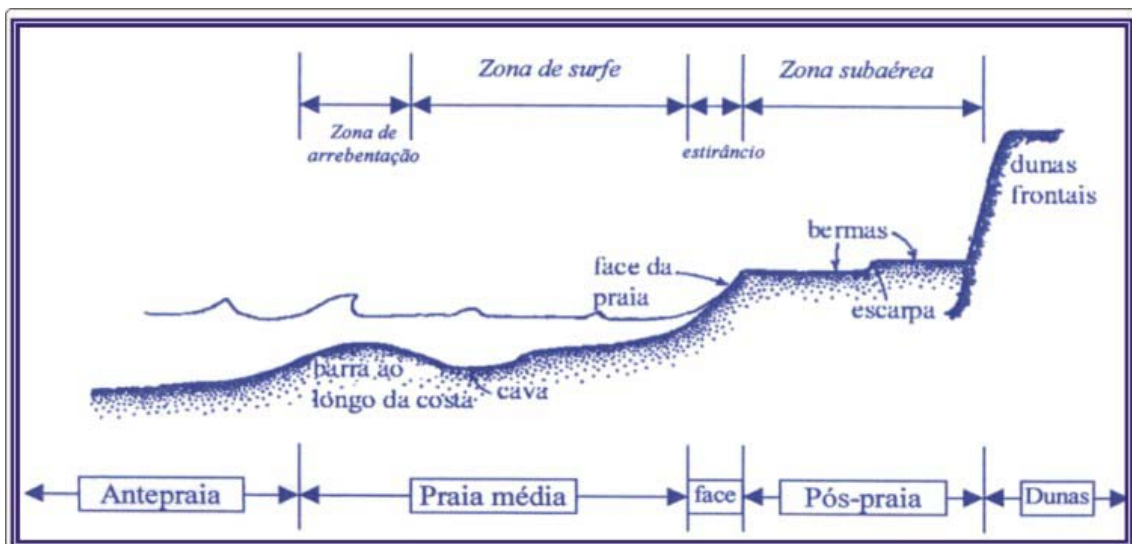
A praia média é a porção do perfil sobre a qual ocorrem os processos da zona de surfe e da zona de arrebentação e a face de praia é a parte do perfil praial sobre a qual ocorrem os processos da zona de espraiamento, fluxo e refluxo das ondas. Esta região também é comumente chamada de estirâncio na literatura.

A zona de arrebentação é a região na qual atuam os processos de dissipação de energia das ondas, o ponto de quebra e a arrebentação das ondas. Já a zona de surfe, é uma zona intermediária localizada entre a zona de espraiamento e a zona de

arrebentação, onde dominam os processos de transporte de sedimentos por correntes de deriva litorânea e correntes de retorno.

A antepraia é a porção do perfil dominada por processos de empolamento da onda, que se estendem em direção a terra, a partir da profundidade de fechamento externa, até a Profundidade de fechamento interna, ou até o início da zona de arrebentação.

São várias as terminologias utilizadas para as diversas porções do perfil praial, ficando difícil atribuir uma nomenclatura universal para estas regiões. Tessler & Mahiques (2000) apresenta uma boa revisão sobre o assunto e observa só haver concordância com relação ao uso do termo pós-praia.



**Figura 2:** Subdivisão do ambiente praial. Adaptado de Komar (1998).

Em relação à hidrodinâmica, o ambiente praial pode ser dividido em: zona de arrebentação, zona de surfe e zona de espraiamento. Ao se aproximarem progressivamente da porção mais rasa do perfil subaquoso, as ondas incidentes tendem a se instabilizar, iniciando o processo de quebra. A zona de arrebentação é a porção do perfil praial que é caracterizada pela ocorrência deste processo. Dependendo da declividade da praia, altura e comprimento de onda, podem existir

quatro tipos de arrebentação (GALVIN, 1968): arrebentação deslizante (*spilling*), mergulhante (*plunging*), ascendente (*surging*) e colapsante (*collapsing*).

Arrebentação do tipo deslizante ocorre em praias de baixa declividade, nas quais a onda dissipa sua energia através do perfil; o tipo mergulhante ocorre em praias de declividade moderada a alta. As ondas quebram de forma violenta, formando um tubo, sobre uma pequena porção do perfil, dissipando sua energia; o tipo ascendente ocorre em praias de declividade muito alta onde a onda não chega a quebrar propriamente, ascendendo sobre a face de praia e interagindo com o refluxo das ondas anteriores; e o tipo colapsante é o mais difícil de se identificar sendo que ocorre em praias de elevada inclinação.

A zona de surfe é caracterizada como uma região que depende diretamente do modo de dissipação de energia das ondas incidentes e do tipo de quebra das mesmas. Em praias de baixa declividade, as ondas que quebram inicialmente vão dissipando sua energia ao longo da zona de surfe, devido ao decaimento exponencial da altura, até atingir a praia. A zona de espraiamento é a região delimitada pela máxima e mínima excursão do *swash* sobre a face de praia.

## **1.2. OBJETIVOS:**

### **1.3. Objetivo geral:**

Caracterizar a morfodinâmica sazonal e diária da praia do Futuro tendo em vista que, a localidade é sujeita a um mesmo regime hidrodinâmico de mar aberto com elevada variação granulométrica ao longo da costa.

### **1.4. Objetivos Específicos:**

- Analisar a variabilidade diária do perfil praial verificando o comportamento dos bancos proximais, suas formas e taxas de migração;
- Verificar a variabilidade morfodinâmica sazonal, e a influência da sedimentologia no comportamento da praia do Futuro;

- Relacionar a morfodinâmica sazonal e de alta frequência com o número de acidentes de banho;

### **1.5. MOTIVAÇÃO PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO:**

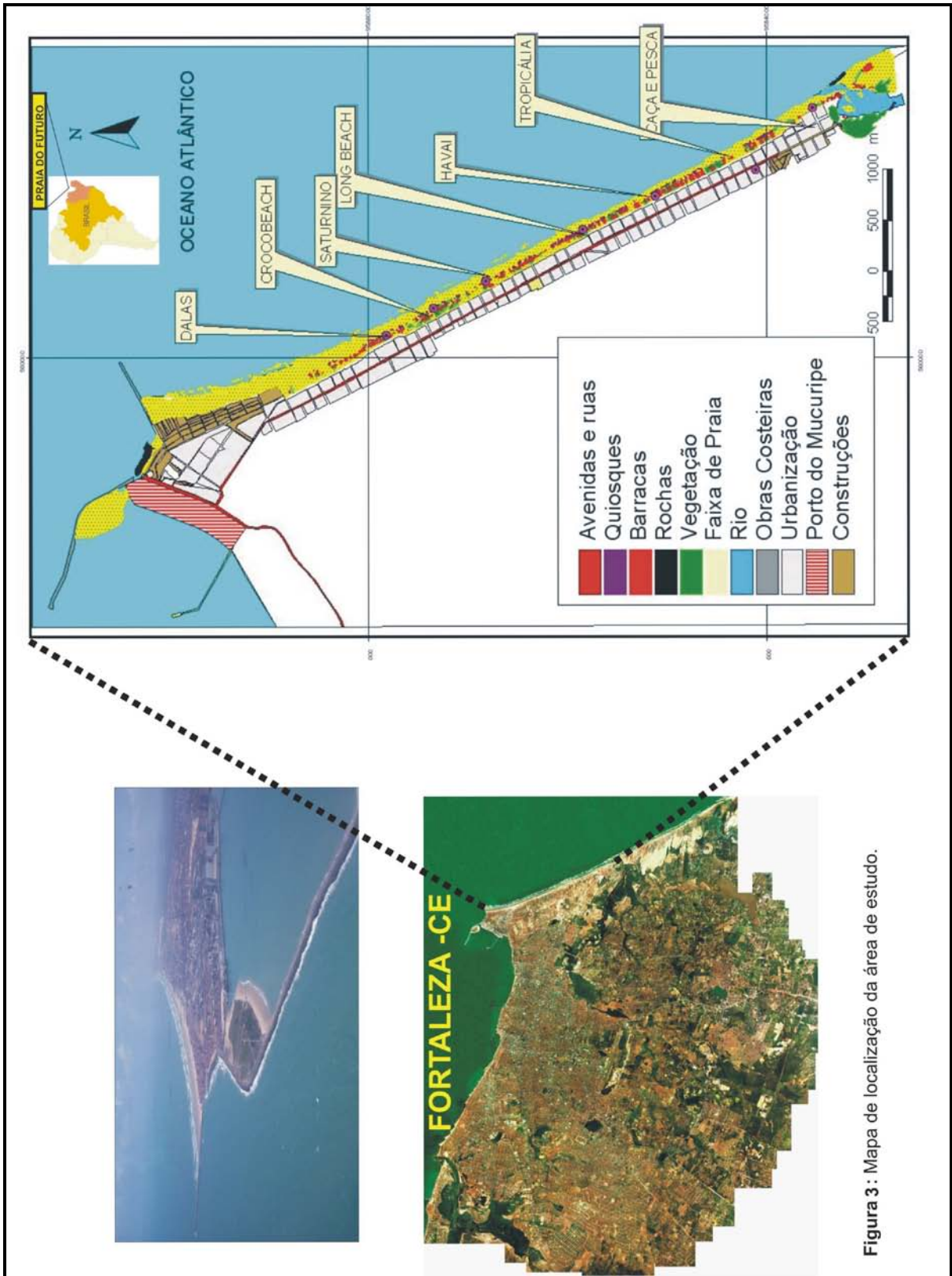
No Brasil, bons exemplos de estudos relacionados à morfodinâmica de praias foram obtidos nos projetos e trabalhos desenvolvidos por Klein *et al.* (1996), Hoefel & Klein (1998) e por Calliari *et al.*, (2003) em praias de micro-marés dominadas por ondas, no litoral sul do Rio Grande do Sul e centro norte de Santa Catarina. No estado do Ceará, vários estudos foram realizados por Maia (1998), Pinheiro (2000) e Moraes *et al.*, (2001) aplicando o modelo proposto por Wright & Short (1984) e Short (1999) nas praias cearenses. No entanto, a aplicação direta desse conhecimento em zonas costeiras de meso-maré, que é o caso do estado do Ceará, ainda não foi realizada de forma sistemática. Pouco se conhece sobre a variação morfodinâmica em praias de meso-maré com granulometria variável no Brasil. Grande parte dos modelos propostos tratam de ambientes com sedimentos de características unimodais. No caso da praia do Futuro tem-se uma distribuição de sedimentos bimodais e polimodais.

Partindo-se do princípio de que perigos potenciais fazem parte de qualquer sistema natural, os mesmos tornam-se realmente um risco a partir do momento em que a costa passa a ser utilizada pela população (SHORT & HOGAN, 1993). Neste contexto, o monitoramento das características morfodinâmicas da praia do Futuro bem como a dinâmica da zona de arrebentação é de fundamental importância, no que diz respeito à segurança dos banhistas e em relação a redução dos acidentes por afogamento.

### **1.6. Localização da Área de Estudo:**

A cidade de Fortaleza está localizada na zona litorânea do estado do Ceará, nordeste do Brasil, e abrange uma área de aproximadamente 336 km<sup>2</sup>, a uma altitude

de 26.36m em relação ao nível do mar (MENEZES *et al.*, 2006). A praia do Futuro (fig. 3) possui 8 km de extensão sendo sua área limitada a oeste pela desembocadura do rio Cocó e a leste pelo espigão do Titãzinho. A localidade é caracterizada por um intenso fluxo turístico, principalmente nos meses de novembro a janeiro e junho a agosto. Em relação às outras praias da região Metropolitana de Fortaleza, a praia do Futuro é a que apresenta os melhores índices de balneabilidade caracterizando dessa forma a localidade como sendo uma das mais procuradas pela população local.



**Figura 3:** Mapa de localização da área de estudo.



## 1.7. Aspectos Geológicos e Climatológicos:

O conhecimento geológico da área de estudo é de fundamental importância para a compreensão dos processos de erosão e deposição e das características sedimentológicas no ambiente costeiro. Segundo Moraes (1980), um dos aspectos da geologia ambiental envolve a interação dos processos de sedimentação costeira e ações migratórias de embocaduras.

A praia do Futuro está inserida na planície litorânea com predomínio de areias quartzosas. Nas imediações do rio Cocó tem-se a presença de aluviões (depósitos fluviais ou lagunares recentes) constituídos por argilas, areias argilosas, areias puras e cascalhos. Na desembocadura do rio Cocó observa-se também a presença de arenitos de praia de origem fluvio-marinha, cimentado pela precipitação do carbonato de cálcio devido às diferenças de saturação das águas doce e salgada (MORAIS, *op. cit.*).

Levando em consideração a natureza do cimento calcífero, as rochas de praia são classificadas em arenitos puramente calcíferos possuindo um aspecto macroscópico típico de um “*beach rock*” de granulação variável, de cor cinza escura até amarelada; dispostos em cordões mais ou menos paralelos a praia.

Em relação ao clima, diferente de outras localidades, a cidade de Fortaleza não possui as quatro estações bem definidas. Na capital cearense predominam duas estações, verão, também conhecido como período de estiagem, e inverno, conhecido como período chuvoso. O período de estiagem ocorre entre os meses de julho a fevereiro e o chuvoso de março a junho caracterizado por períodos de grande nebulosidade. As maiores médias mensais de precipitação ocorrem no mês de março e os valores mínimos no mês de agosto. A região possui um clima tropical úmido com chuvas de verão (Aw’), segundo a classificação de Köppen.

O Estado do Ceará está submetido a influências da Zona de Convergência Intertropical – ZCIT com predomínio dos ventos alíseos do quadrante de NE e SE (anexo I). A variação dos ventos de NE a SE é sazonal e originada pelo deslocamento

do equador térmico para o equador geográfico. No inverno predominam ventos alísios de sudeste com o deslocamento do equador térmico para o norte. Maia (1998) discute que em curto prazo, uma série de variações inter-anuais são associadas ao fenômeno “El Niño”. Essas variações afetam consideravelmente o clima da região por uma diminuição da precipitação média, intensificação da velocidade dos ventos e, portanto o aumento da altura significativa das ondas e da velocidade das correntes costeiras.

Os principais agentes dinâmicos que podem induzir mudanças em curto prazo, na zona costeira de Fortaleza são as ondas, as correntes e os ventos. O vento é o agente motor mais ativo, pois controla, além da formação das correntes costeiras e ondas, o transporte de areias para a formação dos depósitos eólicos de toda a zona costeira, pela deflação dos sedimentos do perfil de praia.

No que diz respeito ao regime de ventos, segundo dados da Fundação Cearense de Meteorologia – FUNCEME, de fevereiro a abril os ventos possuem uma velocidade média de 3,7 m/s, procedentes de nordeste. As menores intensidades foram detectadas no mês de março. Morais (1980) discute que a partir de maio há uma intensificação gradativa dos ventos, atingindo valores máximos no mês de setembro com 7,2 m/s. O período compreendido entre agosto e novembro é o de maior intensidade com média de 6,8 m/s e predominância de E-SE. Em termos estatísticos, durante todo o ano há uma predominância de ventos de E-SE e SE a S-SE. Os ventos de nordeste têm apenas 5% de influência sobre a costa; os ventos de nordeste a leste influenciam em 23% sobre a costa; e 67,4% são de E-SE a S-SE.

O clima de ondas da região é um reflexo das características climáticas regionais. Medições realizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (INPH), no porto do Mucuripe entre 1991 e 1994 (MAIA, *op. cit.*) demonstraram que as ondas em Fortaleza apresentam uma tendência de distribuição de suas componentes em três direções: E, ENE e ESSE. Essa série de dados foi obtida a partir de uma bóia *Waverider* instalada a uma profundidade de 16m a leste do espigão da praia do Futuro. Os registros foram feitos diariamente em intervalos de 3h e 20min.

Comparando com as características do vento, Maia (*op. cit.*) observou uma forte relação entre as direções predominantes da onda e do vento onde, alturas significativas e os períodos médios apresentam pouca variação. Segundo o autor, a variação da altura significativa das ondas estaria associada a uma variação da velocidade dos ventos e apresentaria um ciclo de variação estacional.

As correntes costeiras para regiões com profundidades inferiores a 100m são o produto da interação entre a ação do vento e as flutuações da maré. Medições de correntes com auxílio de traçadores (medições lagrangianas) realizadas por Maia (1998) demonstram que as correntes costeiras na praia do Futuro apresentam trajetórias distintas. Estas correntes são paralelas a costa, com valores de velocidade entre 0,24 e 0,31 m/s, e normal a costa, com velocidades entre 0,23 e 0,58 m/s. O autor destaca em seu trabalho que, para profundidades superiores a -10m, a corrente será sempre paralela a costa. Se a deriva começa próxima a curva batimétrica de -5m, a corrente apresenta uma trajetória inicial paralela a costa e, dependendo da direção do vento, pode mudar de direção, passando a propagar-se para a costa. Para profundidades inferiores a 5m, a corrente é sempre em direção a costa e apresenta os maiores valores de velocidade, possivelmente por influência das ondas.

## **CAPITULO 02**

---

### **2. METODOLOGIA:**

#### **2.1. Levantamento Bibliográfico e Cartográfico:**

A etapa inicial constituiu-se de levantamentos bibliográficos e cartográficos da linha de costa através de fotografias aéreas e sensoriamento remoto; caracterização da dinâmica litorânea e flutuações do nível do mar; dinâmica fluvial e processos em praias sob erosão e reabilitação. A área de estudo foi dividida em sete (07) pontos os quais foram subdivididos em três setores (tab. 01). A escolha dos locais de monitoramento foi baseada nas localidades que, segundo o Corpo de Bombeiros, apresentavam os maiores índices de afogamentos. A subdivisão em setores foi atribuída em virtude das diferentes distribuições sedimentares observadas ao longo da área estudada.

**Tabela 1:** Coordenadas UTM dos pontos monitorados.

<b>Pontos Monitorados</b>	<b>Coordenadas (E)</b>	<b>Coordenadas (N)</b>	<b>Setor</b>
Caça e Pesca (P01)	562507	9583538	<b>SETOR 01</b>
Barraca Tropicália (P02)	561885	9584112	
Barraca Havaí (P03)	561624	9585118	<b>SETOR 02</b>
Barraca Long Beach (P04)	561288	9585842	
Barraca Saturnino (P05)	560774	9586816	
Barraca Crocobeach (P06)	560497	9587342	<b>SETOR 03</b>
Barraca Dallas (P07)	560223	9587818	

Através do *software* de geoprocessamento *Arc View 8.0*, da *Environmental Systems Research Institute (ESRI)*, foi possível trabalhar imagens do tipo *QUICK BIRD* de 22 de setembro de 2003 com resolução de 0,6m, cedidas pela Secretária Estadual do Meio Ambiente do Ceará - SEMACE. Estas foram úteis para preparação do *overlay* no programa, onde o mesmo foi elaborado na escala de 1:35.000.

## 2.2. Levantamentos Morfodinâmicos:

No intuito de caracterizar as variações na morfodinâmica, perfis topográficos foram realizados em intervalos bimestrais e em levantamentos de alta frequência (levantamentos diários durante um mês). A análise da variação sazonal da morfologia praial foi obtida através da aplicação dos métodos propostos por Birkemeier (1985), com auxílio de uma estação total, modelo *Topcom*, um prisma e uma bússola de geólogo para o alinhamento dos perfis. As leituras foram realizadas a cada 10m nos pontos de inflexão dos setores praiais (pós-praia, estirâncio e antepraia) e/ou nas variações conspícuas da morfologia praial. As cotas iniciais dos perfis foram determinadas de acordo com o zero estabelecido pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN). A inclinação dos perfis foi obtida através de um clinômetro da marca *smarttool*, previamente calibrado em laboratório (fig. 4).



**Figura 4:** Clinometro calibrado em laboratório.

Os perfis (fig. 5) sazonais foram realizados no período compreendido entre setembro de 2004 e março de 2006, totalizando dez levantamentos e, os perfis de alta frequência realizados entre 27/06/2007 e 26/07/2007, totalizando trinta levantamentos.



**Figura 5:** Levantamento topográfico com auxílio de estação total ou nível topográfico.

Para os perfis foram calculados os parâmetros morfométricos a fim de medir a mobilidade das praias (SHORT & HESP, 1982). O índice de mobilidade da praia ( $\phi_{yb}$ ) e o coeficiente de variação da largura média da praia (CV) são excelentes indicadores da mobilidade em curto prazo, imprescindível no estabelecimento dos riscos de afogamento por mudança brusca da batimetria e surgimento das correntes de retorno.

### **2.3. Levantamento Hidrodinâmico e Coleta de Sedimentos:**

A principal fonte de energia dos maiores sistemas costeiros são as ondas (WOODROFFE, 2003) sendo que, as observações visuais de altura, período e direção de onda têm sido reportadas rotineiramente pelos navios ao redor do mundo desde 1949 (COLI, 2000). Além dos navios, as informações visuais podem ser encontradas em projetos de acompanhamento do estado do mar, como o projeto Sentinelas do Mar (MELO, 1993) e ainda em páginas da Internet, que disponibilizam as condições dos litorais com dados de onda estimados visualmente.

Os dados desse estudo, referentes à hidrodinâmica, foram coletados através de observações visuais, seguindo a metodologia proposta por Melo (1991). Esses dados são relativos aos parâmetros de ondas, sendo eles: direção, período de pico ( $T_p$ ) e altura significativa da zona de arrebentação ( $H_s$ ) e tipo de arrebentação. De

acordo com Tozzi (1995), coletar dados de ondas visualmente é muito subjetivo pois depende do observador.

A metodologia de observação visual diária de ondas, ventos e correntes foi desenvolvida durante os trabalhos de Melo (*op. cit.*) junto ao programa da Comissão de Pós - Graduação em Pesquisa e Engenharia (COPPE/UERJ), conhecido como "Sentinelas do Mar". Para tal fim os observadores se adaptavam a escala métrica de observação da altura significativa e cronometragem do período de pico das ondas.

Para medição da altura significativa das ondas foi utilizada uma régua de alumínio (mira) de 5m (fig. 6), posicionada na zona de arrebentação. Observações sucessivas foram realizadas com intuito de retirar um universo amostral significativo de dados onde, os três valores mais significativos para altura de ondas seriam considerados. Em relação às medições de período de pico, um cronometro digital foi utilizado para registrar a passagem de onze ondas em um determinado campo de visão. Esse processo foi realizado quantas vezes fossem necessárias e, a partir do universo amostral de dados foram extraídos os três períodos mais significativos. A direção das ondas na arrebentação e ao largo foi obtida através de uma bússola acoplada a estação total ou nível topográfico. Os dados de direção e velocidade dos ventos foram cedidos pela Fundação Cearense de Meteorologia – FUNCEME.



**Figura 6:** Medição da altura significativa de ondas com auxílio de uma régua de 5m.

Os padrões pessoais dos observadores são diferentes, incomparáveis e contestáveis, desta maneira, segundo Plant & Griggs (1992), existe uma tendência pessoal em subestimar as alturas significativas das maiores ondas e períodos de pico longo, assim como, superestimar os períodos pequenos. Entretanto, estes autores concluem que isto não invalida o método de observações visuais.

A coleta de sedimentos na faixa de praia foi realizada de acordo com os perfis perpendiculares a linha de costa, obedecendo ao zoneamento da morfologia na zona de praia. Em pontos previamente determinados foram coletadas amostras superficiais. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, previamente etiquetados, e levadas para o laboratório para serem trabalhadas.

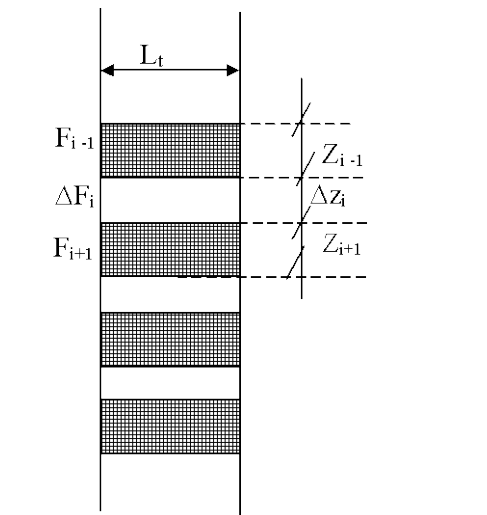
#### **2.4. Coleta de Sedimentos na Zona de Arrebentação:**

Para coleta dos sedimentos na zona de arrebentação foram utilizadas armadilhas de sedimentos (trapeadores portáteis). Os trapeadores (fig. 7) são estruturas metálicas que suportam um conjunto variável de redes (dependendo da profundidade do local amostrado pode variar entre 04 e 10 redes) de mesma malha, porém com diferentes comprimentos nas quais ficam retidos os sedimentos. O 'trap' tem um comprimento mínimo que permite operacionalidade sem perda de eficiência. Este comprimento varia em função das velocidades de fluxo esperadas para cada profundidade de coleta (FONTOURA, 2004). Como após a arrebentação os maiores fluxos são observados próximos a superfície, Kraus (1987) optou por escalonar os 'traps' instalando os de maior comprimento junto à superfície e diminuindo em direção ao fundo (fig. 8). Nas redes são coletados os sedimentos durante um intervalo de tempo que deve variar entre 3 e 5 minutos. Coletas acima desse intervalo de tempo podem ficar comprometidas em virtude da formação de buracos, no fundo oceânico, que mobilizam os sedimentos próximos aos pés do trapeador de forma que, o sedimento mobilizado seja incorporado ao que já foi aprisionado pela rede. Isto faz com que o transporte de sedimentos fique mascarado, não traduzindo a realidade



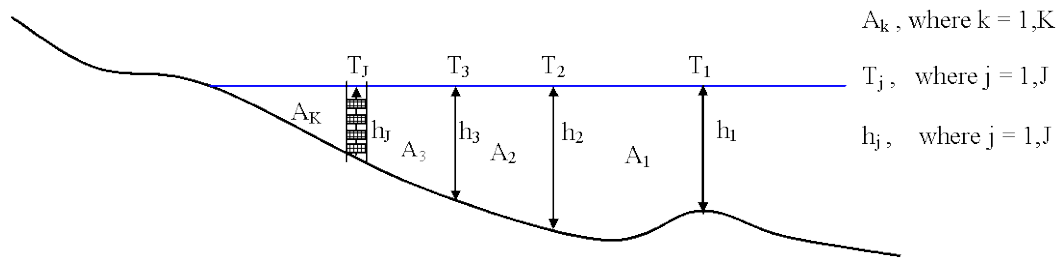
local. As amostragens possibilitam a determinação do fluxo  $F_i$  em cada rede. Um conjunto de equações é utilizado para estimar o cálculo do transporte de sedimentos. O fluxo que passa entre duas redes é calculado pela equação (1). O fluxo total  $I_j$  que passa através do trapeador "j" é calculado pela equação (2). O fluxo total de sedimentos no perfil subaquoso é dado pela equação (3).

$$\Delta F_i = \left( \frac{F_{i+1} + F_{i-1}}{Z_{i+1} - Z_{i-1}} \right) \Delta z_i \quad (1)$$



**Figura 7:** Esquema do trapeador com redes e espaçamento entre duas redes consecutivas. Modificado de Fontoura *et al.* (2006).

$$I_j = \sum_{i=1}^n F_i + \sum_{i=1}^{n-1} \Delta F_i \quad (2)$$

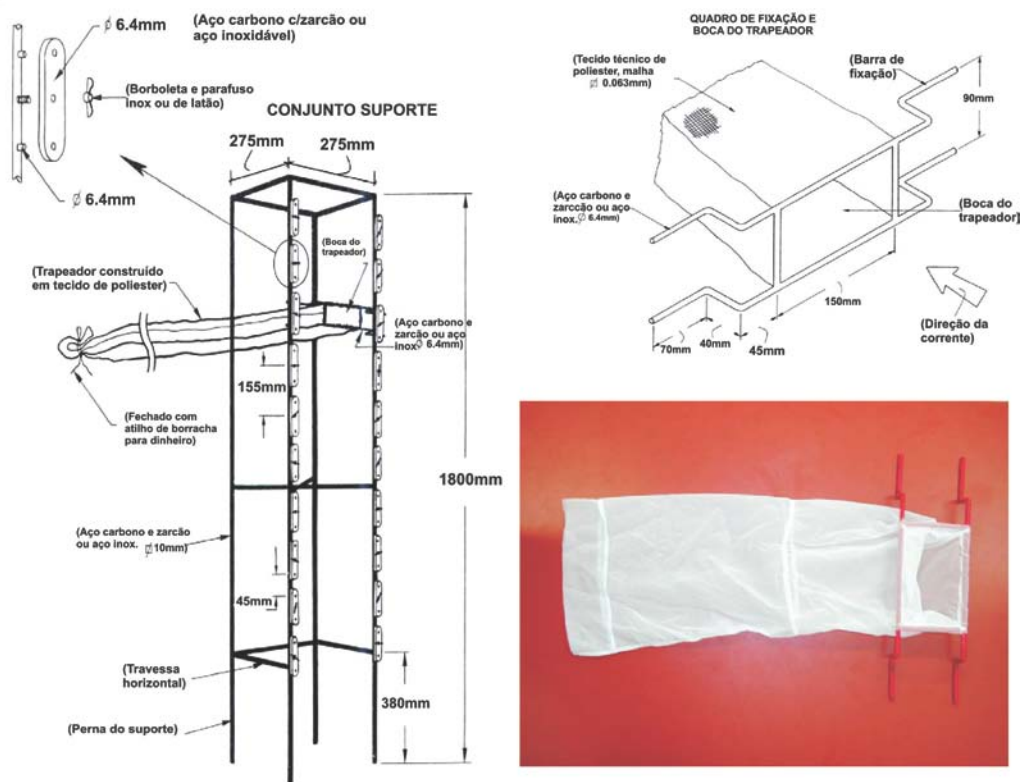


**Figura 8:** Esquema proposto por Fontoura (2004) para a instalação dos trapezoides ( $T_j$ ) com a profundidade local ( $h_j$ ) em uma área entre dois trapezoides consecutivos ( $A_k$ ). Modificado de Fontoura *et al.* (2006).

$$Q_{\text{Total}} = \sum_{k=1}^K \left( \frac{I_j + I_{j+1}}{2} \right) A_k \quad (3)$$

Os trapezoides (fig. 9) foram posicionados dentro da primeira cava, na zona de surfe da praia do Futuro – CE. Para determinação do posicionamento da primeira cava perfis topográficos, também foram realizados, com auxílio de estação total e prisma. Os dados de vento local foram obtidos com uso de anemômetro portátil (fig. 10) e a velocidade da corrente foi determinada a partir de derivadores (medições lagrangianas).

Os dados referentes ao clima de ondas foram coletados, também, através do método de observações visuais proposto por Melo (1991) e já descritos no início desse capítulo. Uma bússola de geólogo foi utilizada para determinar o ângulo de aproximação das ondas na costa.



**Figura 9:** Detalhes construtivos das armadilhas de sedimentos. Modificado de Fontoura (2004).



**Figura 10:** Anemômetro portátil.

## **2.5. Levantamento dos Dados de Afogamentos e Perfil Socioeconômico dos Usuários:**

Os dados estatísticos referentes ao registro de afogamentos foram cedidos pelo Corpo de Bombeiros do Estado do Ceará. As informações correspondem ao período de janeiro - 2004 a dezembro - 2006, e englobam todos os pontos delimitados nesse estudo.

Questionários foram aplicados entre os meses de junho e agosto de 2005, seguindo os métodos propostos pelo Centro de Educação Superior de Estudos da Terra e do Mar – CTTMar, da Universidade do Vale do Itajaí – SC, em estudos realizados na costa Catarinense. Os questionários eram compostos de 20 perguntas as quais englobavam aspectos relacionados ao perfil socioeconômico dos usuários que freqüentavam a localidade (anexo IV).

## **2.6. Coleta e Tratamento de Vídeo-Imagens:**

Dados referentes à quantificação do número de bancos presentes na praia do Futuro foram coletados através de vídeo-imagens, segundo os métodos propostos por Lippmann & Holman (1989), onde através da utilização do conjunto câmera digital (marca Sony), caixa estanque e tripé, posicionado no alto de uma torre de 5m; foram realizadas filmagens durante um ciclo de transição entre a baixa-mar e a preamar. As filmagens ocorreram no dia 27/07/2007, entre 08h e 24min e 13h e 24min, com duração de 10 minutos no decorrer de cada hora, totalizando um universo amostral de 1h de coleta. A aquisição desses dados tem o intuito de caracterizar determinar as características da praia e da zona de arrebentação (HOLMAN & STANLEY, 2007).

As imagens foram levadas ao Laboratório de Oceanografia Geológica da FURG onde, através de rotinas computacionais geradas no *software* livre de programação *Python* (CAVALCANTI & CAÑETE, 2007). Essas rotinas são fundamentadas nas rotinas aplicadas no sistema ARGUS onde, foi possível processar

três tipos de produtos: as imagens instantâneas oblíquas (*Snap shots*), uma imagem de longa exposição (*Timex*) e uma imagem de desvio padrão (*Variance*). A *Snap shot* trata-se de uma imagem instantânea que serve apenas para uma caracterização geral. A *Timex* (fig. 11) é uma imagem obtida através da média de 600 imagens *Snapshots* coletadas a cada segundo durante 10 minutos. A *Variance* (fig. 12) é gerada juntamente com a *Timex* e tem a função de distinguir as regiões que estão mudando durante 10 minutos.



**Figura 11:** Imagem de longa exposição indicando as posições dos bancos arenosos (linhas em tons de branco na imagem) na praia do Futuro.



**Figura 12:** Imagem *variance* indicando a posição onde ocorrem as maiores quebras de onda (linhas em tons de branco na imagem) na praia do Futuro.

