



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEODINÂMICA E GEOFÍSICA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

MONITORAMENTO COSTEIRO DAS PRAIAS DE SÃO

□ □ BENTO DO NORTE E CAIÇARA DO NORTE - RN: □

□ IMPLICAÇÕES PARA O PÓLO PETROLÍFERO

□ □ DE GUAMARÉ

Autor:

WERNER FARKATT TABOSA

Orientadora:

Prof. Dra. *Helenice Vital*

DG/PPGG/UFRN

Tese nº 012 / PPGG

Natal - RN, Fevereiro de 2002



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEODINÂMICA E GEOFÍSICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

MONITORAMENTO COSTEIRO DAS PRAIAS DE SÃO BENTO DO NORTE E CAIÇARA DO NORTE - RN: IMPLICAÇÕES PARA O PÓLO PETROLÍFERO DE GUAM

Autor:

WERNER FARKATT TABOSA

*Dissertação de mestrado apresentada em
26 de Junho de 2006, para obtenção
do título de Mestre em Geodinâmica
e Geofísica pelo Programa de Pós-
Graduação em Geodinâmica e
Geofísica da UFRN.*

Comissão Examinadora:

PROFa. Dra. HELENICE VITAL (DG/PPGG/UFRN - PRH-ANP 22 - Orientadora)

PROF. Dr. KARL STATTEGGER (UNI-KIEL)

PPROF. Dr. VENERANDO EUSTÁQUIO AMARO (DG/PPGG/UFRN)

Natal - RN, Junho de 2006.

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Dissertação desenvolvida no âmbito do Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PPGG/UFRN), tendo sido subsidiada pelos seguintes agentes financiadores:

- ✓ Agência Nacional do Petróleo – PRH – ANP 22;
- ✓ Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP, através do Programa de Recursos Humanos da ANP para o setor Petróleo e Gás Natural – PRH-ANP/MME/MCT;
- ✓ Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES;
- ✓ MAR-RN (FINEP/CTPETRO/PETROBRAS);
- ✓ Projeto PROBRAL 158/02 (CAPES/DAAD);
- ✓ Projeto UNIBRAL 021/04 (CAPES/DAAD);
- ✓ CNPq: Proc. N° 3508811999-5 e Proc. N° 500407/2004-5.
- ✓ FINEP REDE PETROMAR/CNPq/CTPETRO/PETROBRAS;
- ✓ *"KÜSTENENTWICKLUNG UND HEUTIGE KÜSTENDYNAMIK IN RIO GRANDE DO NORTE - NE-BRASILien"*, (GTZ/DFG).



Natal - RN, Fevereiro de 2002

*Dedico esta dissertação àquelas pessoas
que fazem parte da minha vida...
Aos meus Pais, irmãos...
e a minha Paty.*

RESUMO

Esta dissertação apresenta os resultados de uma pesquisa desenvolvida na região de São Bento do Norte e Caiçara do Norte, litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, durante o período de Junho de 2000 a Agosto de 2001, no âmbito dos projetos MAMBMARÉ (CNPq/CTPETRO) e PROBRAL (CAPES/DAAD).

O objetivo principal da pesquisa foi a caracterização da dinâmica sedimentar do litoral em questão, com base em dados relativos à dinâmica costeira (ventos, correntes, ondas e marés), levantamentos topográficos (perfis de praia e dunas), imagens de satélite e análises sedimentológicas. Como objetivos específicos foram realizados o monitoramento deste litoral, com o fim de verificar a manutenção de uma tendência erosiva ou progradacional após a construção de gabiões para contenção da erosão na praia de Caiçara do Norte, bem como verificar a influência das feições de fundo da plataforma interna adjacente sobre o pólo petrolífero de Guamaré.

O monitoramento executado permitiu identificar que a movimentação dos sedimentos, ao longo do ano, nessa região, exibe um padrão cíclico, atingindo as maiores oscilações durante os meses de inverno (deposição) e verão (erosão). Os estudos sedimentológicos indicaram uma tendência geral para areias quartzosas, com presença de cascalho, moderadamente a bem selecionadas, com assimetria predominantemente negativa. De acordo com o parâmetro de Dean (1957), as praias monitoradas são basicamente reflectivas com tendência a intermediárias, o que enquadra esse trecho da costa norte-riograndense como fortemente vulnerável a processos erosivos.

Os estudos desenvolvidos na plataforma interna desta região permitiram visualizar pela primeira vez, em macroescala, a distribuição das feições do fundo submarino até a isóbata de 25 metros. Ressaltando-se a presença de um alto topográfico submerso, com cerca de 5 metros de altura, 1 km de largura e mais de 24 metros de extensão, localizado na plataforma interna em frente a cidade de São Bento do Norte, coincidente com o *trend* do Sistema de Falhas de Carnaubais. Esta feição exerce um papel importante no controle dos processos sedimentares e oceanográficos, bem como na evolução costeira desta região do Estado do RN, que afetam diretamente a região do pólo petrolífero de Guamaré.

Estes resultados contribuem para um melhor conhecimento dos processos atuantes na região e, conseqüentemente, fornece subsídios para a implementação de medidas de proteção costeira e ambiental para as cidades de São Bento do Norte e Caiçara do Norte, bem como para o melhor entendimento de modo como os processos geológicos e oceanográficos atuantes nesta área, vêm influenciando nas características geoambientais do pólo petrolífero de Guamaré.

ABSTRACT

This dissertation the results of a research developed in the area of São Bento do Norte and Caiçara do Norte, northern coast of the State of Rio Grande do Norte, during the period of June of 2000 to August of 2001, in the ambit of the projects MAMBMARÉ (CNPq/CTPETRO) and PROBRAL (CAPES/DAAD).

The objective principal of this research was the characterization of the sedimentary dynamics of this coast, with base in data of coastal process (winds, currents, waves and tides), with topographical risings (beach profiles and dunes), satellite images and sedimentary analyses. The more specific objectives were accomplished the coastal monitoring of this coast, to verify the maintenance of an erosive tendency or progradacional after the groyne construction for contention of the erosion in the beach of Caiçara do Norte, as well as to verify the influence of the features of bottom of the platform interns adjacent on the pole petroliferous of Guamaré.

The executed monitoramento allowed to identify that the movement of the sediments, along the year, in that area, is cyclical, reaching the largest oscillations during the months of winter (deposition) and they will summer (erosion). The sedimentologic studies indicated a general tendency for sands quartzosas, with gravel presence, moderately to good selected, with asymmetry predominantly negative. In agreement with the parameter of Dean (1957), used in the identification of the state morfodinâmico of the beaches, monitored beaches, are basically reflectivas with tendency to middlemen, what frames that space of the coast norte-riograndense, as a space strongly vulnerable to erosive processes.

The studies developed in the platform, it interns of this area, allowed to visualize for the first time, in large scale, the distribution of the features of the submarine bottom to the batométrico coat of 25 meters. Being pointed out the presence of a high one topographical submerged, with about 5 meters of height, 1 km of width and more than 24 meters of extension, located in the platform it interns in front of São Bento do Norte; coincident with the trend of the system of flaws of Carnaubais. This feature relay an important paper on the control of the sedimentary processes and oceanographic, as well as in the coastal evolution of this area of the RN state, and they affect the area of the pole petroliferous of Guamaré directly.

These results contribute to a better knowledge of the processes in the area, and consequently as subsidies implantation of measures of coastal and environmental protection for the cities of São Bento do Norte and Caiçara do Norte, as well as to understand how the geological-sedimentary processes and oceanographic, in this area, are influencing the characteristics geoambientais of the pole petroliferous of Guamaré.

AGRADECIMENTOS

Neste momento que estou finalizando os capítulos desta tese é que realmente estou dando conta da grande etapa de vida que consegui ultrapassar, vários foram os **amigos** que estavam presentes no meu dia a dia e acreditavam muito mais no meu trabalho do que eu mesmo. E em homenagem a todos eles é que dedico esta tese de mestrado.

Inicialmente tenho que citar a DEUS, que é a maior força que poderia me espelhar, aos meus familiares e aos meus irmãos. Entretanto eu não poderia deixar de referenciar mais uma vez o meu irmão **Weber**, que foi muito mais do que um irmão, ele tem uma participação incalculável tanto no tocante ao desenvolvimento deste trabalho como para o meu crescimento profissional, somente com a sua colaboração é que foi possível conquistar esta nova etapa. Todas as vezes que necessitava de estar ausente ele sempre me apoiou sem qualquer objeção, nunca foi colocado qualquer obstáculos por parte dele..... **valeu meu irmão!!!!**

A professora **Helenice Vital**, que antes de ser uma orientadora foi uma das pessoas que mais me ajudou e acreditou no meu trabalho, e hoje se estou concluindo esta tese posso dizer que ela não só cumpriu o seu papel de professor passando novos conhecimentos mais foi uma excelente orientadora e me fez ver que há geologia é fascinante e nos é que temos que fazer aflorá-la.

Ao professor **Venerando Eustáquio Amaro** pelo cooperação e comentários propostos por ele, bem como todo o apoio que foi oferecido por ele junto ao Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Aos amigos que sacrificaram alguns dias de Lua Cheia longe do conforto de suas casa para acompanhar às inúmeras viagens de campo para São Bento do Norte e Caiçara do Norte e pela ajuda na confecção desta dissertação. Aos colegas Adriano, Alex Antunes, Alfredo, André, Daniel, Edgar, Eugênio, Flávia Taone, Ingrid Guedes, Iracema, Josibel, Luciano Henrique, Marcelo Chaves, Magno, Mario Sérgio, Patrícia Rose, Paty, Sr. Pedro (motorista do CCET), Peter, Vladimir, Zuleide e Welington **MUITO OBRIGADO!!!**.

Ao Sr. Manuel, funcionário do Laboratório de Sedimentologia do Museu Câmara Cascudo, pela a análise de minhas amostras.

Aos Arquitetos William Farkatt, Cecília Crispim e Iran pelos dados topográficos de Caiçara do Norte e pelas sugestões para urbanização e ambientação da praia.

Em especial aos amigos (as) **Alex Francisco Antunes, Marcos Antônio L. do Nascimento, Débora do Carmo, Carlos César, Catarina, Helenice Vital, Emanuel Ferraz J. Sá, Venerando E. Amaro, Vladimir e Zuleide M. Lima** por todas as contribuições prestadas não só nos momentos mais críticos, mais também nos instantes de alegria e descontração.

Á minha **Paty**, que por várias vezes reclamou das viagens na Lua Cheia, dos fins de semana que tinha que ficar em casa quando eu tinha que estudar, por toda falta de atenção que tive para com ela, quero te dizer agora que todo este nosso sacrifício está sendo amenizado nesta tese, gostaria de dizer que embora possa não parecer mais reconheço que só uma companheira como você poderia me dar tanta força para superar todas as intempéries da vida. Você nem imagina o quanto você é importante e fonte da minha inspiração e do meu viver!!!!

Agradeço ainda as Instituições: UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, PPGG - Programa de Pós graduação em Geodinâmica e Geofísica pela infra-estrutura, a ANP - Agência Nacional do Petróleo (PRH-22) pela concessão de bolsa de mestrado ao autor, aos agentes Financiadores: Agência Nacional do Petróleo – ANP; Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP, através do Programa de Recursos Humanos da ANP para o setor Petróleo e Gás Natural – PRH-ANP/MME/MCT, aos projetos MAMBMARÉ – Monitoramento Ambiental de Áreas Costeiras sob Influência do Pólo Petrolífero de Guamaré, (CNPq-CTPETRO) PROBRAL 72/98 (CAPES/DAAD), e *"KÜSTENENTWICKLUNG UND HEUTIGE KÜSTENDYNAMIK IN RIO GRANDE DO NORTE - NE-BRASILIEN"*, (GTZ/DFG).

ÍNDICE

Resumo	<i>i</i>
Abstract	<i>ii</i>
Agradecimentos	<i>iii</i>
<u>Capítulo I – Introdução</u>	01
1.1 - Apresentação e Objetivos	01
1.2 - Localização e Vias de Acesso	02
1.3 – Justificativa	03
1.4 – Aspectos Fisiográficos e Sócio-Econômicos	05
1.4.1 – Clima	06
1.4.2 – Ventos	06
1.4.3 – Temperatura	07
1.4.4 – Relevo	07
1.4.5 – Hidrografia	08
1.4.6 – Vegetação	08
1.4.7 – Economia	08
1.5 – Contexto Geológico Regional	09
1.5.1 – Litoestratigrafia da Bacia Potiguar	09
1.5.2 – Geologia da Área Estudada	11
<u>Capítulo II – Métodos Utilizados:</u>	13
2.1 – Introdução	14
2.2 – Revisão Bibliográfica	14
2.3 – Utilização do Sensoriamento Remoto e Processamento Digital de Imagens	14
2.4 – Trabalhos de Campo	14
2.4.1 – Determinação do Perfil de Praia e sua Variabilidade	15
2.4.2 – Amostragem (áreas emersas e submersas)	16
2.4.3 – Determinação de Dados Hidrodinâmicos (parâmetros de ondas e correntes)	17
2.4.4 – Caracterização do Campo de Duna	18
2.4.5 – Coleta de Dados Geofísicos (batimetria e sonografia)	19
2.5 – Trabalho de Gabinete	20
2.5.1 – Caracterização dos Sedimentos	20
2.5.2 – Análise Granulométrica	21

2.5.3 – Cálculo do Transporte Longitudinal de Sedimentos	22
2.5.4 – Determinação do Estado da Praia	22
2.5.5 – Construção do Modelo Digital do Terreno	22
2.5.6 – Processamento de Dados Geofísicos	23
2.6 – Interpretação Combinada de Diferentes Dados	23
<u>Capítulo III – Resultados Obtidos: Métodos Geofísicos</u>	25
3.1 – Análise e Interpretação dos Produtos de Sensoriamento Remoto Aéreo e Orbital	25
3.2 – Modelização a partir de Dados Sísmicos	27
3.2.1 – Coleta de Dados Geofísicos (Batimetria e Sonografia)	28
3.3 – Artigo à ser submetido para a Revista Científica	
<i>“Caracterização do Ambiente Costeiro, Integrado a Produtos de Sensoriamento Remoto na Região de São Bento do Norte/Caiçara do Norte – NE/BRASIL”</i>	34
3.4 – Discussões:	45
<u>Capítulo IV – Resultados Obtidos: Morfologia Costeira.</u>	46
4.1 – Introdução	46
4.2 – Artigo Submetido para a Revista Pesquisa em Geociências do Instituto de Geociências da UFRGS. VIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário.	
<i>“Monitoramento Costeiro das Praias de São Bento do Norte e Caiçara do Norte – NE/BRASIL “</i>	47
4.3 – Determinação do Perfil da Praia e sua Variabilidade	61
4.4 – Amostragem (Áreas Emersas e Submersas)	74
4.4.1 – Modelagem dos Trabalhos Anteriores	74
4.4.2 – Correlação com a Variação Granulométrica Atual	75
4.5 – Determinação de dados Hidrodinâmicos (Parâmetros de Ondas, Ventos e Correntes)	76
4.5.1 – Ondas	77
4.5.2 – Ventos	79
4.5.3 – Correntes	80
4.6 – Discussões	81
<u>Capítulo V – Resultados Obtidos: Caracterização do Campo de Duna</u>	83
5.1 – Introdução	83
5.2 – Origem das Dunas	83
5.2.1 – Formação das Dunas	84
5.2.2 – Processos Físico de Geração das Dunas	85
5.3 – Sensibilidade do Campo de Dunas	86
5.4 – Método GPR	90

5.4.1 – Aquisição de Dados	91
5.4.2 – Interpretação dos Dados de GPR	91
<u>Capítulo VI – Considerações Finais:</u>	93
6.1 – Avaliação e Considerações	93
6.2 – Implicações na Morfologia Costeiras e Instalações da Indústria do Petróleo	102
6.3 – Sugestão para Urbanização da Praia de Caiçara do Norte	103
<u>Capítulo VII – Referências Bibliográficas:</u>	105
<u>ANEXOS</u>	

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – a) Mapa de localização geográfica e acesso da área em estudo.	03
Figura 1.1 – b) Imagens Landsat 7 ETM+ em composição RGB (543), de um trecho do da porção norte do Estado do Rio Grande do Norte.	03
Figura 1.2 – Compartimentação tectono-estrutural do litoral entre a Ponta do Mel e a Ponta dos Três irmãos como consequência do par conjugado definido pelas Falhas de Carnaubais e Afonso Bezerra no contexto da Bacia Potiguar.	05
Figura 1.3 – Direção do vento medida em Guamaré-RN (Petrobras, Atividade do E&P RN/CE) ao longo do ano, no período de janeiro/93 e abril/95.	07
Figura 1.4 – Evolução tectono-sedimentar, estilo estrutural e habitat do petróleo na Bacia potiguar – Brasil – SINTEX - I – Seminário de Interpretação Exploratória – PETROBRAS – DEPEX.	10
Figura 1.5 – Carta estratigráfica e evolução tectono-sedimentar da Bacia Potiguar.	10
Figura 2.1 – Fluxograma aplicado à pesquisa integrando as atividades desenvolvidas ao longo do mestrado para a Região de São Bento do Norte e Caiçara do Norte.	13
Figura 2.2 – a) Localização dos seis perfis planialtimétricos ao longo da linha de costa de São Bento do Norte e Caiçara do Norte.	15
Figura 2.2 – b) Detalhe do posicionamento dos perfis monitorados durante o período de junho de 2000 e agosto de 2001.	15
Figura 2.3 – a) Nível topográfico	16
Figura 2.3 – b) Tripé regulável	16
Figura 2.3 – c) Mira - régua graduada com 4 m de comprimento	16
Figura 2.4 – a) Metodologia adotada durante o trabalho de campo para caracterização dos dados de hidrodinâmica – altura das ondas.	18
Figura 2.4 – b) Metodologia adotada durante o trabalho de campo para caracterização dos dados de hidrodinâmica – velocidade e direção da deriva litorânea.	18

Figura 2.4 – c) Metodologia adotada durante o trabalho de campo para caracterização dos dados de hidrodinâmica – ângulo de inclinação do terreno.	18
Figura 2.5 – Croqui da distribuição do perfil planialtimétricos sobre a duna de São Bento do Norte, realizado em 19/08/2000, 10/03/2001 e 01/08/2001, para o controle da migração do campo de dunas.	19
Figura 2.6 – a) Configuração dos equipamentos para sísmica de reflexão - registrador “ Hydrotrac” fabricado pela Odom Hydrographic System.	20
Figura 2.6 – b) Configuração dos equipamentos para sísmica de reflexão – sensor do ecobatímetro.	20
Figura 2.6 – c) Configuração dos equipamentos para sísmica de reflexão - sensor do side scan sonar.	20
Figura 2.6 – d) Configuração dos equipamentos para sísmica de reflexão - antena do GPS.	20
Figura 2.7 – a) Técnicas empregada na preparação das amostras de sedimentos – separação dos sedimentos via úmido nas peneiras de 2,00mm e 0,064mm.	21
Figura 2.7 – b) Técnicas empregada na preparação das amostras de sedimentos - montagem do sistema de peneiras no agitador tipo “Rot-up” para separação de sedimentos da fração areia, peneiramento seco.	21
Figura 3.1 – a) Princípios do sistema acústico - ecobatímetro	28
Figura 3.1 – b) Princípios do sistema acústico – side scan sonar	28
Figura 3.2 – a) Parte de um perfil batimétrico EW localizado próximo à quebra da plataforma continental, observar a distribuição simétrica das cristas de <i>sandwaves</i> .	30
Figura 3.2 – b) Parte de um sonograma de side scan sonar. Este modelo apresenta feições da morfologia de fundo de uma área próximo ao pontal arenoso mapeado na plataforma interna do litoral de São Bento do Norte.	31
Figura 3.3 – a) Característica dos sedimentos de fundo coletados próximos ao pontal arenoso submerso – sedimento quartzoso, constituído por areia fina bem selecionado.	32
Figura 3.3 – b) Característica dos sedimentos de fundo coletados próximos ao pontal arenoso submerso – sedimento litobioclástico com granulometria de areia média a grossa.	32
Figura 3.3 – c) Característica dos sedimentos de fundo coletados próximos ao pontal arenoso submerso – sedimento biolitoclástico e cascalho, constituídos por fragmentos de conchas, algas, corais e <i>beach rocks</i> .	32
Figura 3.4 – Parte de um perfil batimétrico EW localizado próximo à linha de costa, observar a característica assimétrica das cristas de <i>sandwaves</i> , esta feição é influenciada basicamente pela deriva litorânea.	33

3.4 Artigo - Caracterização do Ambiente Costeiro, Integrado a Produtos de Sensoriamento Remoto

na Região de São Bento do Norte/Caiçara do Norte – NE/BRASIL

Figura 01 – Mapa de localização geográfica da área de monitoramento.	35
Figura 02 – Compartimentação tectono-estrutural do litoral entre a Ponta do Mel e a Ponta dos Três irmãos como consequência do par conjugado definido pelas Falhas de Carnaubais e Afonso Bezerra no contexto da Bacia Potiguar.	36
Figura 03 – RGB321 Landsat 7 ETM+, mostrando plumas em suspensão próximo à linha de costa.	39
Figura 04 – Combinação RGB521 Landsat 7 ETM+ , composição utilizada para caracterização das feições submersas.	39
Figura 05 – PC4 do Landsat 7 ETM+	40
4.2 Artigo - Monitoramento costeiro das praias de São Bento do Norte e Caiçara do Norte – NE/Brasil.	
Figura 01 – Mapa de localização geográfica da área de estudo e seções esquemáticas dos perfis de praia nas cidades de São Bento do norte e Caiçara do Norte.	48
Figura 02 – Variação do perfil de praia (perfil 01), durante o período de junho de 2000 a agosto de 2001.	52
Figura 03 – Variação do perfil de praia (perfil 03), durante o período de junho de 2000 a agosto de 2001.	53
Figura 04 – Variação do perfil de praia (perfil 05), durante o período de junho de 2000 a agosto de 2001.	54
Figura 05 – Direção média dos ventos em São Bento do Norte e Caiçara do Norte durante período de junho de 2000 a agosto de 2001.	56
Figura 4.1 – a) Visão parcial do perfil 1 - foto ao lado mostra a distribuição dos piquetes	62
Figura 4.1 – b) Visão parcial do perfil 1 – detalhe do posicionamento da linha de <i>beach rocks</i>	62
Figura 4.2 – Variação planialtimétrica do perfil 2 (Farol de Santo Alberto)	63
Figura 4.3 – a) Visão parcial do perfil 2 – visão geral da área monitorada	64
Figura 4.3 – b) Visão parcial do perfil 2 – visão geral da vegetação que recobre a área	64
Figura 4.4 – Visão parcial do perfil 3 (em frente a pousada de São Bento do Norte)	65
Figura 4.5 – Formação de uma área alagada na zona de pós-praia	65
Figura 4.6 – a) Nota-se a formação de um escapa de berma	66
Figura 4.6 – b) Detalhe da escapa de berma	66
Figura 4.7 – Variação planialtimétrica do perfil 4 (em frente à igreja de Caiçara do Norte)	67
Figura 4.8 – Perfil 4 e 5 –as fotos mostram o posicionamento do gabião na praia de Caiçara do Norte	68
Figura 4.9 – Cidade de Caiçara do Norte (perfil 4 e 5) – instante em que o mar invadiu a cidade	69
Figura 4.10 – Variação planialtimétrica do perfil 6 (antigo lixão da cidade)	71

Figura 4.11 – Seqüência de fotos (1 a 8) mostrando a devastação da duna na cidade de Caiçara do Norte.	71
Figura 4.12 – Correlação entre altura das ondas (cm) e a freqüência das ondas (seg)	77
Figura 4.13 – Gráfico mostrando o comportamento das ondas durante os meses de investigação	78
Figura 4.14 – Gráfico de período das ondas	78
Figura 4.15 – Gráfico mostrando a variação cíclica das ondas – ângulo de incidência (Az)	78
Figura 4.16 – Linha de fluxo atmosférico na faixa costeira do Estado do Rio Grande do Norte	79
Figura 4.17 – Gráfico mostrando direção média dos ventos (Az)	79
Figura 4.18 – Gráfico mostrando a variação da corrente Litorânea – sentido da corrente (Az)	80
Figura 4.19 – Velocidade média da deriva litorânea de São Bento do Norte e Caiçara do Norte	81
Figura 5.1 – Visão geral do campo de duna próximo à cidade de São Bento do Norte	83
Figura 5.2 – Mecanismo de formação de uma duna: processos eólicos	85
Figura 5.3 – Mapa de localização do campo de dunas na praia de São Bento do Norte, associado ao modelo esquemático de distribuição dos perfis planialtimétricos	87
Figura 5.4 – Figura esquemática de evolução do campo de duna sobre à cidade de São Bento do Norte, nivelamento realizado em 19/08/00	88
Figura 5.5 – Figura esquemática de evolução do campo de duna sobre à cidade de São Bento do Norte, nivelamento realizado em 10/03/01	89
Figura 5.6 – Figura esquemática de evolução do campo de duna sobre à cidade de São Bento do Norte, nivelamento realizado em 01/08/01	90
Figura 5.7 – Radargram com freqüência 400 MHz (antena biestática)	91
Figura 5.8 – Radargram com freqüência 400 MHz (antena biestática)	92
Figura 5.9 – Radargram com freqüência 400 MHz (antena biestática)	92
Figura 6.1 a) – Visão Geral da praia de São Bento do Norte	93
Figura 6.1 b) – Visão parcial da cidade de Caiçara do Norte	93
Figura 6.2 – Visão parcial das residências e dos gabiões implantados na faixa de praia na cidade de Caiçara do Norte.	96

INTRODUÇÃO

1.1 - APRESENTAÇÃO e OBJETIVO:

Apresentação

O estudo dos fatores naturais aparece como uma ferramenta importante para o entendimento das modificações impostas ao meio ambiente. O conjunto destes fatores é responsável pela alteração (construtiva e destrutiva) de uma região. Desta forma, a preservação de praias e a proteção de propriedades costeiras requerem uma compreensão dos processos costeiros: o movimento das ondas, a geração das correntes costeiras, o movimento dos sedimentos de praia e a variação resultante na morfologia praial (Komar 1998).

A região em estudo apresenta-se como uma área de grandes belezas naturais, com peculiaridades próprias, caracterizada por um mar calmo, uma brisa constante e com um magia natural que em poucos locais se observa. Além destes aspectos a região congrega nos seus domínios riquezas naturais como petróleo, sal, gás natural e calcário.

A área está inserida numa paisagem costeira recente, do litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte. A região de São Bento do Norte/Caiçara do Norte é caracterizada pela complexidade de suas feições morfológicas, geralmente decorrentes da sua evolução paleogeográfica ocorrida durante o Quaternário. Para melhor compreender este comportamento, é que se fez necessário o desenvolvimento desta pesquisa.

Os estudos aqui apresentados foram realizados entre o período de junho de 2000 e agosto de 2001, e retratam os principais aspectos da dinâmica costeira (ventos, correntes, ondas, marés). Com base nestes aspectos, foram realizados estudos qualitativos e quantitativos da morfodinâmica atual da região, considerando-se também, além dos processos naturais que vêm atuando na evolução desse sistema, a intervenção antrópica. Espera-se que os resultados desta pesquisa subsidiem medidas de proteção ambiental e monitoramento costeiro na região.

Esta dissertação representa a etapa final do Curso de Mestrado do Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PPGG/UFRN).

Cabe aqui ressaltar que esta dissertação foi desenvolvida no âmbito do projeto MAMBMARÉ - "MONITORAMENTO GEOAMBIENTAL DA ÁREA COSTEIRA SOB INFLUÊNCIA DO PÓLO PETROLÍFERO DE GUAMARÉ/RN" financiado pelo CNPq/CTPETRO (PROC. CNPq nº 468045/2000-7), bem como do convênio de cooperação entre Brasil e Alemanha, envolvendo a UFRN e a Christian Albrechts Universitat zu Kiel (PROBRAL CAPES/DAAD 98/072). O projeto MAMBMARE tem como objetivo o monitoramento ambiental voltado às atividades da indústria petrolífera e classificação de regiões segundo índice de vulnerabilidade/sensibilidade quanto aos impactos ambientais decorrentes das ações naturais e antrópicas e o convênio Brasil/Alemanha, a evolução e dinâmica costeira holocênica no litoral setentrional do Rio Grande do Norte.

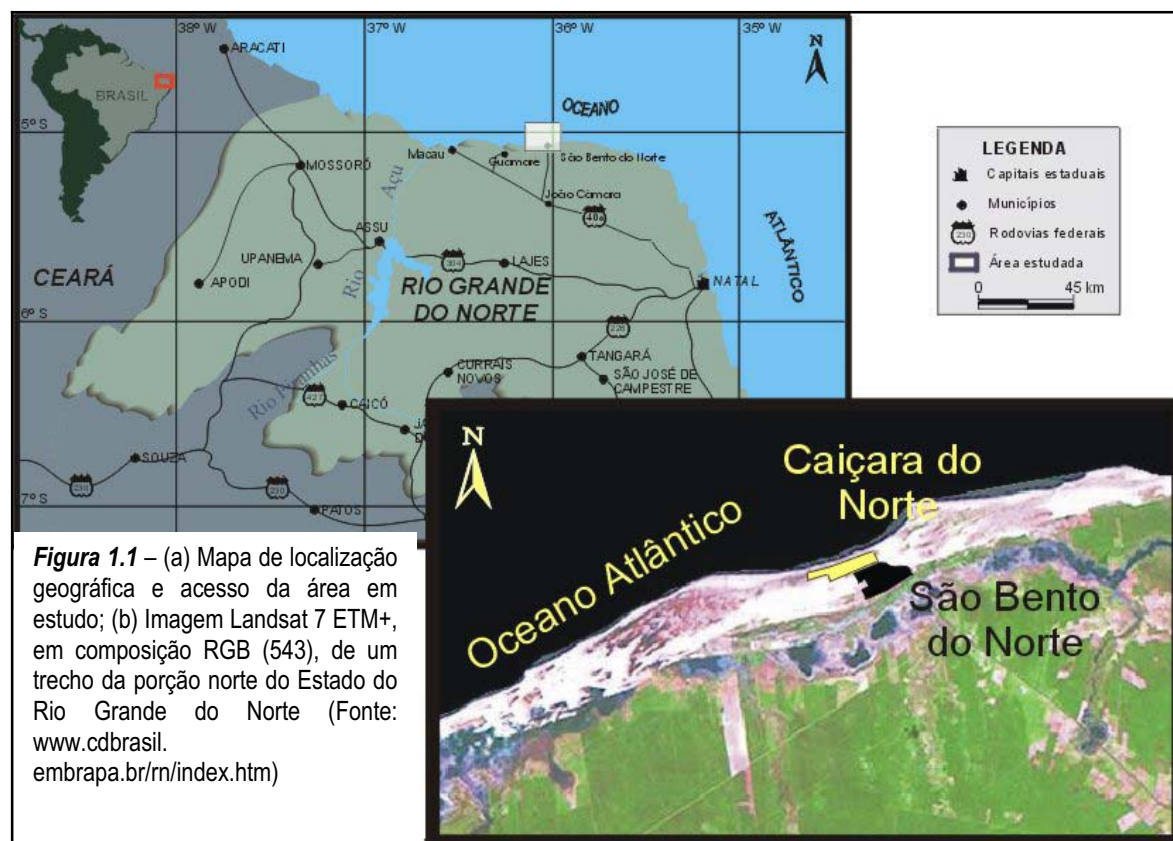
Objetivos

Este trabalho teve como enfoque geral o estudo da dinâmica sedimentar da área inserida nos limites dos municípios de São Bento do Norte e Caiçara do Norte (RN), com base em dados de processos costeiros (vento, correntes, ondas e marés), levantamento topográficos (perfis de praia), imagens de satélite e análises sedimentológicas. E como objetivo específico o monitoramento deste litoral, para verificar a manutenção de uma tendência erosiva ou progradacional após a construção de gabiões para contenção da erosão na praia de Caiçara do Norte, bem como de verificar a influência das feições de fundo da plataforma interna adjacente ao pólo petrolífero de Guamaré.

Esse tipo de estudo visa obter informações detalhadas, no tempo e no espaço, sobre a evolução recente da zona costeira, possibilitando assim o fornecimento de subsídios para medidas efetivas de proteção ambiental.

1.2 - LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO:

A área em estudo está inserida nos limites dos municípios de São Bento do Norte e Caiçara do Norte (Fig. 1.1), estando localizada entre os paralelos 04°55' S e 05°06' S, e os meridianos 35°59' W e 36°06' W. O acesso até a área pode ser realizado pela rodovia federal BR-406 até o município de João Câmara e posteriormente em rodovia estadual RN-120, até a sede dos municípios de São Bento do Norte e Caiçara do Norte, distante estes cerca de 157 km de Natal, a capital do Estado do Rio Grande do Norte.



1.3 - JUSTIFICATIVA:

A região de São Bento do Norte/Caiçara do Norte está inserida em uma linha de costa submetida à ação contínua dos ventos alísios, que sopram predominantemente de E e NE. A maneira pela qual estes ventos atingem o continente, pode influenciar mudanças na morfologia costeira. Os ventos alísios atuam de duas formas importantes nesta área: (1) gerando o mecanismo da deriva litorânea, responsável pelo transporte das areias do litoral de leste para oeste; e (2) transportando as areias depositadas na face de praia para o interior do continente, resultando na formação das dunas costeiras. Com o tempo, parte destas dunas migra para o interior do continente, avançando sobre a cidade de São Bento do Norte. Estes sedimento que estão sendo transportados para São Bento do Norte, não estão sendo remobilizados para as áreas vizinhas, o que contribui para a falta de sedimentos na praia de Caiçara, sendo esta refletida na forma de erosão. Ou seja, as perdas são maiores que as contribuições (Vital 2000). Esta característica erosiva identificada na cidade de Caiçara pode ser melhor compreendida, quando se observam as mudanças de comportamento ao longo dos anos. Com base em fotografias aéreas (1968/1989), imagens de satélite (1989/2000) e mapas geológicos (Caldas, 1996), Tabosa (2000), analisou o comportamento da morfologia costeira, identificando alguns aspectos importantes como a modificação do contorno da linha de costa, mudança nas feições do campo de dunas e na direção dos cordões de dunas, com base nestes elementos, se observou que tanto na praia de São do Bento do Norte, quanto na praia de Caiçara do Norte as mudanças da morfologia praial foram bastantes significativas, a própria linha de costa atual sofreu um

recuo de 200 a 250 m em vinte anos. A direção geral dos campos de dunas apresentou oscilações sazonais ao longo dos anos. Estas modificações contribuíram para acentuar os problemas erosionais existentes na região e são responsáveis (em parte) pela morfologia da atual linha de costa. Pelo fato da cidade de Caiçara estar localizada mais próxima ao mar, os efeitos destrutivos da erosão se tornam ainda mais evidentes nesta área.

Todavia, além da variação contínua no balanço sedimentar, os movimentos tectônicos aparentam um outro fator significativo para a instabilidade da área. A presença de eventos neotectônicos, geralmente resultantes de reativações de lineamentos estruturais brasileiros, é descrita para este litoral por alguns autores, onde alguns destes aspectos podem ser identificados a seguir:

- 1) existe uma relação entre a geometria do litoral de Caiçara do Norte e São Bento do Norte com a direção da Falha de Carnaubais (Caldas 1996).
- 2) datações C14 em *beachrocks* e terraços marinhos soerguidos (Bezerra *et al.* 1998).
- 3) uma antiga linha de costa é evidenciada pela presença na atual planície deltaica (Silva 1991; Fonseca 1996).
- 4) existência de uma compartimentação do litoral norte, entre a Ponta do Mel e a Ponta dos Três Irmãos, como consequência do par conjugado definido pelas falhas de Afonso Bezerra e de Carnaubais (Fonseca 1996 e 1997); (Fig. 1.2).
- 5) Vital *et al* (no prelo) avaliando a morfologia e geologia do fundo submarino na plataforma continental adjacente a São Bento e Caiçara do Norte concluem que a forte erosão presentemente atuante nas praias destas cidades é causada por movimentos tectônicos na região.

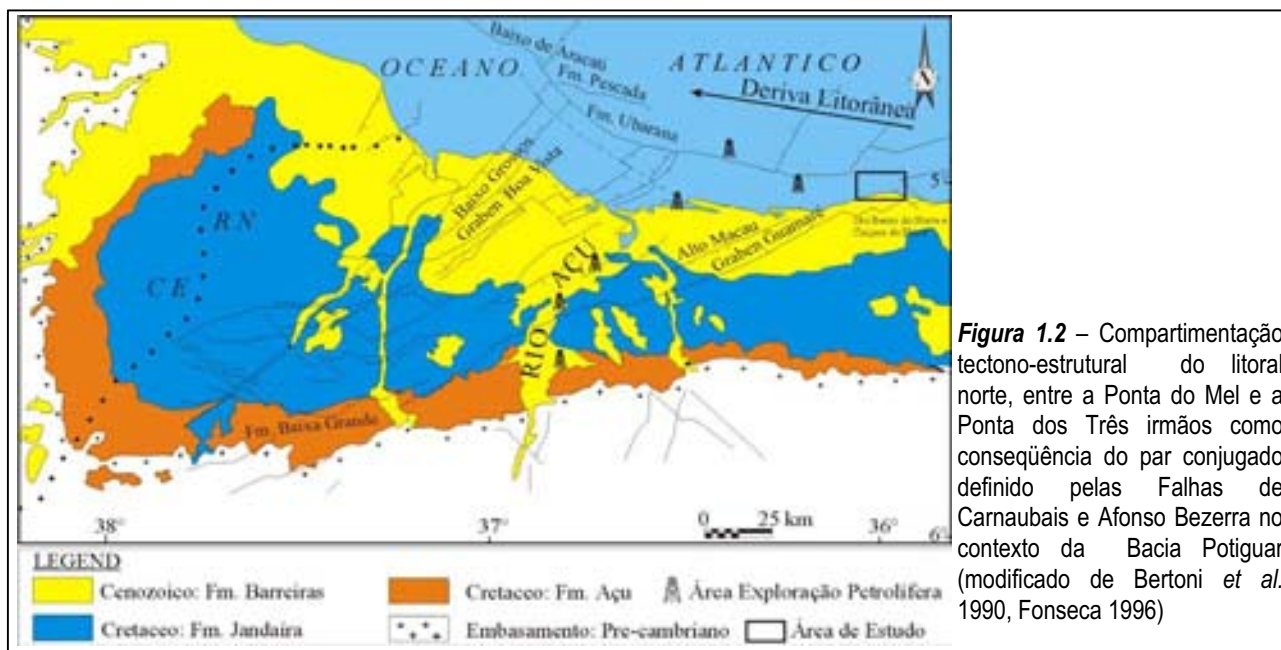
O monitoramento aqui desenvolvido, foi proposto inicialmente em função dos fatores erosivos acima citados, localizados em Caiçara do Norte, visando fornecer conhecimento dos aspectos mais importantes da erosão costeira, bem como dos principais mecanismos, de forma a coibir a construção de obras de engenharia (gabiões) que vem sendo construídas aleatoriamente, sem o planejamento adequado. É de conhecimento na literatura (Charlier & DeCroo, 1992; Clark, 1998; Komar, 1998, p. ex.) que estruturas para estabilização de praias, em geral, iniciaram ou agravaram a erosão em áreas costeiras. Além disso, a construção destas estruturas envolve recursos financeiros elevados e que, se construídas sem um monitoramento prévio, pode causar problemas erosionais mais severos.

Entretanto, no desenvolver desta pesquisa, foi possível visualizar pela primeira vez, em macroescala, a partir da análise da imagem LANDSAT-TM de 2000, associado a trabalhos de campo *in situ*, a distribuição das feições de fundo submarino até a isóbata de 25 metros (Capítulo 3, Figura 03 e 04). As feições de fundo observadas diferiam daquelas observadas nas cartas náuticas existentes e não eram visíveis nas imagens de satélite disponíveis até então. Sendo digno de nota um alto topográfico submerso, com cerca de 5 metros de altura, 1 km de largura e mais de 24 metros de extensão, localizado na

plataforma interna em frente a São Bento do Norte. A leste de São Bento esta feição é paralela à atual linha de costa, com direção preferencial E-W, enquanto a oeste deflete para SW. Como as correntes de deriva litorânea na área fluem de leste para oeste, sedimentos siliciclásticos são aprisionados por este alto. Estas feições coincidem com o *trend* do sistema de falhas de Carnaubais (Vital *et al.*, 2001).

Estes dados sugeriam que as feições geomorfológicas observadas no fundo marinho, exerciam um papel importante no controle dos processos sedimentares e oceanográficos, bem como na evolução costeira desta região do Estado do RN, que afetavam diretamente a região do pólo petrolífero de Guamaré. Reconhecida pela PETROBRAS (UN-RNCE) a importância das feições observadas para a área do petróleo, a área de estudo do projeto MAMBMARE, inicialmente tendo como limite leste o município de Galinhos, foi ampliada passando a ter como limite leste o município de São Bento do Norte, e por conseguinte passando a ser objeto de estudo desta pesquisa.

Desta forma, a pesquisa aqui apresentada visa suprir esta lacuna, contribuindo para um melhor conhecimento dos processos atuantes na região, para dar suporte à medidas de proteção costeira e ambiental para as cidades de São Bento do Norte e Caiçara do Norte, bem como para entender como os processos geológicos e oceanográficos atuantes nesta área, estão influenciando nas características geoambientais do pólo petrolífero de Guamaré.



1.4 - ASPECTOS FISIAGRÁFICOS E SÓCIO-ECONÔMICOS

A região Nordeste do Brasil, representa cerca de 18,26% de todo o território nacional. A maior parte deste território é constituída por extensas planícies, com particularidades físicas variadas (clima, relevo, vegetação e hidrografia), estas condições são realizadas de acordo com cada ambiente de domínio.

A região Nordeste pode ser sub-dividida em quatro sub-regiões: zona da mata, agreste, sertão e polígonos da seca.

A região que serviu de base para elaboração deste estudo está inserida nos domínios da região Nordeste do Brasil, no litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte. Esta região encontra-se alojada nos domínios da meso-região central do RN e na área de influência da microregião Macau. Esta área é um importante marcador da zona de transição entre as sub-regiões agreste e sertão (Marinho & Noronha 1991). A micro-região de Macau possui uma população estimada de 322.048 habitantes, distribuídas pelos municípios de Macau, Guamaré, Galinhos, São Bento do Norte e Caiçara do Norte.

Esta micro-região possui um papel importante no desenvolvimento sócio-econômico do Estado, por concentrar boa parte da economia, como a produção de petróleo, gás natural e praticamente todo o sal comercializado e produzido no Estado.

Para um melhor entendimento das condições ambientais da área estudada, estão descritas abaixo as principais características fisiográficas da região.

1.4.1 – Clima:

Os principais fatores que influenciam o clima da área estão ligados ao seu posicionamento geográfico, condicionado por um clima típico de regiões do semi-árido mediano (Köpen 1981), este tipo de clima é caracterizado por apresentar uma grande diversificação quanto à umidade, correspondendo a uma ampla área do clima tropical quente. Caracteriza-se por apresentar duas estações pluviométricas bem definidas: um período de seca (que varia de agosto a dezembro), quando a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) se afasta da costa, provocando a ausência de chuvas e surgimento de ventos mais fortes; uma estação chuvosa (ocorrendo de janeiro a abril, sendo que sua maior incidência ocorre nos meses de março a abril), que está associada com o deslocamento para sul da ZCIT e formação de ventos mais brandos (disponível na internet site: <http://www.pppg.ufba.br/lec/dunas.htm>). A pluviometria anual é baixa e irregular, atingindo uma média de aproximadamente 601.8mm/ano (IDEMA 1999; NATRONTEC 1995; Jimenez *et al.* 1999; Testa & Bosence 1999).

1.4.2 – Ventos:

Os ventos são os principais responsáveis pela dinâmica costeira. O seu papel não se restringe à geração das ondas e, por conseqüência, das correntes litorâneas. Após, por ação das ondas e correntes, a areia depositada na praia é exposta ao ar, seca e é movimentado pelos ventos, reiniciando seu transporte por saltação ou arraste. A areia, grande quantidade, é movimentada ao longo das linhas de

costa. Quando os ventos sopram do mar acabam por levar a areia da praia a construir os campos de dunas. A orientação dos campos de dunas retrata a direção dos ventos dominantes na região costeira. Na costa nordeste é visível a influência dos ventos alísios de NE, ao norte do Cabo Calcanhar (Capítulo 4 Fig. 4.16)

Na região de São Bento do Norte (RN), os meses de março a junho de 2000 os ventos apresentam-se mais brandos, com uma média mensal de 4,8 m/s, enquanto nos meses de agosto a dezembro, os ventos são mais fortes, podendo atingir até uma máxima de 9 m/s e mínima 0,7m/s. A direção média geral dos ventos oscila entre 230 e 240°Az (Tabosa *et al.* 2001) . Os ventos e as chuvas na região estão influenciados por um regime tipicamente tropical úmido, sendo que a direção dos ventos é mais ou menos constante tendo em vista o seu posicionamento no Atlântico Sul (Dominguez *et al.* 1992, Husted 2000).

De acordo com os dados estatísticos para a região de São Bento do Norte - Guamaré (RN), os ventos apresentam uma velocidade média anual de 6,2 m/s (NATRONTEC/ECOPLAN 1995, Costa Neto 1997, Tabosa 2000), provenientes principalmente de leste, entre os meses de agosto a abril, e de nordeste, nos meses de maio a julho. Nos meses de março a junho, os ventos apresentam-se mais brandos, com uma média mensal de 4,8 m/s, enquanto nos meses de agosto a dezembro, os ventos são mais fortes, podendo atingir até 9 m/s e mínima (0,7 m/s em abril), durante o inverno (Fig. 1.3).

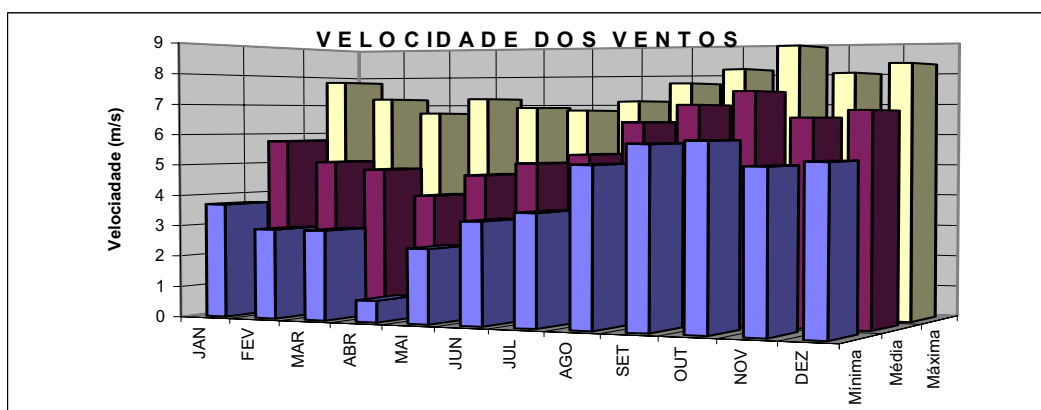


Figura 1.3 - Direção do vento medida em Guamaré - RN (Petrobras, Atividade Marítima do E&P RN/CE) ao longo do ano, no período de janeiro/93 a abril/95 (Estação Meteorológica de Macau - DNMET, NATONTEC/ECOPLAN 1995; Compilado de Tabosa 2000).

1.4.3 - Temperatura:

A temperatura é amena com oscilações em torno de 26,5°C de média anual, e amplitudes anuais em torno de 5°C. A umidade relativa do ar normalmente apresentando-se em patamares iguais ou superiores a 68% (IDEMA 1999).

1.4.4 – Relevo:

O relevo da região estudada é marcada pela Planície Costeira e Superfícies Aplainadas (Villaga 1991). Essa unidade inclui os campos de dunas sobrepostas aos tabuleiros costeiros e as planícies marinhas e flúvio-marinhas quaternárias. No geral, são superfícies planas a suavemente onduladas com declives de até 5%, exceto próximo aos cordões de dunas onde estes são consideravelmente mais acentuados, podendo atingir até 13 m de altura.

Este tipo de relevo apresenta-se como áreas bastantes complexas (Prates *et al.* 1981) resultantes principalmente da interação de diversos elementos naturais como clima, litologia, correntes litorâneas etc. A interação entre os elementos naturais pode influenciar na variação de ambientes costeiros tais como: zona de estirâncio, recifes praias, planície de deflação, campos de dunas e estuário.

1.4.5 – Hidrografia:

A bacia hidrográfica da área é constituída principalmente por rios pequeno porte (cerca de 10 a 20 km de extensão), orientados preferencialmente na direções NW e NE (Riacho do Cabelo, Riacho da Jurema). Tratam-se de rios de caráter intermitente, que normalmente desembocam em lagoas interdunares, não chegando a atingir o mar. A presença de inúmeros lagos na região deve-se à existência, quase constante, de campos de dunas ao longo do litoral, que atuam como captadores e reservatórios naturais de água potável (Tabosa 2000).

1.4.6 – Vegetação:

A vegetação mais comum observada na área é representada, principalmente, pelas seguintes variedades: caatinga hiperxerófila, com abundância de cactáceas e plantas de porte mais baixo e espalhadas. Entre outras espécies destacam-se jurema preta, mufumbo, faveleiro, marmeleiro, xique-xique e facheiro. Próximo às dunas, a representação arbórea volta a predominar até onde uma cobertura vegetal rasteira assume as características do ambiente litorâneo, composta por vegetação fixadora de dunas, árvores de pequeno porte, gramíneas e ciperáceas, destacando-se, a salsa de praia, a *Remirea maritica*, o coqueiro e o cajueiro (Tabosa 2000).

1.4.7 – Economia:

Pode-se dizer que o desenvolvimento sócio-econômico na região está fortemente atrelado às atividades artesanais pesqueiras, bem como à produção agropecuária de subsistência restritas a pequenas propriedades rurais, que utilizam em sua maioria a mão de obra familiar para o plantio de feijão, milho, batata e a extração da castanha de caju, coco e sisal.

As atividades econômicas que vêm tomando grande impulso nos últimos anos no nosso litoral são marcadas pela expansão do turismo, exploração de petróleo e gás natural, bem como a implantação de grandes fazendas de camarão (carcinocultura). Este tipo de atividade vem propiciando a geração de empreendimentos de grande porte em praticamente toda a costa do Estado. Entretanto, o sistema de licenciamento para implantação destas empresas, deveria ser melhor avaliado. Visto que inúmeros empreendimentos estão surgindo em toda a nossa costa e até o momento pouco se conhece dos efeitos que poderão ser gerados com o crescimento acelerado desta atividade, no contexto do nosso ecossistema. Não é que esta atividade deva ser inibida, mais sim, que se tenha um acompanhamento sistemático para que esta concentração de empresas não traga danos irreversíveis ao ecossistema local.

1.5 - CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A Bacia Potiguar situa-se no extremo leste da Margem Continental Brasileira. Compreende uma parte emersa e outra submersa, ocupando grande parte do Estado do Rio Grande do Norte e uma pequena porção do Estado do Ceará. Geologicamente, limita-se a sul, leste e oeste pelo embasamento cristalino, sendo que o Alto de Fortaleza, a oeste, define seu limite com a Bacia do Ceará. Sua área, até a isóbata de 3.000m, alcança 119.295 km², sendo 33.200 km² (27,8%) emersos e 86.095 km² (72,2%) submersos. A Bacia Potiguar é atualmente a segunda região produtora de petróleo do País, atrás somente da Bacia de Campos, com produção na bacia de 110 mil boe/dia (disponível na internet site: <http://www.brazil-round3.com/round3/pdocs/pbacias/ppot/ppotframe.htm>)

1.5.1 - Litoestratigrafia da Bacia Potiguar:

A Bacia Potiguar é representada como pertencente ao Sistema de Riftes do NE brasileiro (Matos 1987,1992; Fig. 1.4). Este modelo equivale aos que formam as Bacias do Recôncavo, Tucano, Jatobá, Araripe, Rio do Peixe e Sergipe-Alagoas, embora que esta bacia apresente particularidades bem definidas (Neves 1987), marcadas por uma tectônica representada por um modelo tipo *pull-apart* para sua porção submersa, enquanto, na emersa, tem-se evidenciado um sistema de rifts tipo intracontinental. Três estágios tectônicos ocorreram no registro estratigráfico da Bacia Potiguar: rifts, transicional e driftes (Fig. 1.5), e associados a estes, três seqüências deposicionais: continental, transicional e marinho (Souza 1982). Para caracterizar a Bacia Potiguar foi utilizado o modelo proposto por Araripe & Feijó (1994), que organizaram os litotipos da Bacia Potiguar segundo três unidades principais, ordenadas da base para o topo, como: Grupo Areia Branca, Apodi e Agulha.

O Grupo Areia Branca é constituído pelas formações Pendências, Pescada e Alagamar, separadas por discordâncias, sobrepostas ao embasamento cristalino discordante.

O Grupo Apodi agrupa os litotipos da Formação Açu e as rochas carbonáticas da Formação Jandaíra, além das formações Ponta do Mel e Quebradas.

O Grupo Agulha, segundo Araripe e Feijó (1994), é caracterizado como sendo de idade Neocampaniano-Holoceno, sendo composto pelas formações Ubarana, Guamaré e Tibau.

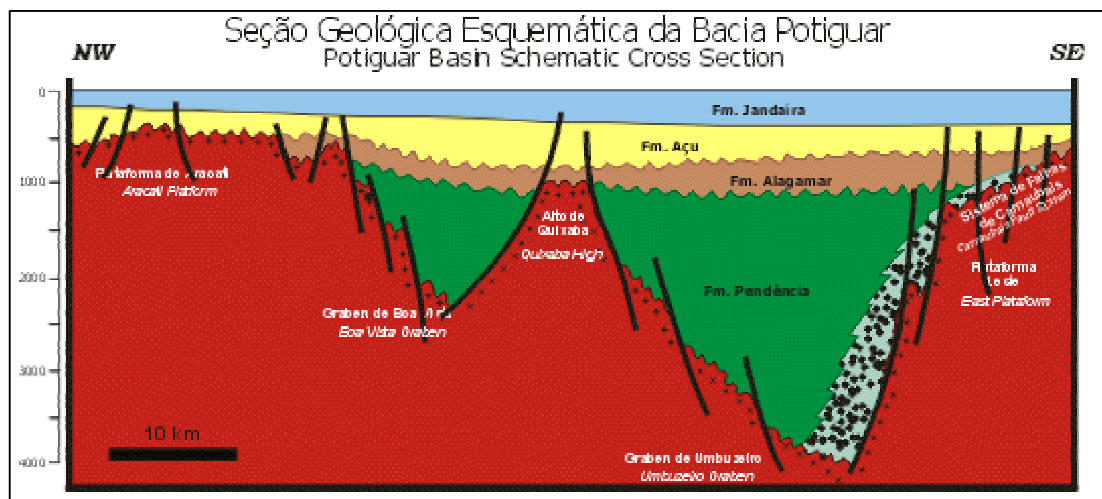


Figura 1.4 - Evolução tectono-sedimentar, estilo estrutural e habitat do petróleo na Bacia Potiguar - Brasil - SINTEX-I - Seminário de Interpretação Exploratória-PETROBRAS-DEPEX - p. 87-96, maio 1989, Rio de Janeiro). Matos, R. M. D, 1987. (In Bertani, R. T., Costa, I. G., Matos, R. M. D).

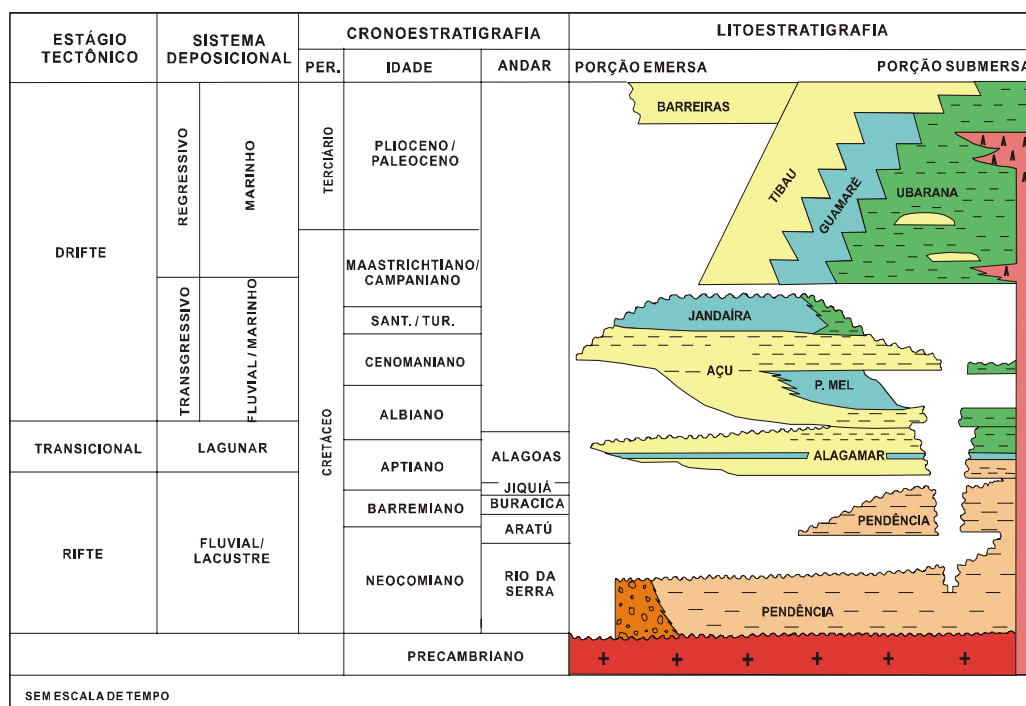


Figura 1.5 - Carta estratigráfica e evolução tectono-sedimentar da Bacia Potiguar (Souza, 1982 modificado por Bertani *et al.* 1990)

1.5.2 – Geologia da Área Estudada:

O arcabouço geológico da Bacia Potiguar, segundo Bertani *et al.* (1990) é constituído por três feições estruturais principais: *grabens*, altos internos e plataformas do embasamento, as quais sustentam seqüências sedimentares desde o Neocomiano até o Terciário.

Dentro deste contexto, podemos condicionar a geologia da área estudada a dois grandes domínios, um ambiente marcado pela plataforma continental e outro descrito como ambiente costeiro. O ambiente costeiro foi objeto de estudos de Caldas (1996) e Tabosa (2000), e serviu de base para o estudo de dinâmica costeira desenvolvido neste trabalho.

A região de estudo é marcada basicamente pelos litotipos da Bacia Potiguar, que repousam sobre um embasamento cristalino de idade pré-cambriana (Souza 1982, Araripe e Feijó 1994).

Esses depósitos holocênicos são constituídos por arenitos praias consolidados, pobremente selecionados, de granulometria grossa a fina, com cimentação carbonática e estes estão distribuídos ao longo de toda a linha de costa. Os arenitos semi-consolidados podem ser observados tanto nos terraços antigos, como também, formando terraços aflorantes nas bordas dos canais, ou sotopostos às areias holocênicas. Apresentam uma matriz composta por areias de granulometria grossa a fina, podendo apresentar também fragmentos de conchas e cimentação carbonática. Em geral estes depósitos ocorrem em regiões costeiras bastante retrabalhadas e marcadas por eventos erosionais, que propiciam a formação dos seguintes sedimentos: areias praias mal selecionadas, areias praias e eólicas, areias eólicas de granulometria fina a média, vasas arenosas orgânicas e/ou argilo-arenosas orgânicas.

Caldas (1996) descreve para a região de São Bento do Norte e Caiçara do Norte, nove domínios litoestratigráficos que são representados por aluviões, banco de arenitos, concheiros, depósitos de planície de maré, depósitos de praia, dunas móveis, paleocordões arenosos, paleodunas e paleodunas descaracterizadas:

⇒ **Aluviões:** Depósitos distribuídos ao longo das margens e canais de drenagens. São formados por sedimentos areno-argilosos, de coloração variada e pouca matéria orgânica.

⇒ **Banco de Arenitos:** São formados por depósitos que apresentem estruturas deposicionais, geometria e aspectos petrográficos marcados por um sistema deposicional de praia. Em geral, as rochas são constituídas por arenitos quartzosos com restos de bioclastos, apresentando uma granulometria variando de areia muito fina a grânulos e com estruturas sedimentares do tipo estratificação cruzada acanalada e tabular.

⇒ **Concheiros:** São marcados por concentrações de conchas, principalmente bivalves e gastrópodes, provenientes da ação marinha, embora tenha sido registrada a presença de concheiros artificiais presentes na Ponta dos Três Irmãos, sendo estes marcados por zonas de caráter esféricos com até 3 metros de diâmetro por 0,60 metros de altura.

⇒ **Depósitos de Planície de Maré:** São marcados por "depressões" naturais que, em períodos de inverno, transformam-se em lagoas. Os sedimentos apresentam granulometria tipo silte-argila, de coloração cinza e com grande quantidade de matéria orgânica, geralmente estes sedimentos podem ocorrer recobertos por uma fina camada de cloreto de sódio.

⇒ **Dunas Móveis:** Encontram-se localizadas por toda a faixa litorânea e principalmente na porção nordeste. São representadas por cordões de frente de dunas com direção preferencialmente N-S e com forma barcanóide. Em geral, as dunas são compostas por areias quartzosas, de coloração esbranquiçada e bem selecionadas.

⇒ **Depósitos de Praia:** Estes depósitos estão presentes, principalmente, na zona de estirâncio. São formados essencialmente por areias quartzosas com granulometria variando desde areia muito fina até muito grossa, sendo rica em bioclastos e, algumas vezes minerais pesados.

⇒ **Paleocordões Arenosos:** São marcados pela presença de cristas paralelas e aproximadamente retilíneas. Suguio (1992) descreve esta unidade como acumulações alongadas, em geral de composição arenosa, por vezes, cascalhosa ou conquífera, orientadas paralelamente a paleolinhas praiais e separadas entre si por depressões. Em geral estes litotipos são resultantes da ação de ondas de tempestades, correntes e marés, constituídos de zonas progradacionais.

⇒ **Paleodunas:** Estas feições ocorrem na porção basal das dunas móveis. São constituídas por areias quartzosas, de coloração amarelada e granulometria variando de areia fina até areia média, com grãos sub-arredondados a angulares.

⇒ **Paleodunas Descaracterizadas:** Estas feições ocorrem predominantemente na área, são compostos por areias quartzosas de granulometria média a fina, de coloração branca a amarela, moderadamente selecionadas. Estas areias ocorrem associadas a alguma matéria orgânica (folhas, raízes *etc.*). Estes sedimentos podem ser correlacionados aos sedimentos da Formação Potengi de Villaça *et al.* (1991), que caracterizou como sendo produto da ação eólica, posterior a deposição do Barreiras.

De acordo com as descrições de Tabosa (2000), a plataforma marinha adjacente à região de São Bento do Norte e Caiçara do Norte, encontra-se formada por quatro domínios litoestratigráficos que compõem os sedimentos de fundo, distribuídos segundo os fácies: **Areias Litoclásticas, Areias Litobioclásticas, Cascalho e Areias Biolitoclásticas** e sedimentos do **Grupo Barreiras**.

MÉTODOS UTILIZADOS

2.1-INTRODUÇÃO:

Com o fim de melhor compreender a dinâmica costeira da área pesquisada foram utilizadas técnicas básicas de estudos geomorfológicos, morfotectônicos, sedimentológicos e oceanográficos baseadas nos trabalhos de Folk & Ward (1957), Wright & Short (1984) e Muehe (1996). Para uma melhor visualização da metodologia utilizada, abaixo segue o fluxograma de estudos aplicado a esta pesquisa (Fig. 2.1):



Figura 2.1 – Fluxograma aplicado à pesquisa integrando as atividades desenvolvidas ao longo do mestrado para a Região de São Bento do Norte e Caiçara do Norte.

2.2-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA:

A revisão bibliográfica foi utilizada durante todo o desenvolvimento do estudo, visando a fundamentação teórica dos assuntos referentes ao tema em questão, explorando principalmente os aspectos geológicos, geomorfológicos, estruturais, sedimentológicos, e oceanográficos, tanto de âmbito regional quanto local. Para isto foram consultados dissertações, teses, páginas eletrônicas, relatórios, livros e periódicos especializados, bem como selecionado todo o material cartográfico disponível referente à área em apreço.

2.3 - UTILIZAÇÃO DO SENSOREAMENTO REMOTO E PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS:

Nesta etapa foram utilizados métodos tradicionais de aerofotogrametria e processamento digital de imagens para identificação das diversas unidades de paisagem (morfologia costeira, áreas urbanas, ação antrópica, solo e geologia), que possibilitassem a análise das mudanças ocorridas na área.