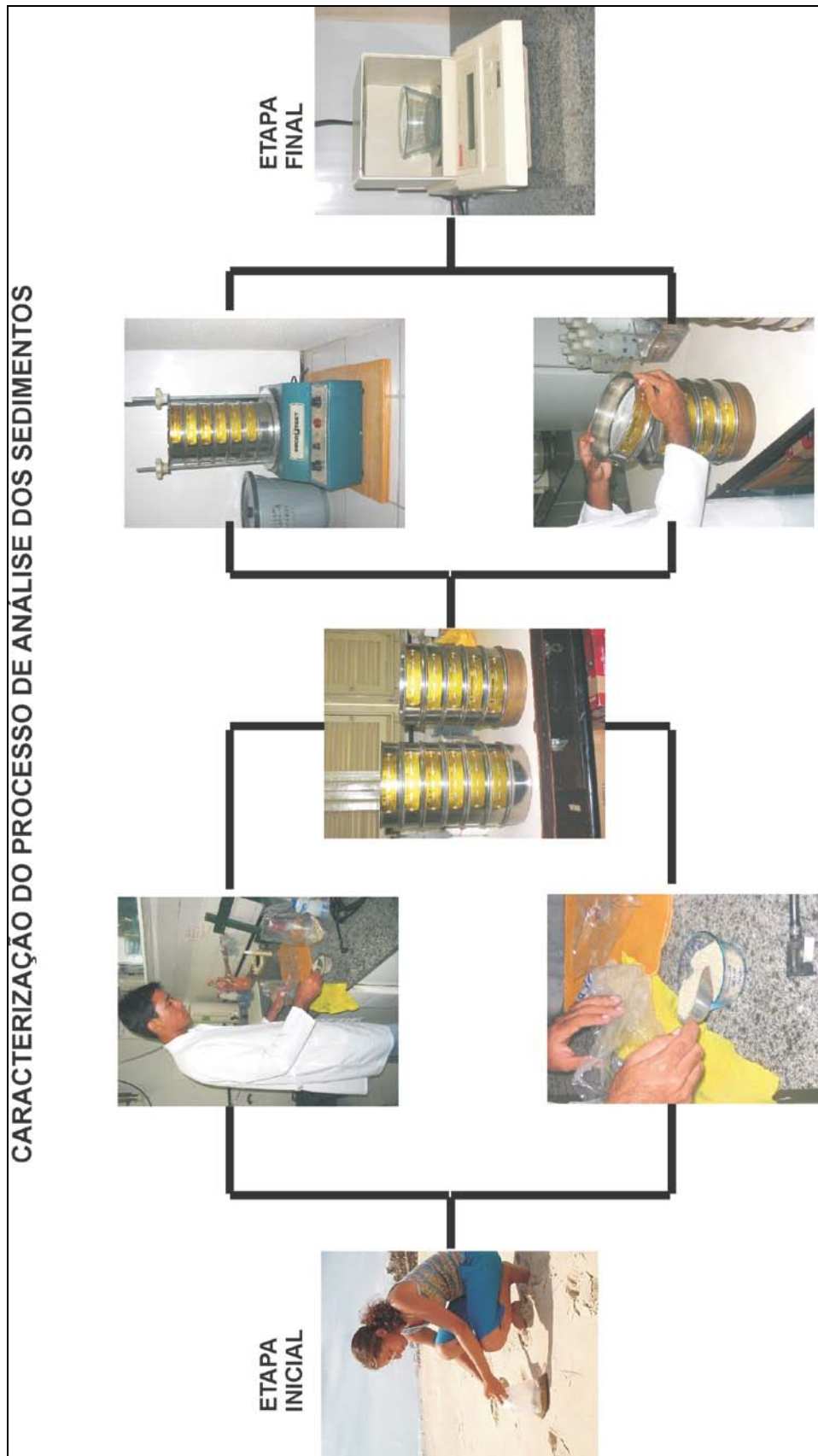
De acordo com Lippmann & Holman (1989) *apud* Guedes (2008), a quebra preferencial das ondas sobre os bancos, a qual concentra espuma sobre esta região, é bem definida por imagens *Timex*. Desta forma, estas imagens foram utilizadas para observação da morfologia plana dos bancos arenosos.

## **2.7. Tratamento dos Dados em Laboratório:**

Os dados referentes à granulometria dos sedimentos, tratamento estatístico das informações relacionadas aos afogamentos e o perfil socioeconômico dos usuários foram tratados no Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica – LGCO, da Universidade Estadual do Ceará.

Por apresentarem uma variabilidade muito elevada, a análise das dimensões das partículas de sedimentos torna-se importante, pois permite deduzir indicações preciosas sobre a disponibilidade de determinados tipos de partículas em relação ao transporte e ao ambiente de deposição. A análise granulométrica consiste na determinação das dimensões das partículas que constituem as amostras e no tratamento estatístico dessa informação.

As etapas referentes ao tratamento dos sedimentos (fig.13) consistiram inicialmente de lavagem das amostras, para que houvesse a retirada dos sais. Em seguida os sedimentos foram levados a uma estufa, onde foram submetidos a uma temperatura de 60°C. Para efetuar a descrição adequada de um sedimento, torna-se necessário proceder a uma análise, utilizando classes granulométricas com pequena amplitude. Quanto menor a amplitude das classes, melhor a descrição da variabilidade dimensional das partículas que constituem o sedimento. Os sedimentos coletados nesse estudo foram classificados segundo a metodologia proposta por Folk & Ward (1957), onde os mesmos classificam uma amostra através do grau de seleção, achatamento e tendência com base nas curvas de frequência simples e acumulada. A escala adota foi à mesma utilizada por Wentworth (1922) (anexo II), onde as areias encontram-se dimensionadas entre 1/16mm e 1mm.



**Figura 13:** Etapas da análise granulométrica.

Após a secagem na estufa as amostras foram submetidas ao peneiramento mecânico, no agitador *Rotup Sieve*, onde as mesmas passaram por uma bateria de 12 peneiras na escala de meio phi ( $\Phi$ ). A escala phi, proposta por Krumbein (1934), define-se como sendo  $\Phi = -\log_2 d$  (mm). As vantagens desta escala estão na facilidade que ela dispõe para a aplicação de métodos estatísticos convencionais.

O peso das frações de cada peneira foram registrados e posteriormente repassados ao programa *SISGRAN*, destinado a análise granulométrica e extração de dados estatísticos referentes ao comportamento da curva granulométrica, seguindo os métodos clássicos de sedimentologia propostos por Suguio (1973).

## **2.8. Aplicação dos Parâmetros Morfodinâmicos:**

Tendo em vista que o modelo de classificação morfodinâmica proposto por Wright & Short (1984) não se aplicava integralmente a ambientes de meso-maré, optou-se pela utilização do Parâmetro Relativo da Maré, classificação proposta por Masselink (1993) para ambientes de meso e macro marés (tab. 2). O RTR leva em consideração as variações na amplitude da maré de sizígia (TR) em relação à altura das ondas na zona de arrebentação (Hb). A partir dessas variáveis temos que:

$$\mathbf{RTR = TR/Hb}$$

Para alguns valores de RTR faz-se necessário recorrer ao Parâmetro Adimensional Ômega ( $\Omega$ ) ou Parâmetro de Dean (1973) para que haja uma diferenciação no tipo de estágio morfodinâmico.

$$\mathbf{\Omega = Hb / Ws.T}$$

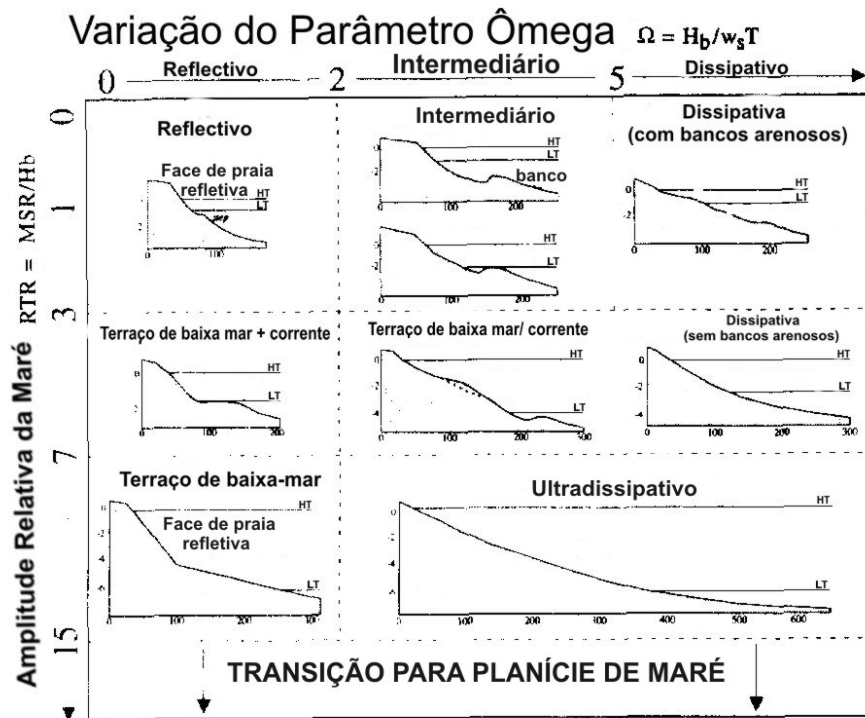


Para valores de  $RTR < 7$  e  $\Omega = 3$  teremos o estágio intermediário banco/corrente de baixa-mar e, para  $RTR < 15$  e  $\Omega = 5$  o estágio morfodinâmico ultra-dissipativo. Para valores de  $RTR < 3$ , Masselink (*op. cit.*) discute que a classificação proposta por Wright & Short (1984) pode ser usada para caracterizar o ambiente praial. Para valores de  $RTR > 15$ , o ambiente praial passa a transitar para um estágio de planície de maré. No caso da praia do Futuro, essa situação não se enquadra. No modelo conceitual (fig. 14) de Masselink (1994) o estágio morfodinâmico é função do Parâmetro Adimensional Ômega ( $\Omega$ ) e da Amplitude Relativa da Maré (RTR).

**Tabela 2:** Caracterização dos diferentes tipos de estágios morfodinâmicos a partir do Parâmetro Relativo da Maré. Adaptado de Masselink (1993).

AMPLITUDE RELATIVA DA MARÉ	GRUPO	TIPO DE PRAIA
RTR < 3	Onda dominante	1. Reflectivo 2. Intermediária 3. Dissipativa
3 < RTR < 15 *(2) RTR < 7 *(5) RTR < 15	Interação onda-maré	4. Terraço de baixa-mar 5. Banco/corrente de baixa-mar 6. Ultra-dissipativa
RTR > 15	Maré dominante	7. Transicional (praia para planície de maré)

Para o cálculo de ômega ( $\Omega$ ), os valores de velocidade média de decantação das partículas sedimentares ( $W_s$ ) foram extraídos da tabela (anexo III) de Raudkivi (1990) onde a mesma foi calculada a partir da equação de Gibbs *et al.* (1971), introduzindo-se na mesma as correções calculadas para grãos naturais segundo a equação de Baba & Komar (1981). Essa mesma tabela serviu de base para os estudos de Pinheiro (2000) na praia da Caponga, litoral do Ceará.



\*onde MSR é a amplitude da maré de sizígia.

**Figura 14:** Modelo praial conceitual onde HT e LT referem-se aos níveis de preamar e baixa mar respectivamente. Adaptado de Masselink (1994).

## **CAPITULO 03**

---

### **3. CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA:**

O interesse de cientistas e engenheiros a respeito da dinâmica praial são as relações entre características do tamanho do grão e o comportamento de um perfil praial sob a ação das ondas (SONU, 1972). Neste sentido faz-se necessário realizar uma descrição adequada dos sedimentos através da análise de suas classes granulométricas. Quanto menor a amplitude das classes, melhor é a descrição da variabilidade dimensional das partículas que constituem o sedimento. O termo sedimentologia foi proposto por Wadell (1932) e dedica-se ao estudo dos sedimentos. Seu desenvolvimento foi estimulado pela importância que a dedução das características ambientais, em que se depositaram os sedimentos, tem para várias áreas do conhecimento.

A variabilidade morfodinâmica de uma praia é determinada pela variação granulométrica dos sedimentos e mudanças na energia das ondas (BERNABEU *et al.*, 2003). A ação erosiva das ondas (acresção ou erosão) depende da interação entre as características das ondas, dos sedimentos e da configuração do estado modal da praia visto que os sedimentos mais finos são mais facilmente transportados pelas ondas, do que os mais grossos (MORTON, 2002).

Em relação aos aspectos geológicos e geomorfológicos, a praia do Futuro está inserida na planície costeira, sendo composta por sedimentos terrígenos de diferentes classes modais que se estendem da linha de baixa-mar até a profundidade de 10m a 20m (MORAIS, 1981). A faixa sedimentar litorânea é constituída por sedimentos do Grupo Barreiras e, em termos de sua composição são classificados em areias quartzosas.

Para uma melhor caracterização da interação das populações sedimentares nos diferentes sub-ambientes da praia do Futuro, a localidade foi dividida em três

setores, de características sedimentológicas distintas. O setor 01 é caracterizado por sedimentos polimodais de diâmetros grossos e finos, principalmente na região do estirâncio e na zona de surfe. Um pequeno percentual de sedimentos muito grossos pode ser identificado durante a coleta de maio de 2005. O setor 02 é caracterizado pela presença de sedimentos bimodais do tipo areia média, ao longo de três pontos de amostragem, e o setor 03 é caracterizado, predominantemente, pela presença de sedimentos unimodais do tipo areia fina, nos dois pontos amostrados (fig. 15).

Em relação aos percentuais de distribuição das classes granulométricas ao longo do perfil, o pós-praia dos três setores estudados apresentou a menor variabilidade, em comparação aos demais sub-ambientes. Os sedimentos foram classificados em areia média com grau de seleção variando entre moderadamente e bem selecionados. Nuber *et al.* (2006) discutem que, mudanças na distribuição dos sedimentos e elevação do perfil, principalmente no pós-praia, são produzidos pela migração da zona de espraiamento onde a berma é caracterizada por sedimentos de baixo grau de seleção e altos valores de desvio padrão.

Na praia do Futuro são observadas variações significativas na face de praia e na zona de surfe ao longo da costa. Para esse estudo, as amostras desses sub-ambientes foram analisadas separadamente tendo em vista que diferentes classes modais são encontradas, e que uma grande variabilidade de material sedimentar está associada a processos turbulentos atuando nessas sessões da praia.

Os valores modais são muito importantes para caracterizar a gênese dos sedimentos e para caracterizar o transporte, especialmente quando duas ou mais fontes estão contribuindo. Essa configuração é comumente evidenciada quando há contribuição do transporte litorâneo e do transporte eólico associados, ou ainda, quando há interrupção no transporte e caminhamento normal dos grãos de areia, modificando os níveis de energia.

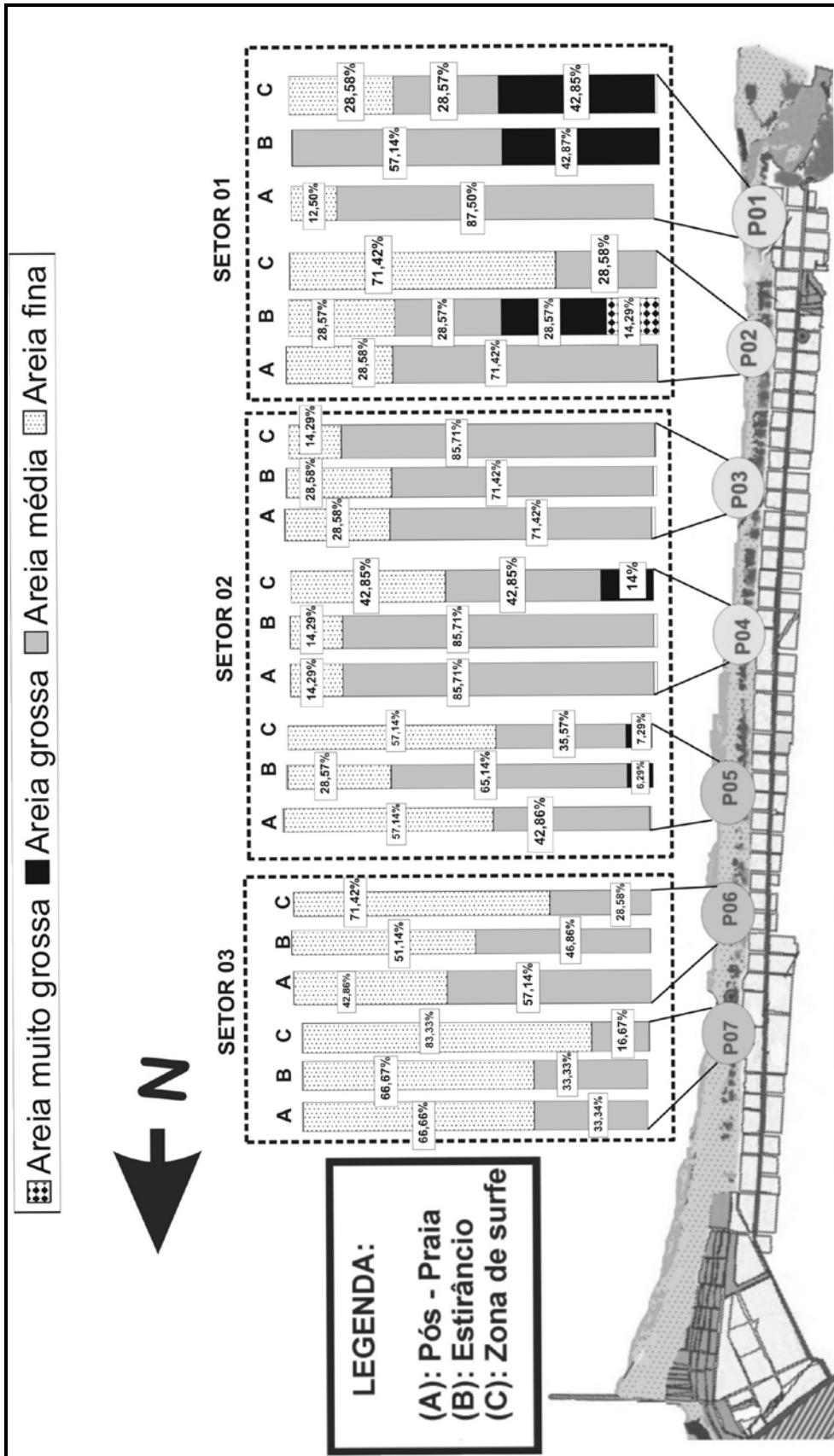
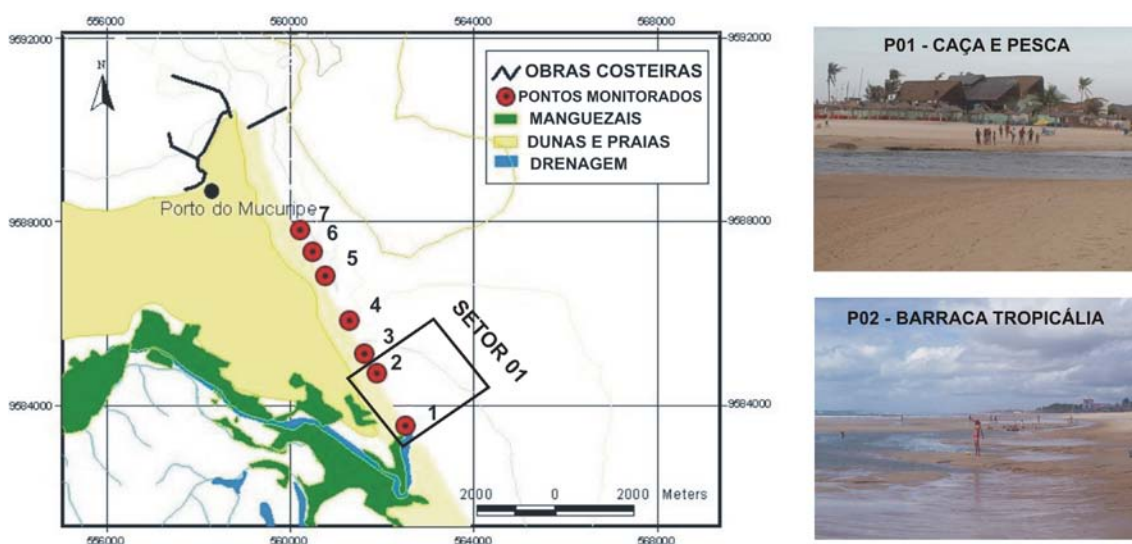


Figura 15: Distribuição das classes granulométricas nos diferentes setores da praia do Futuro.

### 3.1. Aspectos Sedimentológicos do Setor 01:

O setor 01 (fig. 16) é caracterizado por dois pontos: o P01, localizado próximo à desembocadura do rio Cocó, ao lado do BNB Clube; e P02, nas imediações da Barraca Tropicália. Os sedimentos coletados nesse setor apresentaram uma predominância da fração areia sobre as frações de cascalhos. Nesse setor são detectadas algumas amostras com características polimodais, o que denota uma grande alternância nos níveis de energia na localidade.



**Figura 16:** Distribuição dos pontos de coleta no setor 01 da praia do Futuro.

No estirâncio inferior e zona de surfe os sedimentos foram, em geral, classificados em areias médias a grossas, pobremente selecionadas. As diferenças entre os pontos amostrados estão, principalmente, na proporção em que esses sedimentos de diferentes diâmetros aparecem, ao longo do tempo. Os sedimentos encontrados no setor 01 apresentam maior diâmetro em comparação às populações de sedimentos dos demais setores da praia do Futuro. As frações grossas aparecem em maior proporção no P01 e podem ser explicadas, principalmente, pela erosão dos arenitos de praia, muito comuns nas proximidades da desembocadura do rio Cocó

(Fig. 17). Os percentuais de sedimentos grossos são bem definidos, principalmente nos meses que correspondem aos períodos de chuva na capital cearense.



**Fig. 17:** Rochas de praia na zona de espraiamento da praia do Futuro.

Variações intensas no padrão de energia das ondas mobilizam os sedimentos grossos da zona de surfe em direção a zona de espraiamento, principalmente nos períodos caracterizados por chuva na região. Com o deslocamento dos grãos de maior diâmetro, a população de sedimentos finos passa a predominar na zona de surfe. Durante o período de estiagem, onde as variações no padrão de energia são menores, o comportamento se inverte e, os sedimentos grossos e médios voltam a predominar na região subaquosa e as frações médias e finas na zona de espraiamento proporcionando uma acumulação de sedimentos no perfil subaéreo.

Os sedimentos do P02 apresentam granulometria predominantemente média, na zona de surfe, com alguns episódios de surgimento de sedimentos grossos, principalmente no estirâncio inferior. Na coleta realizada em maio de 2005, uma pequeno percentual de sedimentos muito grossos foi registrado (14,29%). O período em questão é caracterizado por grandes variações no padrão energético das ondas, com ventos soprando fortemente em direção à costa. Tais condições propiciam uma

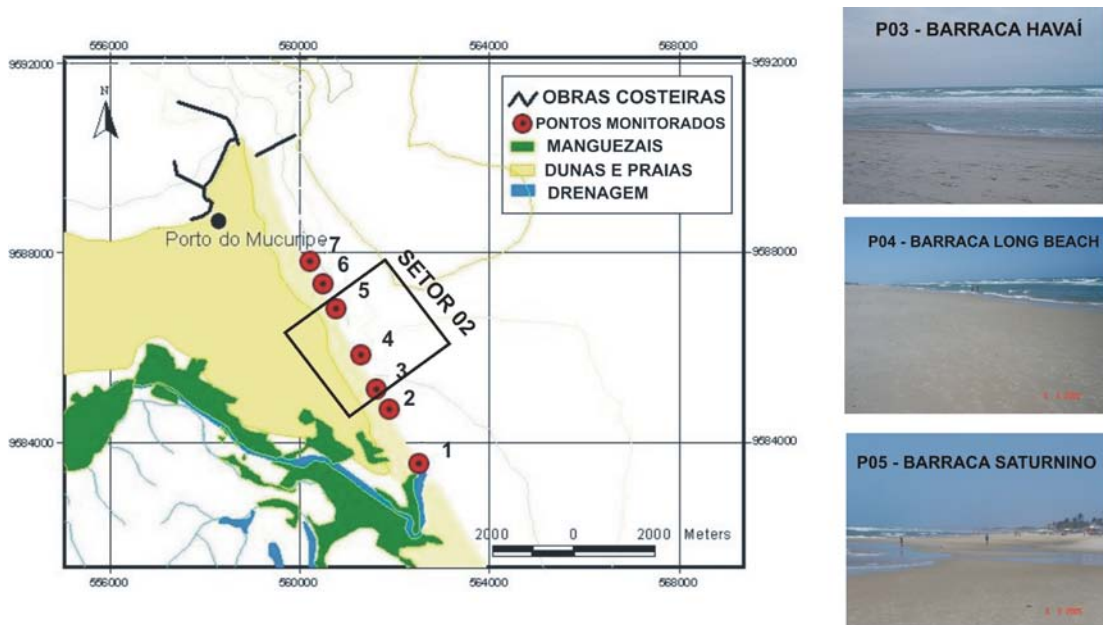
zona de surfe muito turbulenta onde, as frações granulométricas de diâmetro elevado se deslocam em direção a costa.

Os processos que dominam o transporte de sedimentos em diferentes tempos e lugares sobre a face da praia são controlados por uma relativa ação das ondas e correntes (NIEDORODA *et al.*, 1984) onde, os sedimentos mais grossos e menos selecionados estão no estirâncio (BASCOM, 1951; FOX *et al.*, 1966). Essas populações do estirâncio são geralmente dominadas por processos ligados ao movimento de subida e recuo do espriamento, com mínima de atuação de processos eólicos, refletindo assim, a condição média de energia das ondas. Self (1977) discute que amostras do estirâncio, em períodos de alta energia, apresentam sedimentos mais grossos, menos selecionados e mais assimétricos. Os sedimentos grossos, com baixo grau de seleção, depositam-se no degrau da praia, onde existe uma maior turbulência entre os processos de *swash* e *backwash*.

### **3.2. Aspectos Sedimentológicos do Setor 02:**

O setor 02 (fig. 18) é caracterizado por três pontos de monitoramento: o P03, localizado nas proximidades da Barraca Havaí, o P04 na Barraca *Long Beach* e o P05, na Barraca Saturnino. Os sedimentos desse setor são classificados, predominantemente, em areias médias bimodais com uma distribuição textural homogênea registrada, principalmente, na região do estirâncio, e com grau de seleção variando entre moderadamente e bem selecionado.





**Figura 18:** Localização do setor 02 na praia do Futuro.

Na zona de surfe, os sedimentos apresentaram diferentes padrões de comportamento durante o período monitorado. Sedimentos grossos e médios são encontrados nos períodos de estiagem e frações finas são identificadas nos períodos chuvosos. Esse comportamento é muito semelhante ao apresentado pelo setor 01 onde, a principal diferença está no diâmetro das amostras de cada setor e as proporções em que as classes granulométricas estão distribuídas ao longo do perfil.

Praias caracterizadas por sedimentos de granulometria bimodal comumente são enquadradas em intermediárias segundo a classificação de Wright & Short (1984), segundo as classificações morfodinâmicas existentes apresentando uma maior mobilidade e uma maior variabilidade sedimentar. Espírito Santo (2007) discute que, mesmo que praias intermediárias apresentem maior mobilidade, a qual pode levar a diferenciação sedimentar, as mesmas são também seguidamente retrabalhadas pelas ressacas. Na costa Cearense, o período de ressacas é caracterizado pelos meses de dezembro e janeiro.

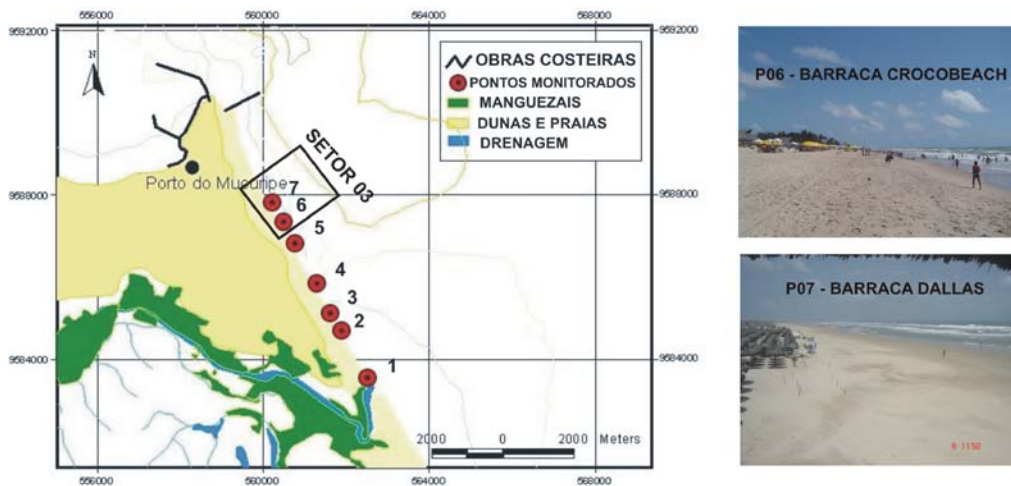
Em toda a extensão do setor 02 é observada a formação de bancos arenosos caracterizados predominantemente por uma granulometria média. Sonu (1972) aborda

que o principal mecanismo de controle das mudanças do perfil praias está relacionado ao comportamento desses bancos sobre a superfície subaérea da praia. Perfis topográficos de praias caracterizadas por sedimentos bimodais, geralmente apresentam sedimentos de diâmetro médio no topo da berma, especialmente em situações onde o perfil estava sendo submetido a processos de acresção.

### **3.3. Aspectos Sedimentológicos do Setor 03:**

O setor 03 (fig. 19) é caracterizado por dois pontos de monitoramento: o P06, localizado na Barraca *Crocobeach* e o P07, localizado na barraca Dallas. Esse setor é caracterizado por apresentar uma seqüência clássica de distribuição sedimentológica em que os grãos se tornam mais finos à medida que se distanciam da costa. A classe textural predominante nesse setor é de areia fina a média na região do espraiamento, e areia fina na zona de surfe. Os sedimentos desse setor, na maioria das amostras coletadas, são classificados em moderadamente e bem selecionadas com grãos aproximadamente simétricos. Ollier (1969) destaca que um sedimento bem selecionado possui uma distribuição normal e, isto resulta em uma curva de distribuição aproximadamente simétrica.

O ponto 06 apresenta uma distribuição de sedimentos médios e finos, muito próxima em termos percentuais. Essa proximidade é esboçada em virtude da proximidade existente entre o P06 e o setor 02.



**Figura 19:** Localização do setor 03 na praia do Futuro.

Por apresentar características dissipativas e intenso transporte eólico agindo na população de sedimentos finos, o setor 03 é caracterizado por grandes acumulações de sedimentos na região do pós-praia, em especial no P07. Lins de Barros (2005) discute que quanto maior o estoque de sedimentos de uma praia, maior será a capacidade da praia de se recuperar após um evento de forte erosão.

Variações texturais são causadas por diferentes mecanismos de transporte de sedimentos (CALLIARI, 1990). Em experimentos conduzidos em praias de amplitude de maré significativa, Moustafa (1988) detectou variações espaciais e temporais na distribuição do tamanho do grão transversal a antepraia. Praias com características dissipativas tendem a homogeneizar mais os sedimentos entre os seus sub-ambientes, notadamente aqueles que são freqüentemente retrabalhados pelo avanço do mar durante eventos de maior energia (WRIGTH, 1980). No setor 03, esse padrão é observado no P07, principalmente nos períodos de transição da maré e nas ressacas.

Shideler (1973) destaca que os sedimentos pertencentes a berma são mais heterogêneos do que os do estirâncio, pois estão sujeitos à ação dos processos eólicos e aos processos de espraiamento durante elevação do nível do mar. Nessas regiões do perfil, os sedimentos apresentam distintas populações genéticas e texturais

onde, em cada um desses sub-ambientes ocorre a predominância de algum processo dinâmico associado as características dos grãos.

Nuber *et al.* (2006) destaca que alguns estudos têm buscado a inter-relação entre a hidrodinâmica das zonas de surfe e espriamento de praias constituídas por sedimentos unimodais. Migrações de sedimentos produzidas pela subida e descida das marés são bastante importantes na consideração do tipo de estágio morfodinâmico e o tipo de energia incidente.

Larson (1991) discute que praias com tamanho de grão específico, se expostas a condições forçantes constantes, normalmente assumindo estar sob um curto período de ondas quebrando, desenvolvem uma forma de perfil que mostra pequenas mudanças no tempo.

Segundo Moustafa (1988.) a zonação textural é controlada pelo estágio da maré, e pela dominância dos processos atuando seletivamente sobre certos tamanhos de grão. Losada *et al.* (1992) discutem que as mudanças sazonais para o tamanho do grão são caracterizadas pela diferença de transporte de sedimentos ao longo da costa.

A distribuição granulométrica dos sedimentos nas praias está relacionada principalmente a granulometria de fontes disponíveis, sendo os fatores dinâmicos como altura das ondas e correntes, secundários (KLEIN *et al.*, 2005).

### **3.4. Caracterização dos Parâmetros Estatísticos:**

Além da análise granulométrica, métodos estatísticos também são bastante empregados no estudo da sedimentologia tendo em vista que eles podem ser facilmente e rapidamente estimados (LEWIS, 1983). Histogramas é a maneira mais simples de representar os resultados de uma análise granulométrica. Eles são essencialmente utilizados para representar freqüências de distribuição, as quais podem se constituir de importante ferramenta na identificação da natureza dos depósitos sedimentares.

Além dos histogramas, curvas de freqüência permitem visualizar mais facilmente certas propriedades da distribuição, tais como assimetria e curtose, e as curvas de freqüência acumulada; além de permitir a leitura dos diferentes *percentis* em quaisquer pontos da curva.

Mason & Folk (1958), Friedman (1961, 1967), Stapor & Tanner (1975) e Fox *et al.* (1966) utilizaram a distribuição dos parâmetros estatísticos para caracterizar os sedimentos de uma praia entre os diferentes sub-ambientes a que estão relacionados. Para sedimentos polimodais Ashley (1978) adverte que o uso de tratamentos estatísticos, para caracterizar a distribuição do tamanho do grão, é inapropriado. No entanto, o uso de parâmetros estatísticos sobre diferentes populações modais ainda tem persistido em diversos estudos devido à existência de poucos trabalhos abordando somente esta temática.

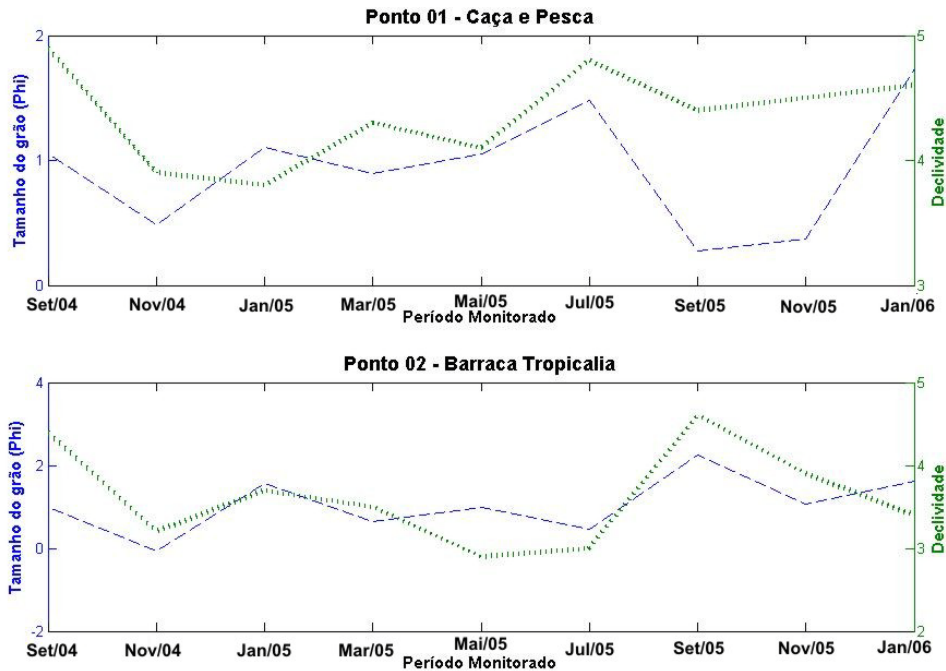
O método que se apresenta mais adequado para o tratamento de amostras com diferentes classes modais foi idealizado por Folk & Ward (1957). Esses autores quantificaram a integração da curva granulométrica utilizando parâmetros estatísticos em plotagens bivariadas, com intuito de distinguir diferentes ambientes sedimentares. Gráficos bivariados foram utilizados também nos estudos realizados por Self (1977) na praia de Nautla em Vera Cruz - México, onde foi diagnosticada uma variação do tamanho de grão, grau de seleção e assimetria dos sedimentos em virtude de reversões sazonais de correntes paralelas à costa, e pela presença de sedimentos polimodais com baixo grau de seleção.