Foi efetuada a interpretação de fotografias aéreas do Projeto C7-SUDENE, em escala de 1:40.000, dos anos de 1950 e 1968 (rolo 02, faixa C7, fotos 418 a 421 e rolo 92, faixa D7, fotos 887 a 889); e análise das imagens de satélite: LANDSAT-5TM de 02/08/1998 e LANDSAT-7ETM+ de 12/06/2000 (cena 215/064, bandas 1 a 7), bem como interpretação e identificação dos elementos da paisagem, através da utilização da carta topográfica SB-24-X-D-III (Folha Jandaíra), em escala de 1:100.000 (SUDENE 1968) e carta náutica DHN-700, em escala 1:316.220 (MINISTÉRIO DA MARINHA 1967/1972);

Composições coloridas em RGB, razão de bandas, métodos de índices (NDVI e NDWI) e análise por principais componentes (PC's), entre outros, foram os principais processamentos digitais de imagem empregados (cap. 3, figs. 3 e 4), utilizando-se o programa ErMapper v.5.5 (*Earth Resource Mapping Pty Ltd.*) pertencente ao Laboratório de Geoprocessamento do Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

2.4 TRABALHOS DE CAMPO:

Os trabalhos foram desenvolvidos tanto em áreas emersas quanto submersas, ao longo de quatorze meses (06/2001 a 08/2001). A localização de todos os dados coletados nesta etapa foi obtida através de aparelhos de posicionamento global (GPS - *Global Positioning System*), marca Garmin, 12 canais e Etrex 12 canais, referenciadas com base nas coordenadas UTM (*Universal Transverse Mercator*), datum Córrego Alegre.

2.4.1- Determinação do Perfil de Praia e Sua Variabilidade:

Seis perfis de praia foram monitorados durante os quatorze meses, em períodos de baixa-mar das marés de sizígia (lua cheia), ao longo da faixa litorânea das praias de São Bento do Norte e Caiçara do Norte (Fig. 2.2). A determinação dos perfis de praia foi feita através do nivelamento topográfico por meio de nível (N1025 - AUSJENA), mira topográfica de 4,0 m de comprimento, trena e piquetes (Fig. 2.3).

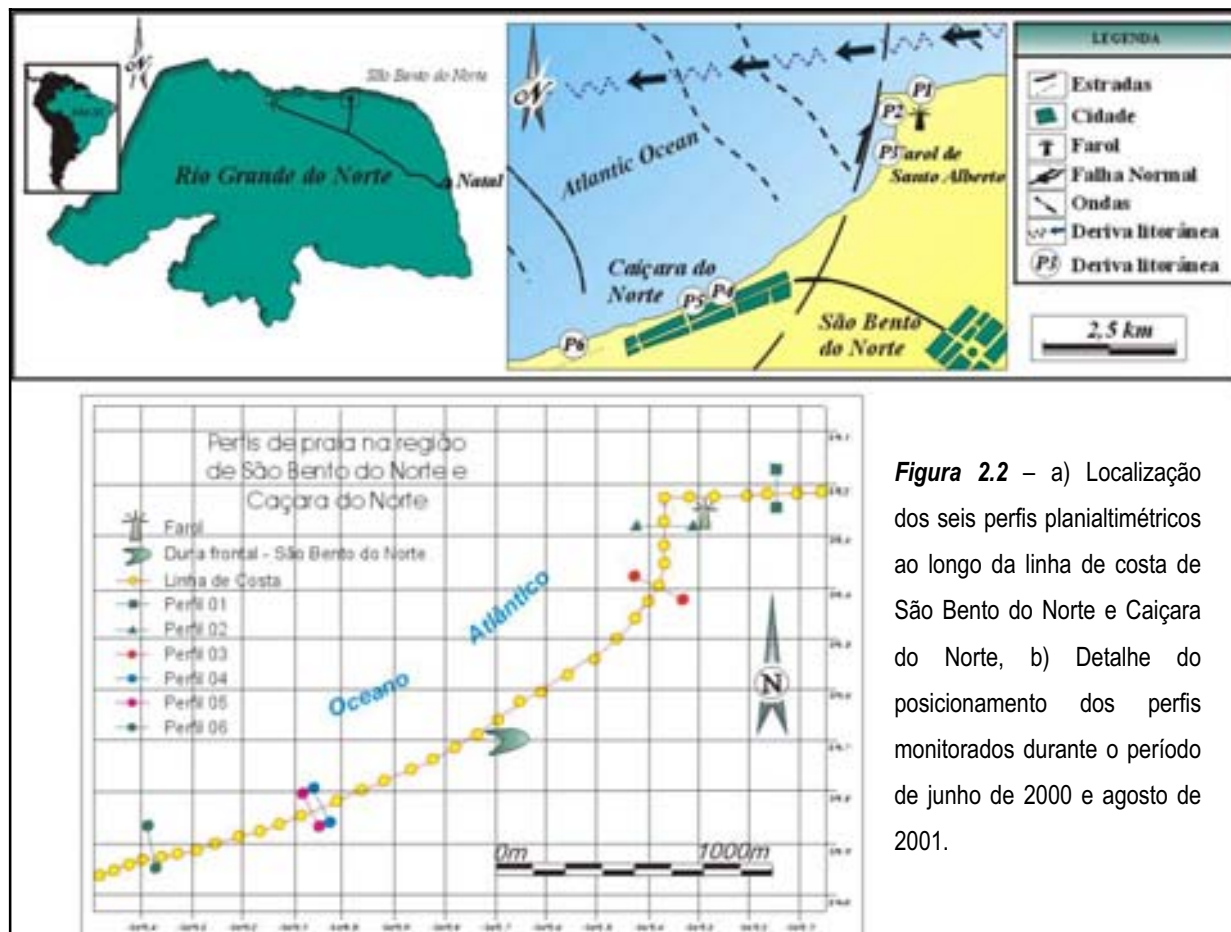


Figura 2.2 – a) Localização dos seis perfis planialtimétricos ao longo da linha de costa de São Bento do Norte e Caiçara do Norte, b) Detalhe do posicionamento dos perfis monitorados durante o período de junho de 2000 e agosto de 2001.

O levantamento foi realizado a partir de um ponto inicial fixo, escolhido previamente e posteriormente locado em campo, no início do pós-praia. Todos os perfis foram posicionados perpendicularmente à linha de costa, a partir de um azimuth constante durante toda a pesquisa. A extensão dos perfis monitorados alcançou a maior distância possível mar a dentro, de acordo com a altura do portador da mira, incluindo desde a pós-praia até a zona de arrebentação.

A avaliação da quantidade de material remanejado em cada perfil foi feita utilizando-se os conjuntos de levantamentos topográficos mensais. Uma vez estabelecidos os perfis de praia, pôde-se determinar a volume de areia deslocada (deposição/erosão), ao se calcular graficamente a área sob cada perfil. A variabilidade de cada perfil foi estabelecida através do cálculo do volume de areia, multiplicando-

se o valor de sedimento calculado na área, por 1 m, obtendo-se assim o volume de areia por metro linear de praia, expresso em metros cúbicos.

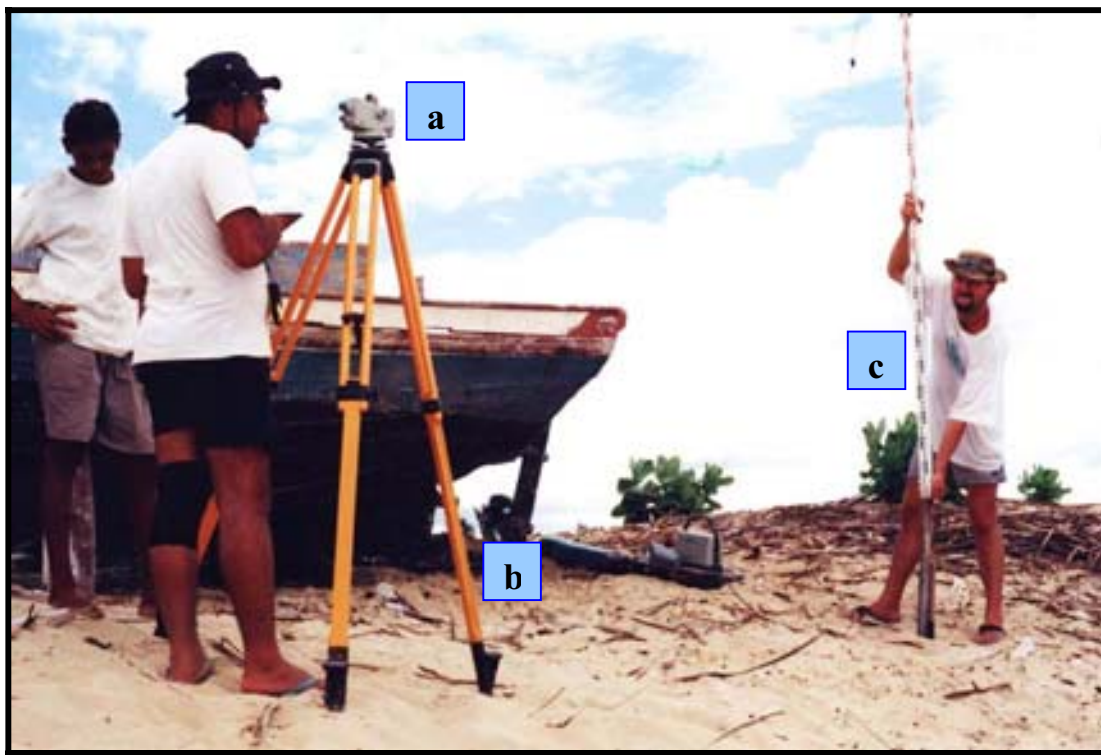


Figura 2.3 - a)Nível topográfico (N1025 - AUSJENA), b) Tripé regulável, c) Mira - régua graduada com 4,0 metros de comprimento. Estes equipamentos pertencem ao Grupo de Pesquisa em Geologia e Geofísica Marinha e monitoramento Ambiental – GGEMMA da UFRN e foram utilizados para o levantamento de perfis de praia (Foto - perfil 6, dia 08/04/2001, 11:48hs, foto do autor).

2.4.2 - Amostragem (áreas emersas e submersas):

De modo a possibilitar o estudo da relação da forma topográfica com a granulometria, os sedimentos amostrados foram coletados na camada mais superficial possível, para caracterizar o estrato formado no momento da coleta. Foram coletadas 3 amostras em cada perfil de praia, assim distribuídas: zonas de Pós-praia (Pp), Estirâncio (Es) e Antepraia (Ap).

Para coleta de amostras de sedimentos da superfície do fundo marinho foi utilizada uma draga leve, pontual, tipo *van-veen*. Neste caso, a coleta de amostras foi limitada a locais de mudança de textura nas imagens de satélite ou nos sonogramas.

Foram coletadas 252 amostras na área emersa e 10 amostras na área submersa. Cada amostra foi acondicionada em sacos plásticos, devidamente etiquetados, com local, data e hora da amostragem.

2.4.3 - Determinação de Dados Hidrodinâmicos (parâmetros de onda e correntes):

A avaliação da altura, período e direção de incidência das ondas sobre a linha de costa foi feita a partir de observação direta, para cálculo do transporte de sedimentos e caracterização geomorfológica da praia. Estes dados foram coletados no mesmo período do levantamento topográfico, sempre durante a preamar, tendo-se o cuidado de registrar a hora inicial e final da determinação do dado, altura da maré da data de coleta e o local de observação (Anexo 02).

Determinação da altura da onda na arrebentação (H_b):

É o parâmetro que representa a energia da onda, sendo fundamental na quantificação dos processos costeiros. Essa observação é feita por estimativa, devendo sempre procurar eliminar as ondas mais freqüentes e as mais elevadas, buscando caracterizar a altura significativa, estatisticamente definida como sendo a média das alturas das ondas (Cunha & Guerra 1996).

Com o auxílio de uma régua graduada foram realizadas as medidas de observações da altura de onda (Fig. 2.4a). Esta contagem foi repetida doze vezes. Ao término das leituras eram eliminados o maior e o menor valor, permanecendo apenas dez medidas que foram utilizadas como média.

Determinação do período de onda (T):

O período é o intervalo de tempo, medido em segundos, para a passagem de duas cristas de onda sucessivas através de um mesmo ponto fixo. Para determinação do período médio, o observador deve cronometrar a passagem de 11 cristas e dividir o resultado por 10. Para a observação a partir da praia, pode-se utilizar a zona de arrebentação como ponto fixo, e efetuar a contagem de cada onda no momento da arrebentação (Cunha & Guerra 1996).

Determinação do ângulo de incidência das ondas (α_b) e tipo de onda:

O objetivo desta observação é medir o ângulo que as ondas fazem entre a arrebentação e a zona de espraiamento da onda na face da praia. Com uma bússola, mediu-se o ângulo de incidência das ondas, que representa a chegada das ondulações na linha de praia (Fig. 2.4b). Observou-se ainda o tipo de arrebentação existente próximo à costa que poderia variar de mergulhante, deslizante, frontal ou ascendente.

Determinação da velocidade e sentido das correntes, e velocidade do vento:

Verifica-se ainda a direção do vento em cada perfil e declividade do terreno na região do estirâncio (Fig. 2.4c).

Para caracterizar a velocidade e sentido das correntes, foram posicionados ao longo da linha de praia dois pares de balizas, distantes uns dos outros em 10 m de comprimento por 2 m de largura, resultando numa figura semelhante ao retângulo (Fig. 2.4b). De dentro d'água (fora da área de quebra das

ondas), era lançado um flutuador no alinhamento do primeiro par de balizas. Quando este flutuador passava em frente às balizas um observador acionava um cronômetro e em seguida o observador se deslocava para o segundo par de balizas. Quando o flutuador atingia o alinhamento deste par de balizas o cronômetro era travado e tinha-se então o tempo percorrido pelo flutuador em uma distância de 10m e com isso era possível se calcular a velocidade de deriva litorânea e o sentido da mesma.

$$\text{Vel.} = \Delta s / \Delta t$$

$\Delta s \leftrightarrow$ espaço (metros); $\Delta t \leftrightarrow$ tempo (segundo)



Figura 2.4 – Metodologia adotada durante o trabalho de campo para caracterização dos dados de hidrodinâmica, onde as medições foram realizadas por meio de observações visuais durante o período de 14 meses, durante o estágio de preamar (maré mais alta). Os pontos de observações foram escolhidos em função da área de maior influência e que melhor caracteriza-se a faixa costeira, as áreas selecionadas envolvem os perfis 01 e perfil 06; a) altura das ondas, b) velocidade e direção da deriva litorânea, tipo de arrebentação e incidência das ondas sobre a praia, c) ângulo de inclinação do terreno na zona de estirâncio (declividade do terreno). (Fotografado em 05/07/2001, fotos Zuleide Lima).

2.4.4 - Caracterização do Campo de Dunas:

Monitoramento semestral (08/2000, 03/2001 e 08/2001) da maior duna frontal entre São Bento do norte e Caiçara do Norte, foi realizado através de 5 perfis topográficos (Fig. 2.5), distribuídos nos

quadrantes N-S, NE-SW, e posterior construção de um modelo digital de terreno (MDT) com o programa Surfer 7.

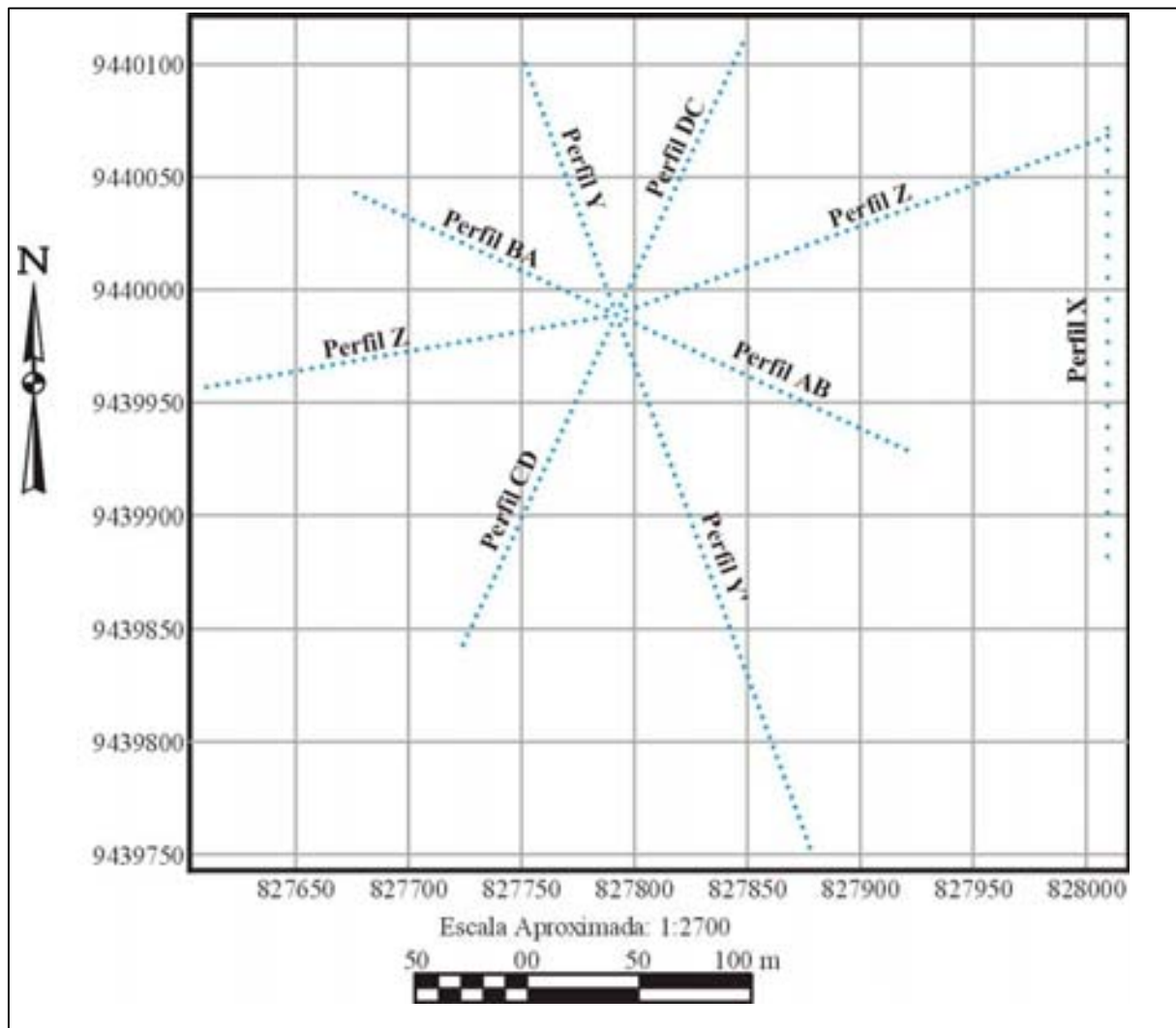


Figura 2.5 – Croquis da distribuição do perfil planialtimétricos sobre a duna de São Bento do Norte, realizado em 19/08/2000, 10/03/2001 e 01/08/2001, para o controle da migração do campo dunas.

2.4.5 - Coleta de dados geofísicos (batimetria e sonografia):

O equipamento sísmico utilizado é um ecobatímetro Hydrotac (resolução de 0,01 m e operando em frequência de 200 kHz); com porta para *side scan sonar* Hydrotac (cobertura de 15 a 20 metros) e GPS acoplados, da Odom Hydrographic System (Fig. 2.6a). Todos os dados obtidos com os perfis batimétricos foram registrados em papel e/ou em meio digital.



Figura 2.6 – Conjunto de equipamentos utilizados na atividade de campo para realização da sísmica de reflexão: a) Registrador “Hydrotac” fabricado pela Odom Hydrographic System

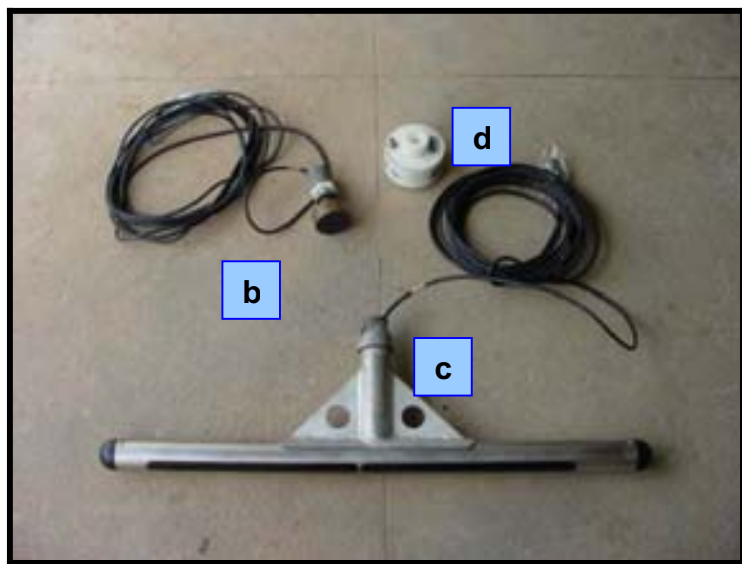


Figura 2.6 (cont.) – b) Sensor do ecobatímetro, c) Sensor do side scan sonar e d) antena do GPS. Os equipamento de sísmica de reflexão adotado, pertence ao Grupo de Pesquisa em Geologia e Geofísica Marinha e Monitoramento Ambiental – GGEMMA do PPGG/UFRN.

2.5 - TRABALHOS DE GABINETE:

Esta etapa consistiu da tabulação, organização, tratamento e processamento dos dados coletados no campo.

2.5.1 - Caracterização dos sedimentos:

As análises granulométricas dos sedimentos foram realizadas no Laboratório de Sedimentologia do Departamento de Geologia (DG) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e no Laboratório de Análises Ambientais do Museu Câmara Cascudo (MCC). O objetivo das análises foi a obtenção dos parâmetros estatísticos dos sedimentos (Anexo 03). Para o cálculo dos parâmetros

estatísticos de distribuição (média, mediana, selecionamento, assimetria e curtose), construção de histogramas e classificação textural, foram utilizados os programas SAG (desenvolvido pela Universidade Federal do Rio de Janeiro), Grapher3 e Microsoft Excel98, onde os resultados foram comparados e classificados segundo os parâmetros propostos por Folk & Ward (1957) e Shepard (1973).

2.5.2 - Análise Granulométrica de Sedimentos:

As análises para o estudo da distribuição granulométrica das amostras seguiram os métodos tradicionalmente utilizados em estudos sedimentológicos. Dentro das características texturais dos sedimentos, os trabalhos foram desenvolvidos num universo de 252 amostras coletadas mensalmente nos perfis estudados, e sempre na região de pós-praia, estirâncio e antepraia.

As amostras coletadas em campo, foram conduzidas ao laboratório onde, inicialmente, foram secas em estufa à uma temperatura de 70°C, por cerca de 24 horas. Em seguida, as amostras foram quarteadas manualmente, com o intuito de se obter uma maior homogeneidade e tornando-as mais representativas possível, e delas foram retirados 100g para o peneiramento úmido (Fig. 2.7a). Neste peneiramento o objetivo principal era separar as frações de cascalho da areia e da lama (silte + argila). Após algumas lavagens, o material (grosso e fino) estava separado e condicionado nas respectivas peneiras de 2,00mm (cascalho) e 0,064mm (lama), em seguida estes sedimentos foram separadas para uma nova secagem. Após a secagem, esse material era pesado e o seu valor corresponderia ao peso dos grãos de textura grossa. A partir deste instante, iniciou-se o processo de peneiramento a seco, cujo o objetivo foi a separação das diversas sub-classes de areia (1,400mm; 1,000mm; 0,710mm; 0,500mm; 0,350mm; 0,250mm; 0,177mm; 0,125mm; 0,088mm e 0,064mm). Este conjunto de peneiras, então, foi transportado ao agitador de peneiras (*rot-up*), onde permaneceu por cerca de 10 min (Fig. 2.7b). Assim, foram separadas todas as frações, e em seguida, pesadas separadamente.

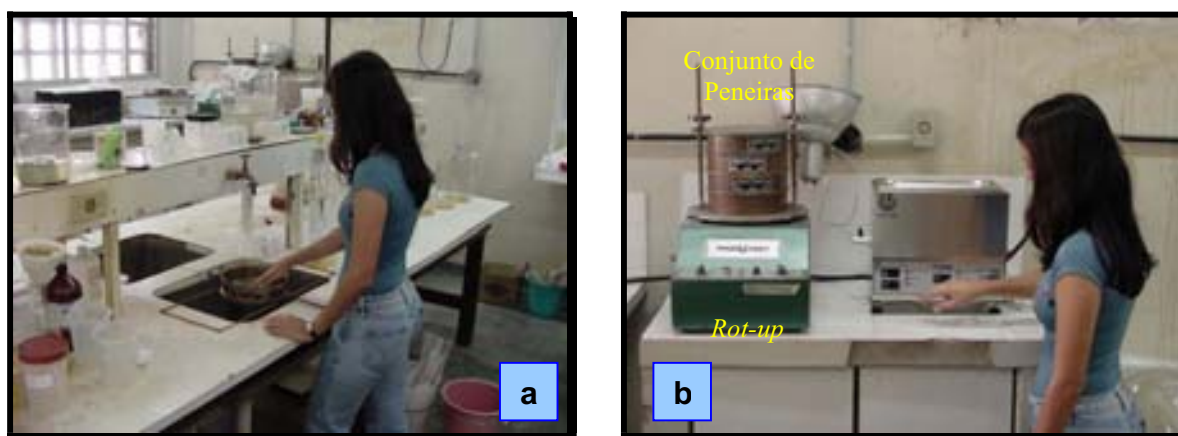


Figura 2.7 – Técnicas empregadas na preparação das amostras de sedimentos costeiros. a) separação dos sedimentos via úmido nas peneiras de 2,00mm e 0,064mm, b) montagem do sistema de peneiras no agitador tipo “Rot-up” para separação dos sedimentos da fração areia, peneiramento a seco.

2.5.3 - Cálculo do Transporte Longitudinal de Sedimentos:

Correlações estatísticas mostram que a velocidade da corrente longitudinal, medida entre a arrebentação e a praia, é função da altura e obliquidade de incidência das ondas na zona de arrebentação, sendo expressa em segundos pela relação (Cunha & Guerra 1996).

$$\overline{V_1} = 1,19 (gH_b)^{0,5} \sin \alpha_b \cos \alpha_b$$

Onde g é a aceleração da gravidade, H_b a altura da onda significativa na arrebentação, e o α_b ângulo de incidência das ondas.

2.5.4 - Determinação do Estado da Praia:

A praia foi classificada pela tipologia de estados ou estágios. Para descrever o litoral, compreende a resposta morfodinâmica a eventos extremos, para a análise da susceptibilidade a impactos. Entre os dois estados extremos, dissipativa e reflectiva (Anexo 04). A relação entre o estado da praia e uma expressão matemática que relaciona as características da onda significativa e dos sedimentos com a morfologia através do parâmetro ômega (Ω) de Dean (1973), sendo.

$$\Omega = \frac{H_b}{\omega_s \cdot T}$$

os valores médios de ω , para os diversos estados, foram fixados por Wright *et al.* (1985).

ESTADO	Ω	DESVIO PADRÃO
Reflectivo	$\leq 1,50$	-----
Terraço de baixa mar (TBM)	2,40	0,19
Bancos transversais (BT)	3,15	0,64
Banco e praia de cúspide (BPC)	3,50	0,76
Banco e calha longitudinal (BCL)	4,70	0,93
Dissipativo	$> 5,50$	-----

2.5.5 - Construção do Modelo Digital do Terreno e Cálculo do Volume de Sedimentos:

Com base no valores calculados a partir das planilhas topográficas, foram produzidos modelos bidimensionais e tridimensionais representativos da variabilidade morfológica dos perfis de praia e do campo de dunas. Para tanto, foram utilizados programas como: Golden Software\Surfer7, Corel\Graphics8 e Microsoft Office\EXCEL98.

De posse de todos perfis topográficos corrigidos em função de uma cota relativa de 5 m e processados com o auxílio do programa Microsoft Office\EXCEL98, os valores obtidos foram exportados

para o programa Golden Software\Grapher3, onde foi criado na planilha três colunas para geração de arquivos *.DAT. A primeira coluna (x) representa a distância linear do perfil, a segunda (y) expressa a largura da projetada (1 m) e a terceira (z) representa as cotas corrigidas.

Após a elaboração desta planilha, os dados obtidos foram *gridados*, com o intuito de gerar arquivos *.GRD, este arquivo serve de base para todo o cálculo de volume.

Para se evitar possíveis erros no cálculo de volume, foi necessário estabelecer alguns critérios para a configuração do arquivo *.GRD:

- ✓ na caixa dos valores de X (*x direction*) o valor mínimo deve conter “zero” e o valor máximo utilizado foi relacionado a maior distância linear comum a todos os perfis;
- ✓ na caixa dos valores de Y (*y direction*) os valores variaram de no mínimo igual a “zero”, máximo igual a “um” e número de linhas igual a “dois”;
- ✓ *Lower Surface* – valor para a superfície Z foi calculado em função da diferença de cota calculada (ex.: Level Surface defined by Z = 5, valor de referência para uma diferença de cota de 5 m)

2.5.6 - Processamento de Dados Geofísicos:

Os resultados obtidos a partir dos modelos geofísicos gerados foram interpretados com base na sua estruturação morfológica, levando em consideração a mudança no comportamento dos registros, caracterizados pela diferença de tonalidades impressas muitas vezes para delinear mudança na composição do substrato, pela variabilidades dos sismos, pelo tamanho e forma dos mesmos. As tendências destacadas nas interpretações preliminares, foram processadas com auxílio de programas como: Golden Software\Grapher3, Golden Software\Surfer7, Corel\Graphics8, Reflex e Radam, estes dois últimos são utilizados para modelização dos dados de GPR.

2.6 INTEGRAÇÃO DOS DIFERENTES MÉTODOS UTILIZADOS:

Cada modelo adotado nesta dissertação contribuiu particularmente para a compreensão dos problemas costeiros desta região. A partir da integração dos diversos métodos utilizados foi possível entender como os.

A Análise dos métodos sísmicos foi importante para o entendimento dos padrões morfodinâmico, estruturais e composicionais da porção marinha e costeira dessa região. Com base nos produtos de SR e sísmica rasa, foi possível delinear os principais elementos de paisagem, representados pela variação da cobertura vegetal, comportamento dos corpos dunares, comportamento espacial da morfologia de fundo marinho, distribuição espacial dos principais domínios composicionais/granulométricos ressaltados nas

imagens de satélite com variação de tonalidades e na variação de linha de costa evidenciadas nas diferentes épocas tratadas

A partir da elaboração dos perfis praias foi possível acompanhar as mudanças ocorridas periodicamente ao longo da costa e identificar em quais meses a praia esteve mais vulnerável à ação dos processos costeiros.

No caso dos agentes climáticos tem-se destacado o vento como uma das principais componentes à interferir na dinâmica costeira, a mudança na sua velocidade média e/ou direção por exemplo afetará diretamente a energia das ondas, e por consequência a energia de dissipação das ondas sobre a linha de praia, na granulometria, na forma e na remobilização dos sedimentos da plataforma e do continente. Na porção continental, o comportamento do vento influenciará no transporte dos sedimentos (forma e granulometria), no padrão de formação das dunas (costeiras, deflação, etc.) e na morfologia da praia. Outros agentes climáticos como umidade relativa, irradiação solar, temperatura, precipitação pluviométrica também contribui para estas mudanças, tendo implicações principalmente no padrão de transporte e granulometria dos sedimentos.

A partir da integração das informações bibliográficas, do reconhecimento de campo e da aplicação de cada método descrito acima, foi possível validar o comportamento morfodinâmico da Região de São Bento do Norte e Caiçara do Norte, destacando-se o ambiente praias, a diversidade morfológica da linha de costa, quantificar as variações volumétricas observadas, correlacionando-as aos agentes hidrodinâmicos. Este comportamento será melhor identificado pelos leitores a partir dos capítulos seguintes.

RESULTADOS OBTIDOS – Métodos Geofísicos

Apresentação:

A história do sensoriamento remoto se confunde a dois momentos distintos da nossa história. Um primeiro período é marcado pela utilização de técnicas de sensoriamento remoto baseado na utilização de fotografias aéreas (período de 1860 a 1960), um segundo período, iniciado na década de 60 e que se estende até os dias atuais, é marcado pela multiplicidade de sensores orbitais. Esta evolução está condicionada basicamente pelo desenvolvimento da Teoria da Luz (ou dos conceitos de espectro eletromagnético) descrita desde 1922.

3.1 - ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO AÉREO E ORBITAL:

Com a disseminação sistemática dos produtos de Sensoriamento Remoto (SR) as atividades de pesquisa passaram a ter uma dinâmica muito mais intensa, as novas técnicas empregadas e combinadas (imagens Landsat, fotografias aéreas, métodos geofísicos diretos e indiretos) contribuíram para a racionalização dos recursos e do tempo de pesquisa. A escolha desta ferramenta para auxiliar na caracterização do ambiente costeiro e da plataforma interna do nosso litoral aconteceu pela necessidade de identificação de novos elementos estruturais, geológicos, tectônicos e ambientais que melhor representassem a região de estudo.

Inicialmente, para tentar entender o comportamento morfodinâmico da região de São Bento do Norte, foi proposto uma integração dos produtos de SR conhecidos. Para tanto, foram utilizadas fotografias aéreas (escala 1:40.000) da década de 60 e 80, imagens de satélite Landsat 5TM e 7 ETM+ da década de 1980 e 2000 e carta náutica da região. Estes produtos foram georreferenciados e tratados com o auxílio das ferramentas disponíveis no processamento digital de imagens (PDI). Após este tratamento algumas cenas foram selecionadas para o devido detalhamento. Neste contexto, alguns elementos como solo, campos de dunas, vegetação, ambientes alagados, estruturas submersas e a morfologia costeira, apresentaram um grande destaque, principalmente com a combinação de composições coloridas (RGB -

red-blue-green), filtros e razão de bandas. Entretanto, outras estruturas (altos topográficos e linhas de *beachrocks*) também foram realçadas na porção submersa, empregando-se basicamente composições monocromáticas e PC's (principais componentes).

Em geral todo alvo a ser analisado apresenta características espectrais particulares, próprias de cada objeto de estudo, e que podem ser função do ambiente, composição, fisiologia, natureza, entre outros, no qual objeto de estudo esteja inserido.

Para tanto, faz-se necessário a seleção das bandas a serem estudadas, que deve ser embasada principalmente na avaliação das assinaturas espectrais dos elementos de cada ambiente, impressos na imagem ou coletadas a partir dos levantamentos de espectrorradiometria de campo e dados bibliográficos.

As variações na curvas de reflectâncias estão condicionadas basicamente ao comportamento da assinatura espectral de cada ambiente. Segundo Guyot (1989), estas variações também podem ser estendidas para áreas alagadas, onde a reflectância e a emissividade de cada elemento está sujeito às condições de suas propriedades óticas, substâncias dissolvidas e/ou em suspensão. As substâncias presentes na água correspondem às partículas minerais (sedimentos), matéria orgânica dissolvida (substância amarela) e fitoplâncton. O comportamento espectral da água geralmente é descrito em termos de coeficiente de absorção. São característicos os baixos valores de reflectância, até a absorção praticamente total no infravermelho próximo. Altas concentrações de sedimentos ou de fitoplâncton podem produzir um aumento dos valores da curva.

A razão de bandas foi outra ferramenta existente no SR/PDI que foi empregada para evidenciar pequenos contrastes na característica de cada elemento de paisagem. Por exemplo, para diminuir da taxa de brilho dos sedimentos produzida em função da variação topográfica, ou simplesmente pela variação granulométrica existente no material, bem como, pelas diferenças espectrais presente na superfície (Amaro, 1998).

Com os resultados do PDI foi observado na área da plataforma interna uma seqüência de formações sedimentares que até então não haviam sido descritas. Na área costeira foi possível caracterizar campos de dunas móveis, que individualmente apresentam em média 5m de altura e extensões variando de 5 a 20m. O deslocamento dessas dunas móveis é um processo natural e constante ao longo do litoral. Este deslocamento é possível de ser observado a partir de análises de fotografias aéreas e imagens de satélite, através do avanço das dunas sobre as cidades de São Bento do Norte e Caiçara do Norte, provocando o recobrimento de várias ruas. Relatos da população local denotam que este deslocamento se acentuou em torno dos últimos 20 a 25 anos. Na imagem de satélite este fato deve ser associado principalmente à mudança de direção dos ventos registrada pela variação no posicionamento das cristas de dunas que, na década de 60, apresentavam uma direção preferencial NE-

SW, e na década de 80, esta direção apresentou uma mudança para NNE-SSW, direcionando a migração da duna diretamente para a cidade (Tabosa 2000; Tabosa *et al.* 2000).

Todavia, as mudanças de comportamento na morfologia do campo de dunas deverão ser melhor avaliadas, se possível, associando a outras técnicas de controle ambiental, geológicos e geofísicos. Para uma boa qualidade dos resultados é de fundamental importância se identificar a sazonalidade deste(s) evento(s), evidenciando os possíveis erros gerados pela coleta de dados e com a interpretação.

3.2 - MODELIZAÇÃO A PARTIR DE DADOS SÍSMICOS:

Em locais onde observações geológicas diretas são impraticáveis (p. ex. oceanos e fundo de rios), métodos geofísicos são a forma mais prática de coleta de dados. O emprego da geofísica marinha nesta pesquisa objetiva fornecer uma visão integrada da estrutura superficial e composição do fundo do mar. Muitas destas pesquisas envolvem o sensoriamento remoto do fundo marinho através do emprego de ferramentas na superfície do mar ou em profundidades rasas (Summerhayes & Thorpe 1996).

Na prospecção geofísica, os métodos sísmicos baseiam-se na análise da propagação de ondas sísmicas geradas artificialmente com a finalidade de delinear as estruturas geológicas de subsuperfície. Referem-se, geralmente, aos métodos de reflexão ou refração (Duarte 1997). Em geral, o emprego destas técnicas consiste na determinação do tempo em que uma onda sísmica (pulso) gerada por um agente externo (explosão, impacto mecânico ou vibração), retorna à superfície após a reflexão ou refração em interfaces subsuperficiais detentoras de diferentes propriedades físicas.

Na reflexão, a energia acústica é refletida de uma interface. Na refração, a energia é refratada de modo a propagar-se ao longo de uma interface. A principal diferença entre os dois métodos é marcada pela interação entre as ondas sísmicas e os limites litológicos existentes na sua propagação (Kennett 1982).

O método utilizado neste trabalho foi o da reflexão sísmica. Para compreender melhor o princípio da sísmica de reflexão é possível descrevê-la como um pulso de som transmitido através da água, refletido no fundo marinho e captado posteriormente pelo navio (Fig.3.1). O intervalo de tempo entre a transmissão e a recepção do eco ($2t$) fornece a média da profundidade (d), usando a velocidade (v) do som na água, descrita como sendo $d = v \cdot t$. Estes pulsos absorvidos são transformados e impressos resultando no modelo aproximado do fundo oceânico (Open University Course 1995).

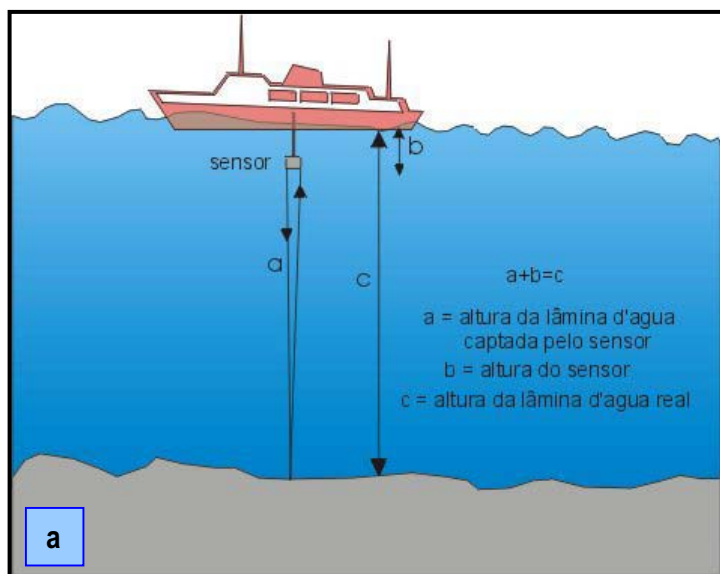
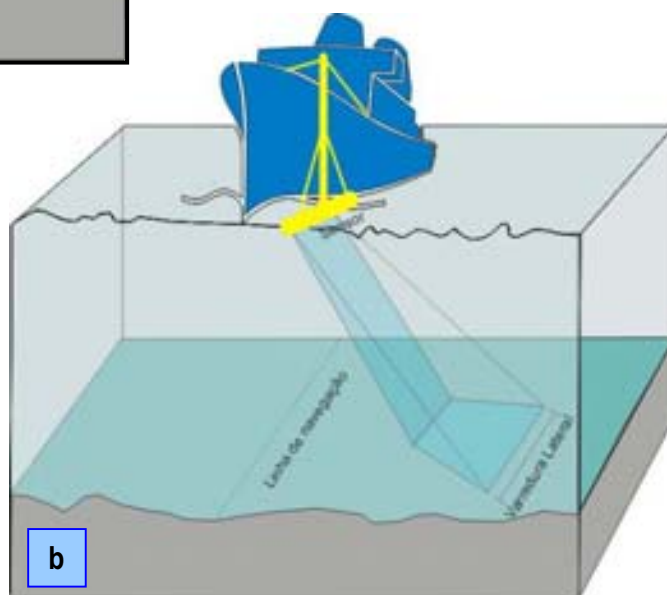


Figura 3.1 - Princípio dos sistemas acústicos. a) Ecobatímetro, fornece perfis lineares ao longo da trajetória do navio; b) *Side scan sonar* (sonar de varredura lateral), fornece registros gráficos que mostram uma visão bidimensional (mapa) do fundo marinho (Summerhayes and Thorpe 1996, modificado de Guedes *et al.* 2001).



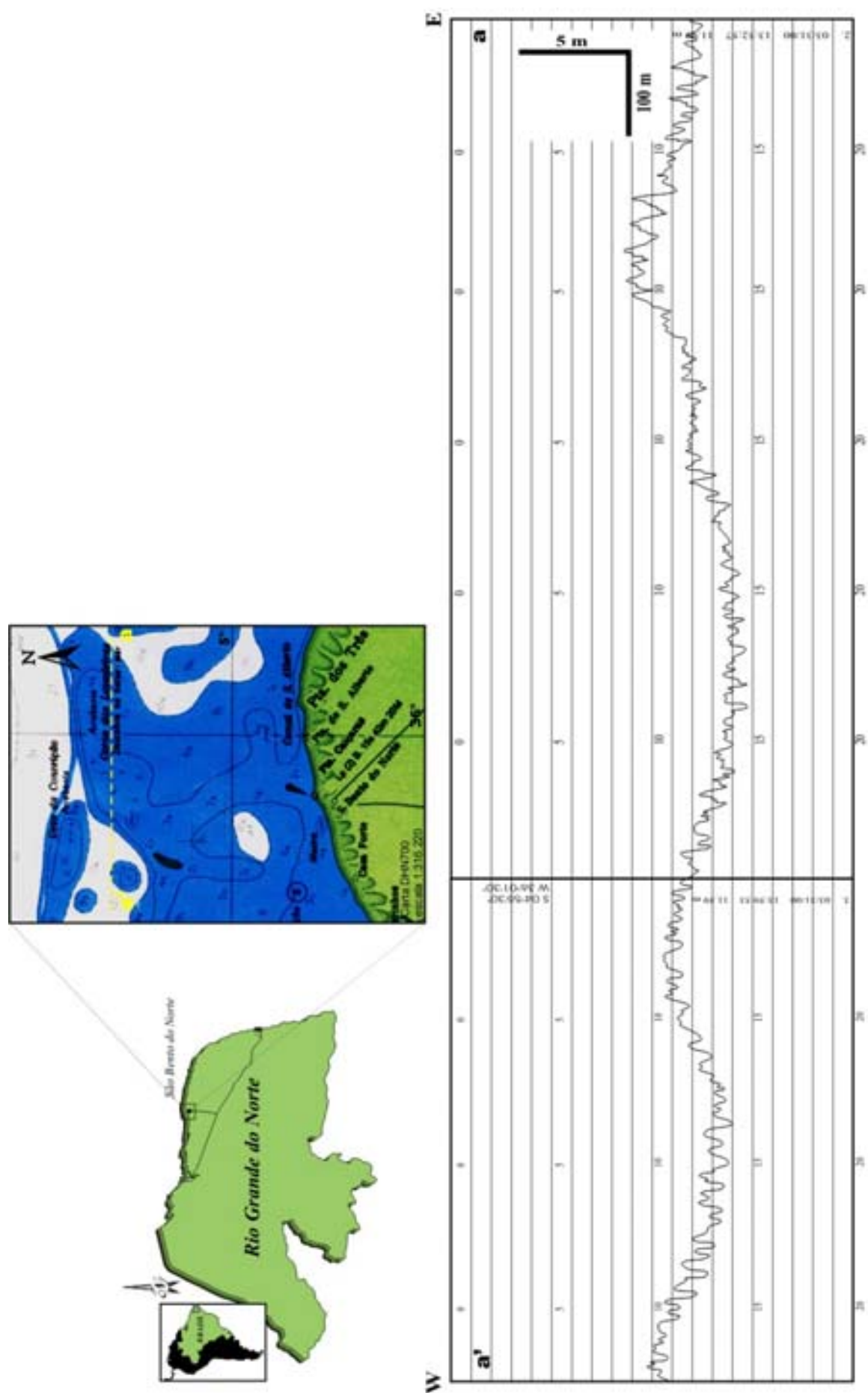
3.2.1 - Coletas de Dados Geofísicos (Batimetria e Sonografia):

Os resultados aqui apresentados mostram a importância da utilização de métodos geofísicos, tais como *side scan sonar* e ecobatímetro, na identificação e caracterização das principais feições geomorfológicas submarinas, presentes na plataforma continental na porção setentrional do Estado.

Sabe-se que os diferentes padrões observados nas imagens de satélite refletem as diferenças composicionais dos sedimentos e relevo do fundo marinho. Desta forma, para comprovação das feições submersas identificadas através dos produtos de sensoriamento remoto, se fez necessário a obtenção de dados *in situ*, tanto indiretos (geofísica), quanto diretos (coleta de sedimentos e fotografias subaquáticas). Os registros sonográficos mostram em planta, as diferenças de textura do fundo marinho, causadas por diferentes fácies sedimentares e diferença de relevo, enquanto os registros batimétricos mostram a profundidade do fundo marinho em perfil. De acordo com as mudanças de textura e/ou profundidade

observadas nos registros obtidos, foram coletadas amostras de sedimentos superficiais do fundo marinho. Desta forma, para cada padrão de imagem obteve-se pelo menos uma amostra correspondente.

O levantamento batimétrico mostrou uma morfologia relativamente plana, com profundidade variando entre de 2 a 6 m (plataforma rasa) até a quebra da plataforma. Profundidades maiores (cerca de 10m) estão registradas em alguns trechos da plataforma, principalmente nas proximidades da Urca da Conceição e Urca da Cotia (Tabosa 2000). Relação inversa é observada na Coroa das Lavadeiras (faixa arenosa) onde alguns trechos tornam-se emersos durante a preamar. O relevo registrado na carta batimétrica da DHN não coincide com o relevo atual da plataforma em estudo. A Coroa das Lavadeiras (Figs. 3.2a e 3.2b), por exemplo, apresenta-se nas imagens como um conjunto de corpos alongados e integrados aparentando ser um único corpo, e a geometria resultante parece estar estabilizada, como se o seu comportamento morfodinâmico estivesse sendo controlado por elementos geológicos e estruturais. Esta faixa arenosa parece controlar a composição dos sedimentos na área, sendo ela própria constituída de areias finas, bem selecionadas, compostas essencialmente por quartzo (Fig. 3.3a). Na porção ESE os sedimentos encontrados apresentam uma mistura de sedimentos bio e litoclásticos, compostos de quartzo, fragmentos de conchas e algas e minerais pesados, de granulometria areia média (Fig. 3.3b). Já na porção N-NW os sedimentos são basicamente constituídos de bioclastos (Fig. 3.3 c).



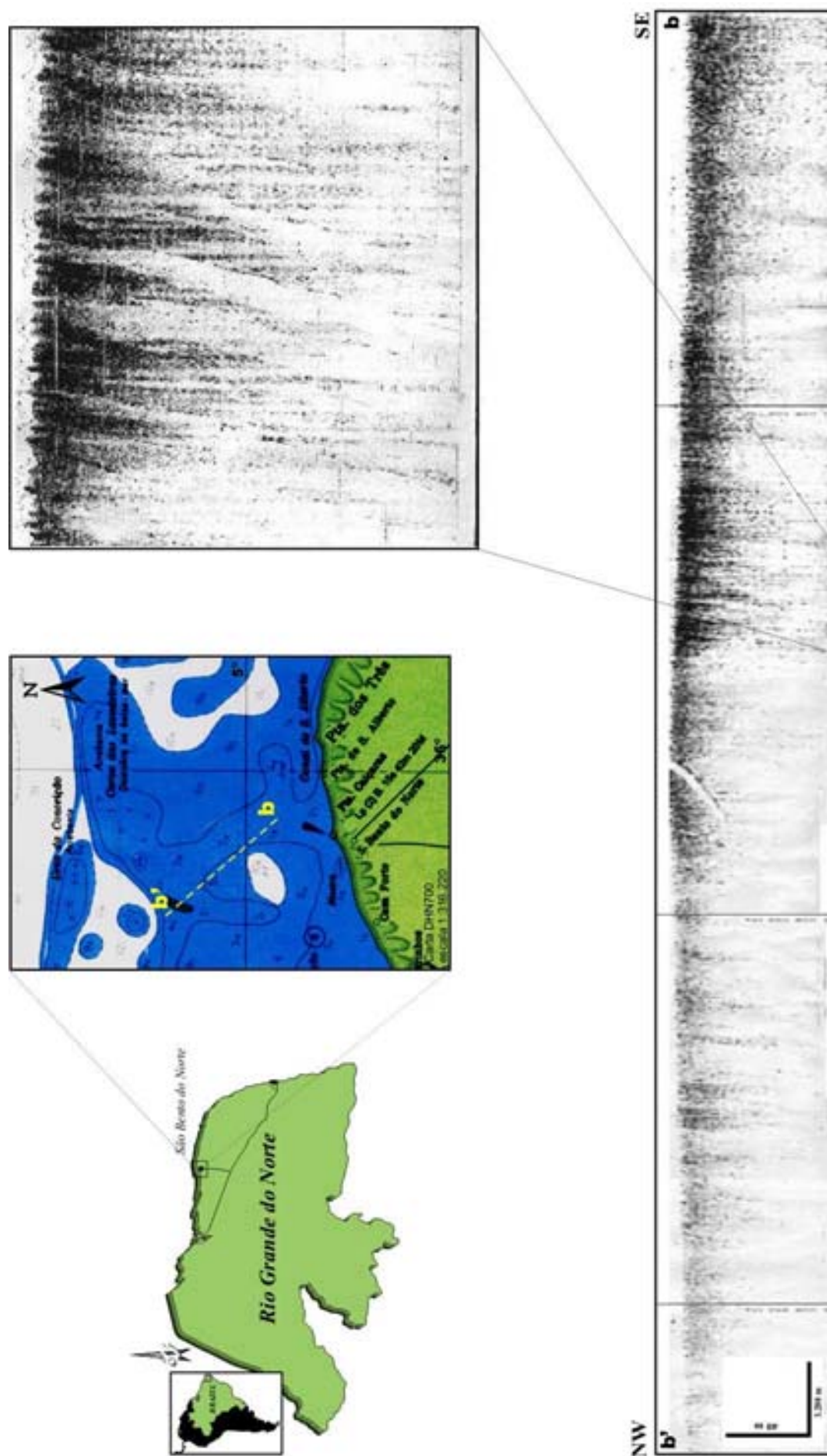


Figura 3.2 - b) Parte de um sonograma de side scan sonar. Este modelo apresenta feições da morfologia de fundo de uma área próximo ao pontal arenoso mapeado na plataforma interna do litoral de São Bento do Norte.

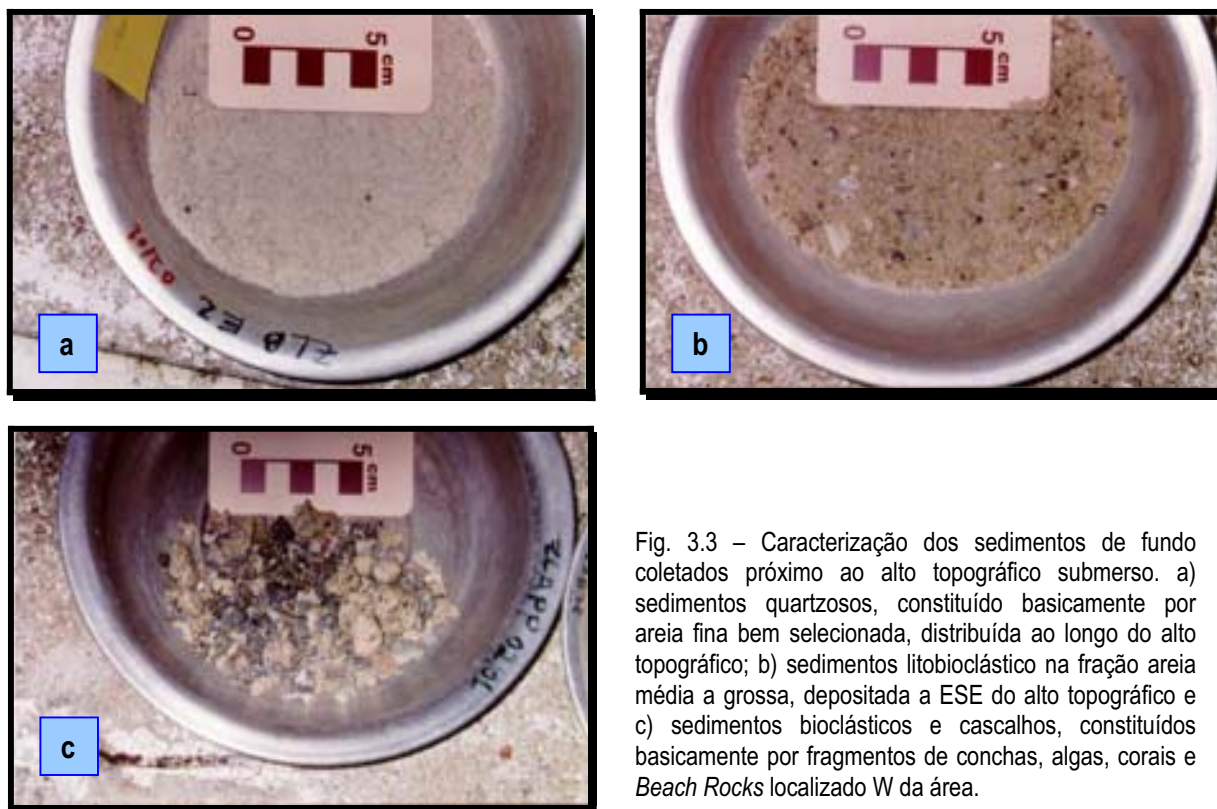
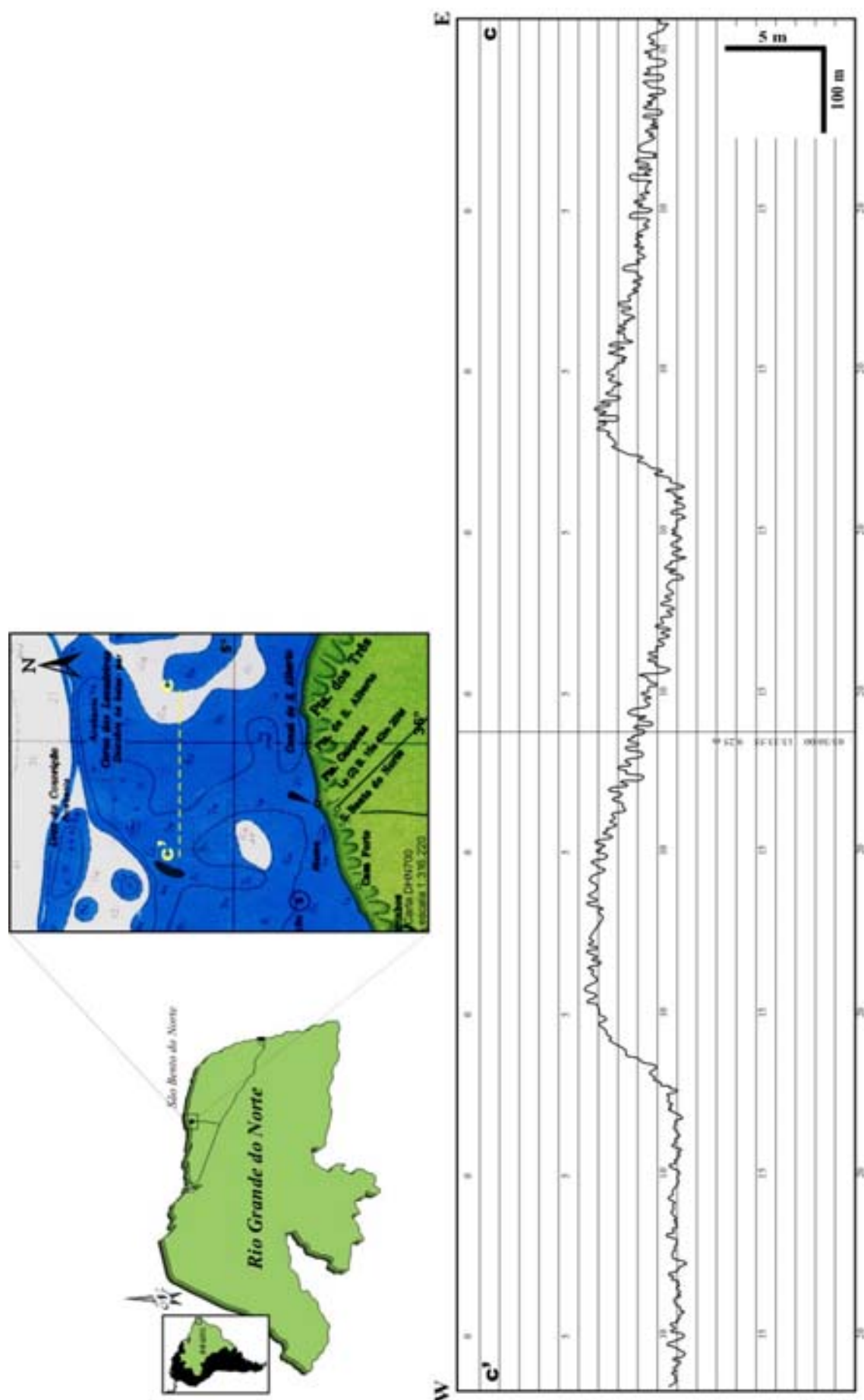


Fig. 3.3 – Caracterização dos sedimentos de fundo coletados próximo ao alto topográfico submerso. a) sedimentos quartzosos, constituído basicamente por areia fina bem selecionada, distribuída ao longo do alto topográfico; b) sedimentos litobioclástico na fração areia média a grossa, depositada a ESE do alto topográfico e c) sedimentos bioclásticos e cascalhos, constituídos basicamente por fragmentos de conchas, algas, corais e *Beach Rocks* localizado W da área.

Na porção E da área, localizada entre a Coroa das Lavadeiras e o continente é possível observar a formação de inúmeras cristas de *sandwaves* (Fig. 3.4), assimétricas, paralelizadas e orientadas preferencialmente na direção NE-SW (Tabosa *et al.* 2000). Em alguns pontos foram localizados linhas de *beachrocks*, que podem aflorar de acordo com o nível da maré.

Segundo Lima (comunicação verbal) feições semelhantes podem ser observadas também na plataforma de Galinhos e Guamaré. As *sandwaves* localizadas na região Galinhos e as observadas na região de São Bento do Norte apresentam particularidades, tais como, possível controle tectônico/estrutural, padrão de simetria comum na orientação das cristas, estabilidade no padrão morfodinâmico do fundo marinho e baixa mobilidade temporal. Estas características divergem completamente dos modelos impressos na faixa costeira, visto que nesta região o desequilíbrio morfodinâmico é intenso, com acelerado processo de erosão em vários trechos do litoral. Esta variabilidade costeira pode ser descrita como uma resultante direta da energia de maré e da intensidade da dinâmica costeira dissipada na costa.



3.3- Artigo a ser submetido para a Revista Científica.

CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE COSTEIRO, INTEGRADO A PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO NA REGIÃO DE SÃO BENTO DO NORTE/ CAIÇARA DO NORTE – NE / BRASIL.

Werner F. Tabosa^{1,2}, Venerando E. Amaro⁴, Helenice Vital^{1,3,4}

¹ Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica - PPGG; ² Scholarship of the Agência Nacional do Petróleo - ANP-MME; ³ CNPq Researcher; ⁴ Department of Geology, Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, C. P. 1639 CEP. 59.072-970, NATAL –RN BRAZIL

Financial Support: MAMBMARÉ (CNPq/CTPETRO – Process 468045/00-7), Capes/DAAD, GTZ/DFG, ANP/PRH-22; Fone: 55 84 21 215-3807-3808-3810; Fax: 55 84 21 208-3466; E-mail: farkatt@yahoo.com

ABSTRACT

The present work is based on the integration of geomorphologic, geophysical and remote sensing data. With this dataset was possible the characterization of the coastal environment in the São Bento Caiçara do Norte area. This area is inserted in the Potiguar Basin geological domain, in the context of the Carnaubais fault system. The submerged features observed on the inner shelf adjacent to this area seems to play an important role on the coastal processes acting on the littoral zone where the Guamare oil pole is placed. Moreover, these features are probably linked with Cenozoic reactivation of old faults systems, and so important for the understanding of the sedimentological and structural modeling. The coastline is submitted to the continuous action of the trade winds, with direction from E to NE, responsible by the mechanism of the longshore coastal drift and by the transport of the coastal sediments. The bottom morphology of the São Bento do Norte inner shelf is shallow, with depth between 2 and 6 m until the shelf break, located 22 km of the continent. After the shelf break, the water depths reaches 1000 m fastly. The shallow and clear waters of this shelf allow the high penetration of the light, which make possible the mapping of the shelf bottom features located until 25 m depth (Caldas *et al.* 2001). The principal features observed were: sandwaves of medium and large scale, rock lines (beachrocks), and sediments of different composition. The remote sensing data can be an optimal tool for the bottom shelf mapping where the light penetration in water is high. The RGB321 and RGB521 Landsat-ETM+ triplets was used to characterize the submerged area. They stood out mainly structural elements and morphologic geometry of the bedforms, as sand waves with crests oriented mainly NE-SW parallel to beachrocks belts and the coastline. These bedforms may be a key processes of hydrodynamic conditions of the coastal area between São Bento do Norte and Macau. The formation and evolution of these features are probably associated to the Carnaubais fault system. Similar forms, as the Galinhos and Ponta do Tubarão spits, are present in areas of oil and gas exploration.

Keywords: remote sensing, coastline, geoenvironmental studies, and morphology, Northeastern Brazilian

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS:

A região de São Bento do Norte e Caiçara do Norte, situada no litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, há uma distância de 170 km da capital Natal (Figura 01), está inserida em uma linha de costa submetida a ação contínua dos ventos alísios, que sopram de E e NE, encontrando-se atualmente sob atuação de forte erosão. Estudos objetivando entender as causas desta erosão são recentes (Vital, et al., *no prelo*; Vital 2000, Tabosa et al., submetido) e mostram a necessidade de se conhecer melhor a plataforma interna adjacente.



Figura 01 - Mapa de localização geográfica da área de monitoramento.

São poucos os estudos desenvolvidos na plataforma continental interna do Rio Grande do Norte, e a maioria deles se concentram na região de Touros (a este de São Bento / Caiçara), Foz do Rio Açu e Galinhos-Gumaré (a oeste de São Bento / Caiçara). Neste contexto podemos destacar Viana e Solewicz (1988), que utilizando imagens de satélite TM-Landsat, identificaram antigas faces de praia e um campo de dunas transversais à 20m de profundidade na plataforma continental ao largo da cidade de Touros-RN. Ainda utilizando imagens TM-Landsat, Solewicz (1989) evidenciou na plataforma norte um conjunto de feições submersas: paleocanais dos rios Mossoró e Açu; lineamento EW ao largo de Morrinhos e bancos arenosos submersos aproximadamente paralelos à linha de costa. Testa et al. (1994) estudando a plataforma continental ao largo de Touros-RN, utilizando imagens Landsat TM e amostragem, definiram diferentes zonas sedimentológicas, que ocorrem paralelas à linha de costa atual. Costa Neto (1997) identificou, na plataforma adjacente à foz do rio Açu 13 fácies sedimentares, constituídos principalmente por sedimentos terrígenos e bioclásticos: Röber (2001) identificou na plataforma de Galinhos, campos de cordões de areia, com extensão entre 12 e 20 kms, com 300 a 500 m de largura, separada um do outro por uma distância mais ou menos uniforme de 1 a 1.5 km; Lima et al (2001) em trabalhos realizados, ainda na plataforma adjacente a Galinhos com base em imagem de satélite descreve que os cordões identificados por Röber (2001), na realidade são uma série de estruturas sigmóides ligadas umas as outras.