### **3.5. Relação entre o Tamanho Médio do Grão e a Declividade da Praia:**

A média aritmética é um parâmetro que representa bem o diâmetro médio do grão tendo em vista que não se baseia em um único tamanho de grão ou classe (amostras unimodais). Em amostras polimodais e bimodais, o tamanho médio do grão tem pouca expressão e, portanto deve ser feita sua comparação com outro parâmetro estatístico para que se tenha uma melhor classificação. O desvio padrão é a variação

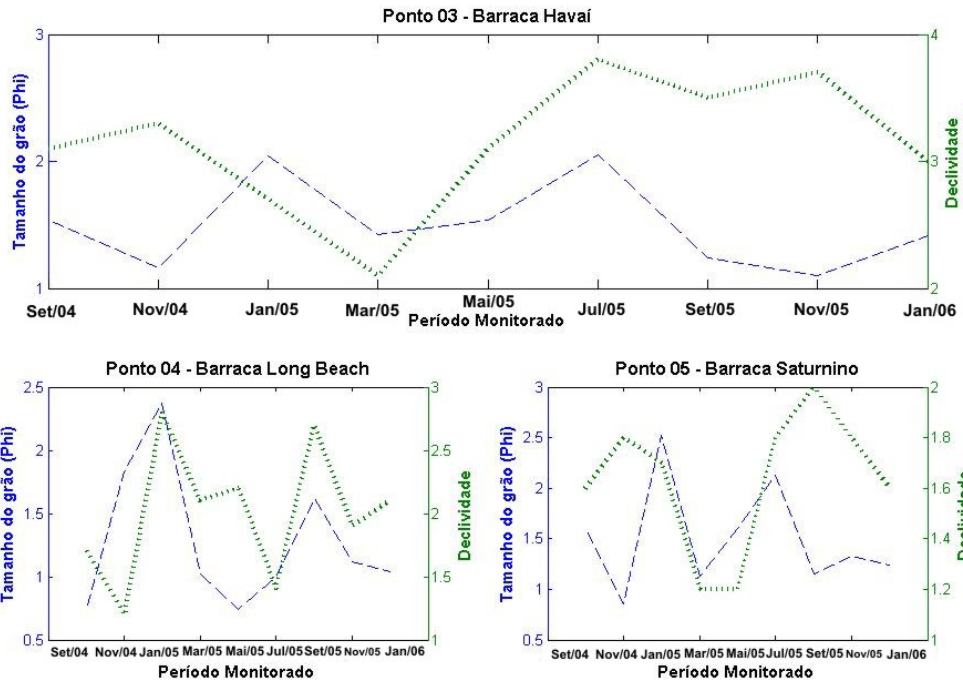
dos tamanhos de grão a partir da média aritmética. Ele determina o grau de dispersão das classes granulométricas em relação à sua média, representando assim o grau de seleção da amostra e demonstrando à maior ou menor habilidade dos agentes hidrodinâmicos em selecionar um determinado tamanho de grão.

Em relação às variações no tamanho do grão e na declividade (fig. 20a), no setor 01, os valores de declividade da face de praia variaram entre 3,8° e 4,7°. Populações sedimentares de diâmetro elevado nesse setor são bastante freqüentes sendo que boa parte é oriunda de processos atribuídos a erosão de arenitos de praia presentes na zona espraiamento do P01. Em outra perspectiva, contribuições sedimentares oriundas da desembocadura do rio Cocó podem também ser atribuídas para a inserção de frações de granulometria grossa nesse setor. No entanto, a falta de dados sobre a sedimentologia da boca do estuário e das áreas ao seu entorno tornam improváveis uma discussão mais embasada da contribuição do estuário em relação a sedimentos grossos no sistema. Sedimentos grossos também foram detectados nas imediações do ponto 02, principalmente nos períodos em que a zona de surfe apresentava um padrão mais energético.



**Figura 20a:** Relação entre o tamanho médio do grão *versus* a declividade da praia nas amostras do estirâncio (setor 01).

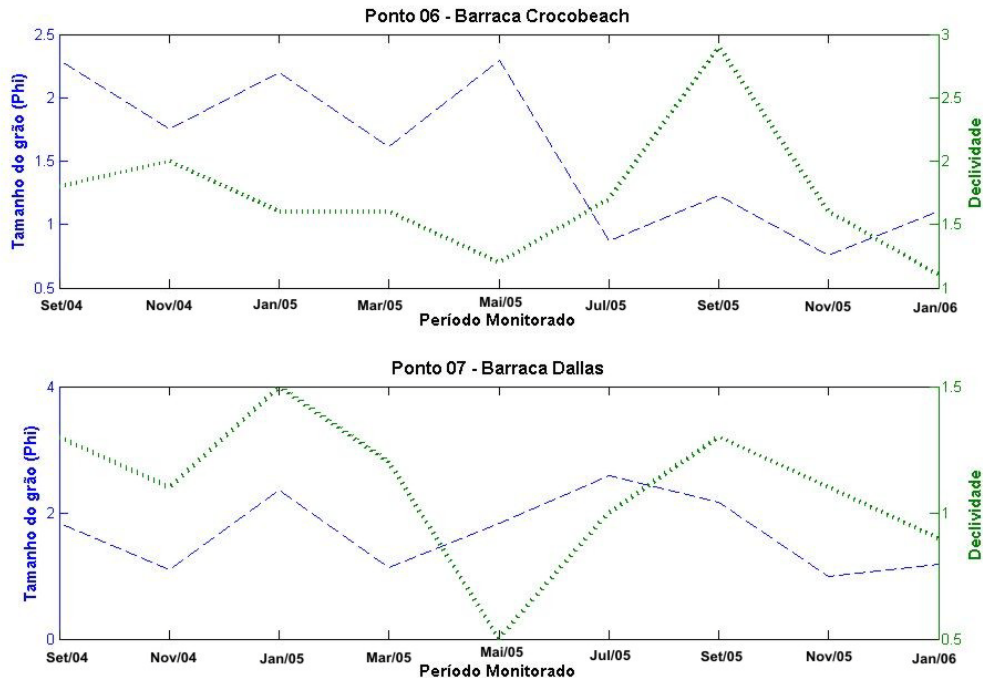
A partir do setor 02 (fig. 20b) observa-se uma diminuição no padrão de declividade no sentido P03 ao P05. Os valores mais baixos de declividade para este setor são registrados principalmente durante o segundo semestre, entre os meses de março e junho ( $1,9^\circ$  e  $2,7^\circ$ ), período caracterizado por ondas mais energéticas, índices de precipitação altos e maiores variações no padrão hidrodinâmico, na capital cearense. Short & Hesp (1982) discutem que variações naturais no nível de energia das ondas e no tamanho dos sedimentos são abundantes em praias de sedimentos médios.



**Figura 20b:** Relação entre o tamanho médio do grão *versus* a declividade da praia nas amostras do estirâncio (setor 02).

No setor 03 (fig. 20c), de caráter mais dissipativo, a declividade da face de praia apresenta baixos valores (entre  $0,3^\circ$  e  $1,4^\circ$ ), das condições de alta energia e suprimento abundante de sedimentos apresentadas nesse setor. O transporte eólico é predominante P07 onde os sedimentos são transportados e acumulados no pós-praia.





**Figura 20c:** Relação entre o tamanho médio do grão *versus* a declividade da praia nas amostras do estirâncio (setor 03).

### 3.6. Comportamento dos Sedimentos em Suspensão na Zona de Surfe:

A dinâmica costeira é a principal responsável pelos processos de erosão e/ou deposição que mantém áreas litorâneas em constante transformação (VILLWOCK *et al.*, 2005). Deriva litorânea é a transferência lateral de sedimentos promovida basicamente pela atividade de ondas que incidem obliquamente sobre a linha de costa (FIGUEIREDO, 2005).

Os processos que causam mudanças morfológicas na costa são os de transporte de sedimentos sendo que, estas mudanças irão continuar indefinidamente até que eventualmente a entrada de energia seja dissipada sem qualquer transporte de sedimento (PETHICK, 1986). Mudanças na morfologia ocorrem sempre que ocorre uma mudança na entrada de energia onde, o papel da zona costeira é de, justamente, dissipar está energia.

Uma das regiões mais complicadas da pesquisa oceanográfica é a zona de surfe, onde forças dinâmicas causadas pela incidência de ondas quebrando, movimento de sedimentos ao longo da costa e correntes de retorno formam feições complexas tais como bancos arenosos, cavas e canais de correntes (ALEXANDER & HOLMAN, 2004).

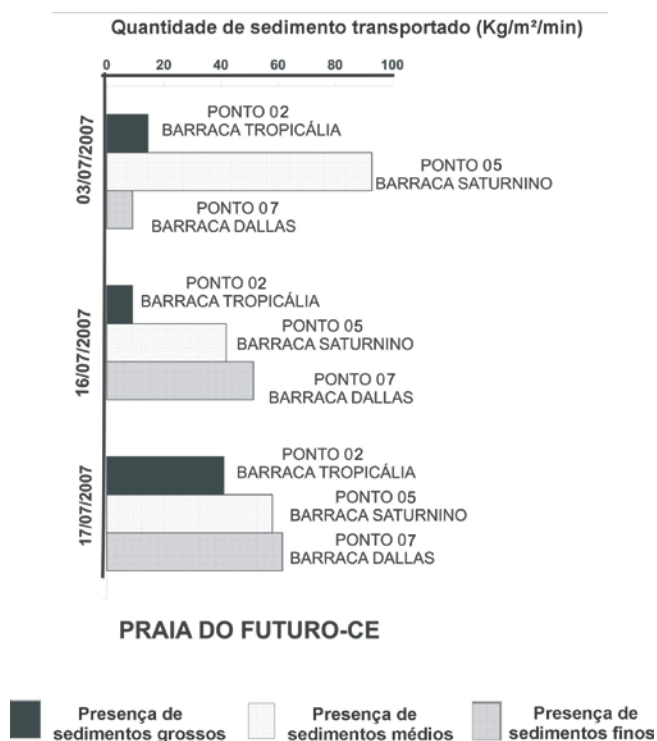
A zona de surfe é uma área muito ativa de transporte de sedimentos (BOWEN & HUNTLEY, 1984) e sua natureza muito turbulenta, muitas vezes dificulta a medição de dados *in situ* dos processos atuantes. Características da quebra das ondas têm recebido pequena e direta atenção nos estudos que relacionam a dinâmica de zona de surfe aos diferentes estágios morfodinâmicos de uma praia (COWELL, 1980).

A partir das coletas realizadas na zona de surfe da praia do Futuro (fig. 21) observou-se que áreas caracterizadas por uma granulometria fina e perfil mais dissipativo, aqui representada pelo ponto 07, propiciam condições favoráveis a um maior transporte de sedimentos. Na localidade em questão, as quantidades de sedimentos totais transportadas foram de 51,41 kg/m<sup>2</sup>/min, na coleta do dia 17/07/2007 e 61,53 kg/m<sup>2</sup>/min, na coleta do dia 18/07/2007. Nas duas ocasiões a zona de surfe apresentava condições aparentes de energia média das ondas e arrebatção do tipo deslizante. Short & Hesp (1982) discutem que ondas potenciais em direção à costa induzem o transporte de sedimentos para um máximo em praias dissipativas.

Na coleta do dia 03/07/2007, as quantidades de sedimentos transportadas apresentaram respostas diferentes onde, o P07 apresentou as menores taxas de transporte (9,032 kg/m<sup>2</sup>/min). A localidade que apresentou as maiores taxas de transporte foi o P05 (92,874 kg/m<sup>2</sup>/min) e o tipo de arrebatção predominante, no momento da coleta, era a mergulhante. O perfil 05 é caracterizado por sedimentos de fundo de granulometria média. Os sedimentos de maior diâmetro impedem que sedimentos mais finos entrem em suspensão, no entanto em condições de alta

energia, os sedimentos mais grossos são carregados para a zona de espreadimento permitindo dessa forma que sedimentos finos entrem em suspensão.

Em todas as campanhas de campo, O ponto 05 apresentou a segunda maior taxa de transporte registrado entre os dias 17/07 e 18/07, com respectivamente 41,84 Kg/m<sup>2</sup>/min e 58,03 Kg/m<sup>2</sup>/min. A localidade é caracterizada pela presença de fortes correntes de retorno, principalmente na transição da preamar para a baixa-mar, onde as correntes se tornam mais perceptíveis. No primeiro dia de amostragem (em 03/07/2007) este ponto apresentou as maiores taxas de transporte (92,874 Kg/m<sup>2</sup>/min), em comparação com as demais localidades monitoradas e sob condições de elevada turbulência na zona de arrebentação.



**Figura 21:** Caracterização da quantidade de sedimentos transportados, em suspensão e de fundo, nos três setores da praia do Futuro em três campanhas.

O ponto 02 apresentou taxas de transporte baixas onde um misto de sedimentos médios e grossos, depositados no fundo, dificulta o processo de re-suspensão das frações mais finas. O baixo gradiente de sedimentos finos em

suspensão se deve ao fato das ondas dissiparem boa parte da sua energia no banco mais externo, sendo que a energia resultante das ondas chega com pouca intensidade próxima à costa.

Outro fator importante é a presença de bancos e canais bem definidos. Estas feições propiciam a formação de correntes de retorno que, dentre as três localidades coletadas, estas se mostram mais fortes justamente no perfil 05. As correntes de retorno são mais fortes principalmente na transição entre a preamar e a baixa-mar.

Fluxos de espriamento ocasionados pela arrebentação e propagação das ondas sobre a face de praia são responsáveis por alterações no transporte de sedimentos resultando em uma seleção dos mesmos sobre a face de praia. Os mecanismos de transporte variam através dos processos de suspensão, saltação, tração e deposição onde sedimentos finos são depositados próximo ao limite do fluxo máximo da onda e sedimentos grossos são depositados próximos ao ponto de arrebentação, onde os maiores fluxos são encontrados.

Em praias de alta energia, o transporte ao longo da costa é mais intenso e normalmente abrange porções na zona de surfe, em direção à costa a partir do ponto de quebra. Recentemente Kraus (1985) e Kraus *et al.* (1983) tem demonstrado que a profundidade de mistura dos sedimentos pode variar transversalmente a zona de surfe (SUNAMURA & KRAUS, 1985). Ambas as distribuições laterais e verticais do transporte de areia estimadas ao longo da costa são necessários para relatar mudanças na morfologia praial (KRAUS, *op. cit.*). Em estudos realizados no litoral de Fortaleza, Morais (1981) discute que o transporte de sedimentos na região é bidirecional, com transporte líquido de sedimentos em suspensão predominantemente para as praias a oeste da praia do Futuro.

A maioria dos parâmetros que governam transformações em praias arenosas são caracterizados pelo tipo de ondas incidentes, inclinação praial e uma razão entre o tamanho do grão e altura da onda (SUNAMURA & HORIKAWA, 1974). O transporte de sedimentos paralelo à costa é dirigido por correntes paralelas à costa aparecendo

para alguns processos interativos associados com ondas quebrando na zona de surfe (WILLIAMS & ESTEVES, 2006). Fora da zona de surfe o transporte de sedimentos normalmente é dirigido pela ação do vento.

O transporte de sedimentos em direção a costa é importante para a evolução morfodinâmica de praias (HOEFEL & ELGAR, 2003), no entanto a medição da carga de sedimentos transportada na zona de surfe é fisicamente e economicamente difícil de ser realizada, contendo algumas incertezas. De acordo com Kraus (1987) dados relacionados ao transporte de sedimentos, dados de ondas e correntes, ainda precisam ser melhorados para um entendimento básico do movimento dos sedimentos e para um bom desenvolvimento de técnicas para estimar o transporte e a evolução do ambiente praial.

## **CAPITULO 04**

---

### **4. CARACTERIZAÇÃO DA MORFODINÂMICA E HIDRODINÂMICA**

#### **SAZONAL:**

A interação entre a energia proveniente dos ventos, ondas e correntes litorâneas com o material formador das praias determinam as características morfodinâmicas de um sistema praial (WRIGHT & SHORT, 1984 *apud* TOZZI & CALLIARI, 2000). O conceito de estágios morfodinâmicos de uma praia é usado para designar a assembléia completa das formas deposicionais e a sua relação com os processos hidrodinâmicos (SASAKI, 1980, *apud* CARTER, 1988; WRIGHT & SHORT, *op. cit.*; SHORT, 1981; MASSELINK & SHORT, 1993).

O regime de ondas é o maior responsável pelas variações temporais da zona de arrebentação, enquanto que as variações espaciais são conseqüências da interação das ondas com a topografia e com o tipo de sedimento (TOZZI & CALLIARI, *op. cit.*).

A variabilidade da região costeira está associada também às tensões exercidas por fenômenos ambientais incluindo basicamente ondas, ventos, correntes e marés. Uma condição de onda é a particular combinação de alturas, períodos e direções de onda num dado tempo, como resultado de ventos locais soprando no tempo de observação. A transformação de praias arenosas por ondas é um dos mais interessantes temáticas atestadas por estudiosos das ciências costeiras (SUNAMURA & HORIKAWA, 1974).

O clima de ondas de uma determinada região é a distribuição das condições predominantes das ondas em anos de observação. As ondas são geradas no oceano aberto pelos ventos e dependem fundamentalmente da sua velocidade, duração e da extensão da pista na superfície do oceano sobre o qual eles atuam (SOUZA *et al.*, 2005). As ondas que atingem a linha de costa são denominadas incidentes ou gravitacionais e podem ter sido geradas a milhares de quilômetros da costa. Ondas do

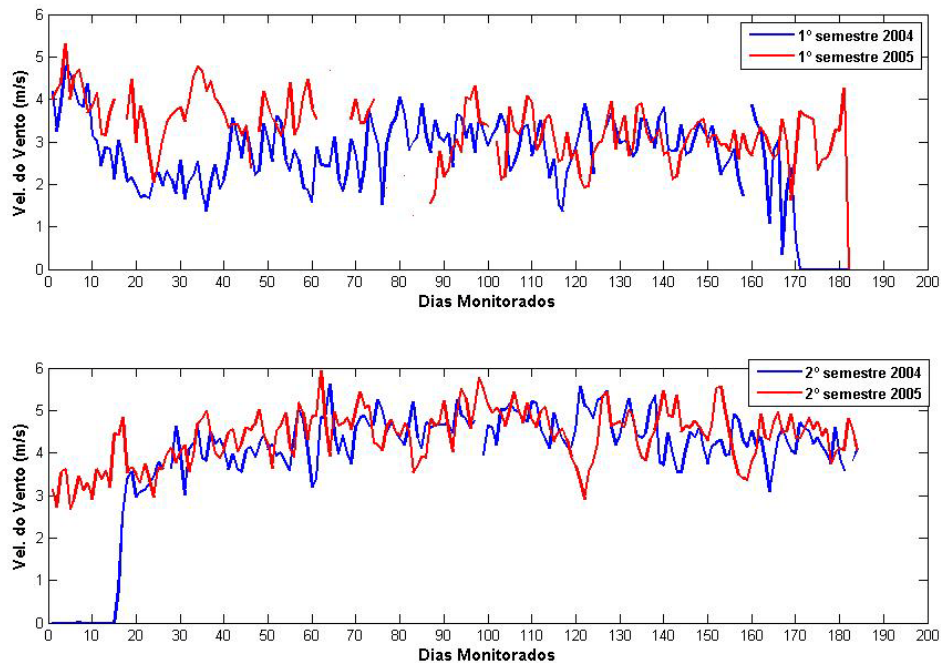
tipo “vagas” podem ser geradas nas proximidades da linha de costa devido à ação de ventos fortes ou produzidas a partir de alterações na energia das ondas gravitacionais da costa.

Em relação as variações de maré Hayes (1975) discute que estes são um dos fatores determinantes na geomorfologia costeira. Mudanças no estágio morfodinâmico praias com o nível de maré, semelhante às condições da zona de surfe, na parte superior do perfil, podem ser morfodinamicamente diferentes desde aqueles ocorrendo na parte inferior do perfil (MASSELINK & TURNER, 1999).

O clima de ondas do litoral de Fortaleza pode ser descrito anualmente por uma altura significativa de ondas ( $H_s$ ) de 1m e um período médio ( $T$ ) de 5s, com uma dominância de ventos provenientes de sudeste (MAIA *et al.*, 1998). No que diz respeito ao comportamento hidrodinâmico, a praia do Futuro apresentou grande variabilidade ao longo dos três setores monitorados. A localidade encontra-se sujeita a um regime de meso-maré, do tipo semi-diurna, com amplitude de maré em torno de 3,1m (MENEZES *et al.*, 2006). O regime hidrodinâmico (85%) é caracterizado por ondas do tipo *vagas* (MAIA, 1998) e um pequeno percentual (1%), de ondas incidentes é do tipo *swell*. No litoral Cearense, eventos do tipo marés meteorológicas não são identificados.

#### **4.1. Caracterização do Regime de Ventos:**

Na praia do Futuro, as variações no padrão da velocidade dos ventos (fig. 22) foram em média entre 1,6 m/s e 4,1 m/s, no primeiro semestre de 2004; e entre 1,8 m/s e 4,3 m/s no primeiro semestre de 2005. No entanto, no segundo semestre do mesmo período, os valores médios aumentaram, oscilando entre 3,1 m/s e 5,0 m/s em ambos os períodos estudados. A média anual predominante é de 3,8 m/s, com direção predominante dos ventos de sudeste e leste.



**Figura 22:** Variação da velocidade do vento no 1º e 2º semestre de 2004 e 2005 na praia do Futuro.

A altura e o período das ondas dependem da intensidade e da duração dos ventos, bem como da distância percorrida pelos mesmos (KOMAR, 1998). Estudos realizados por Davis & Fox (1972) demonstram que os ventos costeiros podem aumentar ou diminuir a altura de quebra das ondas e conseqüentemente a velocidade das correntes, dentro da zona de surfe. Hubertz (1986) constatou que a velocidade das correntes geradas pelas ondas é mais significativa, devida à ação dos ventos costeiros.

Masselink & Pattiarachi (1998), estudando os efeitos causados pelas brisas marinhas na dinâmica costeira, mediram aumentos significativos na altura das ondas e na velocidade das correntes longitudinais. As brisas marinhas, que são originadas no período da tarde, na costa cearense, podem produzir fortes efeitos no padrão das ondas, com conseqüências para o desenvolvimento morfodinâmico das praias. Estas brisas são geradas pelas diferenças de temperatura entre o continente e o oceano, que criam gradientes de pressão próximos à costa (INMAN & FILLOUX, 1960). A



intensidade das brisas marinhas é proporcional às diferenças de temperatura (HSU 1988 *apud* MASSELINK & PATTIARATCHI, *op. cit.*), e são mais fortes durante a parte da tarde dos dias quentes das regiões tropicais e semi-tropicais.

O papel dos ventos não se restringe apenas a de geração de ondas. Depois que a areia movimentada por ondas e correntes é depositada na praia, sendo exposta ao ar, ela seca e é movimentada pelos ventos. Grandes quantidades de areia são transportadas por saltação ou arraste ao longo da costa (VILLWOCK *et al.*, 2005). Na praia do Futuro o transporte realizado pelos ventos é bastante eficiente, principalmente em pontos que são caracterizados por granulometria fina.

#### **4.2. Aspectos da Morfodinâmica e Hidrodinâmica do Setor 01:**

O conhecimento do comportamento morfodinâmico de uma praia específica permite o acompanhamento espaço-temporal de ciclos de erosão/deposição (CALLIARI *et al.*, 2003). A partir desse conhecimento prévio, uma avaliação dos perfis é importante para a compreensão da variabilidade sazonal assim como da resposta destes às diferentes condições oceanográficas as quais o litoral é exposto.

Durante o monitoramento, o ponto 01 (fig. 23) apresentou uma extensão máxima do perfil de 190m com ondas incidindo obliquamente a costa com um ângulo de 88° provenientes de E-SE, e altura significativa das ondas variando entre 0,4m e 1,3m com valor médio de 0,93m. O período médio das ondas foi de 7,21s e, afloramentos de arenitos de praia, são presentes na zona de espraiamento inferior e na porção inicial da zona de surfe deste ponto.



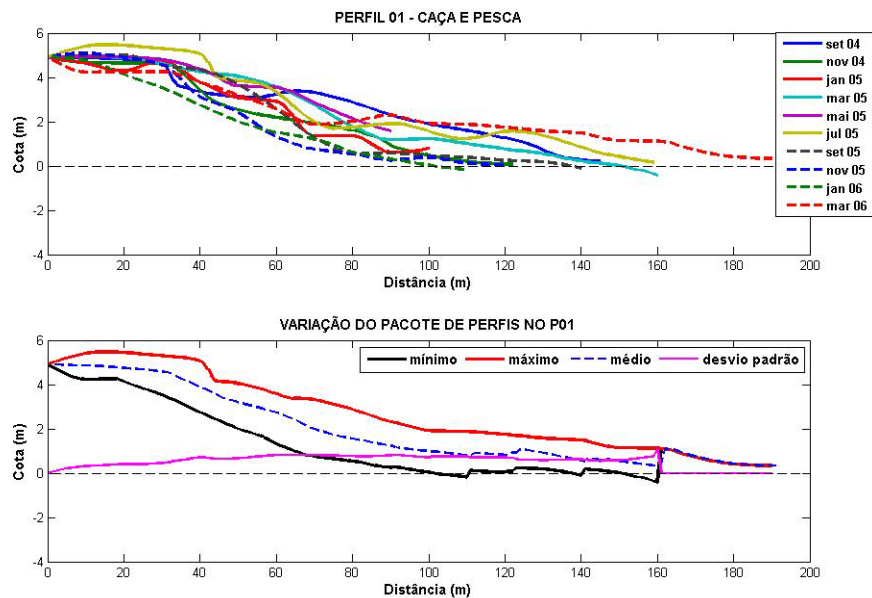
**Figura 23:** Zona de arrebenção do ponto 01 (Caça e Pesca).

Estudos realizados por Lins de Barros (2005) têm demonstrado que, arenitos de praia (fig. 24) podem funcionar como uma barreira para a energia das ondas. Ao mesmo tempo em que funcionam como proteção a costa, os arenitos estão sujeitos aos processos de erosão por força das ondas ou por processos de intemperismo químico e físico, proporcionados pelas variações na temperatura ao longo do dia, no caso da praia do Futuro, e pela ação da água do mar e outros agentes químicos presentes que atuam nessas estruturas.



**Figura 24:** Arenitos de praia na zona de espraiamento do ponto 01.

Em relação ao estágio morfodinâmico, a localidade enquadrou-se no estado intermediário terraço de baixa-mar, com tendências ao estágio refletivo em virtude da localidade apresentar sedimentos polimodais. Os valores de RTR oscilaram entre 2,0 e 4,6 e o parâmetro  $\omega$  variou entre 0,93 e 6,97. O perfil (fig. 25) apresentou uma variação média de volume de 14,13 m<sup>3</sup>/m onde as maiores variações no pacote sedimentar foram registradas no período compreendido entre setembro e janeiro de 2004, e maio de 2005; principalmente na região do estirâncio. Nos dois primeiros meses citados acima, a ação dos ventos ocorre de forma mais intensa onde, as frações de sedimentos de menor diâmetro são transportadas mais facilmente pela ação dos ventos. As variações atestadas em maio de 2005 são relacionadas a uma maior ação das ondas no perfil, principalmente devido a influencia da estação de chuvas na capital cearense.



**Figura 25:** Perfis sazonais e variação do pacote de perfis no ponto 01.

O transporte de sedimentos finos por processos eólicos permite que os sedimentos de amplitude média a grossa se depositam no estirâncio médio e inferior, movidos pela oscilação da maré e processos de espraiamento. Em condições de zona de surfe muito turbulenta, os sedimentos chegam a depositar nas porções superiores

do estirâncio. Em relação à zona de surfe (fig. 26) os tipos de arrebentação observados durante os levantamentos de campo foram às formas mergulhante e ascendente.

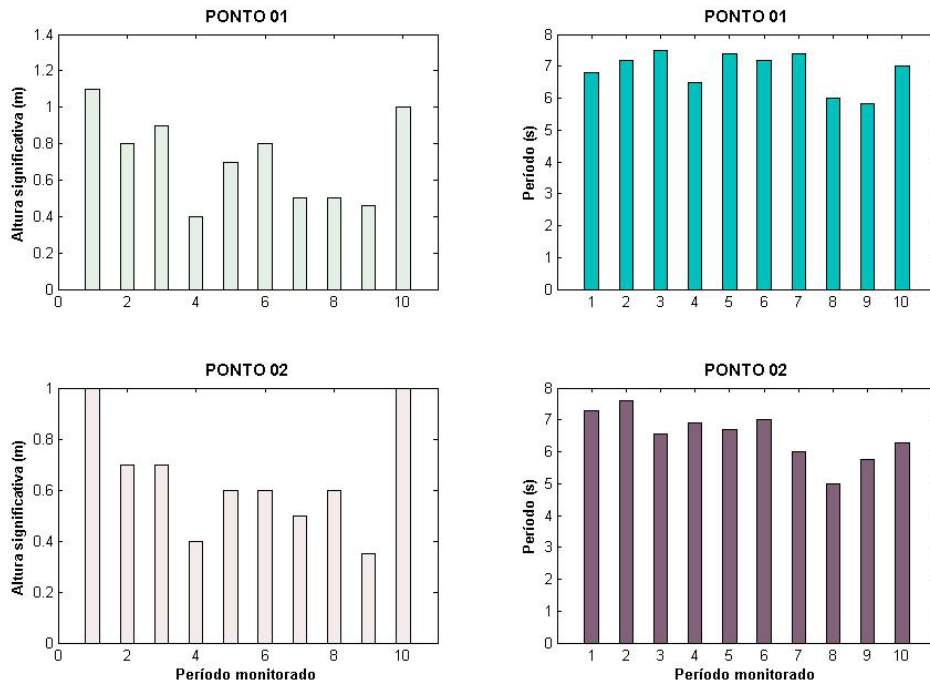


**Figura 26:** Vista aérea da zona de arrebentação do ponto 01.

O ponto 02 (fig. 27) apresentou uma extensão máxima do perfil foi de 180m com ondas incidindo obliquamente a costa com um ângulo de  $81^\circ$  provenientes de E-SE, com altura significativa variando entre 0,4m e 1,1m e altura média de 0,81m. O período médio das ondas foi de 6,68s e, o tipo mais comum de arrebentação registrada foi à forma deslizante. A localidade é caracterizada pela presença de fracas correntes de retorno na região subaquosa que, em geral, são detectadas nos períodos de transição entre a preamar e a baixa-mar. Os dados referentes à altura significativa das ondas e o período de pico (fig. 28), deste setor, estão caracterizadas a seguir.



**Figura 27:** Vista do estirâncio e do pós-praia do ponto 02.



**Figura 28:** Caracterização do período e altura significativa das ondas no setor 01.

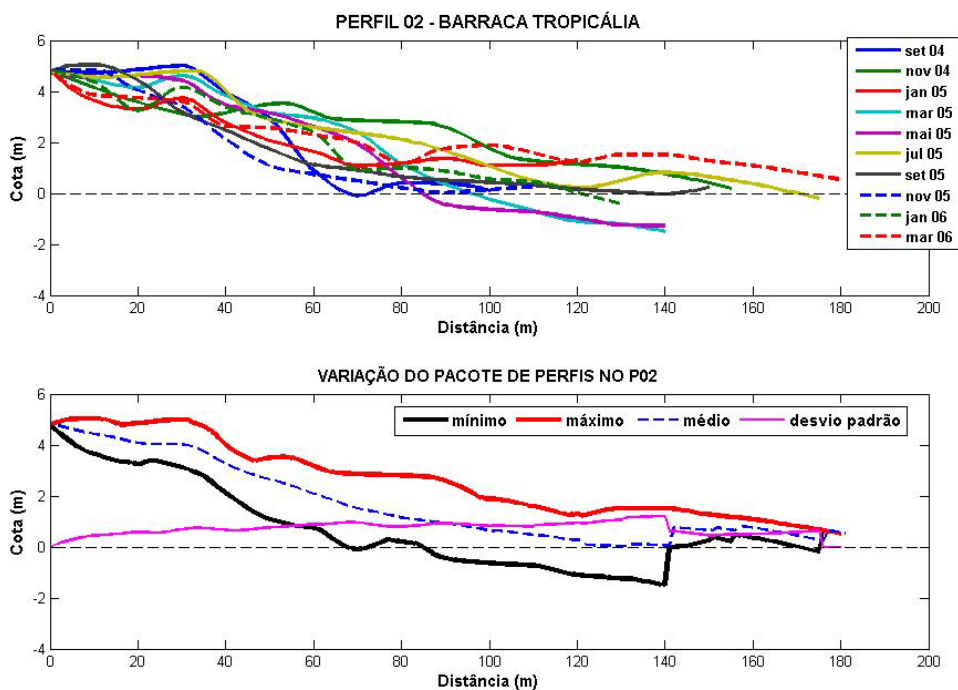
A variação de volume média nos perfis foi de 12,76 m<sup>3</sup>/m com as maiores variações registradas na interface entre as porções, superior e inferior, do estrêncio (fig. 29). No segundo semestre (período de 2004-2005), os perfis apresentam os maiores índices de acresção devido ao grande volume de sedimentos movidos por transporte eólico e, nos períodos de chuva, grandes perdas sedimentares são registradas principalmente na região do estrêncio. No pacote de perfis (fig. 30), os maiores picos de variação são registrados entre 82m e 97m, na inclinação do terraço. Variações significativas no pacote de perfis também são identificadas entre 20m e 35m, em virtude da deposição de sedimentos por transporte eólico é bastante acentuada.

Em relação ao estágio morfodinâmico, o ponto 02 enquadrou-se no estágio morfodinâmico terraço de baixa-mar em todos os monitoramentos. Os valores de RTR oscilaram entre 2,0 e 3,86. A porção superior do perfil é dominada por processos de espriamento, na preamar, enquanto, uma combinação dos processos da zona de

surfe e de espraiamento controlam a morfodinâmica da zona intermareal. Em algumas circunstâncias, processos na zona de transição entre marés podem ser localmente importantes sobre o terraço de baixa-mar, resultando na formação de bancos arenosos nessa porção da praia. Esses bancos assumem a função de um terraço de baixa-mar no período maré vazante.



**Figura 29:** Acumulação de sedimentos no pós-praia do ponto 02.



**Figura 30:** Perfis sazonais e variação do pacote de perfis no ponto 02.

Em praias do tipo terraço de baixa-mar a face de praia é mais refletiva, e fracas correntes de retorno podem estar presentes. Em ambientes com amplitude de maré elevada, as variações nos padrões de refletividade e dissipação estão associadas às fases de maré onde, a praia assume um padrão dissipativo na baixa-mar e refletivo na preamar. Os sedimentos sobre a inclinação da parte superior do perfil são geralmente grossos, em comparação aos sedimentos depositados sobre a porção inferior. Essa descontinuidade textural coincide com uma distinta quebra na inclinação.

Esse comportamento foi observado também por Masselink & Tunner (1999) e, é bastante comum na praia do Futuro onde, através de uma combinação de processos da zona de surfe e empolamento das ondas (fig. 31), é possível proporcionar a formação de pequenos bancos e fracas correntes na região do estirâncio inferior. Praias do tipo terraço de baixa-mar desenvolvem-se quando  $RTR = 3-15$  e  $\Omega < 2$ .



**Figura 31:** Vista aérea dos bancos arenosos na zona de espraiamento do ponto 02.

Na preamar a morfologia dos bancos arenosos está sob a influência do empolamento das ondas e, a zona de surfe encontra-se confinada na porção média do perfil, com ondas quebrando de forma mergulhante e transversalmente a costa. Ao longo da costa, variações na altura das ondas resultam em uma interação entre ondas chegando à costa e ondas marginais. Essas variações podem ser entendidas também

como uma resposta às mudanças na topografia da zona de surfe (WOODROFFE, 2003).

As ondas que chegam à praia acabam por gerar uma série de correntes capazes de movimentar grandes quantidades de sedimentos. Esse movimento de areia é denominado deriva litorânea e constitui um dos processos mais significativos ao longo da costa. A deriva litorânea é a mais importante corrente costeira, sendo um produto de duas componentes vetoriais: a deriva costeira, que atua na zona de surfe e tem sentido paralelo a praia; e a deriva praial, que atua no estirâncio e face da praia.

A deriva litorânea é o principal agente de movimentação, retrabalhamento e distribuição dos sedimentos ao longo da costa. A velocidade de uma corrente de deriva litorânea varia principalmente em função do ângulo de incidência das ondas. Estudos realizados por Muehe (1994) demonstram que, os ângulos superiores a 5° são suficientes para produzir velocidades de corrente de deriva bastante eficientes.

#### **4.3. Morfodinâmica e Hidrodinâmica do Setor 02:**

O setor 02, caracterizado pelos pontos 03, 04 e 05. Nestas localidades, os sedimentos predominantes são do tipo areia média bimodal. O ponto 03, localizado nas proximidades da Barraca Havaí (fig. 32), apresentou uma extensão máxima do perfil de 185m com ondas incidindo obliquamente à costa com um ângulo de 15° E-SE em relação à normal com a costa, e altura significativa das ondas variando entre 0,4m e 1,2m com altura média de 0,82m e período médio das ondas de 6,46s. Em relação ao estágio morfodinâmico, a localidade enquadrou-se nos estados intermediários barra transversal nos meses de novembro de 2004, janeiro e setembro de 2005; e no estado banco/corrente de baixa-mar no mês de julho de 2005. Os valores de RTR oscilaram entre 3,1 e 8,66 e o parâmetro ômega variou entre 0,2 e 1,3.

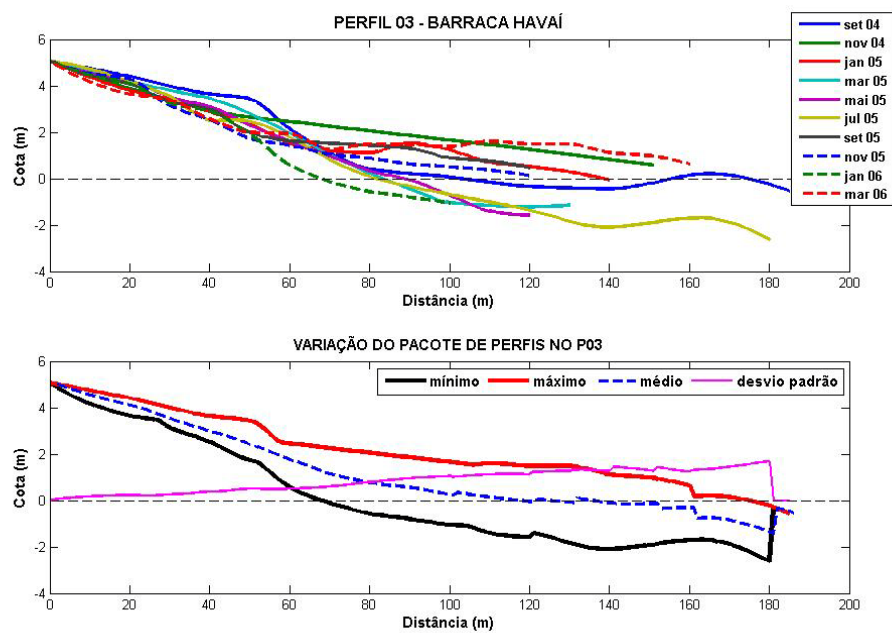
As principais variações do pacote de perfis (fig. 33) são registradas a 50m e 55m e entre 120m e 140m. A primeira porção do perfil é caracterizada pela formação de pequenas escarpas, na interface entre o berma e o estirâncio. Estas feições



escarpadas foram identificadas, geralmente, entre os meses de maio e setembro. No extremo próximo a porção subaquosa, as variações registradas no perfil são decorrentes de uma maior variabilidade das feições de fundo, que são formadas entre 120m e 140m.



**Figura 32:** Caracterização da zona de espriamento do ponto 03 (Barraca Tropicália).



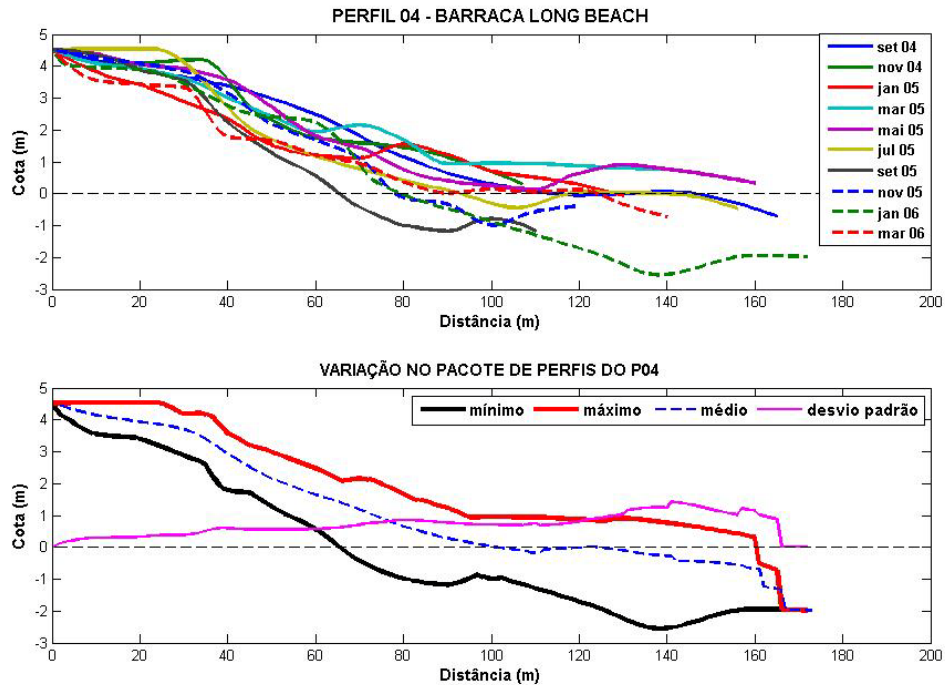
**Figura 33:** Perfis sazonais e variação do pacote de perfis no ponto 03.

O ponto 04, localizado nas imediações da Barraca *Long Beach* (fig. 34), apresentou uma extensão máxima do perfil de 170m, com ondas incidindo obliquamente à costa com um ângulo de  $101^\circ$  provindo de E-SE, e altura significativa das ondas variando entre 0,3m e 1,1m com altura média de 0.86m e período médio das ondas de 6,92s. Em relação ao estágio morfodinâmico, a localidade enquadrou-se nos estados intermediários barra transversal nos meses de setembro a janeiro 2004-2005 e no estado banco/corrente de baixa-mar no restante dos monitoramentos. Os valores de RTR oscilaram entre 2,3 e 5,6 e o parâmetro  $\omega$  variou entre 3,83 e 7,6.



**Figura 34:** Caracterização da zona de espraiamento do ponto 04 (Barraca *Long Beach*).

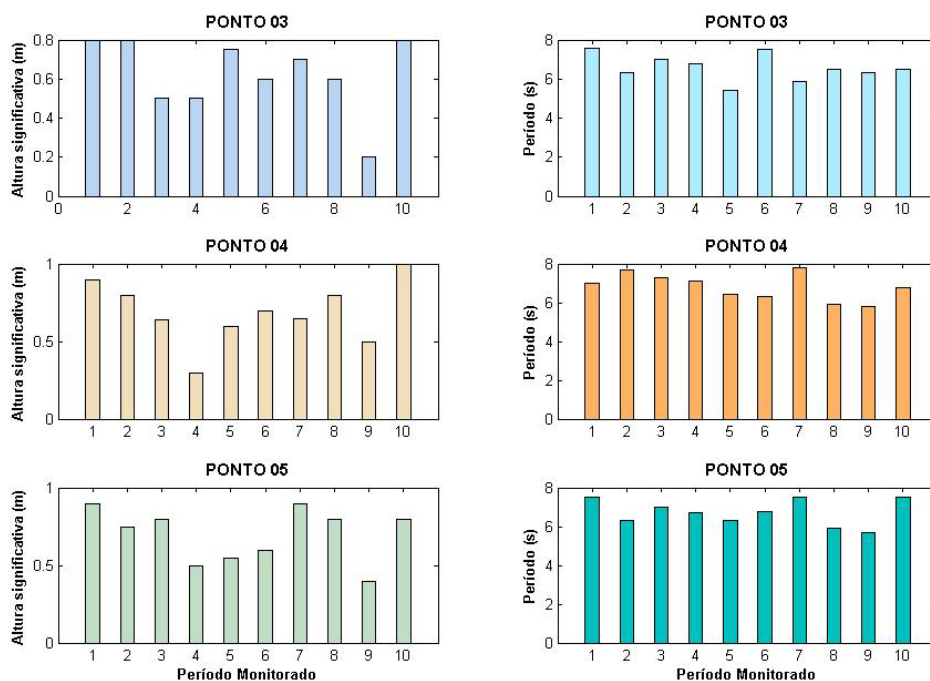
Em relação ao comportamento do pacote de perfis (fig. 35), as variações mais significativas foram registradas entre 130m e 150m. Nessa região do perfil, bancos e canais são formados e removidos com grande frequência. Essas feições subaquosas são mais evidentes nos meses compreendidos entre setembro e janeiro.



**Figura 35:** Perfis sazonais e variação do pacote de perfis no ponto 04.

O ponto 05, localizado na Barraca Saturnino, apresentou uma extensão máxima do perfil de 198m com ondas incidindo obliquamente a costa com um ângulo de  $95^\circ$  proveniente de E-SE, e altura significativa das ondas variando entre 0,5m e 0,95m com altura média de 0,73m e período médio das ondas de 6,95s. Em relação ao estágio morfodinâmico, a localidade enquadrou-se nos estados intermediários barra transversal nos meses de setembro e novembro de 2004-2005, e no restante dos monitoramentos no estado banco/corrente de baixa-mar. Os valores de RTR oscilaram entre 2,0 e 4,6 e o parâmetro  $\omega$  variou entre 0,93 e 6,97.

Os tipos de arrebentação predominante nos monitoramentos foram à forma deslizante e ascendente, na baixa-mar de todos os pontos de coleta do setor 02. Nos períodos de preamar, a localidade é caracterizada por arrebentação do tipo mergulhante. Os valores de altura e período medidos no setor 02 (fig. 36) podem ser observados a seguir.



**Figura 36:** Caracterização do período e altura significativa das ondas no setor 02.

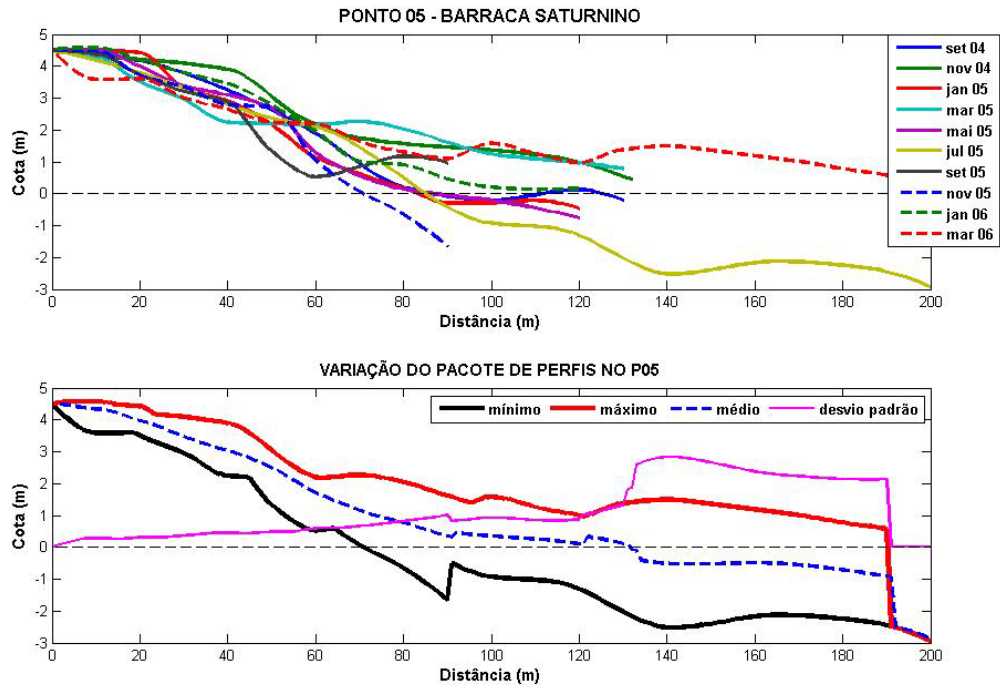
A variação média de volume nos perfis do ponto 03 foi de 10,07 m<sup>3</sup>/m com maiores variações na região do estirâncio inferior. Os períodos de acresção no perfil são registrados entre os meses julho a novembro. No ponto 04, a variação média do volume dos perfis foi de 9,07 m<sup>3</sup>/m com maior as maiores variações registradas nas regiões do estirâncio médio e inferior. No ponto 05, os valores de variação média do volume foram de 10,02 m<sup>3</sup>/m com variações significativas em toda a extensão do estirâncio. Grandes acumulações de sedimentos são registradas na região do pós-praia (fig. 37), principalmente entre os meses de setembro e janeiro. No setor 02, em geral, os episódios erosivos são registrados, em geral, nos meses de dezembro e janeiro em virtude das ressacas que atingem o litoral cearense.



**LEGENDA:**  
A- Julho 2004  
B- Setembro 2004  
C- Novembro 2004

**Figura 37:** Deposição de sedimentos no pós-praia do ponto 05 por ação eólica.

Os picos de variação do pacote de perfis (fig. 38) foram registrados entre 130m e 150m. A localidade é caracterizada pela formação e intensa migração de bancos arenosos e canais, no espaçamento citado acima. Os processos da zona de surfe, incluindo as correntes de retorno, são mais ativos nos períodos de vazante. Na baixa-mar há um período suficiente para os processos transcorridos na zona de surfe modificar a morfologia, produzindo uma topografia da zona de surfe essencialmente idêntica a praias intermediárias dominadas por ondas.



**Figura 38:** Perfis sazonais e variação do pacote de perfis no ponto 05.

Praias intermediárias são caracterizadas por uma circulação de correntes bem definidas, frequentemente associadas com a topografia de bancos e correntes. Em áreas de energia de ondas moderada ( $\Omega=2-5$ ) e amplitude de maré ( $RTR=3-7$ ) a modificação de praias pela maré consiste de uma praia refletiva na maré alta, uma zona intermareal freqüentemente ampla, que pode conter baixa transição de bancos de espraiamento; e um banco de maré baixa dominado pela morfologia da zona de surfe; que pode incluir bancos transversais e correntes (MASSELINK, 1994).

Os processos mais importantes que controlam praias intermediárias são a morfodinâmica e hidrodinâmica associados à dissipação de energia das ondas incidentes. Esses processos incluem quebra e atenuação de ondas, células de circulação na zona de surfe, *set-up* da onda e processos de espraiamento (MASSELINK, *op. cit.*).

A morfologia dos bancos da região do espraiamento são características do estágio banco/corrente de baixa-mar (MASSELINK & TURNER, 1999). Na preamar a

morfologia de bancos arenosos (fig. 39) está sob a influência do empolamento das ondas e, a zona de surfe passa a atuar na porção superior da praia, onde as ondas quebram de forma mergulhante, transversais a zona de surfe intermediária.



**Figura 39:** Caracterização dos bancos arenosos transversais no ponto 05.

A incidência de ondas na linha de costa gera um sistema de circulação ou correntes costeiras, que pode ser dividido em quatro partes: correntes de deriva litorânea, o transporte de massa de água em direção a costa, o transporte de massa de água para o oceano (fluxos de retorno), e o movimento ao longo da costa das cabeças das correntes de retorno (CERC, 1984). Na praia do Futuro, os pontos 04 e 05 são caracterizados pela presença de fortes correntes de retorno, principalmente nos períodos de transição entre a preamar e baixa-mar.

Masselink & Tunner (*op. cit.*) ressaltam que além de fortes correntes de retorno, praias do tipo barra transversal são caracterizado por uma maior permanência dos bancos arenosos junto à costa. O estágio banco/corrente de baixa-mar é caracterizado por arrebentação do tipo deslizante e mergulhante e, fortes correntes de retorno são presentes na baixa-mar. Nesse estágio as barras migram em menor intensidade exibindo uma larga variabilidade temporal na morfologia durante um ciclo

de maré lunar (MASSELINK & HEGGE, 1995). No estágio banco corrente de baixamar o surgimento de feições escarpadas são evidenciados entre a berma e o estirâncio superior (fig. 40).

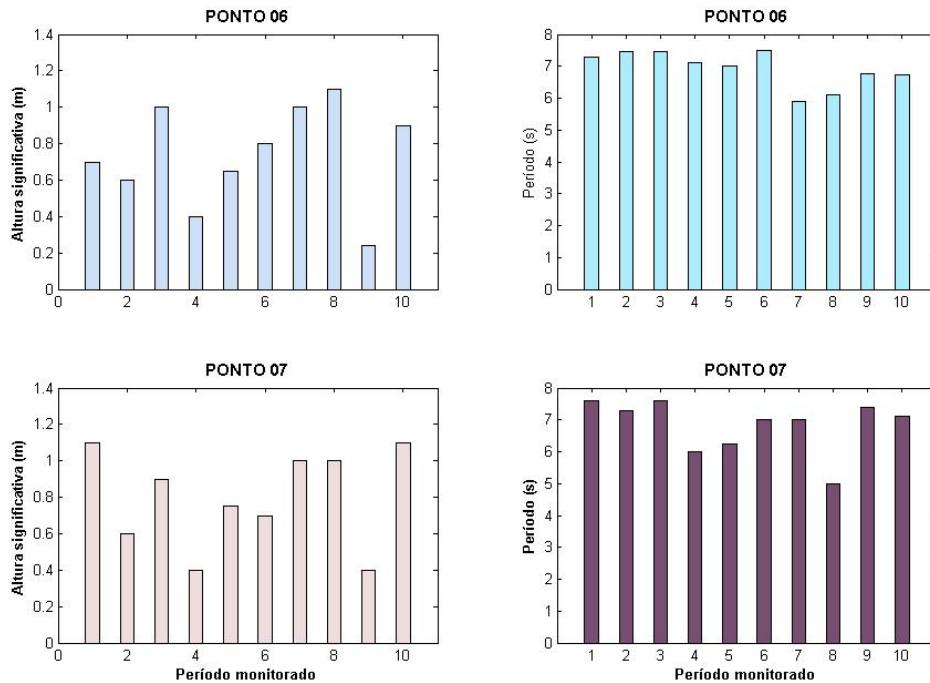


**Figura 40:** Perfil escarpado indicativo de uma praia intermediária (Ponto 05).

#### **4.4. Morfodinâmica e Hidrodinâmica do Setor 03:**

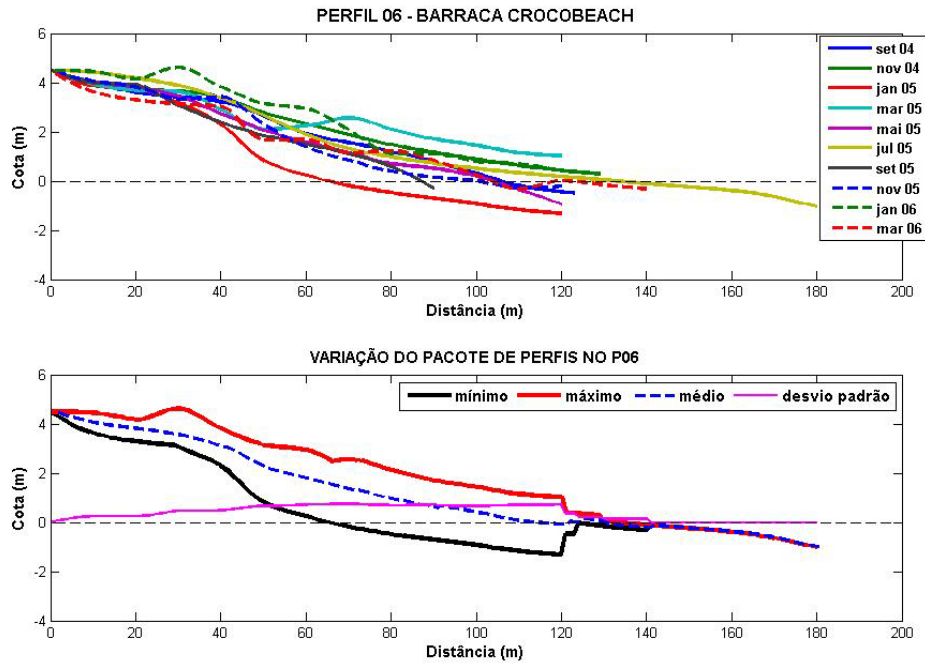
O ponto 06, localizado na Barraca *Crocobeach*, apresentou uma extensão máxima do perfil de 180m, com ondas incidindo obliquamente à costa com um ângulo de  $89^\circ$  provenientes de E-SE e altura significativa das ondas variando entre 0,4m e 1,2m; com altura média de 0,83m e período médio das ondas de 6,73s. No ponto 07, localizado na Barraca Dallas, a extensão máxima do perfil ficou em torno de 197m com ondas incidindo obliquamente a costa com um ângulo de  $14^\circ$  E-SE em relação à normal com a costa, e altura significativa das ondas variando entre 0,4m e 1,1m; com altura média de 0,75m e período médio das ondas de 6,87s. Os valores de altura e períodos das ondas (fig. 41), do setor 03, são caracterizados a seguir.





**Figura 41:** Caracterização do período e altura significativa das ondas no setor 03.

Em relação à variação do pacote de perfis (fig. 42), o ponto 06 apresentou variações significativas entre 70m e 80m, principalmente na região do estirâncio médio e inferior. Essas variações são mais significativas nos períodos compreendidos entre setembro e janeiro (2004-2005). A variação média do volume nos perfis do ponto 06 foi de 9,74 m<sup>3</sup>/m, com acumulação de sedimentos registrada no pós-praia, entre 30m e 40m.

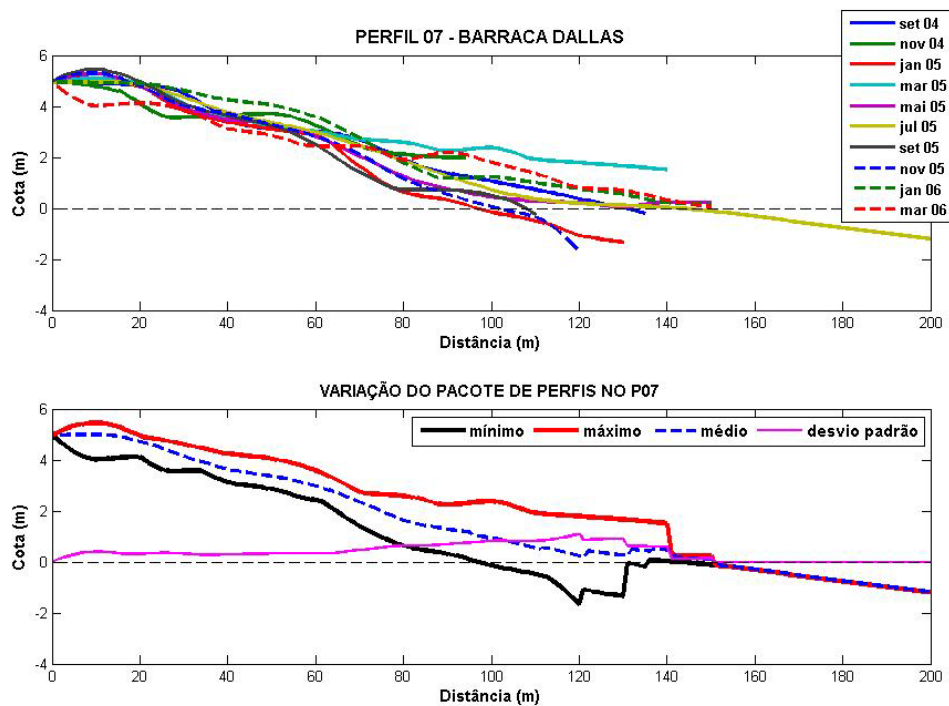


**Figura 42:** Perfis sazonais e variação do pacote de perfis no ponto 06.

No ponto 07 (fig. 43), a variação média do volume no pacote de perfis foi de 13,79 m<sup>3</sup>/m com maior variabilidade do pacote (fig. 44) de perfis também no estirâncio inferior (entre 120m e 135m). Os maiores episódios de progradação do perfil foram registrados nos meses de julho a novembro (2004-2005). Os períodos de maior erosão se estabelecem entre os meses de dezembro e janeiro (2004-2005).



**Figura 43:** Caracterização do estirâncio do ponto 07 (Barraca Dallas).



**Figura 44:** Perfis sazonais e variação do pacote de perfis no ponto 07.

Em relação ao estágio morfodinâmico, o setor 03 enquadrou-se no estágio ultra-dissipativo. Esse tipo de estado modal apresenta como características uma arrebatção deslizante (fig. 45) por todo o ciclo de maré (JAGO & HARDISTY, 1984). O termo ultra-dissipativo também foi usado por McLachlan *et al.* (1993) para caracterizar praias que apresentavam zonas de surfe com condições dissipativas, caracterizadas por múltiplas linhas de quebra e um perfil largo de baixo gradiente.

Neste estágio modal, pequenos bancos arenosos e fracas correntes de retorno estão presentes em uma zona de surfe bastante energética e com inclinações suaves. A importância do tipo de quebra na diferenciação dos regimes morfodinâmicos da zona de surfe está implícito no enquadramento delas em categorias refletivas e dissipativas (COWELL, 1980).



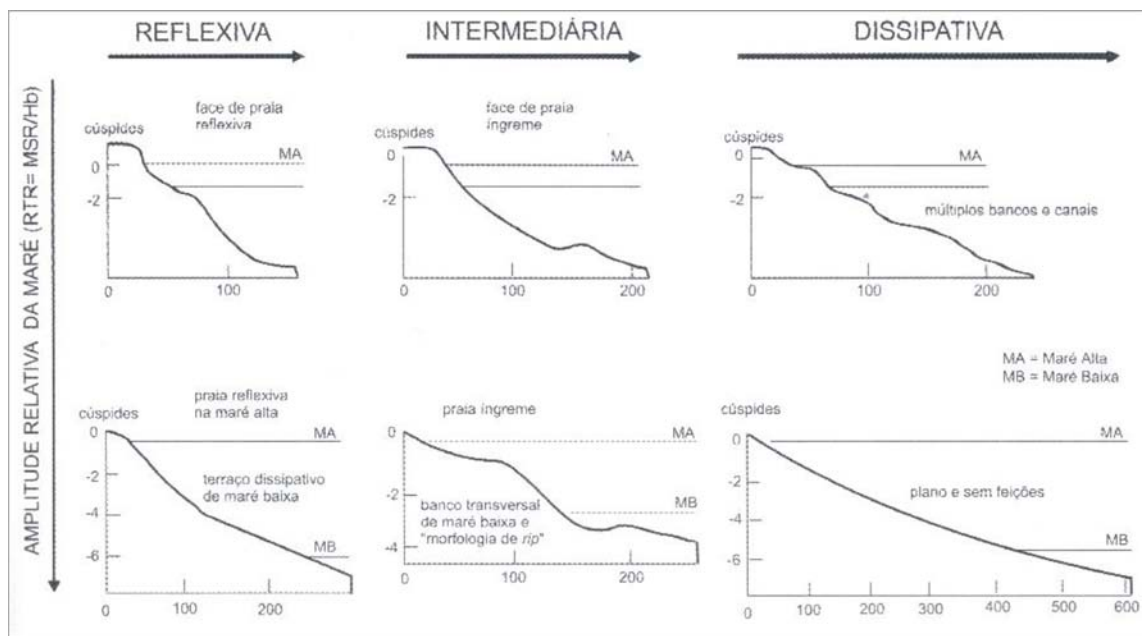
**Figura 45:** Zona de surfe de praias ultra-dissipativas (Ponto 07 – Barraca Dallas).

Wright *et al.* (1982) discutem que, uma arrebentação do tipo deslizante acompanhada de oscilações de infra-gravidade, e com presença de múltiplos bancos paralelos ao longo da costa, tem sido caracterizadas como feições bastante comuns em zonas de surfe dissipativas.

Mudanças no estágio morfodinâmico praial com o nível de maré, semelhante às condições da zona de surfe na parte superior do perfil podem ser morfodinamicamente diferentes desde aqueles ocorrendo na parte inferior. No setor 03, os processos de espraiamento e da zona de surfe controlam os processos morfodinâmicos da porção superior da zona de transição entre marés, resultando na formação de bancos de espraiamento na preamar da maré de sizígia. Na porção média e inferior os processos morfodinâmicos são governados por uma mistura de processos da zona de surfe e empolamento das ondas.

Altos valores de RTR indicam o domínio de marés e baixos valores expressam a dominância de ondas (fig. 46). Com o aumento do Parâmetro Relativo da Maré, praias refletivas passam a se comportar como um terraço de baixa-mar com correntes de retorno e, em alguns casos sem correntes de retorno; praias intermediárias com formação de bancos arenosos passam a assumir uma postura de praias com

morfologia de correntes de retorno/barras no nível de maré baixa; praias dissipativas com barras submersas produzidas por RTR baixo assumem uma postura de praias dissipativas sem barras; e praias dissipativas sem barras e correntes de retorno evoluem para praias ultra-dissipativas ( $RTR > 7$ ). Quando o  $RTR > 15$  a praia inicia uma transição para uma planície de maré. Praias ultra-dissipativas apresentam baixos gradientes topográficos e ocorrem quando  $RTR = 7-15$  e  $\Omega > 2$ .



**Figura 46:** Caracterização dos diferentes tipos de estágios morfodinâmicos em virtude das variações da maré.

Em praias ultra-dissipativas os processos na zona de espraiamento e zona de surfe controlam os processos morfodinâmicos da zona superior da zona de transição entre marés e podem resultar na formação de bancos arenosos na região do espraiamento, na preamar da maré de sizígia.

Calliari *et al.*, (2003) abordam que praias dissipativas apresentam maior estabilidade em relação as praias do tipo intermediárias. Em praias dissipativas os episódios de erosão seguidos por períodos de acumulação de sedimentos são comumente observados.

#### **4.5. Variação dos Parâmetros Morfométricos ao Longo da Costa:**

A mobilidade de uma praia pode ser medida em termos da mobilidade praial que é definida pelo desvio padrão da posição média da linha de costa (DOLAN *et al.*, 1978), e mobilidade do pós-praia aqui definido como coeficiente da variação da posição média da linha de costa. Baixos valores indicam baixa mobilidade e altos valores uma praia móvel e, portanto alta susceptibilidade para episódios erosivos/acrescivos.

Através de uma análise dos parâmetros morfométricos (tab. 3) e do pacote de perfis podemos observar que a praia do Futuro apresentou os maiores valores de largura média da praia no ponto 03. Em relação aos índices de mobilidade da praia, os maiores valores são observados entre os pontos 02 e 04 e no ponto 07. Os primeiros estão na interface entre sedimentos grossos e médios e o P07, na interface entre sedimentos médios e finos. No que diz respeito ao índice de mobilidade do pós-praia, os maiores valores foram registrados no ponto 07.

Os pontos situados nas proximidades das Barracas Tropicália e Saturnino foram classificados como intermediários em relação ao estágio morfodinâmico. No entanto, em períodos de preamar essas localidades se comportam de forma refletiva. O ponto 07 caracteriza-se como dissipativo em ambas as fases de maré. As diferenças nesse ponto se dão em relação a zona de transição da maré e na conformação das feições de fundo. Tal fato se confirma quando são analisados os índices de mobilidade da praia e pós-praia (CV) e as variações do pacote de perfis.

Os maiores índices de mobilidade ( $\sigma Y_b$ ) são registrados no ponto 03, caracterizado por uma granulometria predominantemente média e bimodal. Os resultados encontrados na praia do Futuro são semelhantes aos encontrados por Calliari & Klein (1993), Pereira (2005) e outros pesquisadores, em trabalhos realizados na costa do Rio Grande do Sul, onde destacam que praias intermediárias de sedimentos médios bimodais possuem maior índice de mobilidade.

Pereira (*op.cit.*) destaca que o índice de mobilidade da praia está associado a localidades que apresentam feições com bancos rítmicos. Praias de areia média são mais tridimensionais e apresentam altos valores de  $\sigma_{Yb}$  e índice de mobilidade do pós-praia (CV). No monitoramento realizado na praia do Futuro, o valor de CV para o ponto 03 está entre os maiores registrados ao longo da costa (75,87%). Oliveira (2005) discute que para praias de sedimentos finos os índices de mobilidade do pós-praia são elevados.