Tentando suprir esta lacuna, esta pesquisa se utiliza de imagens de sensores remoto (Landsat 5TM e Landsat 7ETM+) para estudar a região de São Bento / Caiçara do Norte, envolvendo a zona costeira e plataforma interna, com o objetivo de melhor entender a dinâmica costeira desta área, e assim subsidiar planos de gestão ambiental para a região.

2. CONTEXTO GEOLÓGICO:

Geologicamente inserida no domínio geológico da Bacia Potiguar, em meio ao contexto do sistema de falhas de Carnaubais (Figura 02). A Oeste da área estão situados campos de produção petrolífera da PETROBRAS, incluindo o pólo petrolífero de Guamaré, onde instalações costeiras foram construídas para atender a exploração de óleo e gás.

A Bacia Potiguar, situada na margem equatorial brasileira, inclui um segmento *offshore* e outro *onshore*. Esta bacia apresenta uma complexa evolução tectônica, mesclando elementos tanto das zonas tectônicas equatoriais, quanto das zonas tectônicas do Atlântico sul, e constituindo-se uma das regiões sismicamente mais ativas do Brasil.

A Bacia Potiguar é atualmente a segunda região produtora do país, atrás somente da Bacia de Campos, com produção na bacia de 110 mil boe/dia (Tabosa *no prelo*)

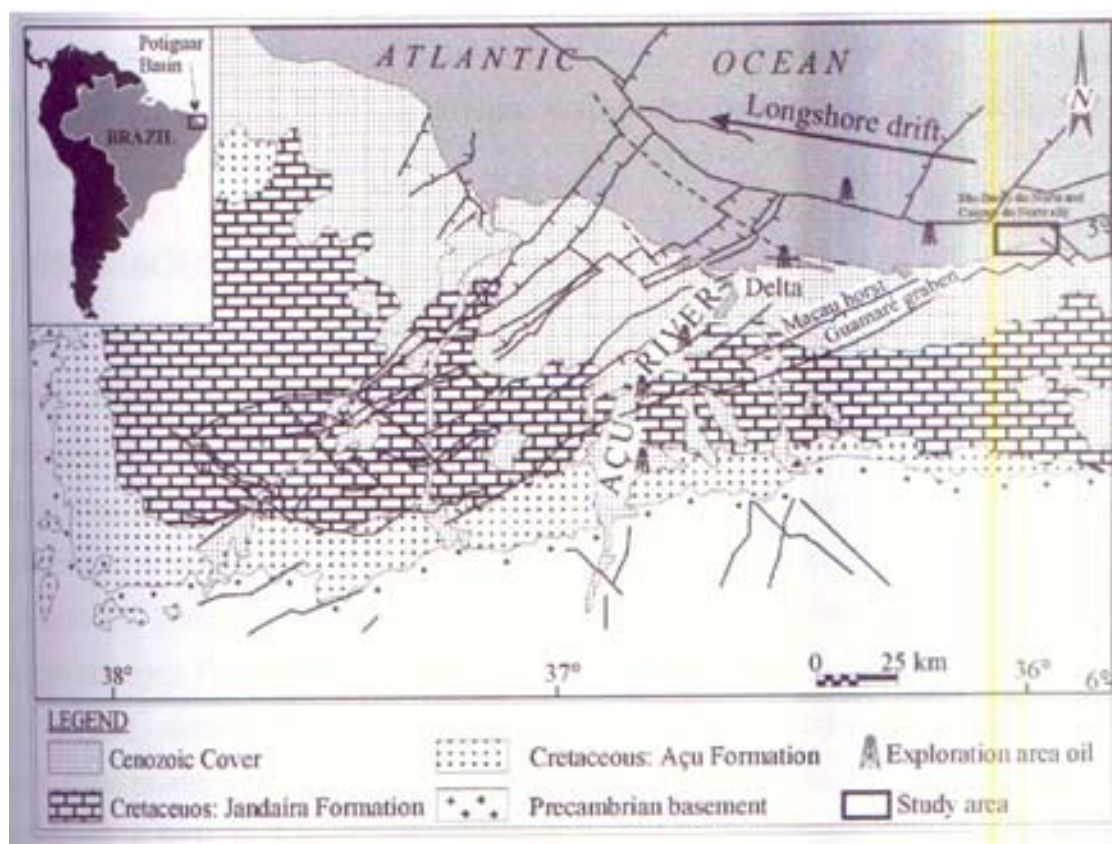


Figura 02 – Compartimentação tectono-estrutural do litoral norte, entre a Ponta do Mel e a Ponta dos Três irmãos como consequência do par conjugado definido pelas Falhas de Carnaubais e Afonso Bezerra no contexto da Bacia Potiguar (modificado de Bertoni *et al.* 1990, Fonseca 1996)

Três estágios tectônicos ocorreram no registro estratigráfico da Bacia Potiguar: rifte, transicional e drifte, e associados a estes, três seqüências deposicionais: continental, transicional e marinho (Souza 1982). Para caracterizar a Bacia Potiguar foi utilizado o modelo proposto por Araripe & Feijó (1994), que organizaram os litotipos da Bacia Potiguar segundo três unidades principais, ordenadas da base para o topo, como: Grupo Areia Branca, Apodi e Agulha.

3. MATERIAIS E MÉTODOS:

Foram utilizadas imagens do Landsat 5TM 02 de agosto 1998 (09:45min, maré baixa 08:30min, altura 0.6m) and Landsat 7ETM+ de 12 de Junho 2000 (09:45min, maré baixa 08:30min, altura 0.6m), nas bandas do visível - infravermelho. O software ErMapper6.2 foi utilizado para o processamento digital de imagens e o ARCVIEW para integração e gerenciamento dos dados. O processamento envolveu as seguintes etapas:

- ✓ Georreferenciamento das imagens LANDSAT 5-TM e 7-ETM+;
- ✓ Cálculo da estatística das imagens,
- ✓ Utilização de processos de filtragem e geração das principais componentes (PC's).
- ✓ Integração das multibandas por meio das composições coloridas (RGB e RGBI), envolvendo com as bandas originais, imagens índices e razões de bandas.

Coleta de dados *in situ*, tais como coleta de sedimentos superficiais com draga pontual tipo van-veen e aplicação de métodos geofísicos (side scan sonar, ecobatímetro) foram necessários para calibração das feições observadas.

4. DISCUSSÕES:

Com base na interpretação de algumas composições coloridas, foram caracterizados aspectos geomorfológicos, estruturais e ambientais importantes para o modelamento quantitativo e qualitativo da morfologia costeira da região de São Bento do Norte e Caiçara do Norte (NE - Brasil). Com o intuito de se caracterizar melhor as modificações impostas à região, foi proposto uma interação entre o processamento digital utilizando as imagens Landsat 5-TM de 2 de agosto de 1998 (bandas 1 a 7) e Landsat 7-ETM+ de 12 de junho 2000 (bandas 1 a 7). Com esta nova proposta foi delineado novo aspecto dos elementos de paisagem na imagem. Para melhor identificar estes elementos foi empregado as seguintes combinações:

RGB321 - ressaltam aspectos importantes da porção emersa (litologias, drenagens e vegetação). Para o aprimoramento destas imagens foram empregadas transformantes *Equalize* nas três bandas conjuntamente e filtros do ErMapper 6.2 tipo gaussiano, *high-pass* e *low-pass* (ambos com pouco destaque); dentro deste contexto a melhor combinação foi obtida pelas bandas 2 e 1 com certo destaque no realce das crista de dunas presentes na porção litorânea (Figura 02; Tabosa *et al.* 2002).

RGB521 - esta combinação foi utilizada principalmente na caracterização da porção submersa, nesta seqüência destacaram-se principalmente elementos estruturais e morfológicos que auxiliaram no entendimento de algumas modificações impostas ao continente. Aspectos importantes na porção submersa como “plumas”, constituídas por sedimentos em suspensão, apresentados como faixas bem delineadas paralelas à linha de costa. Uma feição em pluma ocorre de forma bem destacada com aspecto mais homogêneo contínuo, representada pela baixa profundidade, bem como pela força de quebra das ondas e uma segunda porção menos evidente destaca-se na porção mais afastado da costa, possivelmente referente a ambientes de mar profundo; cristas de *sand waves* com orientação ora para NE-SW e algumas porções NW-SE, cordões alinhados de *beach rocks* são observados na porção central da área (Figura 03)

RGBI5211 - esta combinação foi utilizada principalmente para ressaltar alguns elementos que apresentassem uma certa similaridade na assinatura espectral, foram empregados inicialmente a filtragem com filtro direcional e Hihgt-pass/Ford-5x5KER foi possível destacar pequenas nuances existentes nos elementos presente na imagem, dentro destas destaca-se uma coloração amarelada nas áreas de dunas, contrastadas por tons azulados nas porções representadas por lagos intradunares intermitentes, orientados preferencialmente ao longo da linha de costa. Esses lagos podem ser descritos também como simplesmente depressões com aspectos mais úmidos provenientes possivelmente da precipitação pluviométrica intensa ocorrida naquele período; embora, estas características se repetiram em áreas mais afastadas da linha de costa (campo de dunas). Entretanto, alguns aspectos destas feições estejam condicionados ao seu posicionamento em relação ao sombreamento gerado pelas cristas das dunas (principalmente barcanas) em relação ao quadrante solar no momento da passagem do satélite. As áreas de salinas em atividade estão destacadas por uma coloração azul céu bem exuberante, já faixas contidas por manguezais aparecem com uma combinação marrom escuro (em geral com vegetação morta), ou verde escuro (vegetação viva). Um outro elemento importante observado é o contraste espectral entre a água do mar e as águas do canal de maré de Galinhos. As águas provenientes do canal de maré encontram-se associadas a uma grande quantidade de matéria orgânica, de sedimentos em suspensão, salinidade e Ph modificados; o que proporciona uma assinatura espectral diferente marcada por uma maior reflectância decorrente principalmente da quantidade de sedimentos em suspensão presentes na área, diferentemente do existente no ambiente de mar, onde presumisse que exista um certo equilíbrio hídrico bioquímico. Diante desta condição foi possível delinear e quantificar a influência do canal de maré, marcados pelas diferenças de tonalidades descrita como verde escuro para o mar e azul turquesa para o canal de maré.

RGB52NDWI(2_4) - útil no destaque dos limites entre a porção emersa e submersa. Elementos importantes como a morfologia da linha de costa, campo de dunas e linhas de *beach rocks* mostraram-se

ricamente evidenciadas com assinaturas espectrais bem distintas, facilitando assim na quantificação e qualificação de cada ambiente.

RGBPC1PC2PC3PC4 - a análise das principais componentes (APC) foi utilizado com o intuito de aumentar o conteúdo de informação e minimizar o efeito dos ruídos existentes. Quando combinadas ao sistema RGB favoreceram a discriminação dos campos de dunas móveis na superfície da área e feições submersas. Foram efetuadas análises por principais componentes nos dois conjuntos de imagens do Landsat 5 TM e 7 ETM+, isoladamente e combinadas ao sistema RGB (PC1, PC2, PC3 e PC4; Figura 05).

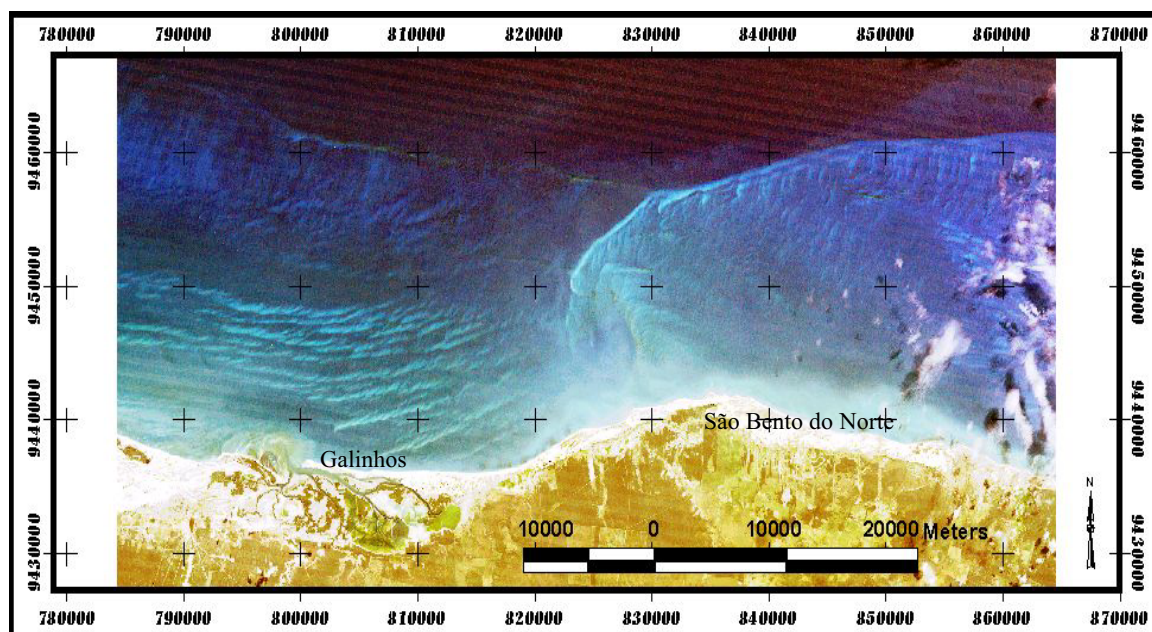


Figura 03 – RGB321 Landsat- 7ETM+ (WRS 215/064, adquirida em 12 de junho de 2000, baixamar 7:41Hrs/AM, passagem do satélite aproximadamente 10:00 Hrs/AM), imagem mostrando plumas em suspensão próximo à linha de costa (Tabosa *et al.* 2002)

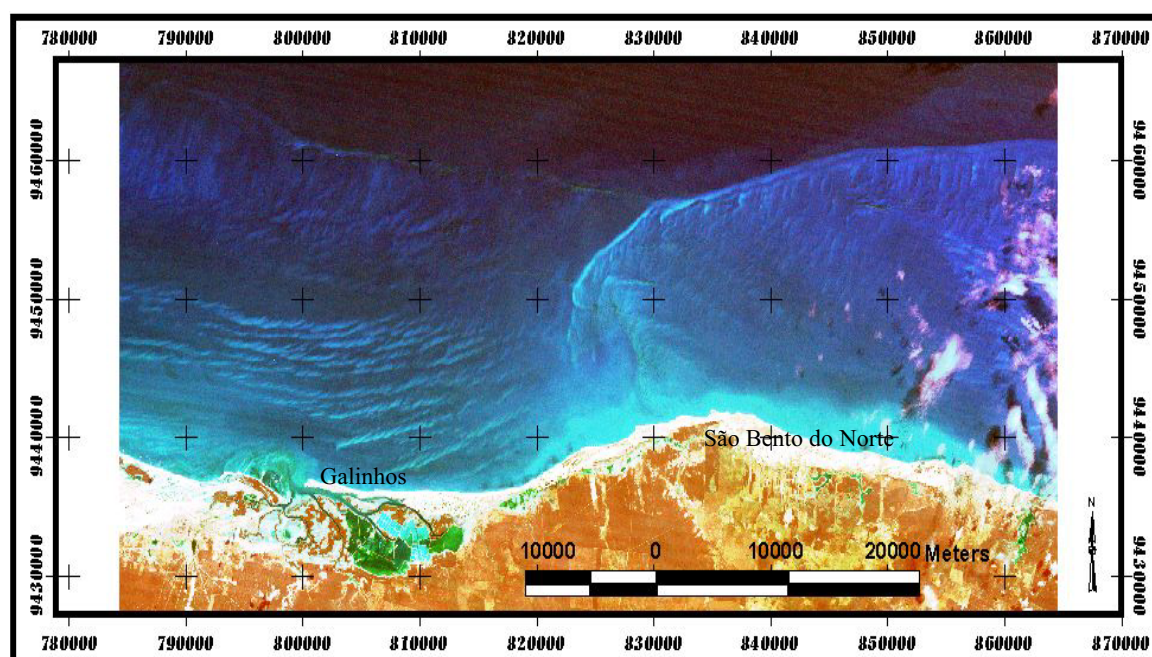


Figure 04 – A combinação RGB521 Landsat-7ETM+ (WRS 215/064, de 12 de Junho de 2000, baixamar 7:41Hrs/AM. Passagem do satélite aproximadamente as 10:00 Hrs/AM), esta composição foi utilizada para caracterização das feições submersas, na porção central da imagem pode ser descrito uma feição curvada, que representa uma sequência de material composto por areia quartzosa bem selecionada (Tabosa *et al.* 2002).

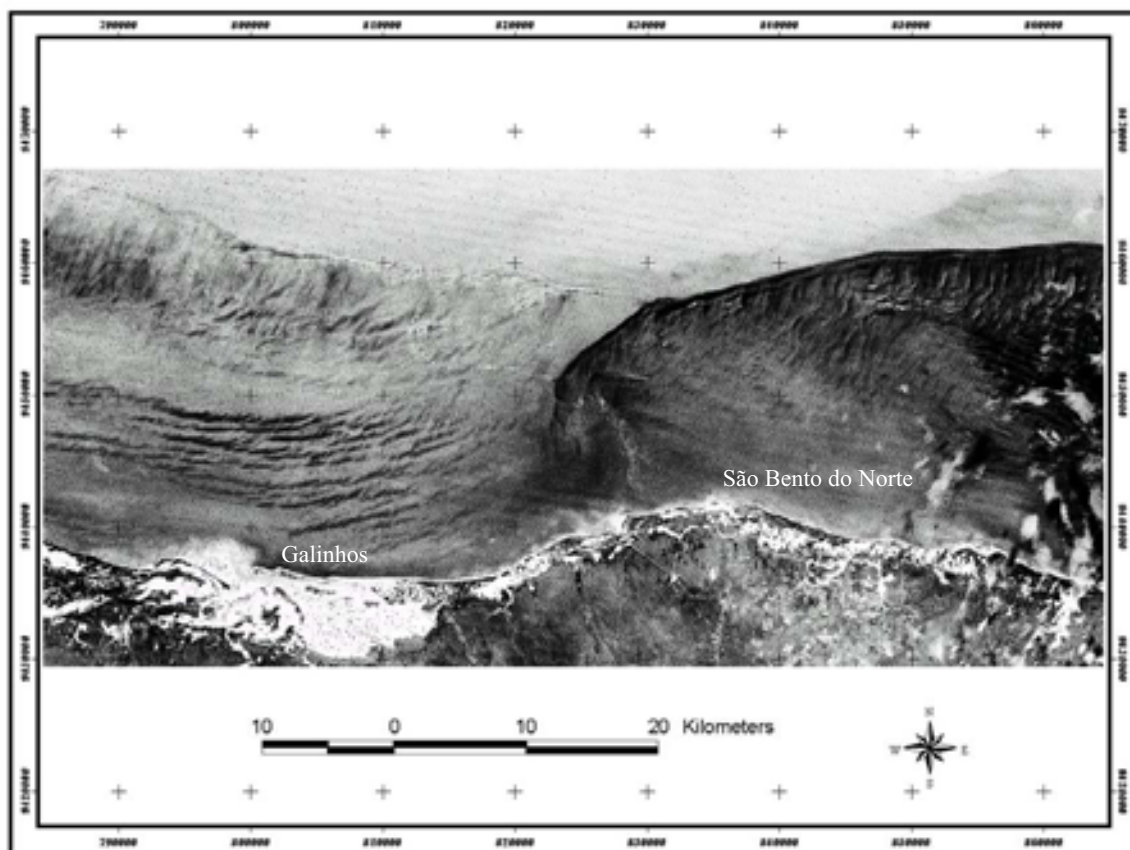


Figure 05 – PC4 das imagens Landsat-7ETM+ (WRS 215/064, de 12 de Junho de 2000, baixamar 7:41Hrs/AM. Passagem do satélite aproximadamente as 10:00 Hrs/AM), nesta PC foi possível caracterizar com mais detalhes alguns aspectos da porção submersa como: o alto topográfico, linhas de sandwaves paralelizadas na porção interna do alto, a continuidade do conjunto de sandwaves em direção a Oeste, plumas de sedimentos em suspensão ao longo da costa e um maior contraste entre a porção emersa e submersa.

5. CONCLUSÃO

Baseado na combinação espacial de satélites multiespectrais Landsat 5TM (Thematic Mapper), adquirida em dois períodos distintos (1998 and 2000), foi possível caracterizar algumas das feições envolvidas na evolução da dinâmica costeira e da geologia local. Estas feições aparecem destacadas sob forma do modelo geomorfológico local, da relação estrutural e tectônica regional, e pela distribuição e dispersão de sedimentos (Tabosa *et al.* 2001).

Diante das diferentes de combinações realizadas envolvendo os princípios do processamento digital de imagem (PDI) e do sensoriamento remoto (SR), foi possível identificar três combinações de bandas que melhor ressaltaram os aspectos de paisagens desejados. No modelo produzido pela combinação RGB432, foi obtido um maior contraste entre a porção emersa e submersa, o modelo imposto ao continente se encontra destacado pela forma linha de costa, forma esta que está ressaltado na tonalidade clara, divergindo das áreas recoberta por lâmina d'água que aparecem em tonalidade escura (cinza a preto). A necessidade de se observar o comportamento espectral das imagens com a aplicação das PC's, resultou numa combinação RGBPC1PC2PC3PC4, este modelo foi empregado basicamente, para destacar

a porção submersa e os ambientes produzidos pelos campos de duna, estas dunas, geralmente são caracterizadas como dunas frontais, barcanas ou até mesmo parabólicas. Em geral, são constituídas por areias quartzosas remobilizadas pela energia eólico. Esta mobilidade confere aos campos de dunas uma orientação preferencialmente de NE-SW, podendo sofrer algumas modificações de acordo com a tendência de direção do vento em decorrência da época do ano ou alguma agente meteórico.

Tomando por base os resultados observados na composição RGB521, bem como observações de campo e coleta de sedimentos, foram evidenciadas algumas feições da morfologia de fundo submarino destacando-se a ocorrência de bancos submersos em grande escala na porção extremo Leste da área (Vital *et al.* 2001). Possivelmente esta feição tem sua ocorrência associada ao conjunto de falhas existentes na região e certamente condicionam a hidrodinâmica da região costeira onde está presente o pólo de Guamaré. É possível que estas falhas também condicionem outros componentes da morfologia regional. Formas similares, como a Península de Galinhos (Lima 1993) e a Ponta do Tubarão, se assemelham ao tipo de morfologia citada anteriormente. Tal feição poderia caracterizar uma antiga feição agora submersa, visto que na mesma faixa é observada uma linha de *beach rocks*, o que sugere a existência de uma paleolinha de costa que atualmente encontra-se recuada, o que poderia indicar que esses bancos submersos fariam parte desta paleolinha (Figura 03; Tabosa *et al.* 2002).

Os modelos produzidos com base na combinação RGB521, ressaltam as feições mais importantes até agora produzida para este estudo. Estas feições que envolvem aspectos geológicos como: variação composicional dos sedimentos, granulometria, distribuição dos sedimentos em suspensão, entendimento da ocorrência das *sand waves*, caracterização das linhas de *beachrocks* e caracterização da morfologia de fundo, correlacionado-as com os elementos tectônicos e estruturais conhecidos; todos os elementos descritos, foram projetados na porção submersa da área, sob a cobertura de uma lâmina d'água que pode variar de 6 a 20 m, muitos desses aspectos ressaltados pela composição multiespectral poderiam ser correlacionados aos modelos existentes no continente e que já estão descritos na literatura (Bezerra *et al.* 1998, Caldas 1996/1998, Fonseca 1997, Vital *et al.* 2000, Tabosa 2000, Tabosa *et al.* 2002). Entretanto, esta relação ainda carece de mais estudos, possivelmente utilizando outras técnicas de investigação (geofísica, amostragem, análise dos elementos que compõe a energia costeira, etc.), dentro de um contexto multidisciplinar de pesquisa. Para tanto, esperasse que as lacunas que hoje são pertinentes sejam solucionadas, e que se atinja uma modelização para as modificações imposta ao ambiente costeiro no âmbito local e regional, e assim, pretende-se caracterizar a dinâmica costeira condicionada a partir da região de São Bento do Norte e Caiçara do Norte, porção setentrional do Estado, caracterizando a evolução, as implicações geodinâmicas e os aspectos ambientes envolvidos.

5.1 - Síntese das combinações {RGB, RGBI, RG(NDVI) e RGB (NDWI) do ErMapper} que apresentaram melhores resultados nas imagens (Landsat 5-TM) da área de estudo:

A) Melhor resultado obtido a nível regional.

COMBINAÇÃO	CORES/TONS OBTIDOS	UNIDADE GEOLÓGICA CORRELACIONADA
RGBI5211	Amarelada	Campo de dunas
	Azul turquesa	Água do canal de maré de Galinhos, drenagens
	Azul céu	Salinas
	Marrom / vermelho	Manguezais (morto)
	Verde azulado*	Mar
	Verde claro*	Lagos e/ou áreas úmidas
	Verde escuro*	Lagos, manguezais (vivo), vegetação
	Vinho	
*As respostas espectrais destas unidades sempre apresentaram-se similares, inclusive na imagem obtida utilizando-se o RGBI. Tal fato deve ocorrer em função da presença de similaridade vegetação (mata nativa) existente nestas regiões, bem como a morfologia e hidrografia.		
OBS. – Tanto para R, G, como para B foi utilizado <i>input limites actul</i> e contraste do tipo <i>eqüalize</i> .		

B) Outros resultados obtidos.

COMBINAÇÕES	RESULTADOS OBTIDOS
RGB521	Destaca principalmente elementos estruturais e morfológico; sedimentos em suspensão, cristas de <i>sand waves</i> orientadas preferencial para NE-SW e algumas porções NW-SE, cordões alinhados de <i>beach rocks</i>
RGB321	Ressaltou alguns aspectos importantes da porção emersa como: litologia, drenagem, vegetação;
RGBNDWI52 (2_4)	Destaca principalmente os limites existentes entre a porção emersa x submersa;
RGB5/241	Apesar de ressaltar apenas algumas das unidades de paisagens supracitadas, as estradas e as drenagens são bastante evidentes nesta combinação;
RGB123	Evidencia algumas estruturas com direção NE-SW e NW-SE, na porção submersa, além de feições;
OBS. – Tanto para R, G, como para B foi utilizado <i>input limites actul</i> e contraste do tipo <i>eqüalize</i> .	

AGRADECIMENTOS:

Os autores agradecem a UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte e PPGG - Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica pela infra-estrutura, a ANP - Agência Nacional do Petróleo /PRH-22 pela concessão de bolsa de mestrado ao primeiro autor, aos projetos MAMBMARÉ – Monitoramento Ambiental de Áreas Costeiras sob Influência do Pólo Petrolífero de Guamaré, (CNPq/CTPETRO – Processo 468045/00-7), PROBRAL CAPES/DAAD (processo 98/72), e "KÜSTENENTWICKLUNG UND HEUTIGE KÜSTENDYNAMIK IN RIO GRANDE DO NORTE - NE-BRASILIEN", (GTZ/DFG) pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIA:

- AMARO, V.A. 1998; Análise Conjunta de Dados Geológicos, Geofísicos e de Sensoriamento Remoto do Setor Extremo Nordeste da Província Borborema, Nordeste do Brasil, com Ênfase nas Zonas de Cisalhamento Dúcteis Neoproterozóicas. Programa de Pós-graduação em Recursos Minerais e Hidrologia. Tese de Doutorado. São Paulo, 353p.
- ARARIPE, P. T. e FEIJO, F. J. 1994. Bacia Potiguar. Boletim de Geociências da PETROBRÁS. Rio De Janeiro, v. 8, n.º 1, p. 127-141.
- BEZERRA, F.H.R.; Lima-Filho, F.P.; Amaral, R.F.; Caldas, L.H.O. e Costa-Neto, L.X.; 1998. Holocene Coastal Tectonics in NE Brazil. In: Stewart, I.S. and Vita-Finzi, C. (EDS) Coastal Tectonics. Geological Society, London, Special Publications, 146: 279 - 293.
- CALDAS, L.H.O. 1996. Geologia Costeira da Região de São Bento do Norte e Caiçara, litoral Norte Potiguar. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Relatório de Graduação, 83p+anexos.
- CALDAS, L.H.O. 1998. Estudos Geológicos e Geofísico da Falha de Carnaubais, Bacia Potiguar-RN, e a Implicidade Neotectônica. Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Dissertação de Mestrado, 89p.
- CALDAS, L.; TABOSA, W.F.; VITAL, H.; STATTEGGER, K; AMARO, V.E.; 2001. Sea Botton Morphology of the North Continental Shelf of the State of Rio Grande do Norte, Brazil, Based on Remote Sensing Data. The American Geophysical Union. Chapman Conference on the Formation of Sedimentary Strata on Continental Margins. Ponce, Puerto Rico. P.37
- COSTA Neto, L. X. da. 1997. Evolução geológica-geomorfológica recente da plataforma continental interna ao largo do delta do rio Açu, Macau – RN. Programa de Pós-graduação em geologia e geofísica marinha da Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 214p.
- FONSECA, V.P. 1996. Estudo Morfo-Neotectônico na Área do Baixo Curso do Rio Açu (Assu-Macau), Rio

- Grande do Norte. Belo Horizonte. 109p. (Dissertação de Mestrado – IG/UFMG).
- FONSECA, V.P. 1997. Compartimentação Litorânea entre Ponta do Mel e Ponta dos Três Irmãos, Litoral Norte do Rio Grande do Norte. 17º Simpósio de Geologia do NE. Fortaleza. In: Boletim 15: 374 - 378.
- KOMAR, P.D., 1998. Beach processes and sedimentation. 2. ed. : Prentice Hall, 544p.
- LIMA, Z. M. C. 1993. Estudo Comparativo e Caracterização Ambiental da Península de Galinhos - RN. Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Monografia, 91p+anexos.
- LIMA, Z. M.C.; VITAL, H. & AMARO, V. E. 2001. Monitoramento da variação da linha de costa de Galinhos-RN utilizando fotografias aéreas e imagens LANDSAT 5 –TM e LANDSAT 7 – ETM. VIII Congresso da ABEQUA. Imbé-RS.
- ROBER, V. 2001. Structure and dynamics of the inner shelf north of Galinhos, Rio Grande do Norte (NE – Brazil). Institute of Geosciences, Kiel, Germany. Tese, 76 + anexos.
- SOLEWICZ, R. – 1989 – Feições fisiográficas submarinas da plataforma continental do Rio Grande do Norte visível por imagens de Satélite. Instituto de Pesquisas Espaciais-inpe. Dissertação de Mestrado, 143 pp.
- SOUZA, S. M. 1982. Análise Litoestratigráfica da Bacia Potiguar. In: Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador, v. 5, p. 2.392-2.406.
- TABOSA, W.F., 2000. Dinâmica costeira da região de São Bento do Norte e Caiçara do Norte - RN. Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Relatório de Graduação, 76p.
- TABOSA, W.F., 2002. Monitoramento costeiro das praias de São Bento do Norte e Caiçara do Norte - RN. Programa de pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Dissertação de Mestrado, *no prelo*.
- TABOSA, W.F.; CALDAS, L.; VITAL, H.; AMARO, V.E.; 2001. Remote Sensing of the Northeastern Brazilian Continental Margin (São Bento/Caiçara do Norte). The American Geophysical Union. Chapman Conference on the Formation of Sedimentary Strata on Continental Margins. Ponce, Puerto Rico. P.37
- TABOSA, W.F.; VITAL, H. e AMARO, V.E.; 2002. Morphologic and Structural Characterization of the Rio Grande do Norte Northern coast, Northeast Brazil on Remote Sensing Images. American Association of Petroleum Geologist, Houston, Texas, USA
- TESTAS, V. et al.1994. Tropical Algal Carbonates From Shelf and Atoll Environments, Northeast Brazil. 14th International Sedimentological Congress, Recife (PE), p. 17-18.
- VIANA, M.L. e SOLEWICZ, R. – 1988 – Feições fisiográficas submarinas da plataforma continental do RN visíveis por imagens de satélite. Simpósio de Sensoriamento Remoto, Natal. Proceedings 3, p. 581-587.

- VITAL, H. 2000. Brasil e Alemanha estudam erosão no litoral potiguar. Da Vinci, Textos Acadêmicos. Suplemento especial do Diário do Natal, 29 janeiro. p.1.
- VITAL, H.; STATTEGGER, K.; TABOSA, W.F.; RIEDEL, K.; 2000. Why Does Erosion Occur on the Northeastern Coast of Brazil?: The Caiçara do Norte Beach Example. Submetido ao Journal of Coastal Research.
- VITAL. H.; TABOSA, W.F.; STATTEGGER, K.; CALDAS, L.H.O; 2001. Tectonics and Bottom Morphology Control on Sediment Distribution in the Brazilian Northeastern Continental Margin: São Bento do Norte / Caiçara do Norte Area. The American Geophysical Union. Chapman Conference on the Formation of Sedimentary Strata on Continental Margins. Ponce, Puerto Rico. P.37

3.4 - DISCUSSÕES:

A metodologia adotada neste trabalho mostrou-se eficiente na geração de mapas multitemporais da morfologia costeira, e na geração de produtos de imagem para identificação e caracterização dos diferentes elementos que compõem a paisagem desse estudo (geologia, solos, vegetação e água), na região de São Bento do Norte e Caiçara do Norte.