Em relação à variação no pacote de perfis, os pontos caracterizados por sedimentos mais grossos e polimodais foram os que apresentaram as maiores variações de volume: 14,13 m<sup>3</sup>/m para o ponto 01 e 12,76 m<sup>3</sup>/m para o ponto 02, respectivamente. A exceção foi o ponto 07 onde a variação do volume foi de 13,79 m<sup>3</sup>/m, muito próximo das localidades caracterizadas por sedimentos polimodais.

Muehe & Vallentini (1998) consideram como instáveis às praias que apresentam desvio padrão de sua largura igual ou acima de 10m. Outros autores correlacionam está maior ou menor estabilidade de um determinado perfil transversal ao estado morfodinâmico da praia. Praias refletivas e dissipativas indicam uma maior estabilidade, enquanto que as praias intermediárias apresentam instabilidade elevada (LINS de BARROS, 2005).

Bryant (1982) discute as relações entre o tamanho do sedimento e a mobilidade praial onde, praias dissipativas que são tipicamente arenosas exibem rápidas variações texturais e de transporte em contrapartida, praias refletivas, compostas de sedimentos mais grosseiros, o transporte é mais limitado. Praias de baixa declividade são caracterizadas por extensas zonas de surfe em contrapartida praias inclinadas raramente possuem zona de surfe e predominantemente refletem a energia das ondas.

**Tabela 3:** Caracterização dos parâmetros morfométricos de amostragens sazonais.

	Ponto 01	Ponto 02	Ponto 03	Ponto 04	Ponto 05	Ponto 06	Ponto 07
<b>N</b>	10	10	10	10	10	10	10
<b>Hb (m)</b>	0,93	0,81	0,82	0,86	0,73	0,83	0,69
<b>T (s)</b>	7,21	6,68	6,46	6,92	6,95	6,73	8,04
<b>D</b>	4,29	3,58	3,21	2,28	1,74	1,72	1,1
<b>Mz (phi)</b>	0,7907	1,067	1,330	1,276	1,446	1,271	1,341
<b>Yb (m)</b>	28,88	36,66	45,66	33	25,33	21,33	21,44
<b><math>\sigma</math>Yb (m)</b>	17,52	27,27	34,65	23,65	17,26	13,43	17,05
<b>CV (%)</b>	60,66	74,37	75,87	71,69	68,14	62,97	79,51
<b>Vv (m<sup>3</sup>/m)</b>	14,13	12,76	10,07	9,07	10,2	9,74	13,79

N = número de levantamentos; Hb = altura da arrebentação; T = período das ondas; D = declividade; Mz = diâmetro médio em phi; Yb = largura média da praia;  $\sigma$ Yb = índice de mobilidade da praia; CV = índice de mobilidade do pós praia; Vv = variação do volume acima do datum.



## **CAPITULO 05**

---

### **5. CARACTERIZAÇÃO DA MORFODINÂMICA E HIDRODINÂMICA DE ALTA FREQUÊNCIA:**

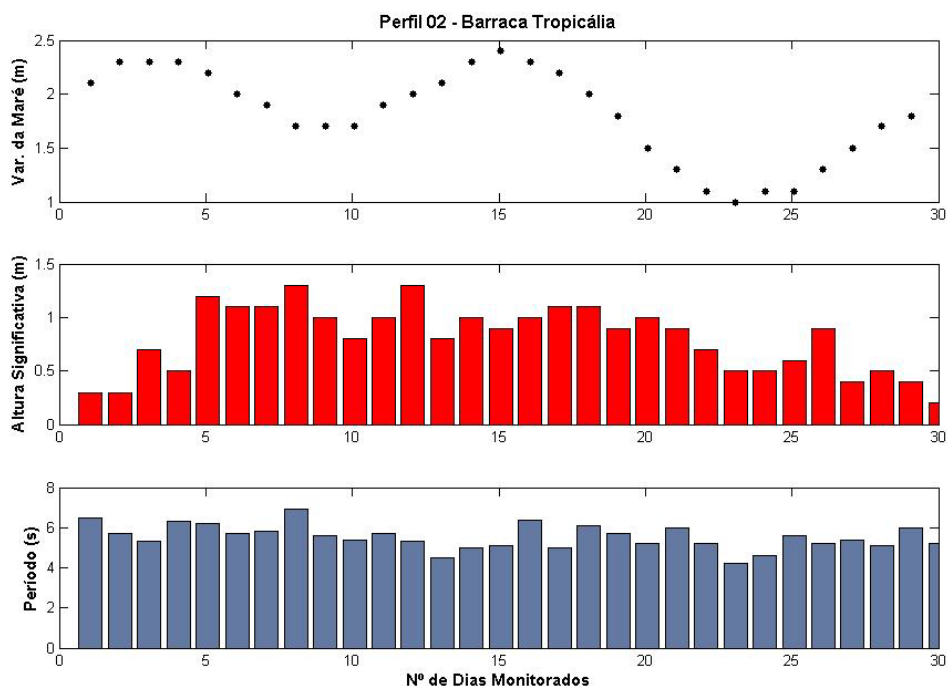
Monitoramentos de alta frequência têm o intuito de caracterizar as variações ocorridas no ambiente praial e a mobilidade de bancos arenosos próximos à costa. Para um melhor entendimento dos processos ocorridos nos ambientes costeiros, além do levantamento de informações sobre a configuração da morfodinâmica, um conhecimento prévio do comportamento dos bancos arenosos é importante tendo em vista que essas feições têm efeito significativo sobre a costa no que diz respeito à evolução do perfil praial. Dadas as características dinâmicas e morfológicas altamente variáveis exibidas pelos bancos arenosos, sua formação tem sido objeto de muitos estudos (CALLIARI *et al.*, 2003).

O entendimento dos processos físicos relacionado à interação entre o sistema de bancos e a zona de surfe é de grande importância para o manejo de áreas costeiras. Para caracterização da morfodinâmica de alta frequência na praia do Futuro perfis topográficos foram realizados durante 30 dias, em três pontos ao longo da costa. As coletas foram realizadas no ponto 02 (Barraca Tropicália), ponto 05 (Barraca Saturnino) e ponto 07 (Barraca Dallas) onde, o critério de escolha desses pontos foi às diferenças apresentadas na textura dos sedimentos de cada uma dessas localidades ao longo da costa.

#### **5.1. Aspectos Morfodinâmicos e Hidrodinâmicos do Ponto 02:**

O perfil 02 (Barraca Tropicália) está inserido no setor 01 sendo caracterizado pela presença de sedimentos polimodais. Os valores correspondentes a altura significativa de ondas ( $H_s$ ), no período do monitoramento, oscilaram entre 0,2m e 1,5m, com os maiores picos registrados entre o 5º e o 8º dia de monitoramento

e no 12º dia. O período significativo das ondas ( $T_s$ ) apresentou valores oscilando entre 4,2s e 7,1s (fig. 47).



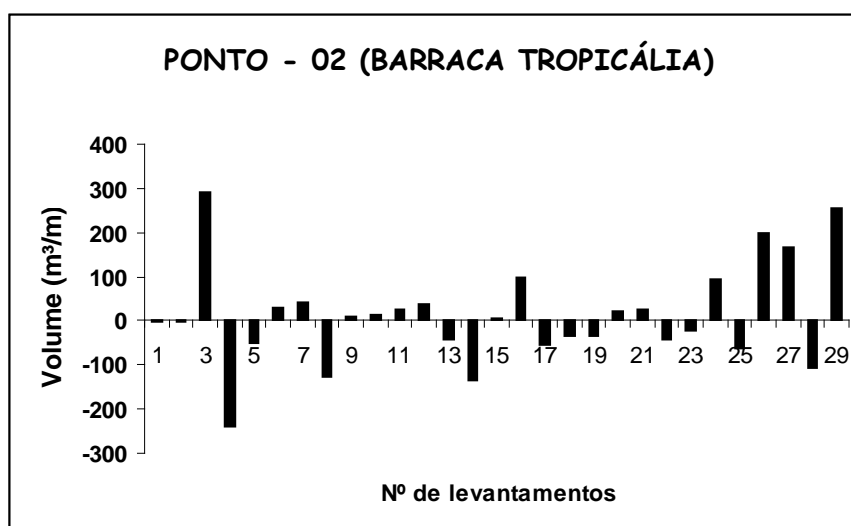
**Figura 47:** Variação dos valores de altura significativa e período de ondas no ponto 02.

Em 98% dos levantamentos, bancos arenosos subaéreos foram identificados. Além da presença dos bancos, fracas correntes de retorno foram identificadas transversais à costa, principalmente nos períodos de transição da preamar para a baixa-mar. Em relação ao estágio morfodinâmico, a localidade foi classificada como um terraço de baixa-mar, com RTR variando entre 3,6 e 8,66. Praias enquadradas nesse estágio modal apresentam sedimentos de granulometria variando de média a grossa, principalmente na porção inferior da zona de espreamento e porção inicial da zona de surfe.

A explicação para o surgimento de sedimentos de granulometria grossa pode ser atribuída à presença de arenitos de praia nas adjacências desse ponto. Os arenitos estão sujeitos a processos erosivos provocados pela ação das ondas ou

devido aos processos de intemperismo físico e químico. O material erodido é disponibilizado na zona de surfe e está sujeito aos processos de transporte pelas correntes costeiras. Outra possível fonte de sedimentos grossos pode estar associada ao material que é lançado pela foz do Rio Cocó, principalmente no período chuvoso onde são registradas as maiores vazões. No entanto, dados mais precisos são necessários para poder se cogitar essa segunda hipótese.

Em relação às variações volumétricas no pacote de perfis (fig. 48), o ponto 02 apresentou uma variação média do volume de 11,72 m<sup>3</sup>/m com variações mais significativas entre a berma e o estirâncio médio. Durante o estudo os maiores picos ocorreram entre o 3º e 4º dia, e entre os 26º e 30º dia de monitoramento.



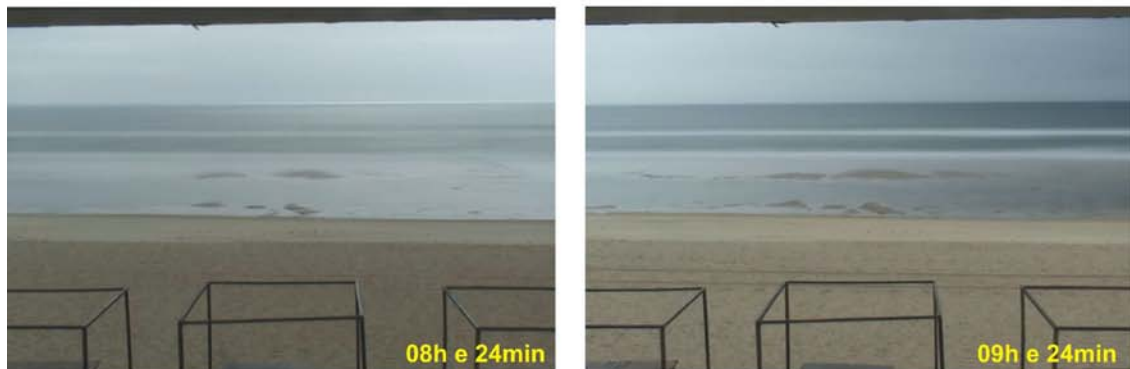
**Figura 48:** Variação do volume no pacote de perfis no ponto 02.

Bancos arenosos caracterizam-se por depósitos de sedimentos inconsolidados dentro da zona de arrebentação, formados e moldados sobre o fundo pela ação das ondas e das correntes costeiras (BASCUM, 1964). Mudanças na altura e posição dessas feições são o primeiro indicio da variabilidade do perfil praiado (HOLMAN & SALLENGER, 1993).

Através de dados de monitoramento por vídeo-imagens, obtidos entre a transição da baixa-mar para a preamar, pode-se confirmar a presença de dois bancos

arenosos: um mais próximo à costa, formado na região de transição entre marés e emerso na baixa-mar; e outro mais distante da costa e sempre imerso (fig. 49).

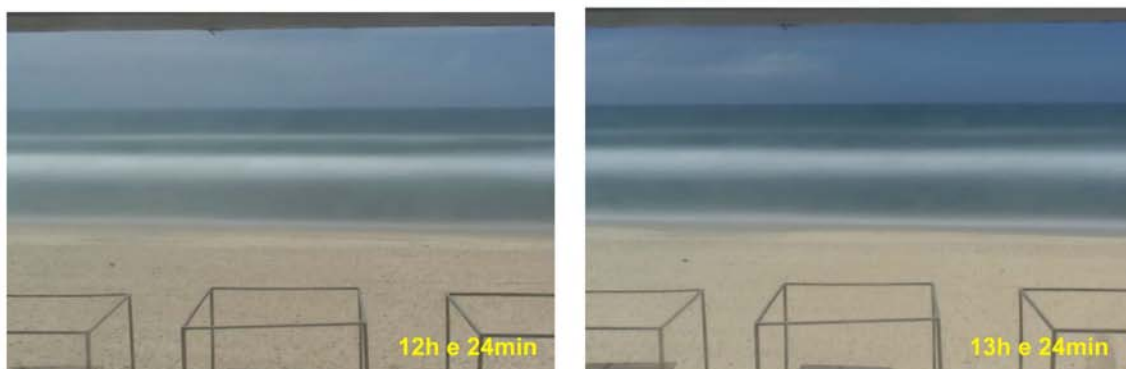
### PERÍODO DE BAIXA-MAR



### ESTÁGIO INTERMEDIÁRIO ENTRE BAIXA-MAR E A PREAMAR



### PERÍODO DE PREAMAR

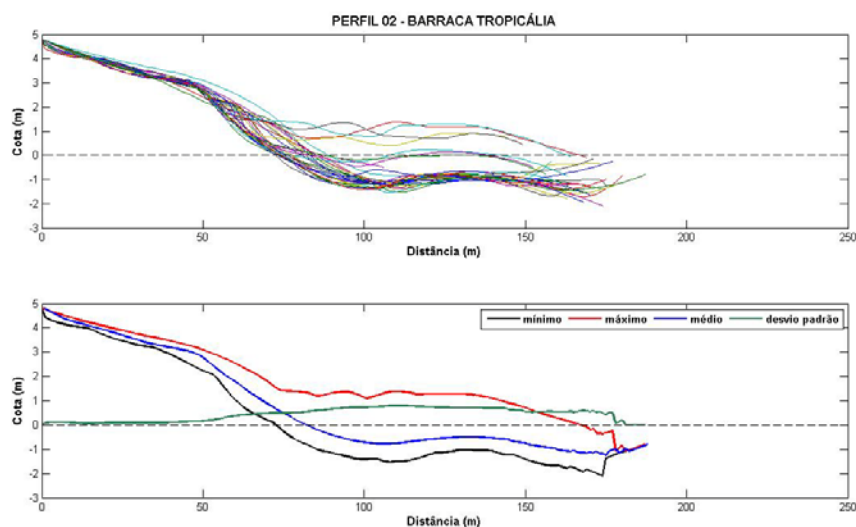


**Figura 49:** Imagens *Timex* caracterizando a evolução das feições da zona de espraiamento e de surfe nos períodos de transição entre a baixa-mar e a preamar.

Na baixa-mar, o banco mais afastado da costa está sujeito a uma maior exposição no que diz respeito aos processos relacionados à zona de surfe. Na baixa-mar, o banco mais interno limita-se apenas a ação dos processos de espraçamento onde passa então a assumir o caráter de um terraço de baixa-mar, e sofrendo pequenas influências dos processos atribuídos a zona de surfe. Os processos da zona de surfe passam a se tornar mais atuantes à medida que a maré vai avançando.

Na preamar, à medida que a maré avança, o primeiro banco passa a experimentar os efeitos relacionados a combinação dos processos da zona de surfe e do espraçamento, passando a se tornar mais extenso. O alto *runup* faz com que o segundo banco sinta menos os efeitos provocados pelas correntes de fundo e, dessa forma, ele passa a assumir uma menor mobilidade. Woodroffe (2003) comenta que bancos arenosos mais externos migram mais lentamente sobre amplitude de maré elevada.

Em relação à variabilidade do pacote de perfis, no ponto 02 (fig. 50), as maiores variações são registradas entre 80m e 137m. O perfil experimenta variações verticais no pacote de até 2,8m onde os maiores valores de desvio padrão são registrados entre 100m e 170m, onde o perfil está sujeito às variações horizontais da maré.



**Figura 50:** Variação do pacote de perfis no ponto 02.

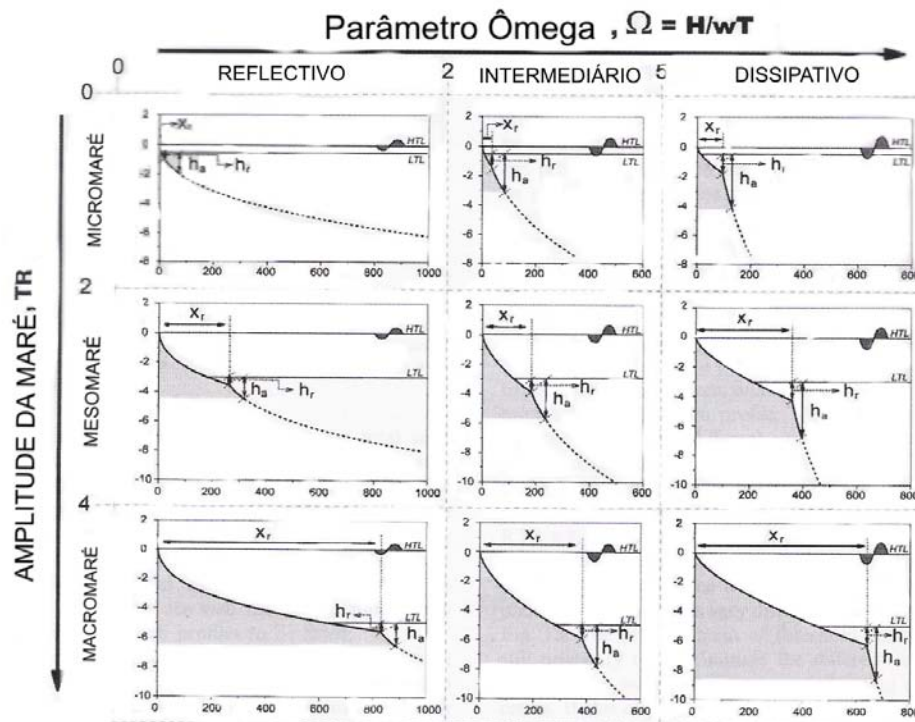
King (1972) explica que processos de espraiamento podem ser muito importantes sobre o terraço de baixa-mar, resultando na formação de bancos arenosos de grande extensão na maré baixa, localizados na zona de espraiamento. O estirâncio inferior é governado por uma mistura de processos ocorridos na zona de surfe e pelo empolamento das ondas, podendo ser caracterizados por morfologia de bancos/correntes de menor gradiente.

Os modelos atuais de evolução praial são baseados no conceito de equilíbrio dos perfis de praia enquanto que modelos morfodinâmicos anteriores (WRIGHT & SHORT, 1984; MASSELINK & SHORT, 1993) usam dados empíricos para descrever estágios morfodinâmicos (BERNABEU *et al.*, 2003).

Outras classificações morfodinâmicas como as de Carter (1988) e Short (1991) indiretamente fazem menção para a maré, mas elas não discutem o efeito da maré sobre a morfodinâmica praial. Vários estudos indicam que uma subida e descida da maré, uma progressão regular de deposição e eventos erosivos ocorrem transversais à zona de espraiamento.

Estudos realizados por Bernabeu (1999), em praias influenciadas pela ação das ondas e marés, demonstram que na profundidade da zona de empolamento das ondas (*ha*), descrita também por Hallemeier (1981), apresenta mudanças anuais muito pequenas no perfil praial. O parâmetro "*ha*" (profundidade da zona de empolamento das ondas) diminui à medida que o estado praial passa de dissipativo para refletivo (fig. 51). Bernabeu (*op. cit.*) discute que na transição do estado modal, as ondas podem retrabalhar a parte superior do perfil, acima da profundidade "*ha*" em cada estado de maré.

Modelos de perfis morfológicos da zona de surfe incluem o efeito da maré sobre a morfologia tomando por base o modelo proposto por Masselink & Hegge (1995) onde considera que a quebra das ondas controla completamente a zona entre marés. O perfil da zona de surfe é expandido do nível de maré enchente até o ponto de quebra durante a maré vazante.



**Figura 51:** Comportamento do banco mais externo à costa em ambientes sujeitos a diferentes amplitudes de maré. Adaptado de Masselink & Hegge (1995).

Os estudos de Masselink (1993) confirmam a importância do aumento da amplitude da maré e dos processos mais energéticos na zona de surfe e espreadimento, na caracterização do perfil da zona de surfe. Masselink & Short (1993) destacam ainda que o nível de energia de cada um desses processos é independente.

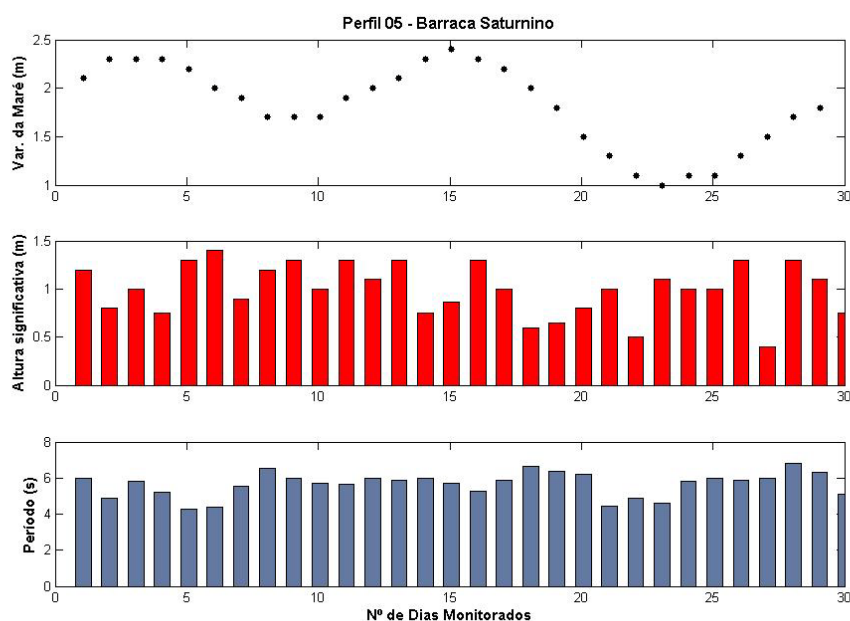
As imagens de longa exposição (*Timex*) mostram a formação de um banco arenoso mais externo à zona de surfe, nas imediações do ponto 02. Masselink & Hegge (*op. cit.*) previam em seu modelo empírico para praias de meso-maré, a formação de um banco externo a zona de surfe.

Estudos realizados por Davis (1973) discutem a formação de dois tipos de formação de bancos associados à ação das ondas: bancos de espreadimento e bancos associados ao ponto de quebra das ondas. Os primeiros são formados em condições de ondulações bem definidas e de baixa esbeltez, onde há movimento de sedimento em direção à costa que pode eventualmente se soldar à parte emersa da praia, formando bermas. O segundo tipo está associado a ondas de tempestade, com alta

esbeltez, e encontra-se sempre abaixo do nível da água. Desta forma, há um intercâmbio de sedimentos entre a parte emersa e imersa da praia. A morfologia dos bancos é indicativa de padrões de movimento e variabilidade das formas de fundo ao longo da costa.

## 5.2. Aspectos Morfodinâmicos e Hidrodinâmicos do Ponto 05:

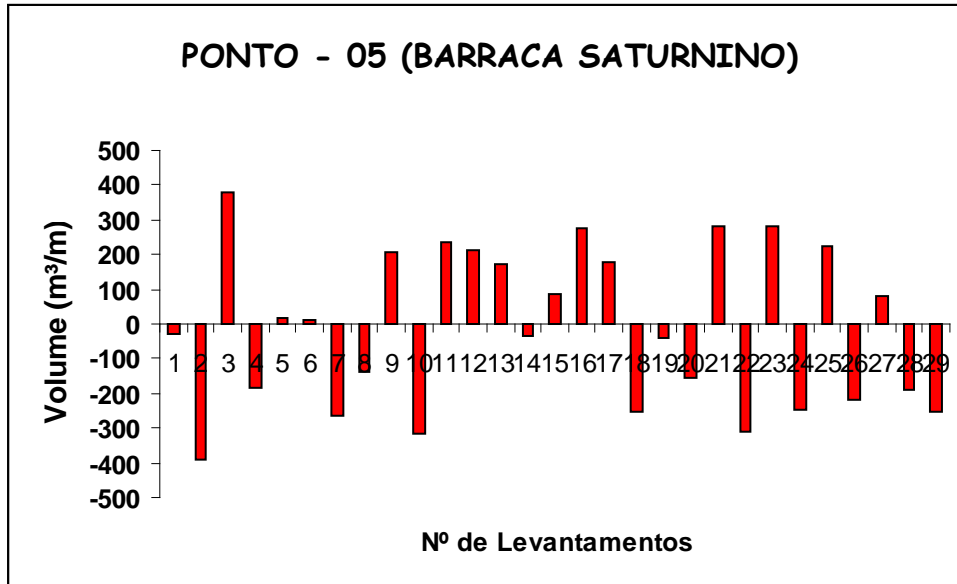
O segundo ponto (Barraca Saturnino) foi caracterizado como o de maior variabilidade, principalmente entre as porções, média e inferior, do perfil. A localidade é caracterizada por sedimentos médios na região do estirâncio inferior e na zona de surfe. Os valores correspondentes a altura significativa de ondas ( $H_s$ ) oscilaram entre 0,3m e 1,4m, com os maiores picos registrados entre o 5º e o 10º dia de monitoramento e os valores do período significativo ( $T_s$ ) oscilaram entre 4,23s e 7,12s (fig. 52). A localidade é caracterizada pela presença de correntes de retorno bem formadas, principalmente na transição da preamar para a baixa-mar, com orientação transversal à costa.



**Figura 52:** Caracterização do período e altura de ondas no perfil 05 durante 30 dias.

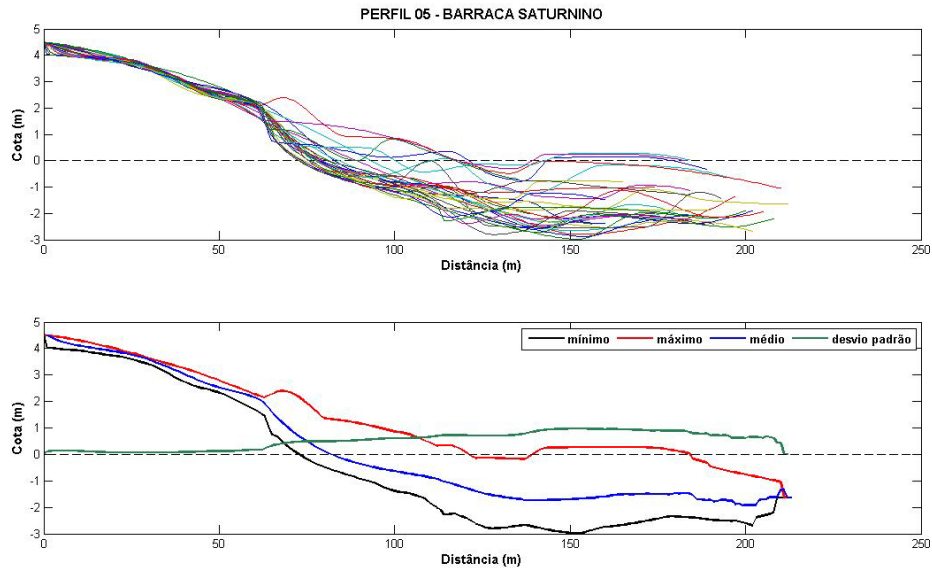


A localidade foi enquadrada no estágio morfodinâmico banco/corrente de baixa-mar com variações de RTR entre 3,06 e 5,25, e assumindo para o ponto (a) valores iguais a dois. A variação média de volume no pacote de perfis foi 13,11 m<sup>3</sup>/m, com picos máximos de variação registrados entre o 2º e o 3º dia e do 21º ao 30º dia de monitoramento (fig. 53).



**Figura 53:** Variação do volume no pacote de perfis no ponto 05.

As maiores variações no pacote de perfis são identificadas entre 67m e 74m e 135m e 170m, respectivamente (fig. 54). A primeira porção do pacote de perfis é caracterizada pela formação de escarpas, principalmente em função das variações de maré que escarpam a face de praia. A segunda porção é caracterizada por variações registradas na interface entre o estirâncio médio e zona de surfe, onde as principais variações são caracterizadas pela movimentação dos bancos arenosos. Por ser caracterizado por um local de composição de sedimentos médios, a localidade apresenta uma forte migração dos bancos arenosos subaquosos.

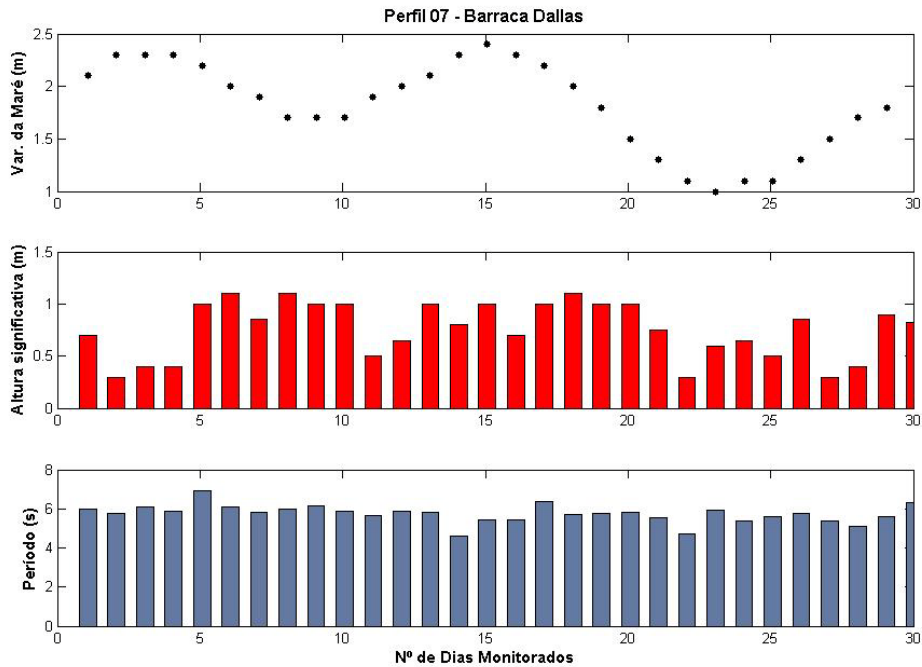


**Figura 54:** Variação do pacote de perfis no ponto 05.

Calliari *et al.* (2003) discutem que em geral, os bancos proximais possuem uma maior locomoção sendo mais instáveis do que os bancos distais, pois estes requerem níveis de energia mais elevados para serem mobilizados. A quantidade de bancos é função da declividade da praia, que por sua vez esta associada com regime energético das ondas e granulometria média do sedimento (SHORT & AAGAARD, 1993).

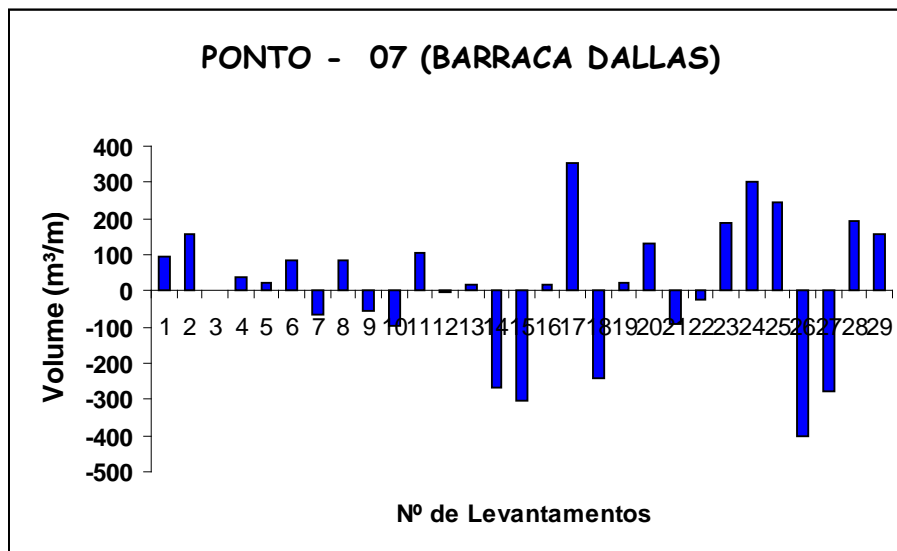
### 5.3. Aspectos Morfodinâmicos e Hidrodinâmicos do Ponto 07:

O terceiro ponto (Barraca Dallas) é caracterizado pela predominância de sedimentos finos bem selecionados, em todas as regiões do perfil. Os valores correspondentes a altura significativa das ondas ( $H_s$ ) variaram entre 0,3m e 1,1m, com os maiores picos registrados entre o 5º e o 10º dia de monitoramento. Os valores de período de pico ( $T_s$ ) oscilaram entre 4,6s e 6,3s (fig. 55).



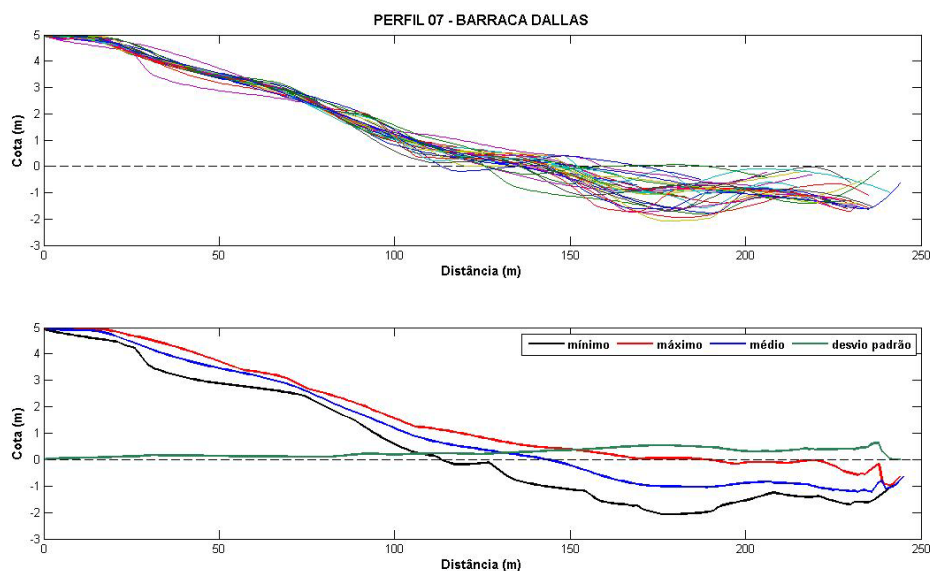
**Figura 55:** Caracterização do período e altura de ondas no perfil 05 durante 30 dias.