A utilização conjunta dos produtos de SR e dos modelos sonográficos foi de fundamental importância para uma melhor compreensão do comportamento acerca de feições geológicas, sedimentares e estruturais contidas na porção submersas. É possível que estejam condicionadas aos componentes tectônicos descritos no continente. Entretanto, para conclusões mais refinadas é necessário que se realize um monitoramento sistemático, com o emprego de outros equipamentos sísmicos (X-Star ou BOOMER, por exemplo), um maior refinamento nas malhas de perfilagem e de amostragem, associadas aos modelos propostos com base no SR e PDI.

Com base no modelo gerado a partir do PDI foi possível a visualização de feições da morfodinâmica costeira, caracterizando possíveis áreas alvos que passaram por processos modificadores ao longo dos anos. A combinação destes resultados e aqueles obtidos na identificação e caracterização dos elementos da paisagem da área estudada (vegetação, solos, geologia e água) demonstram o grande dinamismo que os produtos do sistema Landsat podem propiciar. Desta forma, sugere-se a continuação, por períodos mais longos, do monitoramento executado neste trabalho, para um melhor entendimento das modificações ocorridas no meio ambiente, decorrente tanto das modificações naturais, quanto da ação antrópica, principalmente aquelas relacionadas às atividades industriais, desenvolvida em larga escala na área estudada (áreas de exploração da PETROBRAS, carcinocultura e indústria salineira).

RESULTADOS OBTIDOS – Morfologia Costeira

Neste capítulo é apresentado uma síntese dos trabalhos publicados e submetidos durante o desenvolvimento desta dissertação de mestrado. Os tópicos aqui descritos estão organizados sob forma de artigos e estão integrados ao desenvolvimento deste trabalho. Dentro de cada tópico aqui descrito serão acrescentadas algumas informações adicionais que visam complementar os artigos, visto que eles foram descritos e concluídos antecipadamente.

4.1 -INTRODUÇÃO:

Com base nos estudos até então realizados, foi possível melhor compreender o que realmente vem acontecendo ao longo do litoral de São Bento do Norte. Esta região surge como um elemento chave para o entendimento da morfodinâmica costeira do litoral setentrional do Estado, uma vez que nela são observados aspectos importantes para a compreensão da sua evolução e das áreas adjacentes. Como exemplo pode-se relacionar a sua localização geográfica, a influência das correntes marítimas, o contexto tectônica no qual está inserida, além de agentes climatológicos como os ventos, as ondas, as correntes litorâneas, as tempestades meteóricas, a atual variação do nível do mar e as marés. A combinação destes fatores, atuando ininterruptamente sobre a linha de costa, é que modifica a morfologia da praia. Estes efeitos podem ser atenuados ou acentuados de acordo com o período do ano.

De acordo com os 14 meses de observações realizadas pela equipe de estudo, foi possível delinear alguns marcadores importantes. A área apresenta uma dinâmica bastante intensa, com dois períodos climáticos (seca – agosto a dezembro, e chuvoso – janeiro a abril), bastante representativos e que estão diretamente relacionados ao comportamento morfodinâmico das praias. Durante o período chuvoso é possível observar um aumento do volume de sedimento e uma diminuição da intensidade dos ventos. Já no verão o que se observa é a condição inversa, com diminuição do volume de sedimento e aumento da intensidade dos ventos.

Em síntese: pode-se descrever que a faixa costeira de São Bento do Norte e Caiçara do Norte - RN, é constituída por uma área com um regime frágil e dinâmico, portanto, passível de modificações morfológicas registradas com maior ou menor intensidade de acordo com o período do ano. Estas mudanças dinâmicas podem ser melhor verificados com base nos perfis topográficos mensais.

4.2 - Artigo submetido na Revista: Pesquisa em Geociências, do Instituto de Geociências da UFRGS. VIII Congresso da Associação Brasileira de Estudo do Quaternário -ABEQUA.

MONITORAMENTO COSTEIRO DAS PRAIAS DE SÃO BENTO DO NORTE E CAIÇARA DO NORTE – NE/BRASIL

Werner Farkatt **Tabosa**^{1,2}; Zuleide M. C. Lima^{1,2}; Helenice Vital^{1,3,4}; Ingrid Maria Guimarães Guedes^{2,4}

¹Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica da UFRN

²Bolsista Agência Nacional do Petróleo – ANP

³Pesquisadora CNPq

⁴Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, C. P. 1639 CEP. 59.072-970
Natal -RN Brasil

* Fone: 55 84 21 219-5234; Fax: 55 84 21 208-3466; E-mail: farkatt@yahoo.com

CONTROL OF THE COASTAL SETTING IN THE SÃO BENTO DO NORTE AND CAIÇARA DO NORTE BEACH – NE/BRASIL

Werner Farkatt **Tabosa**^{1,2}; Zuleide M. C. Lima^{1,2}; Helenice Vital^{1,3,4}; Ingrid Maria Guimarães Guedes^{2,4}

¹Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica da UFRN

²Scholarship of the Agência Nacional do Petróleo - ANP

³Researcher CNPq

⁴Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, C. P. 1639 CEP. 59.072-970
Natal -RN Brasil

* Phone: 55 84 21 219-5234; Fax: 55 84 21 208-3466; E.mail: farkatt@yahoo.com

I – ABSTRACT

Sedimentary dynamic studies were conducted on the North littoral of Rio Grande do Norte State, comprising the São Bento do Norte and Caiçara do Norte cities, based on coastal processes data (wind, currents, waves and tides), beach profiles (monitoring six beach profiles, between June of 2000 and august of 2001), and elements in the morphologic and structural features. The coastline changes due to erosion and deposition are the major concern for the coastal zone management of this area.

This work is setting the necessity to understand the causes of erosion before construction of

protective structure on erosional beaches. Some items can be observed: 1). The destruction effects in the coastline were not eliminated by the construction of a groyne-field; 2) The increase of the erosion process in the area after the last groyn.

The main modifications happened on the months of November 2000 and March 2001, probably conditioned mainly by the change of the medium direction of the winds, that varied from 225°Az to 320°Az in this period of 14 months of monitoring. In the month of November 2000, the registered average was of the order of 72°Az (profile P1) and 90°Az (profile P6), in the same sequence we obtained a variation of the order of 95°Az and 85°Az, for the month of March of 2001. In this context, it was observed that the period of repetition of the waves reached averages of the order of 2'03"Seg (mar/01, profile P1) and 6'07"Seg (mar/01, profile P6). The height of the waves was also registered in this period as being the highest, with values of 0,44m (mar/01, profile P1) and 0,50m (mar/01, profile P6). The beaches in the studied area can be classified as reflective to intermediate.

Keywords: Coastline; Coastal processes; Coastal erosion; Beach profile; Northern Brazil.

I. Introdução:

Situada no litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte (Fig. 01) a região de São Bento do Norte e Caiçara do Norte está inserida em uma linha de costa submetida à ação contínua dos ventos alísios, que sopram de E e NE. Os ventos atuam de duas formas importantes nesta área: **1)** gerando o mecanismo da deriva litorânea, responsável pelo transporte das areias do litoral de leste para oeste; **2)** transportando as areias da face de praia para formação das dunas costeiras. Parte destas dunas migram para o interior avançando sobre a cidade de São Bento do Norte, causando a falta de sedimentos na praia de Caiçara, refletidos na forma de erosão; ou seja, as perdas são maiores que as contribuições (Vital *et al.*, 2000). Entretanto, pelo fato da cidade de Caiçara do Norte estar localizada mais próxima do mar, os efeitos destrutivos da erosão são mais evidentes.

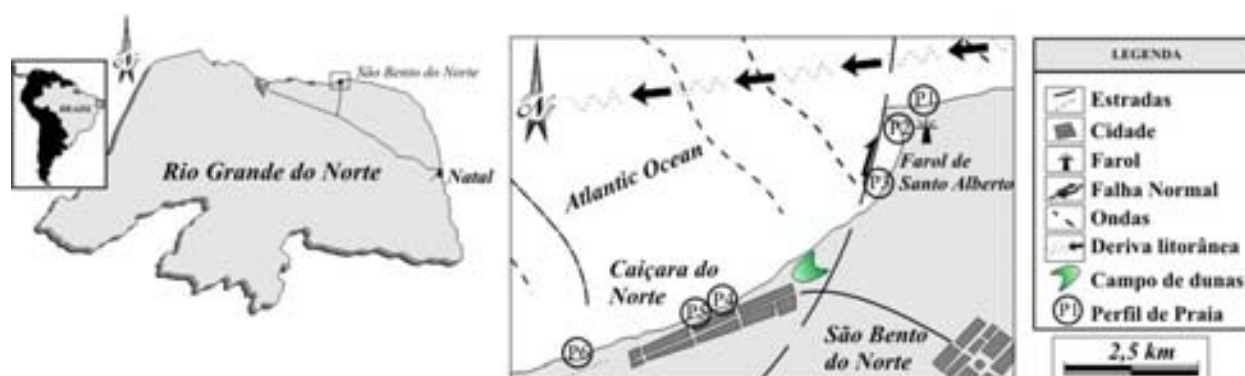


Figura 01 - Mapa da localização geográfica da área de estudo e seções esquemáticas dos perfis de praia nas cidades de São Bento do Norte e Caiçara do Norte.

Tentando conter este fenômeno, a prefeitura de Caiçara do Norte vem viabilizando a construção de uma série de gabiões na zona de estirâncio, perpendicular a linha da praia, sem haver um conhecimento suficiente dos aspectos mais importantes da erosão costeira, bem como dos principais mecanismos envolvidos. A construção destas estruturas envolve recursos financeiros elevados e, se construídas sem um monitoramento prévio, podem causar problemas erosionais mais severos.

Desta forma, a pesquisa aqui proposta visa suprir esta lacuna, tendo como objetivo principal a caracterização da dinâmica costeira das praias de São Bento do Norte e Caiçara do Norte, através do monitoramento e caracterização das tendências erosivas ou progradacionais resultantes da influência dos gabiões construídos na praia de Caiçara do Norte durante o período de junho de 2000 a agosto de 2001. Espera-se contribuir para um melhor conhecimento dos processos atuantes na região, bem como para a proposição de medidas de proteção costeira e ambiental para as cidades de São Bento do Norte e Caiçara do Norte.

A metodologia utilizada para este acompanhamento envolveu o monitoramento sistemático com perfis praias. Este tipo de monitoramento é de fundamental importância para auxiliar na compreensão e análise dos principais mecanismos de modelamento praias gerado pela arrebentação das ondas e a energia dissipada no local. Entretanto, a variação sazonal do perfil de praia, por meio da movimentação de enormes volumes de areia, não deve ser confundida com erosão, que implica em perda permanente de material “*offshore*” (Komar, 1998). Como consequência direta deste fenômeno, as regiões submetidas a diversos regimes de ondulações relacionados a diferentes estações do ano (inverno e verão, por exemplo) mostram variações cíclicas no perfil de praia. Em condições de alta energia (períodos de inverno), as ondas erodem a praia retirando dali a areia que vai depositar em bancos construídos sob a zona de arrebentação. O processo se reverte quando, em condições de baixa energia (períodos de verão), há um lento e paulatino transporte de areia em direção a praia promovendo a construção de bermas que costumam aparecer no pós-praia. Este tipo de consideração mostra a necessidade do monitoramento por um período mínimo de 12 meses (ciclo anual).

2. Geologia e Oceanografia:

A área estudada está inserida no contexto da Bacia Potiguar, localizada na porção extremo nordeste da região NE do Brasil, englobando as margens costeiras norte do Estado do Rio Grande do Norte. A Bacia Potiguar encontra-se implantada na Província Borborema (Almeida *et al.*, 1977), distribuída em cerca de 48.000 km², sendo que, cerca de 26.500 km² encontram-se submersos. Os limites da bacia estão definidos a oeste, pelo Alto de Fortaleza; a sul, pelo embasamento cristalino da Faixa Seridó e a norte, nordeste e leste, pela cota batimétrica de -2000m.

A Bacia Potiguar é representada como pertencente ao Sistema de *Rifts* do NE brasileiro (Matos, 1992). Este modelo equivale aos que formam as Bacias do Recôncavo, Tucano, Jatobá, Araripe, Rio do Peixe e Sergipe-Alagoas, embora esta bacia apresente particularidades bem definidas (Neves, 1987), marcadas por uma tectônica representada por um modelo tipo *pull-apart* para sua porção submersa

enquanto a emersa apresenta um sistema de *Rifts* tipo intracontinental.

A plataforma continental norte do Rio Grande do Norte apresenta largura média de 30 a 40 km, a mais estreita do Brasil, definindo sua quebra entre 50 a 60 m de profundidade. Apresenta morfologia irregular, com gradiente médio em torno de 1:1.000. A configuração da plataforma sofreu forte influência do tectonismo vertical Meso-Cenozóico. A estrutura de *grabens* e *horsts*, predominantes na porção emersa da Bacia Potiguar, exerce importante papel na sedimentação, morfologia da plataforma e da zona costeira.

A configuração morfológica da plataforma interna, adjacente à região estudada, por sua vez, influencia diretamente nos processos hidrodinâmicos que modelam esta linha de costa, bem como toda a região costeira onde está instalado o pólo petrolífero de Guamaré (Vital *et al.*, 2001).

3. Metodologia Empregada:

O acompanhamento das variações temporais da morfologia de praia, foi realizado através do monitoramento mensal de seis perfis de praia (Fig. 01), locados ao longo da faixa litorânea das praias de São Bento do Norte e Caiçara do Norte (Fig. 01). Este monitoramento foi realizado por um período de 14 meses, iniciado em junho de 2000 e estendendo-se até agosto de 2001, sempre em períodos de maré de sizígia (lua cheia). Para o levantamento quantitativo foi utilizado nível topográfico tipo N1025 – AUSJENA, bem como, um *Global Positioning System* (GPS) marca Garmin Etrex 12 canais, datum Córrego Alegre.

O levantamento foi realizado sempre na baixa-mar de marés de sizígia, a partir de um ponto inicial fixo no início do pós-praia. Todos os perfis foram posicionados perpendicularmente à linha de costa e mantido um azimuth constante durante toda a pesquisa. A extensão do perfil foi limitada até a zona de arrebentação. A variabilidade de cada perfil foi estabelecida através do cálculo do volume de areia por metro linear de praia, expresso em metros cúbicos.

Além do monitoramento morfodinâmico dos perfis praias, foram medidos os principais parâmetros sedimentológicos com amostragem na região de pós-praia, estirâncio e ante-praia. As amostras foram coletadas nos 5 cm superiores para caracterizar o estrato formado no momento da coleta; bem como, os principais parâmetros da dinâmica costeira como ventos (direção), corrente litorânea (direção e velocidade), ondas (altura e frequência de repetição), bem como a interferência antrópica na área de estudo.

A avaliação da altura, período e ângulo de incidência das ondas sobre a linha de costa foi feita a partir de observação visual de acordo com Cunha e Guerra (1996), para cálculo do transporte de sedimentos e caracterização geomorfológica da praia. Estes dados foram coletados no mesmo período do levantamento topográfico, sempre na preamar, tendo-se o cuidado de registrar a hora de início e fim da determinação dos dados, altura da maré da data da coleta e o local de observação. Para se acompanhar as variações periódicas das ondas, ventos e correntes na porção estudada, foram utilizadas algumas técnicas de monitoramento descritas na literatura (Cunha e Guerra, 1996).

Para melhor representar a variação da curva de maré local, foram realizadas observações visuais durante um intervalo de 10 horas, com leituras a cada 15 minutos (Tabosa, 2000). O equipamento utilizado foi confeccionado de forma artesanal, sendo composto por uma régua de madeira com cerca de 5 metros de comprimento, demarcada milimetricamente e fixada a uma mangueira transparente. De acordo com variação do nível do mar, esta mangueira é preenchida pela água.

4. Perfis de Praia:

Um importante aspecto da praia é sua característica dinâmica, onde os sedimentos inconsolidados se ajustam continuamente às condições de ondas e marés. Por essa razão, representam um importante elemento de proteção do litoral, ao mesmo tempo em que são amplamente usados para o lazer (Muehe, 1996).

O levantamento do perfil de praia é importante porque pode ser usado na análise do mecanismo natural modelado pela arrebentação das ondas e energia dissipada no local. Deste modo, a morfologia dos perfis de praias arenosas em determinada região está associada à intensidade do nível energético das ondas.

No presente estudo, foram escolhidos para o monitoramento deste litoral, seis perfis de praia distribuídos de forma a recobrir principalmente a parte da orla marítima afetada pelo efeito da movimentação das marés.

Com a observação dos perfis de praia foi possível identificar alguns aspectos. Dentro da faixa de domínio do perfil 01 (P1 - Fig. 01 e 02) nota-se uma certa estabilidade da morfologia local. Tal condição está condicionada a presença de uma extensa faixa de *Beach Rocks* que está servindo de anteparo natural na proteção deste trecho da orla. Nota-se apenas uma pequena concentração de sedimento na região de estirâncio nos meses de junho de 2000 e setembro de 2000, embora este fenômeno não tenha se repetido no ano subsequente (Fig. 02). Esta modificação na morfologia possivelmente está associada a uma acomodação natural, visto que naqueles períodos não foram registradas anomalias que interferissem na dinâmica local. Apenas o mergulho na região de estirâncio mostrou-se um pouco mais elevado, variando entre 13° a 16° para uma média anual em torno de 6° a 8°.

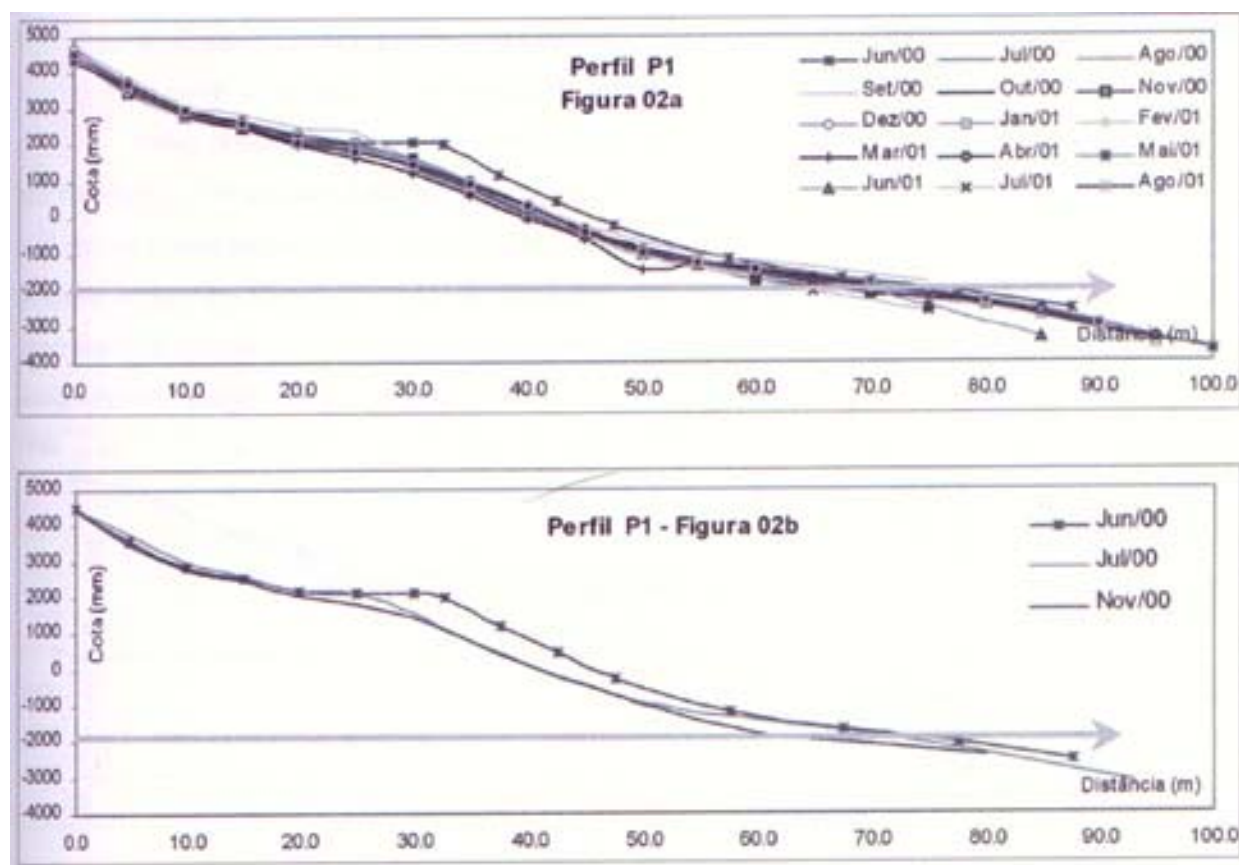


Figura 02 – a) Variação do perfil de praia (perfil 01 - P1), durante o período de junho de 2000 a agosto de 2001, b) perfil esquemático mostrando as maiores e menores variações de volume de sedimentos ao longo das zonas de pós-praia, estirâncio e ante-praia, tendo como referência o mês de junho de 2000 (início do monitoramento).

Na porção central da área, encontram-se locados os perfis 02 a 06; estes perfis recobrem praticamente toda a faixa da orla marítima das cidades. Nesta área é que se observam as maiores oscilações na morfologia praial. Esta faixa é constituída por uma extensa enseada (iniciando no P2), seguida por um longo trecho da praia “urbanizada” com edificações atingindo até a zona de pós-praia, como também trechos “protegidos” pela construção de uma série de quatorze gabiões distribuídos em uma distância de 800 metros de praia. Estes gabiões foram implantados em frente à cidade de Caiçara do Norte e estão recobrendo desde a zona de pós-praia até o início da ante-praia. Desta forma podemos dizer que esta porção é a que mais sofre interferência antrópica e por consequência a mais instável.

De acordo com a localização dos perfis foi possível delinear subáreas de maior vulnerabilidade morfológica. No perfil 02 (P2 - Fig. 01 e 03), foi observado na faixa de pós-praia uma estabilidade na morfologia do perfil (com uma deposição gradativa da ordem de $22 \text{ m}^3/\text{ano}$). Esta feição é condicionada a presença de estratos vegetais nativo tipo Psamofitas, que são estratos adaptados à escassa umidade, evaporação intensa e escassez de nutrientes (formação edáfica aberta), constituídas por Panicum Recemosun (herbáceas-gramínoides rasteiros), Ipomoea pes-caprae Roth (salsa de praia), Borreia Sp (vassourinha de botão branco) e Gomphrena globosa Lin (vassourinha de botão roxo). Na porção de estirâncio, observa-se uma certa heterogeneidade morfológica marcada por acentuado declínio do volume

sedimentar ao longo de todo o perfil, destacando-se o mês de agosto de 2001. Neste mês foi registrado uma variação anual do volume de sedimentos da ordem de $-207 \text{ m}^3/\text{ano}$. Durante o período de coleta de dados não foram observadas atividades antrópicas e naturais significativas que pudessem contribuir para este fenômeno. A altura das ondas não ultrapassou 0,1 m, com período médio de repetição da ordem de 8 a 10 seg, os ventos apresentavam uma direção média da ordem de 270° a 300° Az. e o sentido da corrente litorânea variou de 250° a 270° Az. (condizentes com o padrão regional). Entretanto, a precipitação pluviométrica durante o mês de agosto foi bem mais intensa, o que poderia ter contribuído para o emagrecimento praial.

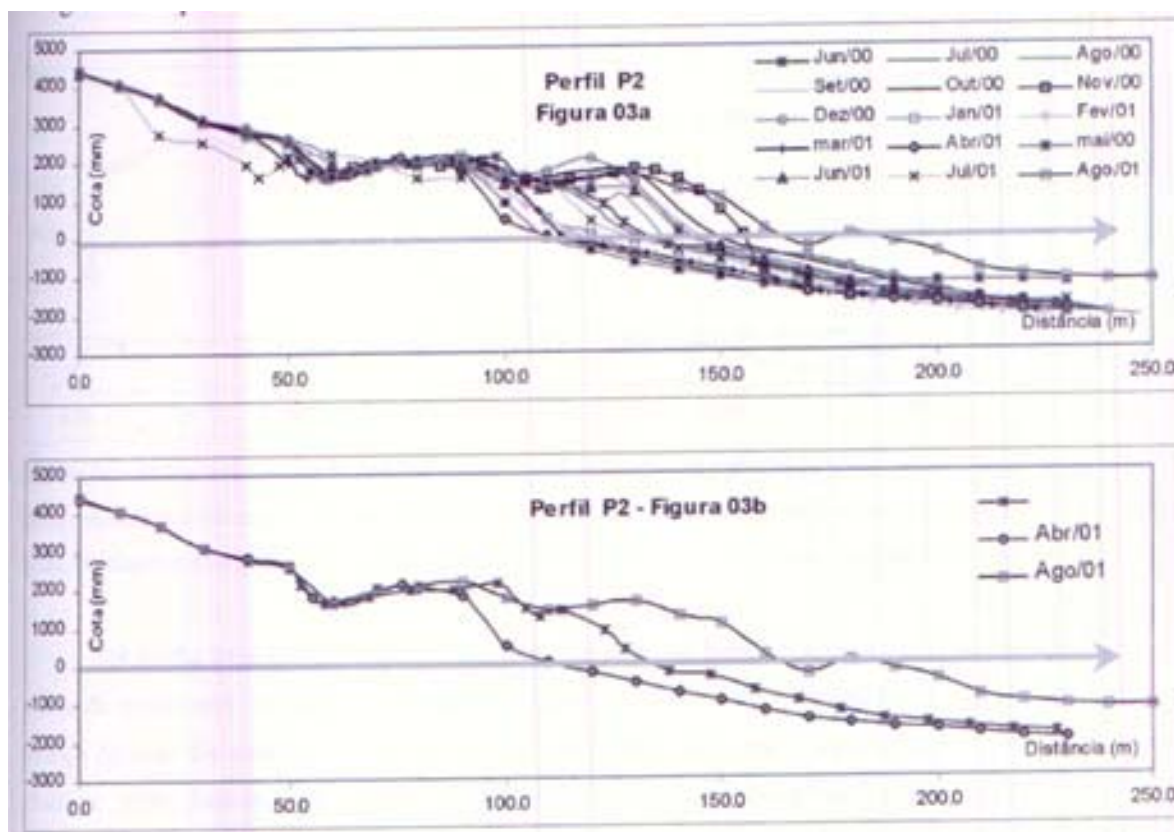


Figura 03 – a) Variação do perfil de praia (perfil 02 – P2), durante o período de junho de 2000 a agosto de 2001, b) perfil esquemático mostrando as maiores e menores variações de volume de sedimentos ao longo das zonas de pós-praia, estirâncio e ante-praia, tendo como referência o mês de junho de 2000 (início do monitoramento).

No perfil 03 (P3), destaca-se no mês de agosto de 2000 o surgimento de um canal na faixa de pós-praia e a formação de berma de praia com cerca de 0,18 m de altura, apresentando estratificações plano paralelas (não observadas em outros períodos) na região de estirâncio (Fig. 03). Quando se compara os perfis 02 e 03 observa-se uma ciclicidade (deposição/erosão) na sedimentação local, principalmente na região de estirâncio. Isto se deve principalmente ao posicionamento dos perfis, a ausência de obstáculos de proteção natural (*beach rocks* e duna vegetada), aos condicionantes climatológicos (mudança na direção geral dos ventos, que passa de uma média anual de 280° para 90° Az.) e a interferência antrópica, que contribui para a desestabilização do ecossistema.

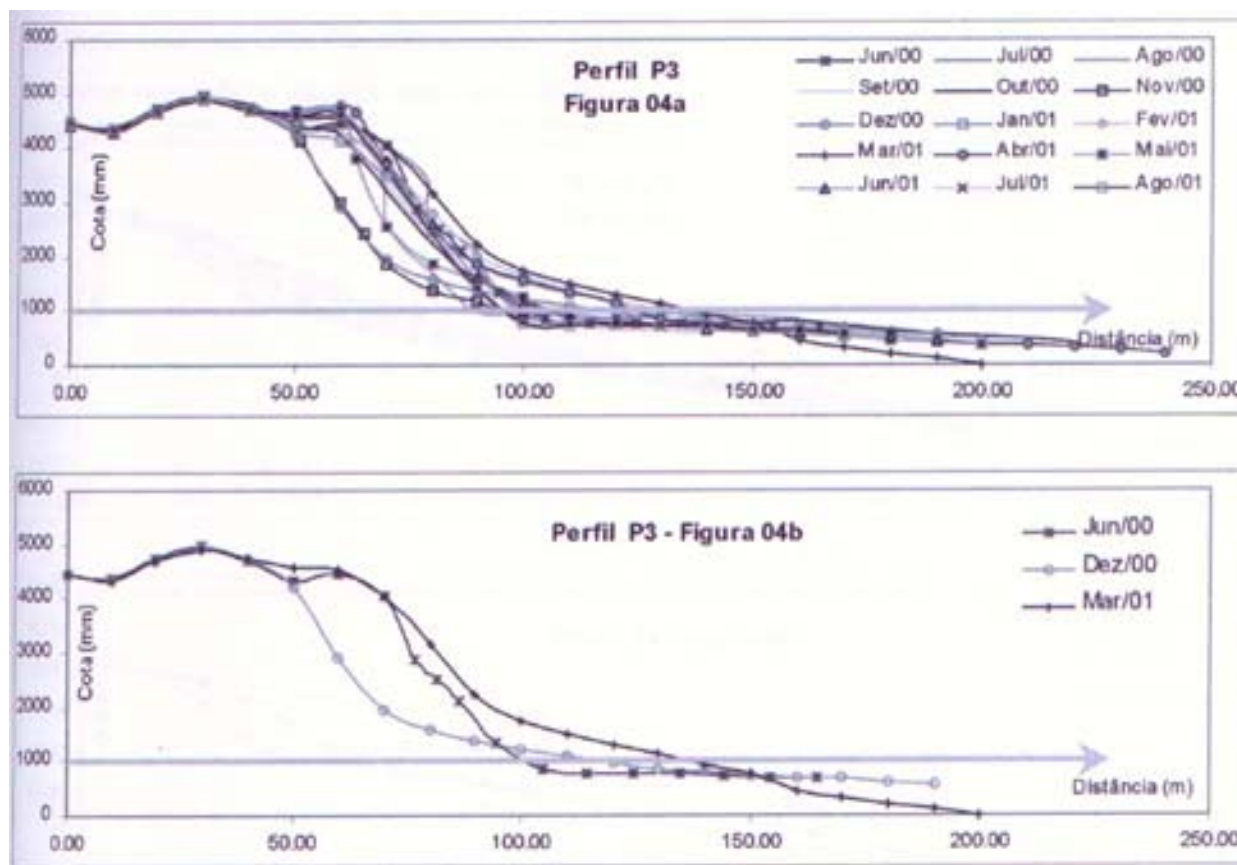


Figura 04 – a) Variação do perfil de praia (perfil 03 – P3), durante o período de junho de 2000 a agosto de 2001, b) perfil esquemático mostrando as maiores e menores variações de volume de sedimentos ao longo das zonas de pós-praia, estirâncio e ante-praia, tendo como referência o mês de junho de 2000 (início do monitoramento).

Os perfis 04 e 05 (P4 e P5), estão posicionados em frente à praia de Caiçara do Norte em um trecho de praia onde foi implantado pela prefeitura local uma série de 14 gabiões com o intuito de reter o avanço do mar. De acordo com estudos já realizados neste local, com produtos de sensoriamento remoto (Tabosa, 2000; Tabosa, 2001; Vital, 2000; Vital *et al.*, 2001), a cidade de Caiçara sofreu um acelerado processo erosivo, marcado por um recuo da linha de costa da ordem de 200 metros em 21 anos (período entre 1967 e 1988). Desta forma, o perfil P4 foi posicionado antes do primeiro gabião e o perfil P5 logo após o primeiro gabião, de forma a verificar a eficiência destas construções na estabilidade da morfologia praial.

Nota-se que no perfil 04 (P4), houve um aumento gradativo da sedimentação ao longo dos meses de investigação (da ordem de $83 \text{ m}^3/\text{ano}$) e as oscilações foram pouco significativas mostrando uma morfologia bastante uniforme. Para o perfil 05 (P5), o que se observou foi uma diminuição no volume de sedimentos (da ordem de $-6 \text{ m}^3/\text{ano}$). Além disso, o perfil 05 (P5) apresentou um ciclo de erosão e deposição que atingiu o seu ponto máximo (deposição) em julho de 2000, diminuindo gradativamente até junho de 2001 (erosão) e só voltando a aumentar (embora em um volume menor do que o registrado no ano anterior) em julho de 2001 para voltar a decair em agosto de 2001 (Fig. 04).

Vale salientar que boa parte destas construções foram total ou parcialmente destruídas pela

própria população e/ou pela força das ondas, assim a variação no volume de sedimentos neste trecho da praia pode estar associada ou não a presença dos gabiões.

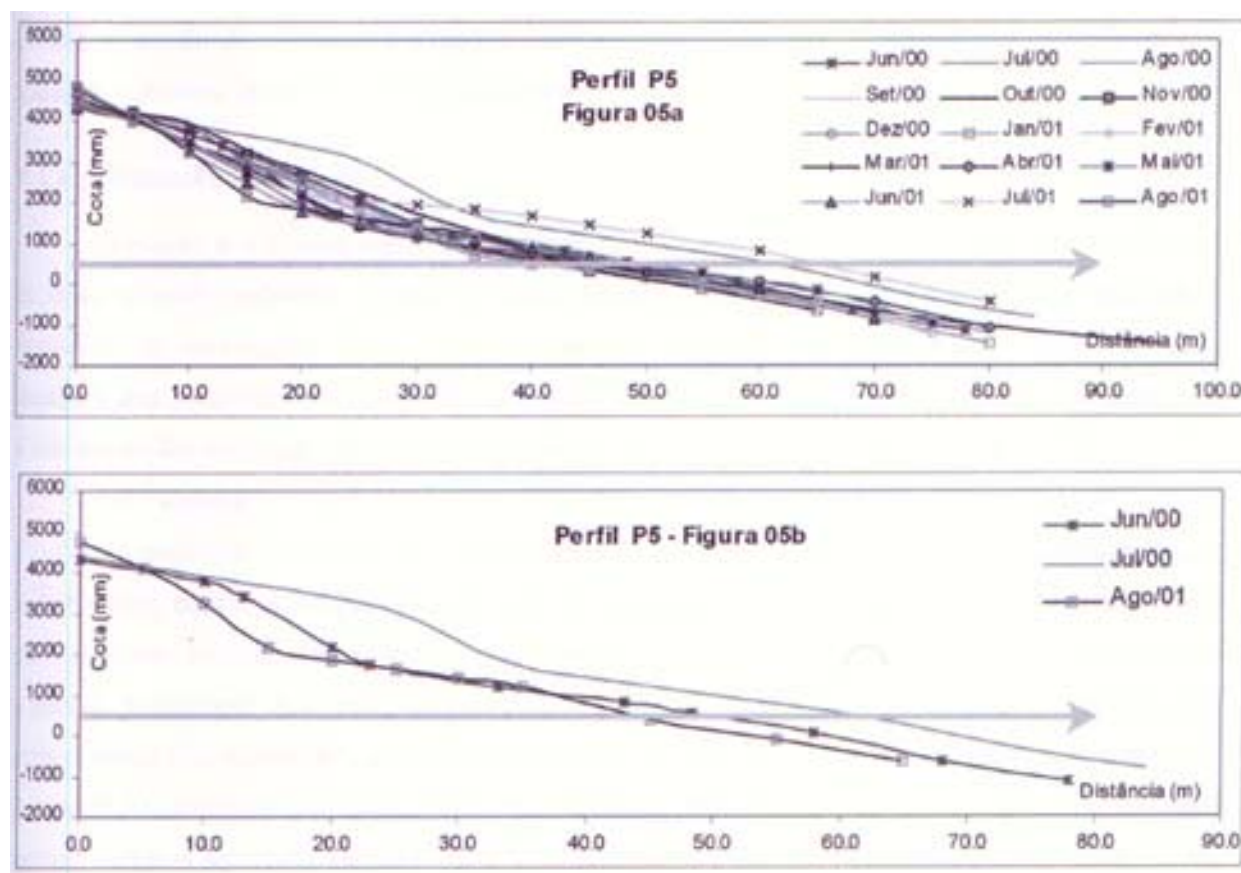


Figura 05 – a) Variação do perfil de praia (perfil 05 – P5), durante o período de junho de 2000 a agosto de 2001, b) perfil esquemático mostrando as maiores e menores variações de volume de sedimentos ao longo das zonas de pós-praia, estirâncio e ante-praia, tendo como referência o mês de junho de 2000 (início do monitoramento).

O **perfil 06 (P6)**, localiza-se após o último gabião. Neste ponto foi observado no início do monitoramento, uma faixa de dunas frontais de médio porte que gradativamente estão sendo devastadas diretamente pela ação dos fortes vento existentes na área, ondas e correntes de maré. Na região de estirâncio, tem-se um pequeno aumento do volume de sedimentos durante o mês de setembro de 2000 ($3,5 \text{ m}^3/\text{mês}$, voltando a diminuir posteriormente. Entretanto, a partir de dezembro se observou um acentuado declínio no aporte de sedimentos, marcado por uma erosão da ordem de $506 \text{ m}^3/\text{ano}$. Esta variação no volume de sedimento foi a maior observada ao longo de toda a praia durante o período de investigação, possivelmente esta variação está associada diretamente há distribuição dos gabiões. De acordo com a literatura (p.ex. Short and Masselink, 1999), os gabiões são comumente utilizados como estruturas de proteção da costa. Entretanto, estas estruturas de engenharia posicionadas na zona de surfe podem produzir algumas modificações nas características das praias como: 1) Realinhamento da linha de praias devido a refração das ondas em torno dos gabiões; 2) Deposição de sedimentos na faixa de *Updrift* e erosão na zona de *downdrift*, associados a uma mudança da morfologia na linha de costas.

Todos os perfis monitorados ao longo das praias de São Bento do Norte e Caiçara do Norte,

apresentaram na região de estirâncio ângulos de inclinação maiores que 6° (em média), desta forma, podemos classificá-las como praias predominantemente reflectivas, segundo Short (1999) e Komar (1998). O ângulo de inclinação máximo medido no período foi de 16° no perfil P1 em junho de 2000, enquanto o mínimo foi de 2° , observado no perfil P5 em agosto de 2001.

5. Caracterização Hidrodinâmica:

O estudo dos fatores naturais é de fundamental importância para o entendimento das alterações impostas ao meio ambiente. O conjunto destes fatores é responsável pelo modelamento (construtivo e destrutivo) de uma região. Desta forma, a preservação de praias e a proteção de propriedades costeiras requerem uma compreensão dos processos costeiros: o movimento das ondas, a geração das correntes costeiras, o movimento dos sedimentos de praia e a variação resultante na morfologia praial (Komar, 1998).

5.1 - Ventos:

Na região de São Bento do Norte, durante os meses de março a junho, os ventos apresentam-se mais brandos, com uma média mensal de 4,8 m/s, enquanto nos meses de agosto a dezembro os ventos são mais fortes, podendo atingir até 9,0 m/s e mínima de 0,7 m/s em abril. Durante o período de pesquisa, a direção preferencial dos ventos oscilou entre 225° a 320° Az (perfil P1) e 267° a 290° Az (perfil P6), embora tenha sido registrado nos meses de novembro de 2000 ventos com direção média em torno de 72° Az (perfil P1) e 90° Az (perfil P6). O mesmo ocorreu no mês de março de 2001, onde foram registrados valores em torno de 95° Az. (perfil P1) e 85° Az. (perfil P6) (Fig. 05).

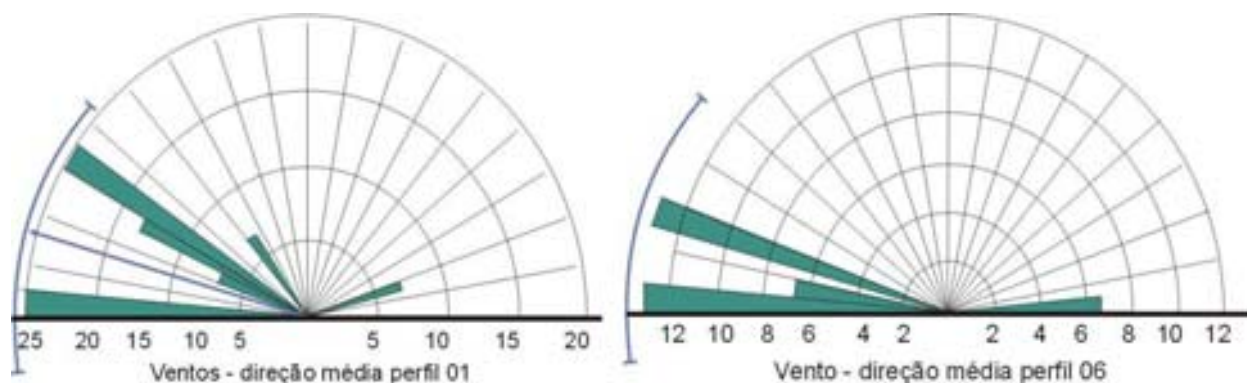


Figura 06 – Direção média dos ventos medida em São Bento do Norte e Caiçara do Norte durante o período de junho de 2000 a agosto de 2001.

5.2 - Corrente Litorânea:

Para caracterização das correntes foram escolhidos dois pontos fixos de medição, um em frente ao perfil P1 e o outro em frente ao perfil P6. No perfil P1 e 06 foram registradas velocidades médias na ordem de 0,44 m/seg. e 0,30 m/seg. (respectivamente), tendo as maiores variações registradas nos meses de novembro de 2000 e março de 2000 com a velocidade de 0,85 m/seg. (perfil P1) e 0,74 m/seg. no mês de agosto de 2000 (perfil P6). Os menores registros foram 0,17 m/seg. em junho de 2001 (perfil P1) e 0,09 m/seg. no mês de março de 2001.

Em relação a direção da corrente, os valores indicam para os dois pontos correntes preferencialmente

para NW, com valores da ordem de 255° Az a 310° Az para o perfil P1 e 255° Az a 290° Az para o perfil P6. Entretanto foi verificado que nos meses de novembro de 2000 e março de 2001 a direção da corrente litorânea apresentou uma mudança bastante significativa, variando de 115° Az (perfil P1) e 97° Az (perfil P6), 100° Az (perfil P1) e 85° Az (perfil P6).

5.3 - Marés:

As marés desta região são classificadas em semi-diurnas, apresentando desta forma duas preamares e duas baixa-mares por dia com aproximadamente a mesma altura. A área de estudo aqui descrita encontra-se inserida em uma costa de mesomaré, apresentando uma altura que varia em torno de 2 metros. Os marégrafos mais próximos estão instalados no Porto de Macau e Natal, distantes cerca de 100 e 170Km, respectivamente.

A curva de maré na área de São Bento do Norte, medida em 23/10/99, durante um período de 10 horas, foi marcada por uma oscilação bastante homogênea, com valores atingindo a ordem de 2,78 m para a altura máxima (no instante de preamar) e 0,20 m para a maré mais baixa (no instante de baixamar).

5.4 - Ondas:

Para o período estudado foi observado que o tipo de arrebentação predominante é do tipo mergulhante, o ângulo de incidência apresentou valores variando entre 5°Az e 35°Az, o período de repetição das ondas, variou entre 0'47" seg e 2'03" seg para o perfil P1 e entre 1'04" seg e 3'07" seg para o perfil P6.

6. Discussão e Conclusões:

Segundo Dominguez (1995), a erosão costeira é de certa forma antropogênica, isto porque, se ninguém morasse próximo a linha de costa, este fenômeno não teria importância alguma para o ser humano. Em um futuro bem próximo, o que se espera é um agravamento da erosão costeira com riscos geológicos para o homem em razão de práticas inadequadas de ocupação do solo, construção de represas que reduzem o suprimento de sedimento na praia, construção de obras de engenharia que alteram a dinâmica praial.

Este estudo realizado continuamente durante um período de quatorze meses serviu para facilitar o entendimento da morfodinâmica costeira, nesta área se observou uma ciclicidade (erosão/deposição) sedimentar marcada por períodos de erosão e deposição. Embora se observe que, com o término do ciclo, o volume de sedimento resultante é inferior ao existente no ciclo anterior, gerando assim um déficit no balanço sedimentar costeiro.

As principais modificações ocorreram nos meses de novembro de 2000 e março de 2001, provavelmente condicionadas, principalmente, pela mudança da direção média dos ventos que neste período de 14 meses de acompanhamento variaram de 225° Az a 320° Az. No mês de novembro de 2000, a média registrada foi da ordem de 72° Az (perfil P1) e 90° Az (perfil P6), na mesma seqüência obtivemos um variação da ordem de 95° Az e 85° Az para o mês de março de 2001. Dentro deste contexto, foi observado que o período de repetição das ondas atingiram médias da ordem de 2'03" seg. (mar/01, perfil P1) e 6'07"Seg

(mar/01, perfil P6). A altura das ondas também foi registrada neste período como sendo as mais elevadas, com valores de 0,44 m (mar/01, perfil P1) e 0,50 m (mar/01, perfil P6). Para melhor entender a importância desta relação, destaca-se que no mês de fevereiro de 2001 a altura das ondas variaram de 0,32 m (perfil P1) e 0,46 m (perfil P6), semelhantes a março de 2001. Entretanto o período de repetição das ondas estavam bem menores, na ordem de 1'06" seg. (perfil P1) e 1'04" seg. (perfil P6). Em fevereiro de 2001, a energia das ondas, associada aos ventos, provocaram na cidade de Caiçara do Norte uma grande destruição com as águas do mar recobrindo totalmente algumas ruas da cidade. No mês seguinte (março/2001) seria de se esperar um efeito semelhante ou até mais destrutivo, visto que a altura das ondas projetada para este período eram bem maiores. Entretanto isso não ocorreu. Possivelmente este fato estivesse relacionado a uma modificação na direção média do vento.

Com relação aos perfis de praia, pode-se dizer que a porção extremo leste da área encontra-se protegida naturalmente por uma faixa de *Beach Rocks* (perfil P1), que estão contribuindo para a estabilidade da morfologia local, identificado pelo comportamento homogêneo do perfil de praia. Quando comparado os meses de julho de 2000 e julho de 2001, observa-se uma sedimentação na ordem de 88,49 m³ e 88,23 m³ respectivamente na zona de estirâncio, mostrando uma redução de volume em torno 0,26 m³/ano, e uma sedimentação máxima para o mês de junho de 2000 com cerca de 130,68 m³. Entretanto se analisado a variação no volume de sedimentos ao longo de todos os perfis monitorados, identificou-se uma deposição de 104 m³/ano. Na porção central da área foram observadas as maiores oscilações em função de sua localização e maior vulnerabilidade aos processos costeiros. No perfil P3, nos limites da zona de estirâncio, entre as distâncias de 50 a 140 metros (do ponto inicial), foi possível quantificar a variação no volume de sedimento em torno de 12 m³ de sedimento ao ano, com o maior volume obtido em março de 2001 (16,02 m³/m/m) e o menor valor em novembro de 2001 (5,36 m³/m/m). Na região a leste do perfil P4, foi observado uma deposição gradativa (média de 83,58 m³/m/ano) ao longo da faixa que antecede a construção dos gabiões. Entretanto os perfis posicionados à oeste destas construções (P5 e P6), apresentam um acelerado processo erosional, tendo sido registrado uma diminuição no volume de sedimentos ao longo do período de investigação de -5,73 m³/ano e -506,21 m³/ano, respectivamente para os perfis P5 e P6. Esta variação torna-se cada vez mais acentuada com o distanciamento da zona de construção dos gabiões.

Pode-se concluir a partir deste estudo que a construção dos gabiões são soluções paliativas e que as mesmas não estão atingindo seus objetivos. Nas áreas onde estas medidas foram adotadas observou-se que: 1) Os efeitos destrutivos existentes na orla marítima não estão sendo eliminados, apenas diminuíram nos locais onde os gabiões estão alojados; 2) Como era de se esperar, ocorreu um aumento dos processos erosivos nos pontos imediatamente após à sua construção, resultando na destruição de áreas onde anteriormente não se tinham registro de erosão; 3) Em alguns locais foi observado o avanço de sedimento de praia sobre as casas e ruas da cidade. Neste contexto podemos afirmar que: 1) A escolha deste tipo de construção é totalmente inadequada para o ambiente proposto; 2) Não foi observado durante o monitoramento uma estabilidade na dinâmica sedimentar local, ou seja, a construção dos gabiões

contribuíram parcialmente para a preservação da cidade; 4) O material utilizado apresentou baixa resistência aos impactos da energia costeira; 5) A beleza natural do local está sendo destruída por este tipo de "proteção".

8. Agradecimentos:

Os autores agradecem a UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte e PPGG - Programa de Pós graduação em Geodinâmica e Geofísica pela infra-estrutura, a ANP - Agência Nacional do Petróleo /PRH-22 pela concessão de bolsas ao primeiro e segundo autores, aos projetos MAMBMARÉ – Monitoramento Ambiental de Áreas Costeiras sob Influência do Pólo Petrolífero de Guamaré, (CNPq-CTPETRO) PROBRAL 72/98 (CAPES/DAAD), e "*KÜSTENENTWICKLUNG UND HEUTIGE KÜSTENDYNAMIK IN RIO GRANDE DO NORTE - NE-BRASIL*". (GTZ/DFG), pelo suporte financeiro.

9. Referências:

- Almeida, F.F.M.; Hasuy, Y.; Brito Neves, B.B.; Fuck, R.A. 1977. **Províncias estruturais brasileiras**. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 2, Campina Grande, Anais.
- Cunha, S.B. & Guerra, A.J.T. 1996. **Geomorfologia: Exercícios, técnicas e aplicações**. Rio de Janeiro. Ed. Bertrand Brasil S.A.
- Dominguez, J. M. L. 1995. **A erosão da linha de costa na região nordeste do brasil: uma abordagem do problema a partir da compreensão da evolução costeira**. In: SIMPÓSIO SOBRE PROCESSOS SEDIMENTARES E PROBLEMAS AMBIENTAIS NA ZONA COSTEIRA NORDESTE DO BRASIL. Centro de Tecnologia e Geociências, UFPE. p.71-73.
- Komar, P. D. 1998. **Beach processes and sedimentation**. 2. Ed.: Prentice Hall. 544p.
- Matos, R.M.D. 1992. **Deep seismic profiling, basin geometry and tectonic evolution of intracontinental in Brazil**. New York. 275p. Doctor of Philosophy Thesis, Department of Geology of Cornell University.
- Muehe, D. 1996. Geomorfologia Costeira. In: Cunha, S.B. & Guerra, A.J.T. (eds). **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. Rio de Janeiro. Ed. Bertrand Brasil S.A. p.191-238.
- Neves, C.A.O. 1987. **Análise regional do trinômio geração - migração - acumulação de hidrocarbonetos na seqüência continental eocretácio da bacia potiguar emersa, NE do Brasil**. Ouro Preto. 71p. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geologia da Universidade da Universidade Federal de Ouro Preto.
- Short, D.A. 1999. **Handbook of beach and shoreface morphodynamics**. England, John Wiley & Sons, Ltd. 392p.
- Short, D.A. & Masselink, M. 1999. Emayed and structurally controled beaches. in: Short, D.A (ed.). **Handbook of beach and shoreface morphodynamics**. England, John Wiley & Sons, Ltd. 231-249p.
- Tabosa, W.F. 2000. **Dinâmica costeira da região de São Bento do Norte e Caiçara do Norte - RN**.

- Natal. 76p. Relatório de Graduação. Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- Tabosa, W.F.; Caldas, L.; Vital, H.; Amaro, V.E. 2001. **remote sensing of the northeastern brazilian continental margin (São Bento do Norte/Caiçara do Norte)**. In: CHAPMAN CONFERENCE ON THE FORMATION OF SEDIMENTARY STRATA ON CONTINENTAL MARGINS, 2001. Ponce, Puerto Rico. The American Geophysical Union. p.37.
- Vital, H. 2000. **Brasil e Alemanha estudam erosão no litoral Potiguar**. Textos acadêmicos. Suplemento especial do Diário do Natal, 29 janeiro. p.1.
- Vital, H.; Tabosa, W.F.; Stattegger, K.; Caldas, L.H.O. 2001. **Tectonics and bottom morphology control on sediment distribution in the brazilian northeastern continental margin: São Bento do Norte / Caiçara do Norte area**. In: Chapman Conference on the Formation of Sedimentary Strata on Continental Margins. Ponce, Puerto Rico. The American Geophysical Union. p.37.
- Vital, H.; Stattegger, K.; Tabosa, W.F.; Riedel, K. 2000. **Why does erosion occur on the northeastern coast of Brazil?: The Caiçara do Norte beach example**. Submetido ao Journal of Coastal Research.

4.3 - DETERMINAÇÃO DO PERFIL DE PRAIA E SUA VARIABILIDADE:

A região de São Bento do Norte e Caiçara do Norte, pertencem a um contexto morfológico instável, sujeito à constantes modificações geoambientais, estas modificações que foram impostas ao ambiente costeiro, podem ser, mesmo que de forma indireta um dos elementos responsáveis pelo comportamento do atual sistema costeiro da região. A vulnerabilidade desta região, pode contribuir de alguma forma para a desestabilidade dos ambientes marinhos e costeiros das áreas próximas a ela. Para melhor entender este tipo de comportamento é que esta sendo realizado o monitoramento da região como um todo. Este monitoramento visa caracterizar melhor esta vulnerabilidade, identificando os pontos mais críticos e o grau do risco potencial em cada trecho da praia, bem como, os principais elementos geradores destes efeitos. Com a conclusão deste estudo, deverá se ter uma melhor compreensão dos efeitos produzidos, como também delegar diretrizes para um melhor entendimento do comportamento geoambiental da região de São Bento do Norte e Caiçara do Norte, bem como, na região de Galinhos, Guamaré e Macau.

A interferência antrópica, atrelada geralmente ao suposto desenvolvimento urbano e a especulação imobiliária, são responsáveis por boa parte deste crescimento desordenado no trecho do litoral Potiguar, na área em estudo, este desenvolvimento é bem visível, sendo a interferência antrópica mais marcante em alguns trechos da praia (perfil 3 com a construção das pousadas, perfil 4 e 5 com a construção dos gabiões e perfil 6 com o antigo depósito de lixo da cidade), onde é observada uma mudança brusca na paisagem, provocando grande impacto ambiental e visual.

Algumas dessas descrições estão desenvolvidas no artigo desenvolvido anteriormente neste capítulo 4, parágrafo 4.2, sub-índice 4.

Perfil - P1 – Beach Rocks (Fig. 2.2 cap. 2) – Este perfil apresenta um equilíbrio morfodinâmico ao longo do ano, ocorrendo perdas de sedimento ocasionalmente nos meses de verão (Fig. 03 artigo). Em geral, neste trecho da praia a interferência antrópica é praticamente inexistente, como pode ser constatado pela ausência quase que total de material poluente na área estudada (Pós-praia – Pp, Estirâncio – Ep, Antepraia – Ap). Neste perfil foi observado um equilíbrio entre os períodos de emagrecimento e engordamento praias, resultando em uma morfologia bastante equilibrada e homogênea, esta condição é refletida dentro dos valores obtidos a partir do cálculo de volume sedimentar, mostrando uma deposição da ordem de $4 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$, entre os meses de agosto de 2000 e agosto de 2001 e um balanço anual da ordem de $100 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$ (Anexo 05 – tabela 01). O material sedimentar encontrado nas amostras coletadas ao longo deste perfil, mostram um predomínio de sedimentos quartzosos, com granulometria na fração areia média (Anexo 03). Observa-se a formação de cúspides praias nos meses de setembro de 2000 e de maio de 2001 a agosto de 2001, verificando-se uma leve tendência de

deslocamento das mesmas em direção a W (Fig. 4.1). Em geral, pode-se dizer que a área apresenta períodos de características intermediária a reflectiva.

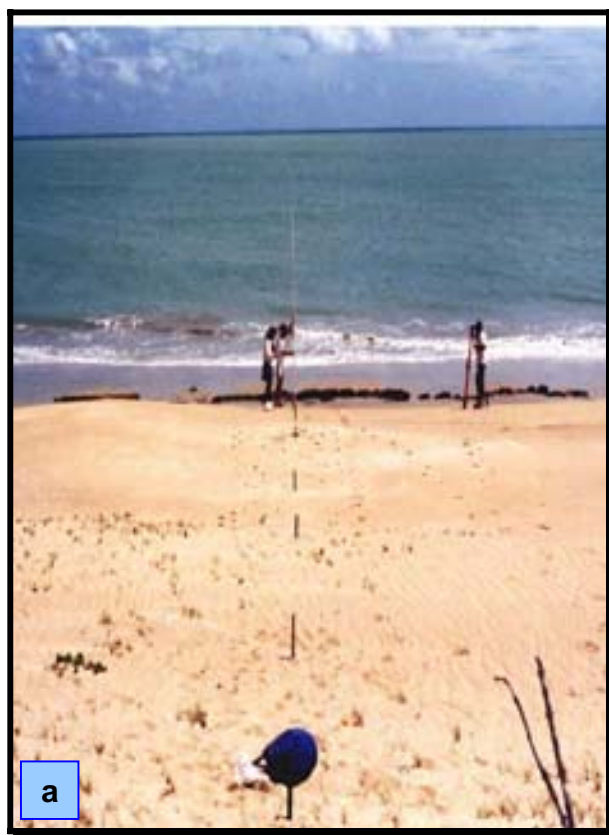


Figura 4.1 – Visão parcial do perfil 1 (praia protegida por Beach Rocks - São Bento do Norte: a) a foto mostra a distribuição dos piquetes alinhados perpendicular a linha de praia; ao fundo pode ser observado o alinhamento de Beach Rocks, expostos pela maré baixa, no dia 08/04/2001, às 9:14hs (foto do autor).



b) a foto mostra um detalhe do posicionamento da linha de Beach Rocks entre a zona de estirâncio e ante-praia. Nivelamento realizado em direção ao mar, durante o período de baixa mar, no dia 08/01/2001, às 8:40hs (foto do autor).

Perfil - P2 – Farol de Santo Alberto – Este perfil foi construído em uma área localizada no início da enseada de São Bento do Norte (Fig. 2.2 cap. 2), neste nivelamento foi observado que durante todos os meses, ocorreram variações na morfologia praial. Entretanto, na região de estirâncio (90 a 160m) o comportamento da superfície praial é mais heterogênea, tal condição está diretamente relacionada à uma maior vulnerabilidade à energia costeira. Na região de antepraia (160 a 250m), esta variação também está presente mais em proporções menores, o que pode ser observado de acordo com a figura 4.2. O que mais se destaca neste perfil é o comportamento da superfície do terreno durante os meses de julho de 2001 e agosto de 2001, onde tem-se marcado uma mudança na topografia dos perfis em relação ao *trend* principal (junho de 2000), e pela condição erosional registrada nestes dois meses, que resultaram em uma perda no volume de sedimentos da ordem de $-84 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$ e $-205 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$, respectivamente.

Outras características devem ser mencionadas para um melhor entendimento desse perfil. Na área próxima ao ponto de transição entre pós-praia e estirâncio tem-se marcado um feição depressiva em forma de uma calha que sugere a possibilidade de um antigo canal, este representado no desenho pela curvatura localizada nas proximidades de 60m, esta área em momento de marés excepcionais fica totalmente alagada e durante todo o período de investigação nunca foi observado recobrimento deste trecho por sedimentos recentes. Na faixa dos 110m é observado um tendência à formação de uma outra depressão, sendo que esta feição só ocorre em alguns meses do ano como resultado da energia costeira dissipada na área. Em alguns meses do ano esta energia é tão intensa que consegue carregar parte dos sedimentos da faixa de estirâncio, acentuando a cavidade e deixando uma barreira natural entre ela e o mar, em momentos excepcionais esta barreira é traspassada pela água do mar, formando uma pequeno lago, com águas mornas e limpa (já que a mesma se renova em cada ciclo da maré), utilizado com frequência pela população local (Fig. 4.3).

Um outro condicionante importante para a caracterização da faixa de praia que não pode ser deixada de lado, é a caracterização do ambiente praial, para este trecho de monitoramento, o que pode ser catalogado ao longo dos meses, foi que a área esta condicionada a uma interferência antrópica de mediana a baixa, a presença de material poluente é maior do que no perfil anterior e ocorre principalmente na faixa de pós-praia, as modificações no comportamento morfodinâmico distribuídas ao longo do perfil são mais destacadas, a partir da zona de estirâncio as linhas mostram-se mais heterogênea. A composição mineralógica é formada por sedimentos quartzosos com fragmentos de conchas e rochas de praia, distribuídos dentro de uma fração de areia média (Anexo 03). Apenas em mês junho de 2000, num contexto de 14 meses de investigação é que foi observado a formação de escarpa de berma, mesmo assim, essas não apresentavam a formação de qualquer estrutura sedimentar. Neste mesmo trecho, durante todos os meses de estudo o que se observou, foi um instabilidade percentual entre os períodos de inverno e verão, o que resultou em um relevo bastante desequilibrado e heterogêneo, esta condição é refletida dentro dos valores obtidos. O calculo de volume sedimentar mostra uma erosão da ordem de $-92 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$ (Anexo 05 – tabela 02).

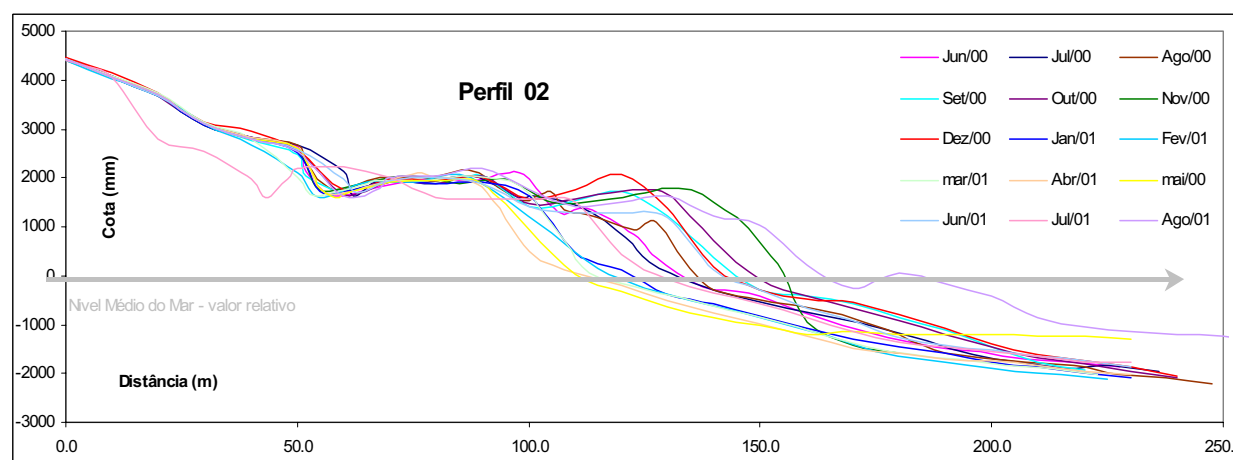


Figura 4.2 – Variação planialtimétrica do perfil P2 (em frente ao Farol de S^{to}. Alberto), o nivelamento foi realizado no sentido pós-praia para antepraia, durante o horário de baixa mar. Modelo gerado com base no dados de campo em programa do Microsoft Excel.



Figura 4.3 – Visão parcial do perfil P2 (em frente ao Farol de S^o Alberto – São Bento do Norte) - Na foto acima tem-se uma visão geral da área de monitoramento do perfil 2, dia 10/02/2001, às 10:19Hs; a foto ao lado mostra parte da vegetação que recobre a área, e a formação do canal alagado, dia 10/02/2001, às 16:40hs (foto do autor).



Perfil - P3 – pouso de São Bento do Norte (Fig. 2.2 cap. 2) – De acordo com discussões realizadas no artigo descrito acima, este perfil apresenta variações morfodinâmico ao longo zonas de estirâncio e antepraia, embora, se observe a formação de um grande calha na região de pós-praia somente no mês de agosto de 2000 (Fig. 03 artigo), esta feição não se repetiu em nenhum outro período; neste mês a única anormalidade encontrada na área foi a formação de uma escarpa de berma com 0,18 m de altura e inclinação de 90° (Fig. 4.6 a/b), em outros meses também foram descritos a formação de escarpa de berma mais nenhuma foi tão destacada como esta (Anexo 01).