O ponto 07 foi enquadrado no estágio morfodinâmico ultra-dissipativo com variações de RTR entre 6,7 e 9,0, e assumindo para ômega ( $\Omega$ ) valores iguais a cinco. A variação média de volume no pacote de perfis foi 12,77 m<sup>3</sup>/m onde os picos máximos de variação foram registrados entre o 2º e o 3º dia e entre o 21º e 30º dia de monitoramento (fig. 56).



**Figura 56:** Variação do volume no pacote de perfis no ponto 05.

O ponto 07 apresentou as menores variações no pacote de perfis. As maiores variações são registradas entre 155m e 190m, com baixos valores de desvio padrão registrados ao longo do perfil. Variações no pacote de perfis também são registradas entre 35m e 52m em consequência da deposição de sedimentos finos, em virtude do intenso transporte eólico no pós-praia (fig. 57).



**Figura 57:** Variação do pacote de perfis no ponto 07.

#### **5.4. Caracterização dos Padrões de Migração dos Bancos Arenosos:**

Estudos de migração de bancos próximos à costa, realizados por Gallagher *et al.* (1998) na praia de Duck – EUA discutem que, a migração dos bancos em direção à praia ocorre em situação de ondas pequenas.

As causas dos processos de migração de bancos ainda não são bem conhecidas (HOEFEL & ELGAR, 2003), no entanto, os mesmos são reservas significativas de areia, que protegem a praia da ação de ondas de tempestade (LIPPMANN & HOLMAN, 1990); além de serem fundamentais no entendimento prévio dos mecanismos de transporte de sedimentos perpendicular à costa. A posição e

variabilidade dessas feições de larga escala desempenham um importante papel na estabilidade praial, tanto em curto quanto em longo prazo.

No Brasil, trabalhos relacionados a levantamentos de perfis diários foram realizados por Pereira & Calliari (2005) na praia do Cassino, Rio Grande do Sul, onde foram encontrados padrões de migração da ordem de 0,2m/dia, no banco mais próximo à costa. Vale ressaltar que a região sul é submetida a um regime de micro maré e está sujeita a influência de marés meteorológicas.

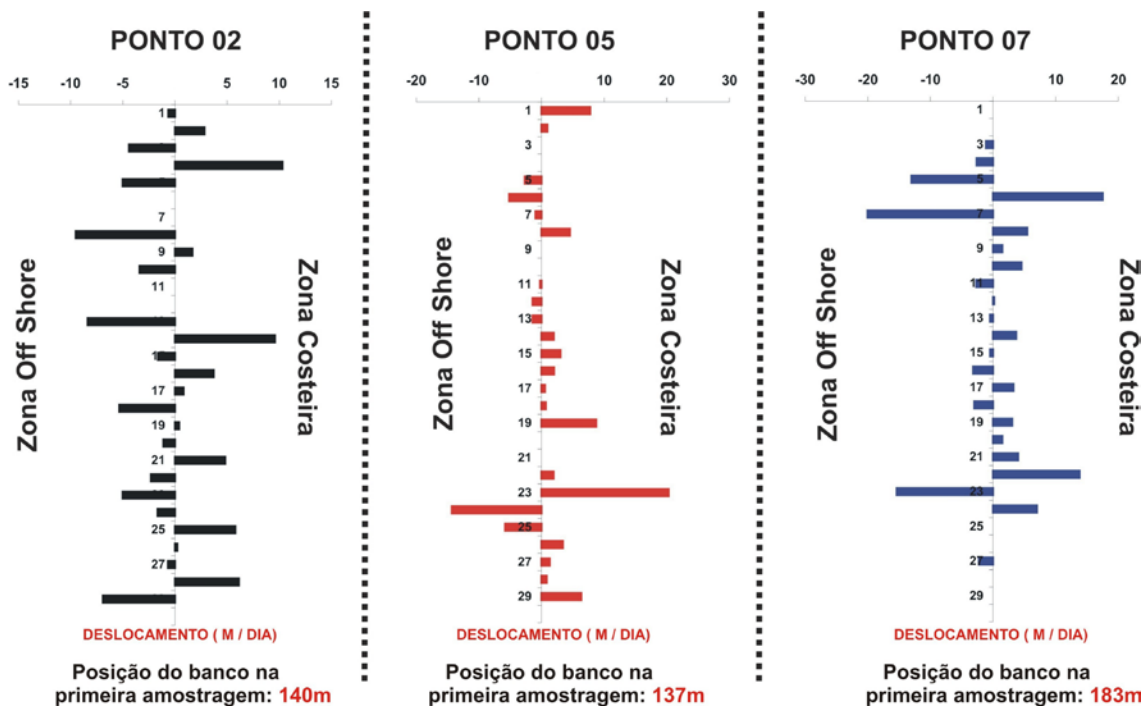
Em relação à praia do Futuro, o padrão de migração dos bancos (fig. 58), levando em consideração os resultados dos três pontos coletados, foi de 4,64 m/dia, ou seja, é 2320% maior em comparação ao valor encontrado por Pereira & Calliari (*op. cit.*). No ponto 02, o banco mais próximo à costa está a 117m do marco e, o banco mais distante, se formou a 149m. Considerando todo o período monitorado, os bancos arenosos apresentaram um padrão de migração médio em torno de 4,08m/dia, com os maiores picos de migração ocorrendo entre o 15º e o 30º dia monitorado. O banco mais interno é formado geralmente na região compreendida entre o estirâncio inferior e o início da zona de surfe.

Considerando os dados coletados, para valores elevados de altura significativa das ondas, os bancos passaram a migrar em direção ao mar e para valores baixos, os bancos migravam em direção a costa. Em relação ao período, o comportamento observado foi inverso onde, para períodos longos os bancos migravam em direção a praia e para períodos de onda curto os bancos migravam em direção ao oceano. Períodos de onda mais curtos mantêm os sedimentos mais tempo em suspensão ao passo que, os processos de arrebentação são mais freqüentes. Estudos realizados por Short (1999) mencionam que a formação dos bancos pode estar associada à variação da altura de onda e que, dentre os bancos arenosos de um sistema praial, o banco interno é o banco de maior mobilidade.

No ponto 05, o banco mais próximo à costa se formou a 99m do marco e, o banco mais distante a 193m. Considerando todo o período monitorado, os bancos

arenosos apresentaram um padrão de migração médio em torno de 4,17m/dia, com os maiores picos de migração ocorrendo no 15º dia e entre o 19º e o 20º dia de monitoramento. A localidade é caracterizada pela formação de bancos arenosos bem definidos e canais com profundidade variando entre média a elevada.

No ponto 07, o banco mais próximo à costa se formou a 154m do marco e, o banco mais distante a 244m. Considerando todo o período monitorado, os bancos arenosos apresentaram um padrão de migração médio em torno de 5,67m/dia, com os maiores picos de migração ocorrendo nos cinco primeiros dias e entre o 18º e o 20º dia de monitorado.



**Figura 58:** Migração dos bancos arenosos a partir da posição do primeiro banco.

Estudos conduzidos por Inman & Filloux (1960) tem demonstrado que a combinação, na parte da tarde, entre brisas marinhas e marés de enchente de sizígia, podem produzir ciclos de alta energia. A ocorrência de brisas marinhas pode alterar uma série de parâmetros oceanográficos da zona de surfe como a altura de onda, período, direção e tipo de ondas; além da velocidade e da direção das correntes, bem

como a largura da zona de arrebentação, e por consequência, toda a morfodinâmica praias, podendo inclusive modificar o estágio morfodinâmico da praia, assemelhando-se às vezes aos efeitos causados por uma tempestade de nível médio (MASSELINK & PATTIARATCHI, 1998).

No caso da praia do Futuro observou-se que os maiores picos de migração foram registrados entre 06h e 08h e entre 11h e 15h, em todos os pontos de coleta. Nesses intervalos de tempo, as alturas significativas oscilavam entre 0,3m e 0,8m. Os picos de baixa ou nenhuma migração ocorriam justamente no fim da tarde, período no qual a zona de surfe apresentava um padrão mais turbulento em função da ocorrência das brisas marinhas.

Em relação a migrações para a zona costeira ou em direção ao mar, Thornton *et al.* (1996) e Gallagher *et al.* (1998) tem considerado que a migração de bancos em direção ao mar é observada quando ondas incidentes são mais energéticas, e dirigida por correntes médias fortes em direção ao mar, que são máximos próximos a crista do banco. No caso da praia do Futuro, esse padrão é mais bem observado nos pontos 05 e 07. O P05 é caracterizado por correntes de retorno e o ponto 07 por circulação do tipo *undertow*.

Em contrapartida, Hsu *et al.* (2006) tem considerado que a migração de bancos em direção à costa, observada quando a energia de ondas incidentes é moderada e as correntes são relativamente fracas. Para a praia do Futuro, esse comportamento é descrito para o ponto 02. O local é caracterizado por apresentar correntes de fraca intensidade na zona de surfe.

Os três perfis aqui estudados assumem estágios morfodinâmicos distintos nos períodos de maré vazante e enchente. Na preamar os perfis 02 e 05 assumem um caráter refletivo enquanto que o perfil 07 mantém um caráter dissipativo (fig. 59). Na baixa-mar, os dois primeiros perfis apresentam um caráter intermediário enquanto que o perfil 07 continua a assumir um estado modal dissipativo. Essas mudanças de tempo que o espraçamento, zona de surfe e processos de empolamento atuam sobre o perfil

praias possuem relativa importância tendo em vista que, decrescendo a razão do sedimento transportado e diminuindo lentamente as mudanças morfológicas.



**Figura 59:** Perfil representativo e caracterização dos diferentes estágios morfodinâmicos encontrados nos ciclos de preamar e baixa-mar.

Em relação ao processo de formação dos bancos arenosos, para praias com características dissipativas, Dally & Dean (1984), Sallenger & Howd (1989) tem sugerido que a formação de bancos e o processo de migração dos mesmos são causados pela circulação *undertow* em direção ao mar. No entanto, esse tipo de circulação ainda não é bem entendida mesmo em praias planas onde a transformação da onda é bem parametrizada (e.g., STIVE & WIND, 1986; SVENDESEN & BUHN HANSEN, 1988; MASSELINK & BLACK, 1995).

Wright & Short (1984) discutem que praias dissipativas possuem uma circulação *undertow* forte. Na costa Cearense, o ponto 07 é a localidade que assume



as características mais dissipativas onde, a taxa de migração média dos bancos é da ordem de 5,67 m/dia, as maiores registradas se comparado aos três pontos amostrados.

Nordstrom (1977) examinando as variações diárias e sazonais dos sedimentos da zona de espraiamento sobre uma serie de praias com parâmetros físicos variando concluiu que, diferenças nas características do tamanho do grão entre locais que apresentam pouca variação nos parâmetros físicos são semelhantes às características dos sedimentos submetidos aos processos de espraiamento.

A ação constante das ondas deixa o sedimento mover-se nas zonas de surfe e espraiamento sendo que os processos de espraiamento e quebra da onda são mais energéticos que o empolamento e, são mais importantes no geral, embora eles atuem para um curto período de tempo sobre o perfil (BERNABEU *et al.*, 2002).

Através das taxas de migração dos bancos na zona de arrebentação e formação da berma, dentre outras modificações registradas no perfil, é possível estabelecer qual freqüência de monitoramento deve ser estabelecida.

### **5.5. Caracterização do Índice de Mobilidade Praial Durante Levantamentos de Alta Freqüência:**

Através de uma análise dos parâmetros morfométricos (tab. 4) e do pacote de perfis podemos observar que as maiores variabilidades registradas na praia do Futuro são apresentadas no perfil 02 e 05. O ponto 05 apresentou a maior variação volumétrica com 13,11 m<sup>3</sup>/m seguido do ponto 07 (12,77 m<sup>3</sup>/m) e do ponto 02 (11,72 m<sup>3</sup>/m). Lins de Barros (2005) discute que quanto maior o estoque de sedimentos maior será a capacidade da praia se recuperar após um evento de forte erosão.

O perfil 07 apresentou os maiores valores para o índice de mobilidade da praia (19,79m) e o índice de mobilidade do pós-praia (10,45%). O coeficiente de variação do

pós-praia (CV) é obtido pela divisão do desvio padrão do posicionamento da linha de praia pela sua média e indica o grau de mobilidade de uma determinada praia.

A variabilidade ao longo dos três perfis estudados é visível sendo que, os pontos situados nas proximidades das Barracas Tropicália (P02) e Saturnino (P05) foram classificados como intermediários em relação ao estágio morfodinâmico; na preamar esses locais assumem um comportamento refletivo. O ponto 07 caracteriza-se como dissipativo em ambas as fases de maré e as feições de fundo são menos proeminentes. Tal fato se confirma quando os índices de mobilidade da praia e pós-praia (CV) são confrontados com as variações do pacote de perfis.

Segundo Short & Hesp (1982), o índice de mobilidade da praia e o índice de mobilidade do pós-praia são excelentes parâmetros para caracterizar a mobilidade praial. Altos valores caracterizam uma praia móvel, suscetível a episódios de erosão e acreção (CALLIARI & KLEIN, 1993). Durante o monitoramento sazonal, a praia do Futuro apresentou padrões para o índice de mobilidade semelhante aos discutidos por Calliari & Klein (*op. cit.*), em praias de areia média.

Nos monitoramentos de alta frequência observou-se que o índice de mobilidade ( $\sigma Y_b$ ) da praia foi maior no ponto 07, localizado no setor onde predominam sedimentos unimodais. Os valores de  $\sigma Y_b$  para o ponto 02 e 05, respectivamente foram muito próximos (10,61m e 10,79m). Em teoria, esse resultado mostra-se contraditório se comparado aos resultados encontrados por Calliari & Klein (1993) e Pereira (2005), em praias de sedimentos médios bimodais do RS, onde esses autores atribuem os maiores valores para o índice de mobilidade as praias de sedimentos de granulometria média.

Durante os monitoramentos de alta frequência, a praia do Futuro apresentava uma situação atípica onde, sedimentos unimodais com um mistura de sedimentos médios e finos foram detectados. Tal fato, associado às variações de maré podem ter influenciado no estabelecimento dessas condições de alta mobilidade da praia. Para os valores do índice de mobilidade do pós-praia (CV), o ponto 07 apresentou os

maiores percentuais (10,45%), concordando com os resultados encontrados no monitoramento sazonal e com os resultados encontrados por outros pesquisadores, que discutem que praias de sedimentos finos unimodais possuem valores altos para CV.

**Tabela 4:** Caracterização dos parâmetros morfométricos.

	<b>Ponto 02 (Barraca Tropicália)</b>	<b>Ponto 05 (Barraca Saturnino)</b>	<b>Ponto 07 (Barraca Dallas)</b>
<b>N</b>	30	30	30
<b>Hb (m)</b>	0,8	1,1	0,86
<b>T (s)</b>	5,53	5,57	5,7
<b>D</b>	4,8	3,2	1,8
<b>Mz (phi)</b>	0,33	0,87	2,62
<b>Yb (m)</b>	138,9	163,64	189,25
<b><math>\sigma</math>Yb (m)</b>	10,61	10,79	19,79
<b>CV (%)</b>	7,63	6,59	10,45
<b>Vv (m<sup>3</sup>/m)</b>	11,72	13,11	12,77

N = número de levantamentos; Hb = altura da arrebentação; T = período das ondas; D = declividade; Mz = diâmetro médio em phi; Yb = largura média da praia;  $\sigma$ Yb = índice de mobilidade da praia; CV = índice de mobilidade do pós praia; Vv = variação do volume acima do datum.

Calliari (1994) discute que alguns trabalhos têm considerado que, a variabilidade temporal tem-se concentrado sobre a face de praia para avaliar as mudanças texturais associadas com o ciclo de maré. O perfil 02 é caracterizado por uma inclinação na parte superior do perfil com uma pendente suave na porção inferior. Os sedimentos apresentam uma descontinuidade textural existente nas porções superior e inferior do perfil, que coincidem com uma quebra distinta na inclinação e muitas vezes, o início da linha d'água na baixa-mar é localizado nesta posição, saturando o terraço de baixa-mar. O transporte de sedimentos sobre a superfície do estirâncio, em ambientes caracterizados por terraço de baixa-mar, é predominantemente

controlado pelas ondas com somente um transporte secundário pelas correntes (NIEDORODA *et al.*, 1984).

Na preamar, o P02 assume as características de um estágio refletivo onde as ondas quebram de forma mergulhante sobre a face de praia, enquanto a zona de surfe na maré baixa é dissipativa com varias linhas de quebras mergulhantes e deslizantes, transversais ao terraço de baixa-mar. No P05, os bancos arenosos exibem uma larga variabilidade temporal na morfologia praial sobre o ciclo de maré lunar. Eles são alinhados mais ou menos paralelos em direção à costa e podem ser cortadas por canais de correntes em intervalos irregulares. Bancos na região de transição da maré são morfologias elevadas situadas entre o nível médio alto e baixo da maré de sizígia. Na preamar a morfologia dos bancos sofre uma menor influência do empolamento das ondas e a zona de surfe é confinada para a praia superior onde as ondas mergulhantes quebram transversais relativamente numa zona de surfe intermediária limitada. A morfodinâmica na zona de transição superior da maré é governada por uma mistura de processos de espraiamento e da zona de surfe e podem resultar no desenvolvimento de forte morfologia de barras na face de praia.

No perfil 07 os processos na zona de espraiamento e na zona de surfe controlam os processos morfodinâmicos da zona intramaré superior resultando na formação de barras de espraiamento na maré de sizígia. As porções médias e inferiores, da zona de oscilação da maré, são primariamente governadas por uma mistura da zona de surfe e processos de empolamento das ondas. Marés geram uma variação constante do fundo em cada ponto do perfil praial. O principal efeito dessas mudanças é a modificação das condições hidrodinâmicas que afetam a praia. Bernabeu *et al.* (2002) discutem que em um ciclo de maré, a posição do espraiamento, da zona de surfe e zona de empolamento variam com o tempo. As condições da zona de surfe são dissipativas com quebras deslizantes por todo o ciclo de maré (JAGO & HARDISTY, 1984).

A maré tem um papel passivo ou indireto no que diz respeito ao transporte de sedimentos e nas trocas da morfologia praial. As ondas movem muito sedimento e conseqüentemente modificam a configuração do fundo em uma boa distribuição do sedimento. O'Hare & Huntley (1994) discutem que o mecanismo de transporte de sedimentos para formação de bancos envolve a mobilização de sedimentos por ondas de gravidade incidentes e o transporte e concentração subseqüentes pelo campo de ondas longas (infra-gravidade) atuante. Bernabeu *et al.* (2001), Medina *et al.* (2000) e Bernabeu (1999) já tem proposto um modelo de perfil de equilíbrio com duas secções assumindo o nível do mar constante. Baseado neste modelo, o efeito da maré sobre o perfil praial é analisado considerando a relativa importância dos processos da onda afetando o perfil.

## **CAPITULO 06**

---

### **6. CARACTERIZAÇÃO DOS RISCOS ASSOCIADOS AO BANHO DE MAR:**

Acidentes fatais associados a afogamentos representam, segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), cerca de 700.000 mortes no mundo (SZPILMAN, 2000). No Brasil o afogamento é a terceira causa de morte considerando todas as idades (KLEIN *et al.*, 2003), com cerca de 7.500 mortes anuais (incluindo água doce e salgada) e, aproximadamente, um milhão e trezentas mil pessoas sendo resgatadas do mar. Em virtude dos números expostos acima, os programas de segurança e manejo de praias tem ganhado cada vez mais espaço no Brasil.

O primeiro registro de programas relacionados à temática “Segurança de Praias” teve origem na Austrália, em 1907, onde a união de 13 clubes de cidades dos estados de *New South Wales*, *Queensland* e do oeste da Austrália, proporcionou a formação do *Australian Surf Life Saving Association* (SHORT & HOGAN, 1992). Em 1990 foi criado o *Australian Beach Safety and Management Program*, a partir da parceria entre o *Australian Surf Life Saving Association* e o *Coastal Studies Unit*, da Universidade de Sidney. Este programa tinha como objetivo desenvolver um banco de dados com informações de todas as praias australianas enfocando suas características físicas, facilidades de acesso, usos, registros de resgates, perigos físicos e biológicos e níveis de risco público.

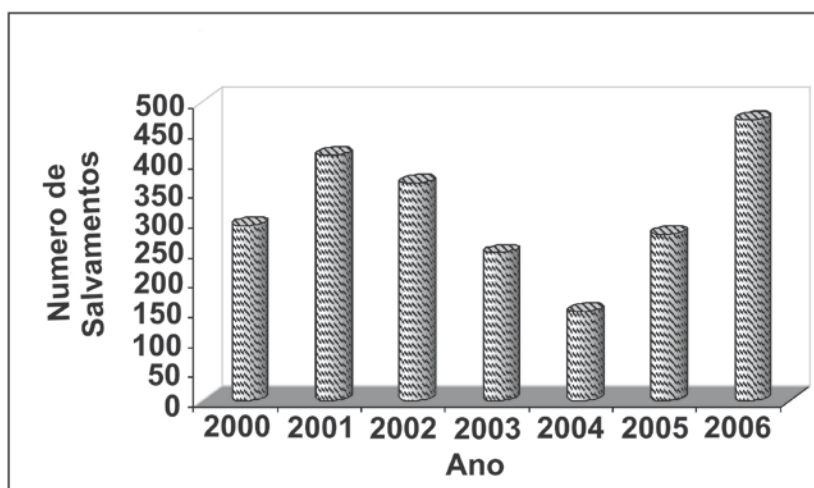
Em 1996 foi desenvolvido um plano de gestão, coordenado pela equipe do Dr. Andrew Short, pesquisador da *University of Sydney*, Austrália. O projeto tinha o intuito de classificar as praias australianas segundo uma escala de risco. O Programa de “Manejo e Segurança de Praias” visava expandir e melhorar a gestão e a segurança em todas as praias do litoral australiano, bem como ajudar outros países a desenvolver programas semelhantes.

Estudos relacionados à segurança dos banhistas são pouco difundidos no meio científico brasileiro, destacando-se os trabalhos pioneiros realizados pelo Centro de

Educação Superior de Ciências da Terra e do Mar – CTTMar, na costa de Santa Catarina, nos períodos de alta estação. O pioneirismo desenvolvido na costa Catarinense motivou a criação de outros estudos semelhantes em diversos distritos costeiros do país onde, merecem destaque os trabalhos de Pereira & Calliari (2005), na costa Gaúcha; Muehe (1998), no Rio de Janeiro; Mascagni (2007), no litoral Paulista; Leal (2006), na costa Pernambucana e Carvalho (2002), no litoral Baiano.

No caso do litoral cearense, em consequência do elevado número de salvamentos na praia do Futuro, foi criado o projeto “De olho no mar”, uma iniciativa das instituições de ensino superior do estado, em especial a Universidade Estadual do Ceará em parceria com o Corpo de Bombeiros. O projeto tinha recursos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação Cearense de Amparo a Pesquisa do Estado do Ceará (FUNCAP), processo Nº 996/03. A iniciativa visava o monitoramento das principais áreas de risco da orla de Fortaleza. Em 2003 foi lançado um projeto piloto onde foram instaladas 08 torres de vigilância para os salva-vidas, nas imediações da praia do Futuro. Em 2004, um ano após a instalação das torres de vigilância, os registros de acidentes com banhistas reduziram de 298 para 149 casos (fig. 60).

Nos anos de 2002 e 2003, segundo o Corpo de Bombeiros, os percentuais de mortes por afogamento oscilaram entre 3% e 4%. Em 2004 esses percentuais tiveram uma redução significativa, alcançando o patamar de 0,8% no número de vítimas fatais. Nos anos subsequentes esses índices voltaram a subir, e em 2006 chegaram à margem de 6,38%, o maior índice registrado desde 2002.

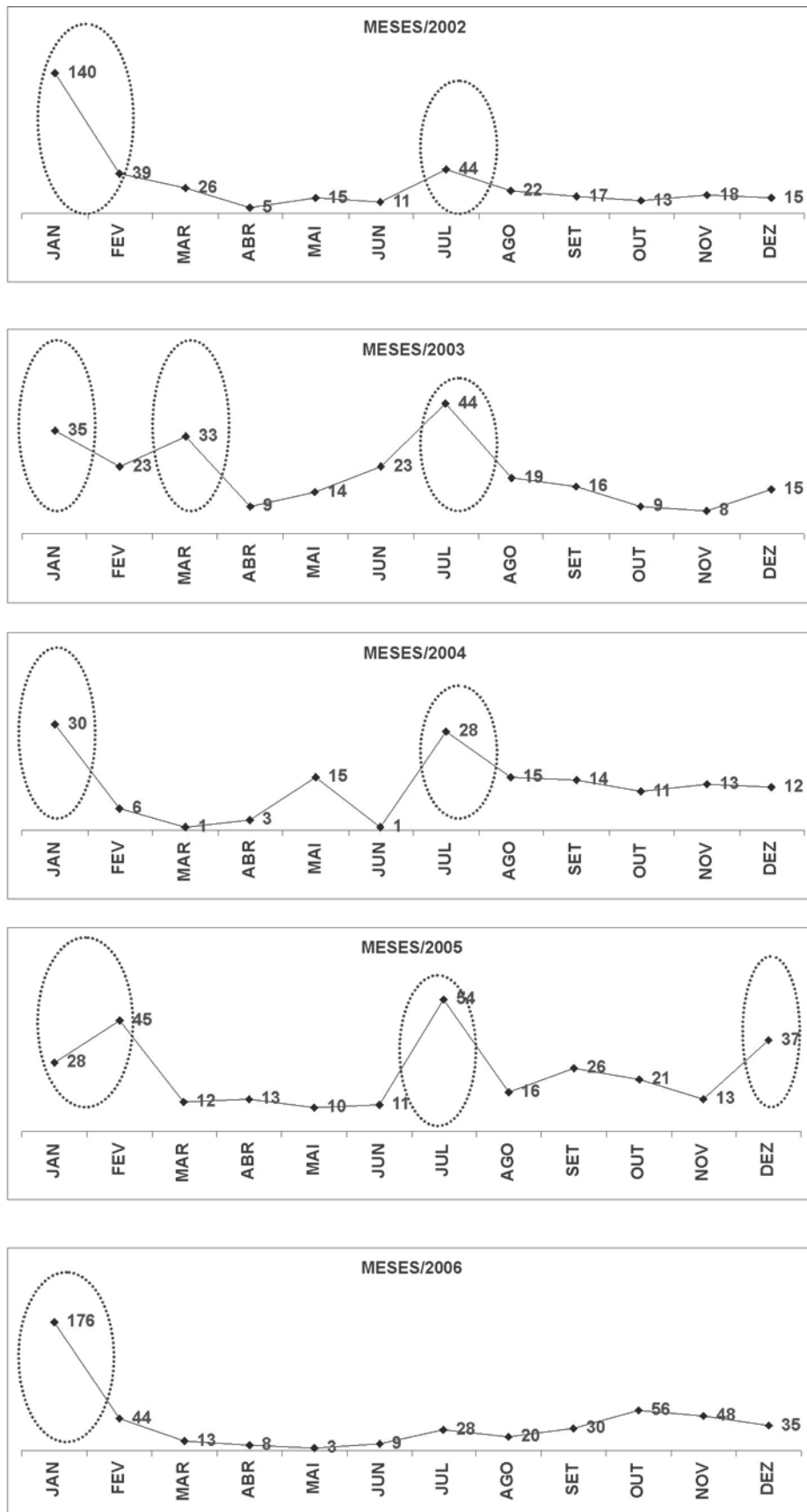


**Figura 60:** Evolução do número de resgates entre os anos de 2000 e 2006. Fonte: Corpo de Bombeiros do estado do Ceará.

Short (1999) define riscos costeiros como sendo os elementos de um ambiente praial que expõem o público a perigos ou danos, especificadamente as praias naturais, os processos na zona de surfe e mudanças na morfologia, que podem colocar em risco os banhistas. A partir da definição de Short (*op. cit.*), os determinantes dos níveis de risco público de uma praia estão associados à intensidade e ao tipo de uso que recebem e estão relacionados também as suas características morfodinâmicas (HOEFEL & KLEIN, 1998).

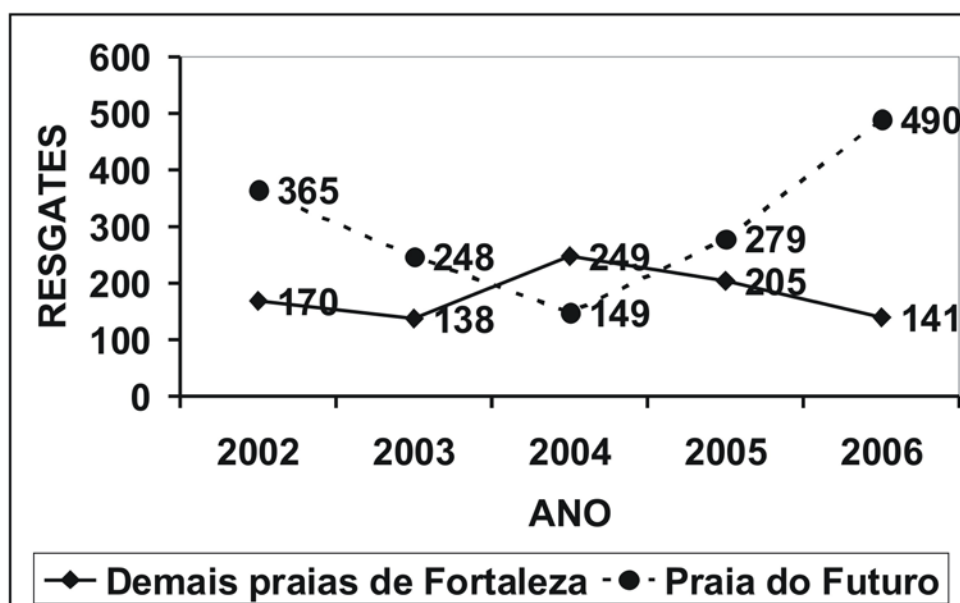
Levando em consideração os registros de afogamentos mensais (fig. 61), os gráficos mostram que as maiores ocorrências foram registradas nos meses de dezembro, janeiro e julho; período de alta estação na capital cearense. A exceção foi em março de 2003 quando foi registrado um número de ocorrências semelhantes às encontradas nos períodos de maiores incidências.





**Figura 61:** Numero de ocorrências mensais registradas na praia do Futuro entre 2002 e 2006.

A partir do comparativo entre o total de ocorrências da localidade e o somatório dos registros do restante das praias da região Metropolitana (fig. 62) observou-se que, em 2004, o numero de salvamentos efetuados na praia do Futuro superavam o numero de resgates nas demais praias da capital. A diminuição no numero de ocorrências, caracterizada nas estatísticas de 2004, pode estar relacionada ao fato dos usuários se concentrarem nas imediações das localidades que eram cobertas pelas guaritas dos salva-vidas, facilitando assim um possível resgate. Mesmo com a presença de postos salva-vidas, os índices voltaram a subir nos anos subseqüentes (2005 e 2006) chegando ao maior patamar com 470 casos registrados.



**Figura 62:** Evolução do número de resgates na praia do Futuro em comparação com o somatório de ocorrências das demais praias da capital.

A elevação nos índices pode estar associada ao aumento do fluxo de turistas a cada ano, ao aumento do numero de estabelecimentos comerciais que se localizam fora do raio de cobertura postos salva-vidas (fig. 63) e a difusão dos banhistas ao longo da praia com a abertura de novos estabelecimentos.

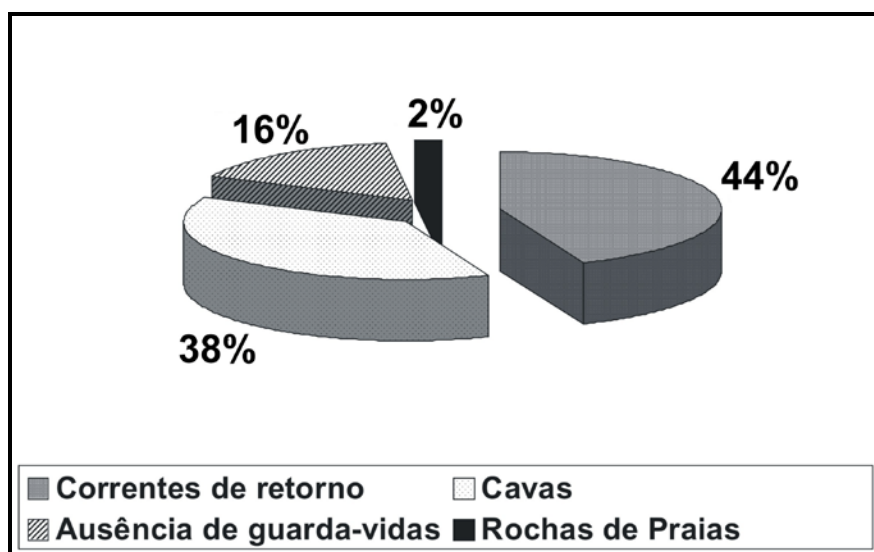


**Figura 63:** Visão da torre salva-vidas em diferentes situações do dia.

### 6.1. Caracterização dos Riscos Associados ao Banho de Mar Segundo os Usuários:

A partir dos questionários aplicados na praia do Futuro (anexo IV) foram listados, segundo os usuários, os quatro principais tipos de riscos relacionados ao banho de mar: correntes de retorno, cavas, ausência de salva-vidas e rochas de praia (fig. 64). Segundo os dados, as correntes de retorno abrangem o maior percentual de risco dentre os demais fatores apontados (44%). As cavas foram apontadas como sendo o segundo maior fator de risco da localidade (38%), seguidos pela ausência de salva-vidas (16%) e da presença de rochas de praia (2%). Segundo dados da brigada militar, a maior parte dos salvamentos ocorreu na transição entre a preamar e a baixa-

mar e geralmente entre sexta-feira e domingo; no período compreendido entre as 10h da manhã e 16h 30min da tarde.

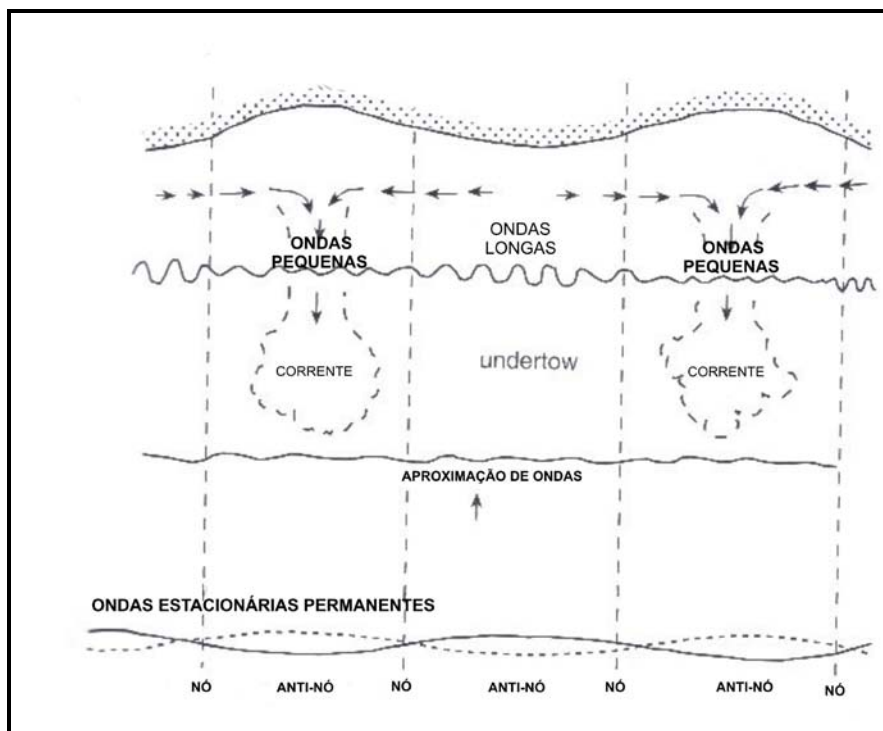


**Figura 64:** Principais riscos associados ao banho de mar segundo os usuários da praia do Futuro.

Um percentual significativo das ocorrências (86%) foi registrado em situações onde os banhistas foram apanhados pelas correntes de retorno sendo que em virtude desta porcentagem, as mesmas podem ser reconhecidas como principal fator de risco no que diz respeito ao elevado número de acidentes na localidade. Em estudos realizados na costa do estado de *New South Wales*, Austrália, Short & Hogan (1993) discutem que as correntes de retorno são responsáveis por 89% dos acidentes em praias da região.

Correntes de retorno (fig. 65) são correntes estreitas, do tipo jatos, que fluem em direção ao mar perpendicularmente à zona de surfe (HUNTLEY & SHORT, 1992). Elas se estabelecem em locais onde existem irregularidades topográficas, normalmente associadas à presença de bancos rítmicos mais próximos da linha d'água os quais induzem variação na altura da arrebentação devido aos processos de transformação das ondas (refração e empolamento). Quando as frentes de onda se aproximam paralelamente ou levemente oblíquas à linha da praia, formam-se células

de circulação costeira com correntes paralelas às quais podem convergir formando correntes perpendiculares à costa. Essas correntes caracterizam-se por fluxos intensos em toda a coluna d'água com velocidades da ordem de até 7 Km/h (SHORT, 1999) com dimensões laterais correspondentes à largura da praia e costumam se localizar cortando bancos próximos à costa. Nas proximidades da praia as correntes convergem formando um fluxo, denominado "pescoço", que se torna mais intenso em direção ao mar. Os fluxos seguem para a cabeça da corrente onde os mesmos têm sua velocidade diminuída. Short (1985) comenta que correntes de retorno são mais freqüentes em praias que são classificadas como intermediárias.



**Figura 65:** Caracterização das correntes de retorno na zona de surfe.

Em estudos realizados na costa australiana, Short & Hogan (1994) discutem que na transição da preamar para a baixa-mar as correntes de retorno tornam-se mais fortes à medida que a profundidade dos canais aumenta. Segundo Short & Hogan (*op. cit.*), em ambientes de meso-maré, as correntes de retorno são associadas somente

com bancos na maré baixa. Cavas, ausência de salva-vidas e rochas de praia também foram caracterizadas pelos usuários como outras formas de perigo na localidade.

Masselink & Hegge (1995) discutem a importância das flutuações da maré no mecanismo de desenvolvimento do perfil praial. Juntamente com os processos hidrodinâmicos e as variações granulométricas, estas flutuações são responsáveis pela formação de feições subaquosas (cavas e bancos arenosos) ao longo da costa.

Short (1991) classifica bancos arenosos e canais como sendo uma forma de risco sazonal. Tais feições são constantemente modificadas durante o dia, apresentando um alto grau de mobilidade (BERNABEU *et al.*, 2003). Outro tipo de risco caracterizado por Short (*op. cit.*) são os riscos permanentes. Rochas de praia (fig. 66) são detectadas apenas na localidade denominada Caça e Pesca (ponto 01). Devido às oscilações da maré, os arenitos de praia ficam encobertos durante o período de preamar. A partir do momento em que eles não são perceptíveis, estes podem ser potencialmente perigosos para banhistas desavisados ou que desconhecem o local.



**Figura 66:** Rochas de praia na localidade do Caça e Pesca (ponto 01).

O ponto 04, localizado nas proximidades da barraca *Long Beach* foi enquadrado como sendo o ponto mais susceptível a acidentes de banho. A localidade responde por 66% dos acidentes e é caracterizada pelo surgimento de canais de profundidade média de 1,1m situados aproximadamente entre 70m e 120m, a partir do marco topográfico estabelecido no pós-praia. Os sedimentos da localidade apresentaram uma granulometria média são bimodais e moderadamente selecionados. A extensão máxima do perfil ficou em torno de 160m com ondas incidindo obliquamente em direção à costa com ângulo de  $97^\circ$  provindo de E-SE e altura média em torno de 0,95m. Em relação ao estágio morfodinâmico, a localidade enquadrou-se nos estados intermediários barra transversal nos meses de novembro de 2004, janeiro e setembro de 2005; e no estado banco/corrente de baixa-mar no mês de julho de 2005. O estágio barra transversal é caracterizado pela presença de fortes correntes de retorno; nesse tipo de estágio os bancos arenosos persistem por mais tempo junto à costa. O estágio banco/corrente de baixa-mar é caracterizado por arrebatção do tipo deslizante ou mergulhante e evidencia-se a presença de correntes de retorno na maré baixa. Nesse estágio as barras migram em menor intensidade.

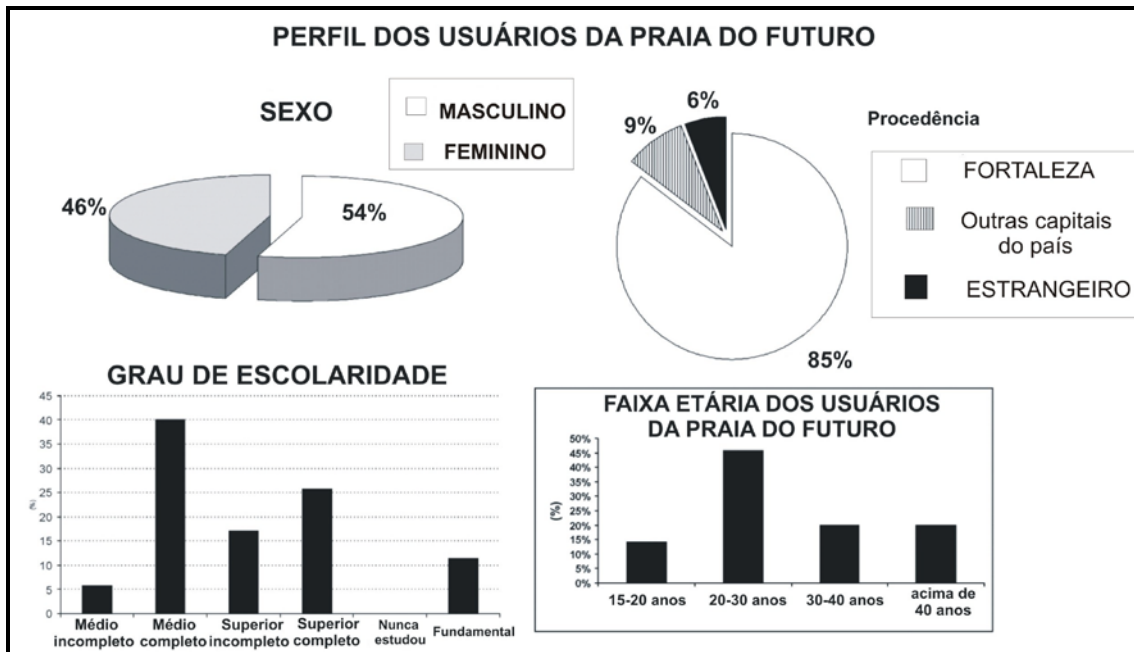
O ponto 07, localizado nas proximidades da Barraca Dallas, responde pelo menor índice de ocorrências no que diz respeito a acidentes com banhistas (4,3%); caracterizando-se como a localidade menos perigosa aos usuários. No local não foi registrada a presença de canais nos meses monitorados. Os sedimentos apresentaram granulometria fina nos três primeiros meses do estudo, na porção do estirâncio e da zona de surfe; e tamanho médio de grão para o mês de setembro de 2005 na zona de espraiamento. Todas as amostras classificaram-se como bem selecionadas. A direção de ondas ficou em torno de  $88^\circ$  E-SE e a altura média das ondas na arrebatção assumiu valor médio de 0,8m. A extensão máxima do perfil foi de 155m com inclinação média do estirâncio de  $3^\circ$ . No que diz respeito ao estágio morfodinâmico, a localidade enquadrou-se no estágio ultra-dissipativo nos

meses de novembro-2004, janeiro e julho-2005; e no estágio terraço de baixa-mar no mês de setembro-2005. O estágio ultra-dissipativo caracteriza-se por possuir arrebatção do tipo deslizante com presença de fracas correntes de retorno. A zona de surfe é extremamente dissipativa com muitas linhas de quebras. A inclinação da zona de espraiamento é muito suave e a zona de surfe é bastante energética. O estágio terraço de baixa-mar a face de praia é mais refletiva, e fracas correntes de retorno podem estar presentes. Variações em refletividade e dissipação estão associadas às fases de maré sendo a praia dissipativa em maré baixa e refletiva em maré alta.

## **6.2. Caracterização do Perfil dos Usuários da Praia do Futuro:**

Em relação ao perfil dos usuários da praia do Futuro (fig. 67) 54% dos freqüentadores são do sexo masculino e 46% do sexo feminino sendo que, a grande parcela dos entrevistados era procedente de Fortaleza ou de cidades que compõem a Região Metropolitana (85%). Do percentual restante 9% eram procedentes de outras capitais e 5% de outros países. A faixa etária da maioria dos banhistas está entre 20 e 30 anos de idade (59%) e o nível de escolaridade dos entrevistados apontou que grande parte possuía o ensino médio completo (40%), seguido do superior completo (26%) e do nível superior incompleto (18%).





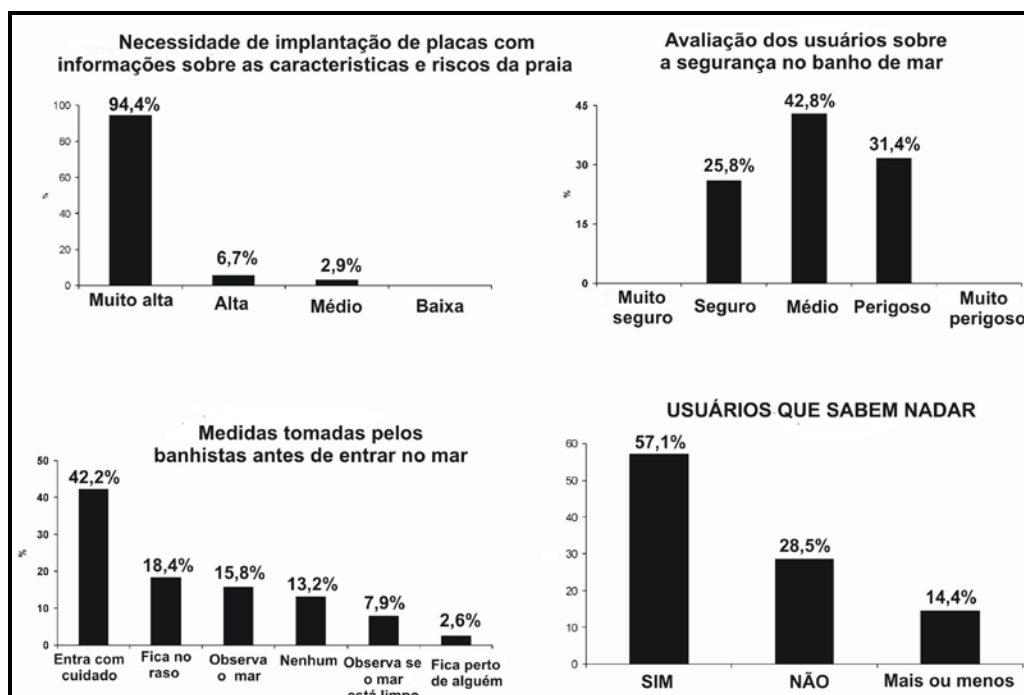
**Figura 67:** Perfil dos usuários da praia do Futuro.

Dentre os sete pontos monitorados, o ponto 04 foi caracterizado como mais perigoso ao banho de mar tendo em vista que a localidade caracteriza-se por apresentar uma maior variação hidrodinâmica e uma morfologia mais tridimensional em relação às outras localidades. Os sedimentos são do tipo areias médias bimodais e proporcionam a formação de feições de fundo (canais e bancos arenosas) de grande variabilidade e mobilidade. Essas feições são enquadradas na categoria de riscos sazonais e são responsáveis pelo desenvolvimento de correntes de retorno mais freqüentes próximo a costa. Uma abordagem semelhante foi discutida por Calliari & Klein (1993), em estudos realizados na costa sul do Rio Grande do Sul, onde os autores discutem que praias intermediárias e de granulometria média são consideradas como sendo as mais perigosas para os banhistas. Fatores referentes à má sinalização e a um baixo contingente de salva-vidas podem ser apontados como fatores responsáveis pela elevação no número de ocorrências.

Levando em consideração outros aspectos apontados pelos banhistas (fig. 68), em relação a praia do Futuro, para 42,8% dos usuários, a praia do Futuro é enquadrada num nível médio de risco, levando-se em conta uma escala de segurança

para o banho de mar. Em segundo lugar estão 31,4% dos usuários que apontam a localidade como perigosa para o banho de mar e 25,8% consideram a localidade como sendo segura para o banho de mar. No entanto existe um consenso de 94,4% dos entrevistados, os quais afirmam que a necessidade de implantação de placas informando sobre os riscos, tanto sazonais como permanentes, é de fundamental importância.

No estudo pode-se constatar que 57,1% dos usuários afirmaram que sabiam nadar e que 14,4% responderam que nadavam mais ou menos. O somatório dessas porcentagens indica claramente a auto-confiança dos usuários no que diz respeito às habilidades de natação. Mesmo demonstrando grande confiabilidade no local, segundo os questionários, 43,2% dos banhistas afirmaram que procuram entrar com cuidado no mar. Para 14,4% dos usuários, o principal cuidado diz respeito a ficar com água no máximo até a altura dos joelhos. O percentual de usuários que não tomam nenhum cuidado antes de entrar no mar está em torno de 13,2%.



**Figura 68:** Caracterização dos banhistas sobre os riscos na localidade.

A partir dos questionários foi listado um grupo de cuidados e preocupações que os usuários procuram adquirir antes de entrar no mar (tab. 5). Os banhistas nomearam 09 itens de cuidados para este estudo sendo que em primeiro lugar ficaram os indivíduos que tomam banho de mar somente nas proximidades da zona de espraiamento (32%). É importante salientar que os cuidados ou precauções dos usuários antes de entrar no mar são relevantes, pois muitos afogamentos acontecem, não só pela dinâmica praial, mas também por negligência dos banhistas em relação aos cuidados necessários neste ambiente. Em segundo e terceiro lugar ficaram respectivamente os usuários que observaram maré e a altura das ondas; e a correnteza. Os banhistas que preferem não entrar no mar ficaram no percentual de 9%. Fatores como a preocupação na identificação de cavas, a não ingestão de bebidas alcoólicas, existência de afloramentos rochosos e a observação na busca de salva-vidas também foram listadas pelos usuários. Um dado muito importante é que uma pequena parcela dos entrevistados afirmou não observar nenhum tipo de risco.

**Tabela 5:** Principais cuidados que os usuários têm ao entrar no mar.

Ranking	Cuidados ou precauções do usuário da praia do Futuro antes de entrar no mar	% de usuários
1º	Banho somente na zona de espraiamento ( <i>swash</i> )	32
2º	Observa a maré e a altura das ondas	21
3º	Observa a correnteza (velocidade de <i>backwash</i> )	15
4º	Não entra no mar	9
5º	Vai até seu limite	6
6º	Observa as cavas	5
7º	Observa se o mar está limpo	4
8º	Não ingere bebidas alcoólicas	2
	Observa se há presença de salva-vidas	2
	Observa se há beach-rocks e/outros afloramentos rochosos	2
9º	Não observa risco nenhum	1

### **6.3. O Futuro dos Estudos de Morfodinâmica Costeira e sua Relação com a Segurança de Praias:**

Atualmente, gestores costeiros contam com um aliado importante, o advento dos sistemas de vídeo-imagem. As bases dessa metodologia surgiram na década de 1980 e em 1986 foi realizada a primeira coleta e tratamento de imagens, com objetivo direcionado aos estudos costeiros. Em 1992 a coleta de dados foi automatizada e uma estação permanente foi instalada na costa do Oregon, Estados Unidos, onde atualmente é coordenada pela equipe do Dr. Rob Holman, professor e pesquisador do *Oregon State University* – EUA. A tecnologia foi batizada de sistema ARGUS, uma analogia com o Deus da mitologia grega que possui múltiplos olhos.

O sistema de vídeo-imagem é uma ferramenta que possibilita um cruzamento entre os métodos tradicionais e modernos com o intuito de obter os melhores indicadores de variação da linha de costa e caracterização do comportamento das feições subaquosas próximas à praia. Levando em consideração que diversos países costeiros possuem problemas de segurança (KROON *et al.*, 2007), a adesão dessa nova ferramenta foi seguida por vários centros de estudos costeiros ao redor do globo (HOLMAN & STANLEY, 2007). No Brasil, através do projeto conjunto “*Wave attenuation on muddy bottoms, a multidisciplinary experiment offshore Cassino beach, southern Brazil*” patrocinado pelo Office of Naval Research (ONR/GLOBAL), o Laboratório de Oceanografia Geológica (LOG) da FURG, o Programa de Engenharia Oceânica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ) e a unidade do *Naval Research Laboratory* (NRL/USA) do *Stennis Space Center* (Stennis, Mississippi) instalaram em 2005 na praia do Cassino um Sistema ARGUS.

No ano 2001 a União européia financiou o projeto *Coastal View* (DAVIDSON *et al.*, 2007) onde buscou criar um sistema de apoio à gestão das zonas costeiras. O *Coastal View* foi estabelecido com base nos bons resultados obtidos pelo sistema ARGUS. O projeto, coordenado pelo Dr. Mark Davidson do *Institute of Marine Studies*

*Drake Circus*, em *Plymouth* - UK conta com a participação de 12 instituições europeias de seis diferentes países (DAVIDSON, 2002) onde, destaca-se a participação de grandes centros da Espanha, Itália, Países Baixos e do próprio Reino Unido. O *Coastal View* tem como objetivos uma melhor gestão das praias como recurso turístico além de buscar analisar os níveis de uso e de concentração de pessoas (OSÓRIO *et al.*, 2007). Os primeiros resultados do projeto foram discutidos em 2002, durante o I *Workshop Coastal View*, sediado na cidade de Egmond, Holanda.

Os gestores costeiros precisam de informações no tempo real sobre o estado atual do sistema praias, as tendências evolutivas e os parâmetros físicos. Os métodos tradicionais de coleta de informações relativas à região da antepraia possuem um elevado grau de dificuldade em termos de logística. Nesse sentido, o sensoriamento remoto da zona costeira oferece potencialmente uma melhor resolução espacial e temporal, abrangendo um espaço e escalas de tempo maiores e, é substancialmente mais barato e economicamente viável em relação às medições diretas.

## **CAPITULO 07**

---

### **7. CONCLUSÕES:**

O entendimento dos processos atuantes nos ambientes costeiros, bem como o comportamento dos sedimentos, variações no comportamento das ondas, variações nos perfis em diferentes épocas, dinâmica dos bancos arenosos e o conhecimento dos padrões de migração dos mesmos são importantes, tendo em vista que eles assumem um importante papel na conformação e estabilização do ambiente praias. A partir do esboço acima se conclui que:

- Os pontos monitorados na praia do Futuro, por apresentarem diferentes classes granulométricas, apresentam características morfodinâmicas diferentes. Os pontos localizados nos setores 01 e 02 apresentaram uma granulometria grossa e média, respectivamente. Estes dois setores são os mais susceptíveis a formação de bancos arenosos, principalmente em locais onde os sedimentos são mais bimodais. O setor 03 é caracterizado por uma granulometria fina, com formação de pequenos bancos arenosos.
- Em relação à distribuição dos sedimentos ao longo do perfil, sedimentos de granulometria grossa são encontrados na porção superior do perfil, em períodos de preamar e, na baixa-mar, esses sedimentos são identificados no estirâncio inferior e na zona de surfe. Nos períodos de maior energia de ondas (maio a julho) os sedimentos grossos são deslocados para as porções superiores do perfil praias, em virtude da ação das marés e de processos relacionados a uma zona de surfe muito turbulenta. Nos períodos de baixa energia de ondas, os padrões se invertem onde, a zona de surfe não apresenta padrões muito turbulentos e, os sedimentos de maior diâmetro não são deslocados em grande quantidade para o estirâncio superior.

- No que diz respeito ao comportamento dos sedimentos em suspensão observou-se que na praia do Futuro, o fluxo de sedimentos na zona de surfe é maior nos pontos com características mais dissipativas e em localidades onde as feições de fundo (bancos arenosos e canais) são bem definidas. Em contrapartida, setores com características mais refletivas ou que se aproximam do estágio refletivo possuem um menor gradiente de transporte. A grande turbulência associada à quebra das ondas possibilita os sedimentos mais finos permanecerem mais tempo na coluna d'água, sendo assim transportados mais facilmente pelas correntes costeiras.
- Levando em consideração os efeitos da oscilação da maré, ela atua de forma passiva no transporte de sedimentos e nas trocas da morfologia praial. Cada fase de maré proporciona uma morfologia diferente em ambientes de meso marés, os quais possuem respostas diferentes nos processos da zona de arrebenção. Na costa cearense, tudo indica que um transporte de sedimentos em maior escala pode estar relacionado a processos hidrodinâmicos mais intensos fazendo com que, o pacote de sedimentos colocado a disposição para o transporte em suspensão alcance maior magnitude.
- Os valores de altura significativa e período de ondas apresentam variações significativas de um setor para outro. Os maiores valores são registrados nos pontos caracterizados por sedimentos grossos e médios, onde se tem arrebenções do tipo ascendente e mergulhante.
- Em relação ao comportamento sazonal dos perfis, durante as estações chuvosas o perfil apresentou-se mais dissipativo e durante o restante do ano, grandes acumulações de sedimentos foram registradas, principalmente na região do pós-praia. No setor 01, o perfil apresenta um comportamento mais refletivo entre os

meses de março a junho, e um comportamento mais intermediário, tendendo para estágios mais refletivos, no restante do ano.

- No setor 02, os pontos foram enquadrados nos estágios intermediários barra transversal no período compreendido entre março e junho, e no restante do ano assume a conformação de um banco/corrente de baixa-mar. Em ambos os estágios, os perfis apresentam formação de bancos arenosos e canais bem definidos, o que difere apenas na intensidade de correntes que atuam em cada estágio. No setor 03, os perfis foram caracterizados como ultra-dissipativos no período compreendido entre janeiro e julho e no restante do ano enquadraram-se no estágio dissipativo. Pequenos bancos arenosos e canais de baixa profundidade são detectados, principalmente na zona de surfe do ponto 07.
- Através de vídeo-imagens foi observada a formação de dois bancos arenosos no perfil situado na barraca Tropicália (ponto 02). O primeiro banco forma-se próximo a costa e assume a função de um terraço de baixa-mar nos períodos de maré vazante e o segundo banco, localiza-se mais externo ao perfil. O banco interno apresenta maior mobilidade em relação ao banco externo tendo em vista que o mesmo sofre as variações relativas à subida e descida da maré, ação das correntes locais e variações na hidrodinâmica.
- Nos monitoramentos sazonais, os maiores índices de mobilidade praial foram registrados no ponto 03 (Barraca Havaí), caracterizado por uma granulometria média ( $\sigma_{Yb}=34,65m$ ). Os maiores índices de mobilidade do pós-praia ( $CV=79,51\%$ ) e variação de volume ( $Vv=13,79 m^3/m$ ) foram registradas no ponto 07, o qual é classificado como ultra-dissipativo.



- No monitoramento de alta frequência, os maiores valores para o índice de mobilidade foram registrados no ponto 07 ( $\sigma_{Yb}=19,79$ ). Esse resultado, contraditório ao apresentado no monitoramento sazonal, é atribuído a um maior percentual de sedimentos médios em mistura com os sedimentos finos no ponto 07. Essa mistura de sedimentos não tinha sido evidenciada nos monitoramentos sazonais para este ponto. Esse misto de sedimentos pode ter contribuído para que a localidade apresentasse os maiores valores para  $\sigma_{Yb}$  durante os monitoramentos de alta-freqüência.
- Em relação ao padrão de migração dos bancos arenosos tem-se que, para valores elevados de altura significativa de onda, os bancos migravam em direção ao mar e para valores baixos, migravam em direção a costa. Os maiores picos de migração foram registrados entre 06h e 08h e entre 11h e 15h, em todos os pontos amostrados. A velocidade média de migração médio dos bancos foi de 4,64 m/dia onde, os maiores valores foram registrados no P07 (5,67 m/dia) seguido do ponto 05 (4,17 m/dia). Os picos de baixa ou nenhuma migração ocorreram nos fins da tarde, período no qual a zona de surfe apresentava um padrão mais turbulento em função da ocorrência das brisas marinhas.
- A partir do comparativo entre os dados de morfodinâmica e hidrodinâmica conclui-se que, as correntes de retorno são as principais responsáveis pelos acidentes de banho na praia do Futuro. A maioria das vítimas são em geral do sexo masculino, com idade entre 21 e 28 anos. A maior parte dos acidentes, ocasionados por correntes de retorno, ocorreram quando a praia enquadrava-se nos estágios morfodinâmicos barra transversal e banco/corrente de baixa-mar; e grande parte dessas ocorrências foi na transição entre a preamar e a baixa-mar. Nesse intervalo, as correntes de retorno tornam-se mais fortes.

- Variações laterais na morfologia, através da remobilização das feições de fundo (mobilidade dos bancos arenosos), induzem gradientes laterais na altura da arrebentação que contribuem para formação dessas correntes. Por apresentar uma grande variabilidade morfológica, o ponto localizado na barraca *Long Beach* é considerado como o mais susceptível a acidentes com banhistas. Na localidade os sedimentos são bimodais e as correntes de retorno são mais desenvolvidas e freqüentes.
- A elevação nos índices de afogamentos pode estar relacionada à má distribuição das torres de segurança ao longo da orla ou ao baixo contingente de salva-vidas destinado a área, tendo em vista que a praia do Futuro possui 8 km de extensão. O aumento do número de turistas na cidade de Fortaleza é um fator que pode ser levado em consideração para a elevação nos índices de afogamentos. Conclui-se também que grande parte dos usuários da praia, ao se dirigirem para o mar, não se preocupam com os aspectos relacionados a segurança de praia. Sem informações precisas sobre os riscos relacionados à localidade, os banhistas acabam tendo a falsa impressão de que a praia do Futuro é segura para o banho de mar. A maior parte das ocorrências ocorre nos meses de julho, dezembro e janeiro, períodos de alta estação na capital cearense.
- A implantação de uma melhor sinalização a respeito das condições de segurança da praia e aos riscos de banho e a realização de campanhas educativas através de panfletos e cartilhas faz-se necessário na tentativa de reduzir o número de ocorrências. Pelas características das áreas monitoradas e educação preventiva é o método mais adequado para diminuição dos riscos e acidentes no uso das praias.

## **CAPITULO 08**

---

### **8. PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS:**

- Caracterização de outros pontos da praia do Futuro pelo método de vídeo-imagens. Tendo em vista o sucesso da filmagem piloto, uma parceria com instituições que detem o uso dos algoritmos computacionais para a geração de imagens de longa exposição (imagens *Timex*) e outros produtos, bem como a instalação de pontos de controle na praia, para que se possa quantificar a posição dos bancos.
- Monitoramentos de alta frequência mais constantes na costa tendo em vista que esse tipo de estudo reflete de forma mais qualitativa as reais condições do perfil praial, possibilitando ainda o calculo de migração das feições de fundo (bancos arenosos).
- Um número maior de medições com uso de armadilhas de sedimentos (trapeadores) na costa par um melhor entendimento do comportamento dos sedimentos em suspensão e o grau de influência dos mesmos na composição do perfil praial. O uso de armadilha de sedimentos mostra-se um método vantajoso tendo em vista que é uma estrutura viável economicamente, em comparação com outros métodos de medição de transporte de sedimentos.
- Realização de mais trabalhos relacionados à segurança de praias, no âmbito da abordagem corpo a corpo aos usuários, através da aplicação de novos questionários socioeconômicos e realização de campanhas educativas.

## **9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

- Aagaard**, T. 1991. Multiple-bar morphodynamics and its relations to low-frequency edge waves. *Journal of Coastal Research*, 7: 801-813.
- Agenda 21**. Diário Oficial da União em 02 jun. 1992.
- Alexander**, P.S. & **Holman**, R.A. 2004. Quantification of nearshore morphology based on video imaging. *Marine Geology*, 208: 101-111.
- Ashley**, G.M. 1978. Interpretation of polymodal sediments. *Journal of Geology*, 86: 411-421.
- Ayoade**, J.O. 1991. Introdução à climatologia para os trópicos. Bertrand Brasil (3ª ed.), Rio de Janeiro, 332p.
- Baba**, J. & **Komar**, P.D. 1981. Measurements and analysis of settling velocities of natural quartz sand grains. *Journal of Sedimentary Petrology*, 51(2): 631-640.
- Bascom**, W.N. 1951. The relationship between sand size and beach face slope. *Trans. Am. Geophys. Union*, 32: 866-874.
- Bascom**, W.N. 1964. *Waves and Beaches*. Doubleday, New York, 267 pp.
- Bernabeu**, A.M. 1999. Desarrollo, validación y aplicaciones de un modelo general de perfil de equilibrio en playas. PhD Thesis, Universidad de Cantabria, Santander.
- Bernabeu**, A.M.; **Medina**, R. & **Vidal**, C. 2002. An equilibrium profile model for tidal environments. *Scientia Marina*, 66(4): 325-335.
- Bernabeu**, A.M.; **Medina**, R. & **Vidal**, C. 2003. A morphological model of the beach profile integrating wave and tidal influences. *Marine Geology*, 197: 95-116.
- Birkemeier**, W.A., 1985. *A User's Guide to ISRP: The interactive Survey Reduction Program. Instructions Report CERC 84-11*. U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station. Coastal Engineering Research Center, Vicksburg, Mississippi, 101p.
- Bowen**, A.J. & **Huntley**, D.A. 1984. Waves, long waves and nearshore morphology. *Marine Geology*, 60: 1-13.
- Bryant**, E.A. 1982. Behavior of grain size characteristics on reflective and dissipative foreshores, Broken Bay, Australia. *Journal of Sedimentary Petrology*, 52: 431-450.
- Calliari**, L.J. 1990. Cross-shore and longshore sediment size distribution on Southern Currituck spit, North Carolina. PhD Thesis, Williamsburg, Virginia: School of Marine Science, College of William and Mary, 193p.
- Calliari**, L.J. & **Klein**, A.H.F. 1993. Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Rio Grande e Chuí, RS. *Pesquisas*, 20(1): 48-56.

- Calliari, L.J.** 1994. Cross-shore and longshore sediment size distribution on Southern Currituck Spit, North Carolina: implications for beach differentiation. *Journal of Coastal Research*, 10(2): 360-373.
- Calliari, L.J.; Muehe, D.; Hoefel, F.G. & Toldo Jr., E.E.** 2003. Morfodinâmica praial: uma breve revisão. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 51: 63-78.
- Carter, R.W.G.** 1988. *Coastal Enviroments: an introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines*. Academic Press, London, 617p.
- Carvalho, M.P.** 2002. Fatores meteorológicos, oceanográficos, morfodinâmicos, geológicos e urbanos relacionados à incidência de afogamentos nas praias da costa Atlântica de Salvador. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências. Salvador, Universidade Federal da Bahia: 167pp.
- Cavalcanti, P.G. & Cañete, S.C.** 2007. Implementação de um sistema de captura de dados oceanográficos na zona costeira utilizando vídeo imagens. Universidade Federal do Rio Grande. Monografia. Curso de Engenharia da Computação. Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande, Rio Grande do Sul. 52p.
- CERC – COASTAL ENGINEERING RESEARCH CENTER.** 1984. *Shore Protection Manual*. V. 1, pp. 2.1-2.59.
- Coli, A.B.** 2000. Estudo sobre o clima de ondas em Rio Grande - RS. Programa de Pós - Graduação em Engenharia Oceânica. Rio Grande, Fundação Universidade Federal do Rio Grande - FURG. Dissertação de Mestrado. 80p.
- Cowell, P.J.** 1980. Breaker type and phase shifts on natural beaches. *Proceedings of the Coastal Engineering Conference*, 997-1014.
- Dally, W. & Dean, R.G.** 1984. Suspended sediment transport and beach profile evolution. *Journal Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, 110: 15-33.
- Davidson, M.** 2002. *The coastal view project.: environment and sustainable development*. 82p.
- Davidson, M.; Koningsveld, M.V.; Kruif, A.; Rawson, J.; Holman, R.; Lamberti, A.; Medina, R.; Kroon, A. & Aarninkhof, S.** 2007. The coast view project: developing video-derived coastal state indicators in support of coastal zone management. *Coastal Engineering*, 54: 463-475.
- Davis Jr, R.A. & Fox, W.T.** 1972. Coastal processes and nearshore sand bars. *Journal of Sedimentary Petrology*, SI 42: 401-412.
- Davis, J.C.** 1973. *Statistics and data analysis in geology*. Wiley-Interscience, New York.
- Davis, R.A & Hayes, M.O.** 1984. What is a wave-dominated coast? *Marine Geology*, 60: 313-329.

- Dean**, R.G. Heuristic models of sand transport in the surf zone, Proceedings of the International Conference on Coastal Engineering Dynamics in the Surf Zone, Sidney, N.S.W., 208-214, 1973.
- Dolan**, R.; **Hayden**, B. & **Heywood**, J. 1978. A New photogrammetric method for determining shoreline erosion. Coastal Engineering, 2: 21-39.
- Espírito Santo**, R.M. 2007. Variabilidade morfodinâmica entre as regiões da Querência e do Navio Altair na praia do Cassino, RS. Dissertação de Mestrado. Pós – Graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica. Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande, Rio Grande do Sul. 156p.
- Figueiredo**, S.A. 2005. Sedimentologia e suas implicações na morfodinâmica de praias adjacentes à desembocaduras da linha de costa do Rio Grande do Sul. Revista Gravel, 4: 73-87.
- Folk**, R.L. & **Ward**, W.C. 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Petrology, 27(1): 3-26.
- Fontoura**, J.A.S. 2004. Hidrodinâmica costeira e quantificação do transporte longitudinal de sedimentos não coesivos na zona de surfe das praias adjacentes aos molhes da barra de Rio Grande, RS, Brasil. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS, Porto Alegre. Tese de Doutorado, 330p.
- Fontoura**, J.A.S.; **Almeida**, L.E.S.B. & **Calliari**, L.J. 2006. Hidrodinâmica costeira e transporte longitudinal de areia nas praias do cassino e Mar Grosso, RS, Brasil. Anais do 2º Seminário de Engenharia Oceânica - SEMENGO FURG.
- Fox**, W.T.; **Ladd**, J.W. & **Martin**, M.K. 1966. A Profile of the four moment measures perpendicular to a shoreline, South Haven, Michigan. Journal of Sedimentary Petrology, 36(4): 1126-1130.
- Friedman**, G.M. 1961. Distinction between dune, beach and river sands from their textural characteristics. Journal of Sedimentary Petrology, 31(4): 514-529.
- Friedman**, G.M. 1967. Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands. Journal of Sedimentary Petrology, 37(2): 327-354.
- Gallagher**, E. L.; **Elgar**, S. & **Guza**, R.T. 1998. Observations of sand bar evolution on natural beach. Journal of Geophysical Research, 103: 3203-3215.
- Galvin**, C.J. 1968. Breaker type classification on three laboratory beaches. Journal of Geophysical Research, 73: 3651-3659.
- Gibbs**, R.T.; **Mathew**, M.D & **Link**, D.A. 1971. The relationship between size and sorting velocity. J. Sedim. Petrology, 41: 07-18.
- Guedes**, R.M.C. 2008. Utilização de métodos diretos e vídeo-imagens ARGUS na caracterização morfodinâmica da zona de arrebentação da praia do Cassino, RS.

Dissertação de Mestrado. Pós – Graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica. Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande, Rio Grande do Sul. 93p.

- Guza, R.T. & Inman, D.L.** 1975. Edge waves and beach cusps. *Journal of Geophysical Research*, 80: 2997-3012.
- Hallermeier, R.J.** 1981. A profile zonation for seasonal sand beaches from wave climate. *Coast. Eng.*, 4: 253-277.
- Hayes, M.O.** 1975. Morphology of sand accumulations in estuaries. In: Cronin, L.E. (ed). *Estuarine Research*. Academic Press, New York. Vol.02, p. 3-22.
- Hoefel, F.G.** 1998. Morfodinâmica de praias arenosas: uma revisão bibliográfica. Ed. Univali, Itajaí, 92p.
- Hoefel, F.G. & Klein, A.H.F.** 1998. Environmental and social decision factors of beach safety in the central northern coast of Santa Catarina, Brazil. *Notas Técnicas FACIMAR*, 2: 155-166.
- Hoefel, F. & Elgar, S.** 2003. Wave-induced sediment transport and sandbar migration. *Science*, 299: 1885-1887.
- Holman, R.A. & Sallenger Jr., H.** 1993. Sand bar generation: a discussion of the Duck experiment series. *Journal of Coastal Research*, 15: 76-92.
- Holman, R.A. & Stanley, J.** 2007. The history and technical capabilities of Argus. *Coastal Engineering*, 54: 477-491.
- Hsu, S.A.** 1988. *Coastal Meteorology*. Academic Press, New York. 260 pp.
- Hsu, T.; Elgar, S. & Guza, R.T.** 2006. Wave-induced sediment transport and onshore sandbar migration. *Coastal Engineering*, 53: 817-824.
- Hubertz, J.M.** 1986. Observations of local wind effects on longshore currents. *Coastal Engineering*, 10: 275-288.
- Huntley, D.A.; & Short, A.D.** 1992. On the spacing between observed rip currents. *Coastal Engineering*, 17: 211-225.
- Inman, D.L. & Filloux, J.** 1960. Beach cycles related to tide and local wind regime. *Journal of Geology*, 68: 225-231.
- Jago, C.F. & Hardisty, J.** 1984. Sedimentology and morphodynamics of a macrotidal beach, Pendine Sands, SW Wales. *Marine Geology*, 60: 123-154.
- King, C.A.M.** 1972. *Beaches and Coasts*. Edward Arnold, London, 570 pp.
- Klein, A.H.F., Calliari, L.J., Kugik, I.T. & Silva, E.K.** 1996. Estudo preliminar entre os tipos de praia e a segurança do banho no litoral centro-norte catarinense. Terceira Reunião Especial da SBPC. Florianópolis, SC, Brasil. p.415.

- Klein, A.H.F.; Santana, G.G.; Diehl, F.L. & Menezes, J.T.** 2003. Analysis of hazards associated with sea bathing: results of five years work in oceanic beaches of Santa Catarina state, southern Brazil. *Journal of Coastal Research*, 35(SI): 107-116.
- Klein, A.H.F.; Miot da Silva, G.; Ferreira, Ó. & Dias, J.A.** 2005. Beach sediment distribution for a headland bay coast. *Journal of Coastal Research*, SI 42: 285-293.
- Komar, P.D.** 1976. *Beach process and sedimentation*. Prentice-Hall, 429p.
- Komar, P.D.** 1998. *Beach process and sedimentation*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Kraus, N.C.; Isobe, M.; Igarashi, H.; Sasaki, T.O. & Horikawa, K.** 1983. Field experiments on longshore sand transport in the surf zone. *Proceedings of The 18<sup>th</sup> Coastal Engineering Conference, American Society of Civil Engineers*, 969-988.
- Kraus, N.C.** 1985. Field experiments on vertical mixing of sand in the surf zone. *Journal of Sedimentary Petrology*, 55(1): 3-14.
- Kraus, N.C.** 1987. Application of portable traps for obtaining point measurements of sediment transport rates in the surf zone. *Journal of Coastal Research*, 3(2): 139-152.
- Kroon, A.; Davidson, M.A.; Aarninkhof, S.G.J.; Archetti, R.; Armaroli, C.; Gonzalez, M.; Medri, S.; Osório, A.; Aagaard, T.; Holman, R.A. & Spanhoff, R.** 2007. Application of remote sensing video systems to coastline management problems. *Coastal Engineering*, 54: 493-505.
- Krumbein, W.C.** 1934. Size frequency distribution of sediments. *Journal of Sed. Petrol.*, 4: 65-77.
- Larson, M.** 1991. Equilibrium profile of a beach with varying grain size. *Proceedings of Coastal Sediments Conference*, 905-919.
- Leal, M.M.V.** 2006. Percepção dos usuários quanto a erosão costeira na praia de Boa Viagem. *Tropical Oceanography*, 31(1): 39-52.
- Lewis, D.W.** 1983. *Practical Sedimentology*. Hutchinson Ross Publishing Company. 229 p.
- Lins de Barros, F.M.** 2005. Risco e vulnerabilidade à erosão costeira no município de Marica, Rio de Janeiro. *Dissertação de Mestrado. Pós – Graduação em Geografia*. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 162p.
- Lippmann, T.C. and Holman, R.A.** 1989. Quantification of sand bars morphology: a video technique based on wave dissipation. *Journal of Geophysical Research*, 94: 995-1011.
- Lippmann, T.C. & Holman, R.A.** 1990. The Spatial and temporal variability of sand bar morphology. *Journal of Geophysical Research*, 95 (C7): 11.575-11.590.



- Losada, M.A., Medina, R., Vidal, C. & Losada, I.J.** 1992. Temporal and spatial cross-shore distributions of sediments at El Puntal spit, Santander, Spain. Proceedings of the 23<sup>rd</sup> International Conference on Coastal Engineering, ASCE, pp. 2251-2264.
- Maia, L. P.** 1998. Processo costeros y balance sedimentario ao lo largo de Fortaleza (NE BRASIL): implicaciones para uma gestão adequada de la zona litoral. Tese de Doutorado. Universidade de Barcelona - Espanha. 269p.
- Maia, L.P.; Jiménez, J.A.; Morais, J.O. & Sanchez-Arcilla, A.** 1998. The Fortaleza (NE Brazil) waterfront: port *versus* coastal management. Journal of Coastal Research, 14(4): 1284-1293.
- Mascagni, M.L.** 2007. Projeto salva-vidas – prevenção de acidentes. In: XII Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar, 2007, Florianópolis. Livro de Resumos - XII Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar, 2007.
- Mason, C.C & Folk, R.L.** 1958. Differentiation of beach, dune and Aeolian flat environments by size analysis, Mustang Island, Texas. Journal of Sedimentary Petrology, 28(2): 211-226.
- Masselink, G.** 1993. Simulating the effects of tides on beach morphodynamics. Journal of Coastal Research, 15 (SI): 180-197.
- Masselink, G.** 1994. Morphodynamics of macrotidal beaches: examples from central Queensland, Australia. PhD Thesis, Coastal Studies Unit, University of Sydney, 272 p.
- Masselink, G. & Black, K.P.** 1995. Magnitude and cross-shore distribution of bed return flow measured on natural beaches. Coastal Engineering, 25: 165-190.
- Masselink, G. & Hegge, B.** 1995. Morphodynamics of meso and macrotidal beaches: examples from central Queensland, Australia. Marine Geology, 129: 1-23.
- Masselink, G. & Short, A.D.** 1993. The effect of tide range on beach morphodynamics. A conceptual beach model. Journal of Coastal Research, 9: 785-800.
- Masselink, G. & Pattiaratchi, C.** 1998. The effect of sea breeze on beach morphology, surf zone and sediment resuspension. Marine Geology, 146: 115-135.
- Masselink, G. & Turner, I.** The effect of tides on beach morphodynamics. In Short, A.D. 1999. Handbook of beach and shoreface morphodynamics. West Sussex, UK: Wiley, 379 p.
- McLachan, A.; Barramdir, E.; Donn, T.E. & Wessels, F.** 1993. Sand beach macrofauna communities and their control by the physical environment: A geographical comparison. Journal of Coastal Research, SI 15: 27-38.
- Medina, R.; Bernabeu, A.M.; Vidal, C. & Gonzalez, E.M.** 2000. Relationships between beach morphodynamics and equilibrium profiles. Proceedings of the 27<sup>th</sup> International Conference on Coastal Engineering, ASCE, pp. 2589-2601.

- Melo**, E., 1991. Projeto Sentinelas do Mar: instruções para efetuar as observações. COPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil 11p.
- Melo F<sup>o</sup>**, E. 1993. The sea sentinels project: watching waves in Brazil. Coastal Zone 1993, The eighth Symposium on Coastal and Ocean Management, pp. 505-517.
- Menezes**, M.O.B.; **Lehuteur**, L.G.O.; **Castelo Branco**, M.P.N.; **Sabadia**, J.A.B.; **Oliveira**, R.J.; **Catunda**, R.; **Fontenele**, C.M.L.; **Falcão**, T.O. & **Dias**, C.B. Porto de Fortaleza: desenvolvimento urbano e aspectos ambientais. In: **Pinheiro**, D. R. C. (org). Desenvolvimento sustentável: desafios e discussões. Fortaleza: ABC ed., 2006, p. 185-222.
- Morais**, J.O. 1981. Evolução sedimentológica da enseada do Mucuripe – Fortaleza, Ceará – Brasil. Arquivo Ciências do Mar, 21 (1/2): 19-46.
- Morais**, J.O., **Pinheiro**, L.S., **Silva**, L.P. 2001. Riscos Hidrodinâmicos sazonais *versus* balneabilidade da Praia do Futuro-CE. Revista de Ciência e Tecnologia da UECE. Fortaleza: UECE, 3(2): 59-65.
- Morton**, R. 2002. Factors controlling storm impacts on coastal barriers and beach – A Preliminary basis for near real-time forecasting. Journal of Coastal Research, 18(3): 486-501.
- Moustafa**, M.S.J. 1988. Swash induced zonation of a foreshore sediment size distribution. M.A. Thesis, Williamsburg, Virginia: School of Marine Science, College of William and Mary, 139p.
- Muehe**, D. 1994. Geomorfologia Costeira. In: Guerra, A.J.T. & Cunha, S.B. (eds). Geomorfologia: uma atualização das bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 253-308.
- Muehe**, D. 1998. Estado Morfodinâmico Praial no Instante da Observação: uma alternativa de identificação. Revista Brasileira de Oceanografia, 46: 157-169.
- Muehe**, D. & **Valentini**, E. 1998. O litoral do estado do Rio de Janeiro: uma caracterização físico-ambiental. Ed. FEMAR, 99 p.
- Muehe**, D. 2003. Beach morphodynamic research in Brazil: evolution and applicability. Journal of Coastal Research. 35 (SI): 32-42.
- Niedoroda**, A.W.; **Swift**, D.J.P. & **Hopkins**, T.S. 1984. Shoreface morphodynamics on wave-dominated Coasts. Marine Geology, 60: 331-354.
- Nordstrom**, K.F. 1977. The usage of grain-size statistics to distinguish between high and moderated-energy beach environments. Journal Sedimentary Petrology, 47(3): 1287-1294.

- Nuber, E.; Klein, A.H.F. & Calliari, L.J.** 2006. Foreshore morphodynamic changes in a bimodal sediment beach. *Journal of Coastal Research*, 39(SI): 660-663.
- O'Hare, T.J. & Huntley, D.A.** 1994. Bar formation due to wave groups and associated long waves. *Marine Geology*, 116(3-4): 313-325.
- Ollier, C.** 1969. *Weathering*. United Kingdom, Edinburgh, 304 pp.
- Oliveira, A.O.** 2005. Subsídios para o Planejamento do Balneário do Mar Grosso, São José do Norte, RS: Avaliação de Aspectos Geomorfológicos e Morfodinâmicos com Auxílio de Geotecnologias. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica. Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande, Rio Grande do Sul. 161p.
- Osório, A.F.; Medina, R. & Gonzalez, M.** 2007. Gestión costera com sistemas de vídeo: el caso de la Bahía de Santander (España). In: XII Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar, 2007, Florianópolis. Livro de Resumos - XII Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar, 2007.
- Pereira, P.S.** 2005. Variabilidade da Orla Oceânica do Rio Grande do Sul e suas Implicações na Elaboração de Planos de Contingência: Aspectos Morfodinâmicos, Sedimentológicos e Geomorfológicos. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica. Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande, Rio Grande do Sul. 161p.
- Pereira, P.S. & Calliari, L.J.** 2005. Variação morfodinâmica diária da praia do Cassino, RS, durante os verões de 2002/2003 no setor do terminal turístico. *Brazilian Journal and Aquatic Science and Technology*, 9(1): 7-11.
- Pethick, J.** *An Introduction to Coastal Geomorphology*. Lecturer in physical geography, University of Hull. Edward Arnold, 1986.
- Pinheiro, L. S.** 2000. Compatibilização dos Processos Morfodinâmicos e Hidrodinâmicos com o uso e ocupação da praia da Caponga-Cascavel-CE. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Ceará, 164p. 72 ilustr.
- Plant, N.G. & Griggs, G.B.** 1992. Comparison of Visual Observation of Wave Height and Period to Measurements Made by Offshore slope Array. *Journal of Coastal Research*, 8(4): 957-965.
- Raudkivi, A.J.** 1990. *Loose Boundary Hydraulics*. Ed. Pergamon – UK, 3ªed.
- Reis, E.; Asmus, M. & Calliari, L. J.** 2000. Gerenciamento costeiro integrado: Trocas e inter-relações entre os sistemas continental e oceânico adjacentes. Programa Train Sea - Coast Brasil, Rio Grande, FURG, CIRM, ONU.

- Sallenger, A.H. & Howd, P.A.** 1989. Nearshore bars and the break-point hypothesis. *Coastal Engineering*, 12: 301-313.
- Sasaki, T.O.** 1980. Proc. Cost. Zone'80, ASCE: 3197-3209.
- Self, R.P.** 1977. Longshore variation in beach sands Nautla area, Veracruz, Mexico. *Journal of Sedimentary Petrology*, 47(4): 1437-1443.
- Sheedy, K.; Hogan, C.L. & Short, A.D.** 1993. Public safety, the forgotten issue in coastal management conference. Hastings Council, Port Macquaire, 12 p.
- Shideler, G.L.** 1973. Textural trend analysis of coastal barrier sediments along the middle Atlantic Bight, North Carolina. *Sedimentary Geology*, 9: 195-220.
- Short, A.D. & Hesp, P.A.** 1982. Wave beach and dune interactions in southeast Australia. *Marine Geology*, 48: 259-284.
- Short, A.D.** 1985. Rip-current type, spacing and persistence, Narrabeen beach, Australia. *Marine Geology*, 65: 47-71.
- Short, A.D.** 1991. Macro - meso tidal beach morphodynamics – An overview. *Journal of Coastal Research*, 7: 417-436.
- Short, A.D.** 1992. Beach systems of the central Netherlands coast: Processes, morphology and structural impacts in a storm driven, multi-bar system. *Marine Geology*, 107: 103-137.
- Short, A.D. & Aagaard, T.** 1993. Single and multi-bar beach change models. *Journal of Coastal Research*, SI 15: 141-157.
- Short, A.D.; Hogan, C.L.** 1993. The Australian beach safety and management program – surf life saving australia's approach to beach safety and coastal planning. In: 11<sup>a</sup> Australasian Conference on Coastal and Ocean Engineering, Townsville The Institution of Engineers, Australia, National Conference Publication 93/4: 113-118p.
- Short, A.D. & Hogan, C.L.** 1994. Rip currents and beach hazards: their impact on public safety and implications for coastal management. In: **Finkl, C.W.J.** ed. Coastal hazards, perception, susceptibility and mitigation. *Journal of Coastal Research*, SI 12: 197-209.
- Short, A.D.** 1999. Beach hazards and safety. In: Short, A.D. (ed.) *Handbook of beach and shoreface morphodynamics*. John Wiley & Sons. 293-303 p.
- Sonu, C.J.** 1972. Bimodal composition and cyclic characteristics of beach sediment in continuously changing profiles. *Journal of Sedimentary Petrology*, 42(4): 852-857.
- Sonu, C.J.** 1973. Three-dimensional beach changes. *Journal of Geology*, 81: 42-64.
- Souza, C.R.G.; Suguio, K.; Oliveira, A.M.S. & Oliveira, P.E.** 2005. Quaternário do Brasil. Ed. Holos, 328p.

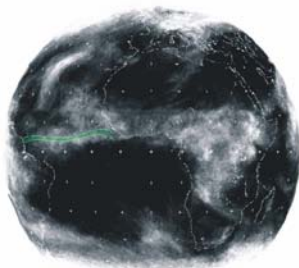
- Stapor, F.W. & Tanner, W.F.** 1975. Hydrodynamic implications of beach, beach ridge and dune grain size studies. *Journal of Sedimentary Petrology*, 45(4): 926-931.
- Stive, M.J.F. & Wind, H.G.** 1986. Cross-shore mean flow in the surf zone. *Coastal Engineering*, 10: 325-340.
- Suguo, K.** 1973. *Introdução à sedimentologia*. Edgard Blücher, São Paulo. 316 pp.
- Sunamura, T. & Horikawa, K.** 1974. Two-dimensional beach transformation due to waves. Proc. 14<sup>th</sup> Intl. Conf. Coastal Eng., ASCE, Copenhagen, 920-938.
- Sunamura, T. & Kraus, N.C.** 1985. Prediction of average mixing depth of sediment in the surf zone. *Marine Geology*, 62: 1-15.
- Sunamura, T.** 1988. Beach morphologies and their change. In: Horikawa, K., (ed.), *Nearshore Dynamics and Coastal Processes*, University of Tokyo Press, pp. 133-166.
- Szpilman, D.** 2000. Afogamento. *Revista Brasileira de Medicina Esportiva*, 6(4): 131-144.
- Svendsen, I. & Buhr-Hansen, J.** 1988. Cross-shore currents in surf zone modeling. *Coastal Engineering*, 12: 23-42.
- Tessler, M. G. & Mahiques, M. M.** 2000. Por uma terminologia brasileira para o ambiente praias. *Simpósio Brasileiro sobre praias arenosas*, Itajaí, UNIVALI.
- Thornton, E.B.; Humiston, R.T. & Birkemeier, W.** 1996. Bar/trough generation on a natural beach. *Journal of Geophysical Research*, 101(C5): 12,097-12,110.
- Toldo, E.E.; Dillenburg, S.R.; Almeida, L.E.S.B.; Tabajara, L.L.; Martins, R & Cunha, L.O.B.P.** 1993. Parâmetros morfométricos da praia de Imbé, RS. *Pesquisas*, 20(1): 27-32.
- Tozzi, H.A.M & Calliari, L.J.** 2000. Morfodinâmica da praia do Cassino, RS. *Pesquisas*, 27(1): 29-42.
- Wadell, H.** 1932. Volume, shape and roundness of rock particles. *Journal of Geology*, 40: 443-451.
- Wentworth, C.K.** 1922. A escale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30: 377-392.
- Williams, J.J. & Esteves, L.S.** 2006. Predicting shoreline response to changes in longshore sediment for the Rio Grande do Sul coastline. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.*, 10(1): 1-9.
- Woodroffe, C.D.** 2003. *Coasts: form, process and evolution*. New York, Cambridge University Press, 623 p.
- Wright, L.D. & Thom, B.G.** 1977. Coastal depositional landforms: a morphodynamic approach. *Progress in Physical Geography*, 1: 412-459.

- Wright, L.D.** 1980. Beach cut in relation to surf zone morphodynamics. Proceedings of the 17 th International Coastal Engineering Conference. ASCE/Sydney, Austrália. 23-28.
- Wright, L.D.; Nielsen, P.; Short, A.D.; Green, M.O.** 1982. Morphodynamics of a macrotidal beach Broome, Westrn Australia. Coastal Studies Unit Technical Report. 82/1.
- Wright, L.D. & Short, A.D.** 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. Marine Geology, 56: 93-118.
- Wright, L.D.; Short, A.D. & Green, M.O.** 1985. Short-term changes in morphodynamic state of beaches and surf zones: An empirical predictive model. Marine Geology, 62: 339-364.
- Zeigler, J.M.; Hayes, C.R. & Tuttle, S.D.** 1959. Beach changes during storms on outer Cap Cod, Massachusetts. Journal of Geology, 67: 318-336.

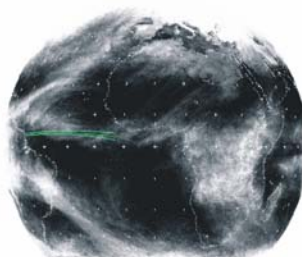
**Anexo I:**

**HISTÓRICO DA ZCIT ENTRE SETEMBRO DE 2004 E JULHO DE 2005**

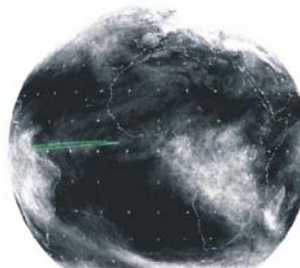
Período: 26 à 30 de Setembro de 2004



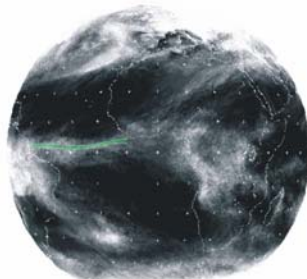
Período: 21 à 25 de Novembro de 2004



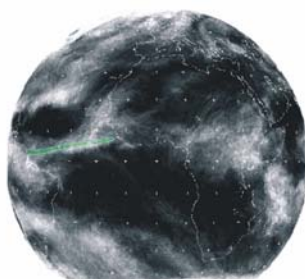
Período: 21 à 25 de Janeiro de 2005



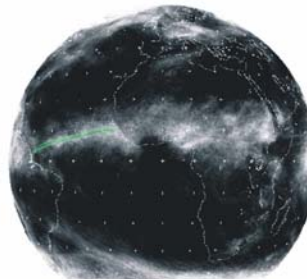
Período: 06 à 10 de Março de 2005



Período: 21 à 25 de Maio de 2005

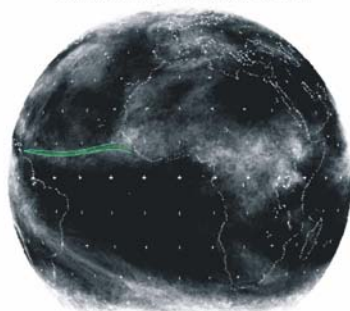


Período: 06 à 10 de Julho de 2005

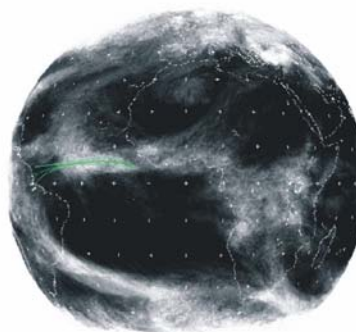


**HISTÓRICO DA ZCIT ENTRE SETEMBRO DE 2005 E MARÇO DE 2006**

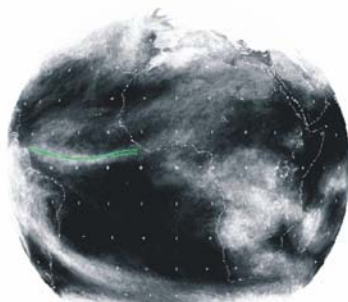
Período: 06 à 10 de Setembro de 2005



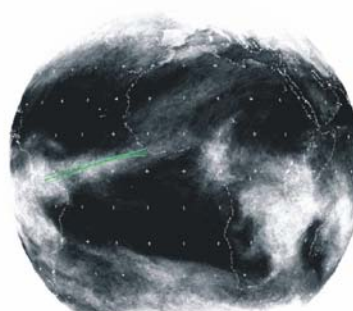
Período: 01 à 05 de Novembro de 2005



Período: 26 à 31 de Janeiro de 2006



Período: 01 à 05 de Março de 2006



## Anexo II

### Escala de Wentworth

<b>Peneira (mm)</b>	<b>Escala (<math>\Phi</math>)</b>	<b>Classificação</b>
4.00	-2.00	<b>GRÃO</b>
3.36	-1.75	
2.83	-1.50	
2.00	-1.00	
1.68	-0.75	<b>AREIA MUITO GROSSA</b>
1.41	-0.50	
1.19	-0.25	
1.00	0.00	
0.84	0.25	<b>AREIA GROSSA</b>
0.71	0.50	
0.59	0.75	
0.50	1.00	
0.42	1.25	<b>AREIA MÉDIA</b>
0.35	1.50	
0.30	1.75	
0.250	2.00	
0.210	2.25	<b>AREIA FINA</b>
0.177	2.50	
0.149	2.75	
0.125	3.00	
0.105	3.25	<b>AREIA MUITO FINA</b>
0.088	3.50	
0.074	3.75	
0.062	4.00	



### Anexo III

TABLE 2.1. Fall velocities of sediment particles  
in mm s<sup>-1</sup>

Temp (°C)	Specific gravity 2.00					Specific gravity 2.65					Specific gravity 4.30				
	Shape factor					Shape factor					Shape factor				
	0.3	0.5	0.7	0.9	S	0.3	0.5	0.7	0.9	S	0.3	0.5	0.7	0.9	S
Nominal diameter = 0.20 mm															
0	8.4	9.0	9.5	10.0	10.6	12.9	13.8	14.8	15.7	16.6	22.1	24.2	26.2	27.6	29.4
10	10.4	11.2	12.0	12.6	13.3	15.6	16.8	18.1	19.2	20.5	26.0	28.7	31.4	33.6	36.1
20	12.1	13.2	14.2	15.1	16.0	17.8	19.4	21.1	22.6	24.3	29.5	32.7	36.2	39.0	42.2
24	12.7	14.0	15.1	16.1	17.2	18.6	20.4	22.3	24.0	25.8	30.9	34.2	38.0	41.1	44.5
30	13.6	15.0	16.3	17.5	18.7	19.9	21.8	24.0	25.9	28.0	32.7	36.4	40.6	44.0	47.8
40	15.1	16.7	18.3	19.8	21.3	21.8	24.1	26.8	29.0	31.6	35.7	39.8	44.8	48.7	52.9
Nominal diameter = 0.50 mm															
0	27.9	31.4	34.7	37.9	40.4	40.1	44.7	50.2	54.8	59.2	64.1	72.6	81.9	90.6	99.0
10	31.9	36.1	40.2	44.1	47.3	45.0	51.2	57.2	63.0	68.8	71.0	81.5	92.2	103.0	113.0
20	35.3	39.8	44.7	49.5	53.5	49.0	56.3	63.1	70.2	76.8	76.2	87.9	101.0	113.0	124.0
24	36.3	41.3	46.4	51.6	55.8	50.3	57.9	65.3	73.0	79.7	77.9	90.4	104.0	117.0	128.0
30	38.0	43.2	48.8	54.3	59.0	52.4	60.3	68.4	76.6	83.8	79.9	93.2	108.0	122.0	134.0
40	40.2	46.2	52.5	58.7	64.0	55.2	63.8	73.0	82.4	90.5	82.4	97.6	114.0	130.0	143.0
Nominal diameter = 1.00 mm															
0	57.6	65.9	74.7	85.0	92.0	78.3	90.4	104.0	118.0	128.0	117.0	138.0	162.0	185.0	204.0
10	61.6	71.6	82.3	93.8	103.0	82.1	96.6	114.0	130.0	143.0	121.0	144.0	173.0	202.0	225.0
20	63.9	75.8	88.6	102.0	112.0	84.9	101.0	121.0	140.0	156.0	123.0	148.0	181.0	215.0	243.0
24	64.5	77.0	91.0	105.0	116.0	85.7	102.0	123.0	143.0	160.0	124.0	149.0	184.0	219.0	250.0
30	65.4	78.8	93.8	109.0	121.0	86.6	104.0	126.0	148.0	166.0	124.0	151.0	187.0	225.0	258.0
40	66.5	80.9	98.0	114.0	129.0	87.7	106.0	130.0	156.0	175.0	125.0	153.0	191.0	232.0	271.0
Nominal diameter = 2.00 mm															
0	95.0	114.0	138.0	163.0	181.0	124.0	149.0	184.0	221.0	252.0	177.0	217.0	269.0	328.0	383.0
10	96.6	117.0	144.0	174.0	198.0	125.0	153.0	190.0	231.0	273.0	177.0	220.0	274.0	339.0	412.0
20	97.3	119.0	148.0	181.0	211.0	125.0	155.0	193.0	239.0	289.0	177.0	222.0	277.0	346.0	434.0
24	97.6	120.0	149.0	183.0	216.0	126.0	156.0	194.0	240.0	294.0	177.0	223.0	278.0	348.0	442.0
30	97.9	121.0	151.0	187.0	222.0	126.0	157.0	195.0	243.0	301.0	178.0	224.0	279.0	351.0	451.0
40	98.3	123.0	153.0	190.0	231.0	126.0	158.0	197.0	247.0	310.0	178.0	225.0	280.0	354.0	464.0
Nominal diameter = 4.00 mm															
0	138.0	172.0	214.0	268.0	329.0	177.0	223.0	278.0	349.0	438.0	251.0	317.0	395.0	499.0	655.0
10	138.0	173.0	216.0	273.0	346.0	177.0	224.0	279.0	353.0	458.0	251.0	317.0	396.0	502.0	668.0
20	138.0	174.0	218.0	275.0	359.0	178.0	224.0	280.0	356.0	469.0	251.0	317.0	397.0	504.0	677.0
24	138.0	175.0	219.0	276.0	363.0	178.0	224.0	281.0	357.0	472.0	251.0	317.0	397.0	505.0	680.0
30	139.0	175.0	219.0	276.0	363.0	178.0	225.0	281.0	358.0	476.0	251.0	318.0	397.0	505.0	683.0
40	139.0	176.0	220.0	280.0	374.0	178.0	225.0	282.0	359.0	481.0	252.0	318.0	398.0	506.0	686.0
Nominal diameter = 8.00 mm															
0	195.0	247.0	309.0	392.0	524.0	251.0	317.0	396.0	504.0	675.0	354.0	448.0	560.0	713.0	963.0
10	195.0	247.0	309.0	392.0	530.0	251.0	317.0	396.0	504.0	675.0	354.0	448.0	560.0	713.0	954.0
20	195.0	248.0	309.0	393.0	531.0	251.0	317.0	397.0	505.0	675.0	355.0	448.0	561.0	714.0	945.0
24	195.0	248.0	309.0	393.0	531.0	251.0	317.0	397.0	505.0	675.0	355.0	449.0	561.0	714.0	941.0
30	196.0	248.0	310.0	394.0	530.0	252.0	318.0	398.0	506.0	675.0	355.0	449.0	562.0	715.0	936.0
40	197.0	249.0	311.0	395.0	529.0	252.0	319.0	399.0	507.0	675.0	356.0	450.0	563.0	716.0	928.0

S = Spheres

## Anexo IV



**Universidade Estadual do Ceará.**  
**Projeto: Segurança das Praias.**  
**Local: Praia do Futuro.**  
**Pesquisador:** Miguel da Guia Albuquerque.  
**Coordenadora:** Dra. Lidriana de Souza Pinheiro.

### QUESTIONARIO:

**Sexo:**  Masculino  Feminino

Procedência:

Fortaleza  Caucaia  Outras capitais  Estrangeiro

1. Há quanto tempo você frequenta esta praia?

> 10 anos  10 – 5 anos  5 – 2 anos  < 2 anos

2. Qual a frequência?

Todos os finais de semana  Feriados

Esporadicamente  Férias

3. Qual o seu grau de escolaridade?

Médio incompleto  Médio completo  Superior incompleto

Superior completo  Nunca estudou

Qual sua faixa etária?

15 – 20 anos  20 – 30 anos  30 – 40 anos  mais de 40 anos

4. Para passar fim de semana ou férias, em que local você fica?

Casa própria  Hotel ou pousada  Casa de amigos  Mora no local

5. Você sabe nadar?

Sim  Não  Mais ou menos

6. Com que frequência você toma banho de mar?

Sempre que vou a praia  Nunca

Esporadicamente  Só as crianças

7. Que profundidade costuma tomar banho de mar?

Água na cintura  Água no peito  Água no joelho  Maior que sua altura

8. O que você acha mais perigoso nessa praia em relação ao banho de mar?

---

9. Quais os cuidados que você toma ao entrar no mar?

---

10. Que diria sobre os riscos de banho de mar neste local?

Muito seguro    Seguro    Médio    Perigoso    Muito perigoso

Por quê?

---

---

11. Qual a necessidade de implantar placas com informações sobre a praia?

Muito alta    Alta    Médio    Baixa

12. Você frequenta sempre o mesmo local ou vai para outras barracas?

Mesmo local    De vez em quando

13. Você acha que essa praia é boa para tomar banho?

Sim    Não

Por quê?

---

---

14. Qual a necessidade de implantar placas com informações sobre poluição e riscos de afogamento?

Muito alta    Alta    Média    Baixa