O comportamento morfodinâmico deste trecho foi bastante regular, variando basicamente na declividade do terreno principalmente no trecho compreendido entre pós-praia / estirâncio, onde a declividade torna-se mais acentuada com uma média em torno de 7° podendo atingir até 10° (agosto de 2000). Durante o período de monitoramento foi caracterizado que a taxa de sedimentação sobre a área de atuação do perfil é uniforme. As mais baixas concentrações de sedimento ocorreram principalmente entre os meses de janeiro de 2001 a abril de 2001 (de $-7,63 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$ a $-13,65 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$), embora, durante os meses de novembro de 2000 e dezembro de 2000 nota-se um leve recuperação, com valores da ordem de $26,35 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$ e $42,39 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$ respectivamente (Anexo 05 – tabela 03). Todavia, quando se observa apenas trechos localizados do perfil (p.ex.: zona de estirâncio), o volume de sedimento calculado indica uma erosão da ordem de $-9 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$, o que não representa a tendência geral da área (Fig. 4.4). Com a

aproximação da área urbana, foi observado um gradativo aumento da interferência antrópica e por consequência um aumento na presença de materiais poluentes. De uma maneira geral neste trecho da praia, os sedimentos quartzosos são predominantes, são classificados como uma areia média (Anexo 03), com características de praia reflectiva (erosional – Anexo 04; Fig. 4.5). Entretanto, o que foi observado durante o período de monitoramento dos perfis foi uma deposição da ordem de $98 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$



Figura 4.4 – Visão parcial do perfil 3 (em frente a pousada de São Bento do Norte). A partir desta área interferência antrópica é cada vez maior. Nota-se um relevo bastante plano, com os piquetes orientados em direção à zona de pós-praia. Fotografado em 08/04/2001, às 10:20hs (foto do autor).



Figura 4.5 – Nota-se a formação de uma área alagada na zona de pós-praia e estirâncio, este fenômeno aconteceu poucas vezes ao longo do meses de estudo, ao fundo observa-se a área do perfil 2 que também esta alagada. Fotografado em 10/02/2001, às 16:00hs (foto do autor).



Figura 4.6 – a) Nota-se a formação de uma escarpa de berma com 18 cm de altura e inclinação de 90°. Berma, ao fundo observa-se a duna da cidade de Caiçara do Norte.



b) Detalhe da escarpa de berma. Fotografado em 16/07/2000, às 8:25hs (foto do autor).

Perfil - P4 e P5 – Igreja matriz de Caiçara do Norte / Posto de Gasolina: Estes dois perfis foram construído em frente à uma cidade de Caiçara do Norte (Fig. 2.2 cap. 2). Este ponto foi escolhido por ser o início de uma série de gabiões construídos pela prefeitura de Caiçaras do Norte com o intuito de conter o avanço do mar sobre a referida cidade. Optou-se por duas linha, uma antes (perfil 4) e outra logo após ao primeiro gabião (perfil - P5). Este modelo é importante para se entender melhor as possíveis modificações do comportamento morfológico geradas a partir das construções destes gabiões.

Com o monitoramento foi observado que durante todos os meses, ocorreram variações na morfologia praial, entretanto, estas modificações foram de baixa amplitude. Os dois perfis (P4 e P5), apresentam um relevo suave com declividade baixa (uma inclinação média de 5,5° para o perfil - P4 - Fig. 04 artigo e 5° para o perfil - P5 - Fig. 4.8). No mês de julho de 2001 foi verificado um aumento no ângulo de inclinação do terreno (região de estirâncio), atingindo valores entre 8° e 9°. O modelo resultante deste monitoramento apresenta, uma homogeneidade na morfologia e no volume de sedimentos no perfil praial (Fig. 4.8).

Pequenas variações são observadas apenas na linha limite da porção de pós-praia / estirâncio. Durante os meses de dezembro de 2000 a março de 2001 não houve registro da formação de pós-praia, nestes meses os efeitos catastróficos gerados pelo aumento energia costeira resultaram em destruição parcial de algumas casas, invasão das primeiras ruas da cidade pela a água do mar e destruição de ruas e calçadas (Fig. 4.9).

O que destaca-se neste perfil é a variação no volume de sedimentos. No perfil P4 que esta posicionado antes do gabião, com era de se esperar, ocorreu, uma sutil deposição da ordem de 2 m³ entre os meses de agosto de 2000 e agosto de 2001 (Tabela 04). Para o perfil 5 (Fig. 4.7), de acordo com os

valores obtidos, também ocorreu um aumento no volume de sedimento durante o período (Anexo 05 - tabela 05). Pelas observações visuais e de acordo com a literatura, esperava-se que houvesse erosão e não deposição. Entretanto, se analisarmos somente a faixa de estirâncio, observa-se uma pequena erosão da ordem de $1,5 \text{ m}^3/\text{ano}$.

De acordo com a caracterização do ambiente praial, neste trecho de monitoramento, a mudança de comportamento é significativa, por estar localizada dentro dos perímetros urbanos de Caiçara do Norte. Esta área está sujeita a uma interferência antrópica alta, a presença de material poluente é maior do que nos perfis anteriores (Fig. 4.8) e ocorre em todo trecho de praia (Anexo 01). Os sedimentos são constituídos essencialmente por quartzo e apresentam granulometria na fração areia fina a média (Anexo 03). A formação de escarpa de berma nesta área não é muito comum, embora, tenha sido registrada apenas em junho de 2000. Cúspides praiais não foram observadas. Em síntese, pode-se dizer que este trecho da área estudada, é predominantemente reflectivo (erosional – Anexo 04), com um balanço sedimentar da ordem de $83 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$ (perfil P4 - deposição) e $-5 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$ (perfil P5 – erosão).

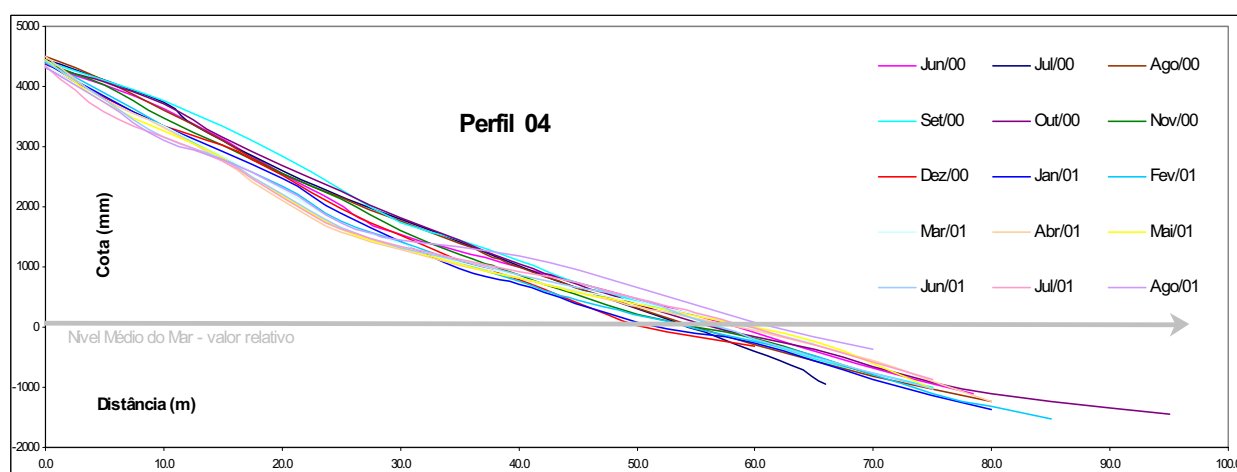


Figura 4.7 – Variação planialtimétrica do perfil 4 (em frente a Igreja de Caiçara do Norte), o nivelamento foi realizado no sentido pós-praia para antepraia, durante o horário de baixa mar. Modelo gerado com base no dados de campo em programa do Microsoft Excel.



Perfil de Praia 4 e 5 – fotografado em 06/06/2000, às 11:48hs, observar altura do gabião no lado do perfil 5.

Perfil de Praia 4 e 5 – fotografado em 14/10/2000, às 10:25hs.



Perfil de Praia 4 e 5 – fotografado em 08/04/2001, às 11:05hs.

Perfil de Praia 4 e 5 – fotografado em 08/04/2001, às 11:05hs.



Perfil de Praia 4 e 5 – fotografado em 06/05/2001, às 10:12hs.

Figura 4.8 – Perfil P4 e P5 - As fotos mostram o posicionamento do Gabião na praia de Caiçara do Norte. Observar a variação morfológica e a taxa sedimentação no área. Na foto ao lado destaca-se a destruição dos gabiões e a baixa resistência do material que os recobre. 10/02/2001, às 11:24hs (baixa mar 11:06hs 0,1m ; fotos do autor).





Figura 4.9 – Cidade de Caiçara do Norte (área do perfil 4 e 5) – Instante em que mar invadiu a cidade, registro do efeito catastrófico da maré excepcional ocorrida em fevereiro que provocou alagamento e destruição nas principais ruas da cidade (seqüência de eventos 1 a 4). Altura da maré 2.8m (preamar 18:06hs), direção do vento 260°az, sentido da corrente 270°az. Registro realizado no dia 10/02/2001, às 17:30hs (fotos do autor).

Perfil - P6 – Antigo depósito de lixo da cidade de Caiçara do Norte: Este perfil está posicionado na porção W da área, no final da cidade de Caiçara do Norte (sentido São Bento – Galinhos - Fig. 2.2 cap. 2). A sua localização foi escolhida para representar a faixa de que não está sobre influência direta dos gabiões. O perfil P6 (Fig. 4.10), encontra-se cerca de 300 m a W do último gabião construído na praia de Caiçara.

A composição da linha topográfica foi construída tendo seu marco inicial localizado na porção central da duna frontal, esta duna apresenta dimensões na ordem de 4 a 5 m de altura por 5 a 6 m de largura e por 500 m de comprimento (Fig. 4.11). No início do trabalho esta duna apresentava uma certa “estabilidade” na sua característica morfodinâmica. Na sua porção mais superior era possível identificar algumas espécies de vegetação nativa de predominantemente rasteira (salsa e gramíneas) e em menor proporção herbáceas de pequeno porte. Entretanto, com o desenvolvimento do trabalho observou-se que a duna na realidade havia sido parcialmente remobilizada, pois a mesma, capeava parte de um antigo depósito de lixo da cidade. Aos poucos esta duna foi sofrendo modificações nas suas características, iniciando-se um acelerado processo erosivo, intensificado pelos agentes costeira (ventos, ondas, correntes, etc.) e pela própria interferência antrópica. Observa-se que gradativamente o volume de

sedimentos que compõe o corpo da duna esta sendo remobilizado para outras áreas (a oeste), e conseqüentemente, a declividade do terreno é mais suavizada e os restos de material poluente ficam expostos sobre a praia.

Um fator importante observado nas características desta duna é a sua disposição ao longo do litoral e contribuição para preservação da cidade. Da forma como esta duna esta posicionada, ela atua como uma barreira natural protegendo as casas da cidade do constante avanço do mar e da força das ondas. Todavia, esta contenção natural esta sendo desestabilizada diariamente com a constante saída dos sedimentos que recobrem esta faixa de duna, e a proteção que hora é oferecida esta parcialmente comprometida, podendo num futuro muito próximo resultar em efeitos destrutivos nesta porção da cidade que atualmente encontrasse preservada (Fig. 4.11).

De acordo com os perfis levantados, no trecho de praia que esta sobre influência da faixa de dunas, foi observado durante todo período de estudo, uma morfologia homogênea, marcada por um decaimento gradativo do relevo, condicionada por uma variação temporal no volume de sedimento ao longo da linha de perfil (Fig. 4.10). Praticamente, durante todos os meses de monitoramento a variação foi negativa, apresentando maiores destaques nos meses de abril de 2001 e agosto de 2001, quando a variação anual oscilou em torno de $-68 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$ e $-56 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$ respectivamente (Anexo 05 - tabela 6)

De acordo com a caracterização do ambiente praial, nesta faixa da praia de Caiçara do Norte, as mudanças observadas foram proporcionais nas diversas zonas de descrição (duna, pós-praia, estirâncio e ante-praia). Em todos os meses a interferência antrópica foi intensa, a energia costeira sobre esta faixa foi bastante significativa, sendo em alguns meses do ano impossível a caracterização da zona de pós praias (Anexo 01 e 02). Na zona de estirâncio o que mais chamou a atenção foi a variação da declividade do terreno, oscilando em geral de 8° a 10° . Os sedimentos apresentam granulometria na fração areia média a grossa e composição quartzosa (Anexo 03). A presença de cúspides praias e/ou berma de praia não foram registradas em nenhum dos meses de acompanhamento. Atualmente, este trecho da praia de Caiçara do Norte, apresenta uma tendência a ser uma praia reflectiva (erosional – Anexo 04).

O balanço sedimentar calculada para a área de monitoramento do perfil P6, mostrou uma erosão da ordem de $-506 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$.

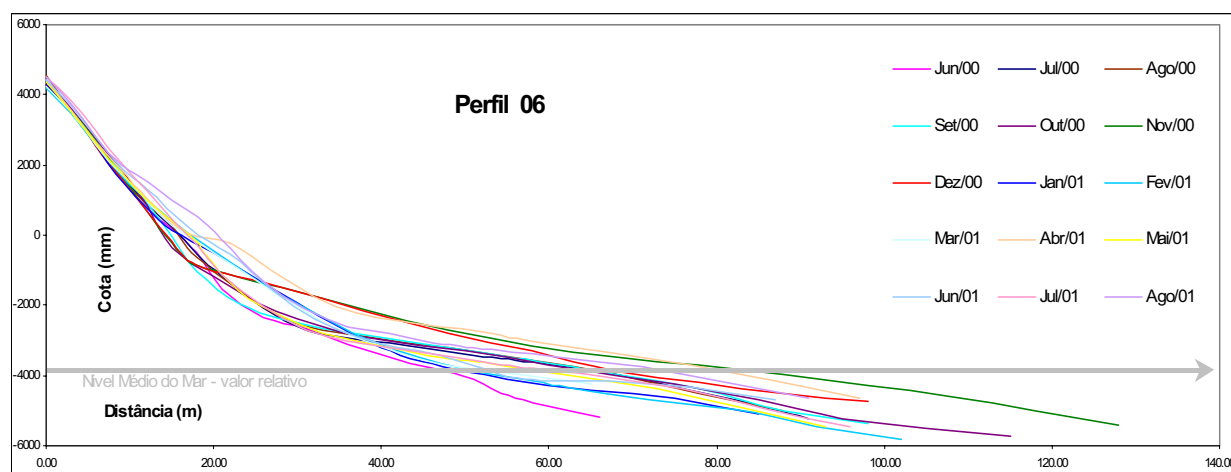


Figura 4.10 – Variação planialtimétrica do perfil P6 (antigo aterro de lixo da cidade de Caiçara do Norte), o nivelamento foi realizado no sentido pós-praia para antepraia, durante o horário de baixa mar. Modelo gerado com base no dados de campo em programa do Microsoft Excel.



Figura 4.11 – foto 01: Visão parcial do perfil P6 (em frente ao antigo aterro de lixo da cidade de Caiçara do Norte) – A foto mostrando o posicionamento dos piquetes e o campo de duna. No início do trabalho esta barraca era utilizada como ponto de referencia para o alinhamento do perfil. Foto dia 18/06/2000, às 11:48hs (foto do autor).

Perfil 06 – foto 02: Com as fotos mostradas à seguir será possível entender a evolução gradativa dos efeitos erosivos no campo de duna em Caiçara do Norte, e a atividade antrópica. Na foto ao lado as primeiras evidencias do lixo jogado no local. dia 16/07/2000, às 11:00hs





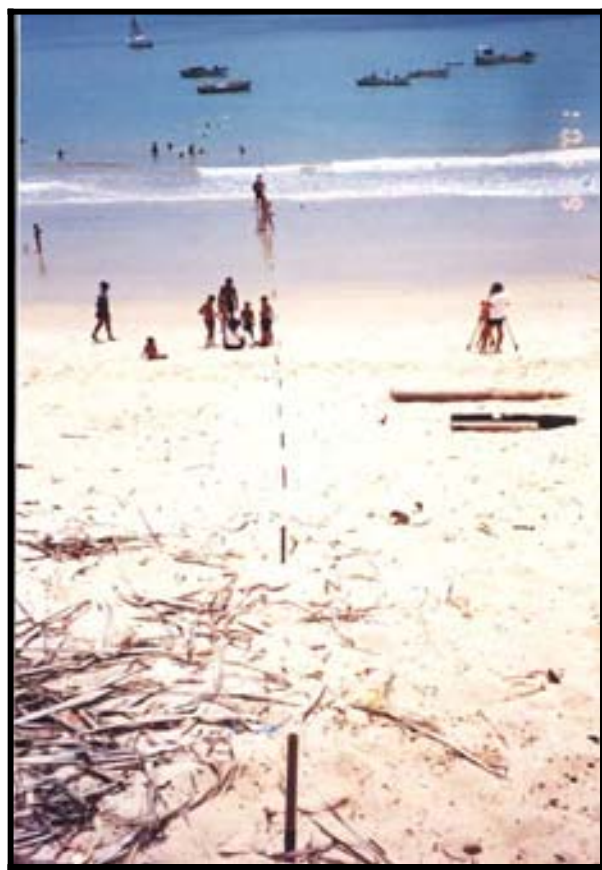
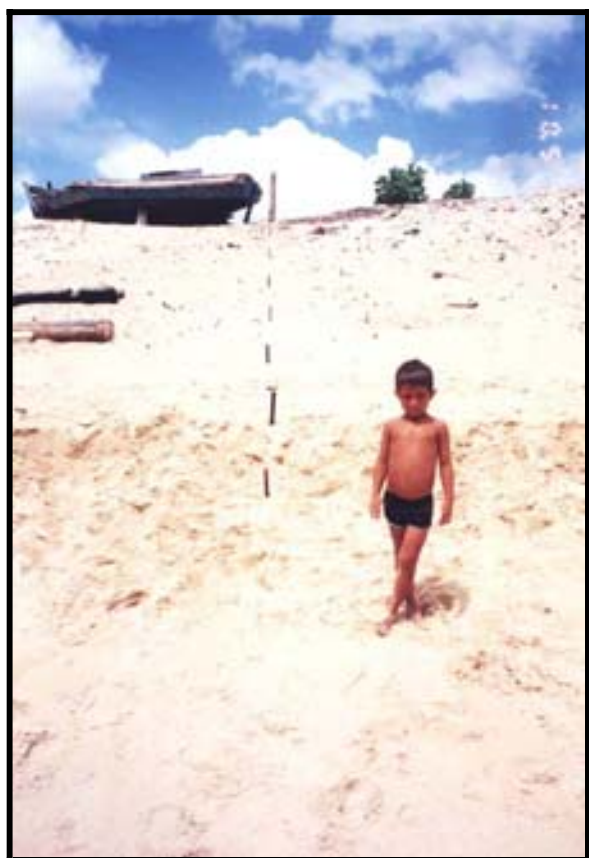
Perfil 06 – foto 03: Pode ser observado um pequeno desgaste na estrutura da barraca e uma diminuição da vegetação no topo da duna. Detalhe do modelo de nivelamento planialtimétrico realizado. Fotografado no dia 15/08/2000, às 11:15hs (foto do autor).

Perfil P6 – foto 04: Aspecto geral do trecho de duna aonde são realizados os perfis topográficos. Ao fundo, observar-se o acelerado processo de destruição da barraca de palha e o aparecimento de mais lixo ao longo da duna. Fotografado em 09/01/2001, às 11:15hs (foto do Autor)



Perfil P6 – foto 05: Destaca-se o elevado estágio de degradação do campo de duna, condicionado pela atividade antrópica e pelos agentes costeiros. Neste período é observado desaparecimento da barraca de palha, da cobertura vegetal e a atual morfologia da duna. Foto produzida em 08/04/2001, às 11:05hs (foto do Autor)

Perfil P6 – foto 06: Visão parcial do campo de dunas na cidade de Caiçara do Norte. Ao fundo nota-se a presença dos gabiões distribuídos ao longo da praia. Fotografado em 08/04/2001, às 11:05hs (foto do Autor)



Perfil P6 – Foto 7/8: Visão parcial da área de duna e a construção do perfil topográfico. Dia 06/05/2001, às 11:47hs (foto do Autor)

4.4 - AMOSTRAGEM (Áreas Emersas e Submersas):

A zona costeira, dada sua localização geográfica, testemunha variações eustáticas do nível do mar, traduzidas em termos de regressões e transgressões, ocorridas durante o Quaternário. Estas variações do nível marinho, serão registradas nas seqüências estratigráficas que constituem a cobertura sedimentar da zona costeira. A acumulação destes depósitos ocorrerá, portanto, em ambientes deposicionais distintos relacionados a flutuações do nível do mar e sob diferentes paleoclimas pelo que é de se esperar que os mesmos mostrem gêneses e cronologias distintas (Ribeiro 2000).

Apesar das expressões superficiais da zona costeira se encontrarem freqüentemente obliteradas por processos erosivos, eólicos e de praia, e pela atividade antrópica, para o melhor entendimento do comportamento dos sedimentos recentes existentes região costeira, foi realizado conjuntamente com os perfis praias uma série de amostragens superficiais (Fig. 2.7a Cap. 2) nos 3 (três) domínios monitorados (pós-praia, estirâncio e antepraia). As análises sedimentológicas envolveram basicamente a caracterização do ambiente praias (Anexo 01) e o estudo granulométrico (Anexo 03). Esta análise, além de possibilitar uma descrição padronizada dos tipos de sedimentos, pode permitir a interpretação dos processos de transporte e dos ambientes deposicionais (Suguio, 1992).

4.4.1 - Modelagem dos Trabalhos Anteriores

Segundo Housted (2000), a área costeira de São Bento do Norte e Caiçara do Norte está dividida em três domínios principais; uma primeira faixa situada nas proximidades do Farol de Santo Alberto, que é influenciada basicamente por ondas resultantes da ação dos ventos, condicionadas por um sistema bimodal ($2,5\phi$ a 0ϕ) e uma tendência a sedimento constituídos por areia média ($1,9\phi$).

A área próxima à pousada de São Bento do Norte (perfil 03) é marcada uma orla que apresenta uma distribuição bimodal indistinta. Os maiores valores ocorrem na fração 2ϕ . A amostra toda apresenta cerca de 30% deste tamanho de grão. O outro ponto modal mais baixo é situado em $0,5\phi$ (12%). Com variações texturais de platicúrtica a leptocúrtica. Em geral, o tamanho dos grãos para esta área variou de areia média a grossa.

Em uma faixa mais central (próximo à cidade de Caiçara), observou-se uma variação na ordem de $2,5\phi$ (26%) a $-0,5\phi$ (14%). O tamanho dos grãos na faixa de pós-praia é praticamente a mesma do trecho anterior. Entretanto, esta relação não é uma tendência geral, pois existe uma variação no comportamento dos sedimentos quando analisados por domínios, em geral os sedimentos depositados antes dos gabiões apresentam uma granulometria mais fina ($1,4\phi$) que os depositados na porção posterior ao gabião ($1,8\phi$).

O último trecho amostrado aparece na porção W da área, situada a aproximadamente 500 m a W do último gabião (“duna do lixão”). Nesta parte da praia a morfologia do terreno é mais irregular, com uma declividade variada (Anexo 01 e 02) podendo atingir cerca de 3% de inclinação (Riedel 2000) para zona de praia e 14 - 19 % na escarpa da duna (Riedel 2000). De acordo com a morfologia diferenciada, era de se esperar que o tamanho dos grãos também apresentasse um arranjo diferenciado. Entretanto, isto não prevaleceu, o material apresentou uma bimodalidade com variações de 2,5 ϕ a 0 ϕ .

4.4.2 – Correlação com a Variação Granulométrica Atual

Dentro do modelo utilizado para a classificação granulométrica (ver Cap. 02) de sedimentos costeiros foi observado que a sua característica estrutural (que aqui é representada pela distribuição espacial dos grãos, pela forma e arranjo dos grãos e a variação composicional), está diretamente condicionada aos efeitos da energia costeira que atua sobre a faixa litorânea. Cada ambiente em que o sedimento é depositado apresenta peculiaridades próprias (maior ou menor dinâmica costeira, variação da topografia do terreno, presença ou não de vegetação e atividade antrópica), que interferem no equilíbrio do balanço sedimentar e no tipo de praia.

Para um melhor entendimento podemos dizer que o comportamento do material analisado durante este período de investigação (junho de 2000 a agosto de 2001), apresentou comportamento semelhante ao contexto descrito nos trabalhos anteriores. A faixa de investigação neste caso foi identificada como sendo uma área que apresenta uma maior tendência à concentração de sedimentos de composição quartzosa, geralmente bem selecionados, recobertos por seções descontínuas e dispersas de minerais pesados, modelada por faixas isoladas com cobertura vegetal permanente e afetada por uma crescente atividade antrópica. Cada um destes agentes irá contribuir de maneira diferenciada para o comportamento morfodinâmico da praia, representado em cada ambiente da zona costeira:

↪ A zona de pós-praia apresenta um domínio de sedimentos quartzosos, na fração de areia média, totalizando cerca de 75% do volume total do material coletado, seguido por sedimentos na fração areia grossa perfazendo 15% do material e 10% para areia muito fina. De acordo com a classificação de FOLK (1957), este sedimento pode ser classificado pela sua característica textural como uma areia com presença de cascalho (55% do volume total); os 45% restante são classificados como areia. Segundo os parâmetros estatísticos, trata-se de material moderadamente selecionado, platicúrtica e com assimetria positiva.

↪ Na zona de estirâncio observa-se uma maior heterogeneidade, caracterizada principalmente pelos sedimentos de composição quartzosa, que se encontram distribuídos predominantemente na fração areia fina, totalizando 51% do volume total do sedimento analisado, seguido por uma areia média constituída

por 42% volume de material, 4% de areia grossa e 3% de areia muito fina. De acordo com a classificação de FOLK (1957), os sedimentos são classificados como areia com presença de cascalho (70% do volume), e os 30% restante estão classificados como areia. Os parâmetros estatísticos indicam um material moderadamente (44%) a bem selecionado (42%), leptocúrtica (50%) e com assimetria negativa (47%) a aproximadamente simétrica (28%).

➡ Na zona de antepraia observa-se uma tendência de sedimentos na granulometria areia muito fina, compondo cerca de 81% do volume total do material coletado, associada a 15% areia fina e 4% de areia média. Comparando com o modelo proposto por FOLK (1957), estes sedimentos apresentam uma característica textural de areia com presença de cascalho num total de 57% do volume; os demais 43% são classificados como areia. Os parâmetros estatísticos do material analisado indicam sedimentos bem selecionados (87%) com tendência a pobremente selecionado (13%), variando de platicúrtica (50%) a leptocúrtica (39%) e com assimetria negativa (73%).

4.5 - DETERMINAÇÃO DE DADOS HIDRODINÂMICOS (Parâmetros de Ondas e Correntes):

A mudança mais facilmente reconhecível no nível do mar é aquela associada à variação das marés. Em praias onde existe uma ampla variação de maré, a posição da linha de costa e a ação das ondas migram continuamente, de forma que uma ampla zona é afetada. Isto tem uma importante influência na morfologia de praia resultante e também na distribuição de sedimentos transversalmente à costa.

A região costeira é constituída por ambiente extremamente instável, geralmente sobre influência dos agentes externos que tendem a ser modeladores do ambiente praiar, dentre estes agentes podemos evidenciar: os ventos, as marés, as correntes litorâneas, as ondas, o transporte de sedimentos e a interferência antrópica.

Em geral algumas faixas da zona costeira estão mais susceptíveis a sofrer modificações. Se observadas as zonas de arrebenção e de espraiamento, estas áreas aparecem como faixas de maior vulnerabilidade e onde ocorrem grande dissipação de energia oriundas das ondas. O reflexo desta reação é sentido no comportamento da morfologia praiar, na forma final do perfil de praia e no tamanho dos grãos dos sedimentos.

4.5.1 - Ondas:

O efeito modificador imposto pelas ondas pode ser atenuado, no momento em que estas encontram pela frente um anteparo natural ou artificial, que pode ser constituído por uma seqüência de gabiões ou espigões, ou simplesmente formado por uma linha de recife de arenito, algálico ou coralíneo, que condiciona uma diminuição da energia dissipada através da arrebentação, como por haver uma modificação dos aspectos das ondas resultantes, que por consequência resultam em ondas de baixa frequência (Chaves 1999).

Quando as ondas alcançam a costa e arrebentam na praia, geram correntes que se apresentam sob várias formas, dependendo da onda e das condições da praia. Existem dois sistemas de correntes induzidas por ondas na região costeira, que direcionam os movimentos da água: (1) correntes longitudinais geradas por ondas que incidem obliquamente à linha de costa e (2) sistemas de circulação em células de correntes de retorno e longitudinais associadas quando as ondas incidem paralelamente à linha de costa. Estas correntes são particularmente importantes porque se combinam com as ondas para transportar sedimentos na praia (Komar, 1998).

De acordo com estudos realizados por Tabosa (2000), durante um intervalo de 10 horas e com leituras à cada 15min em 23/10/99, foi observado que o movimento das ondas na área de São Bento do Norte e Caiçara do Norte, apresenta uma ciclicidade da ordem de 1' 20", para uma altura que varia de 0,10 m a 0,50 m, e com uma altura média de 0,24 m (Fig. 4.12).

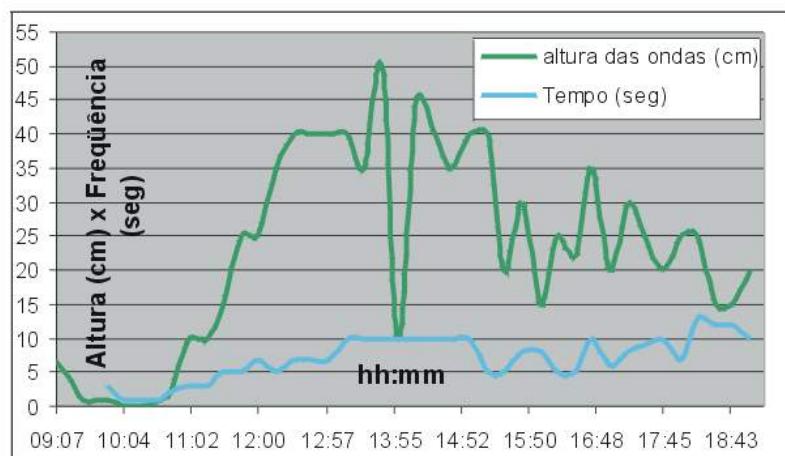


Figura 4.12 – Correlação entre altura das ondas (cm) e a frequência das ondas (seg.) na região de São Bento do Norte e Caiçara. Estas observações foram realizadas com o auxílio de um régua escalonada de 5m de comprimento, e as medições ocorreram durante um período de 10 horas e repetidas à cada 15 min (Tabosa 2000, Housted 2000).

Com o intuito de aprimorar estas informações, foi realizado durante os meses de junho de 2000 e agosto de 2001 um conjunto de observações que se relacionava diretamente e foram identificadas como: altura das ondas, período de repetição, chegada das ondas sobre a linha de costa (ângulo de incidência) e tipo de arrebentação. Os resultados obtidos foram processados e resultaram nos diagramas abaixo, onde se pode identificar os principais aspectos relacionados à dinâmica costeira.

Variação Cíclica das Ondas - altura das ondas (m): (Fig. 4.13)

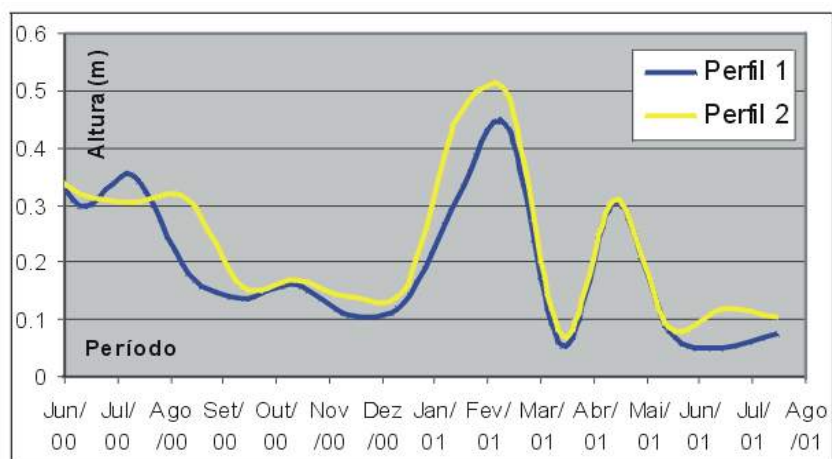


Figura 4.13 – O gráfico ao lado representa o comportamento das ondas durante os meses de investigação, nota-se mu maior destaque para o meses de junho de 2000 e março de 2001 e os menores valores fluando entre os meses de maio a agosto de 2001.

Variação Cíclica das Ondas - período de repetição (seg.) (Fig. 4.14)

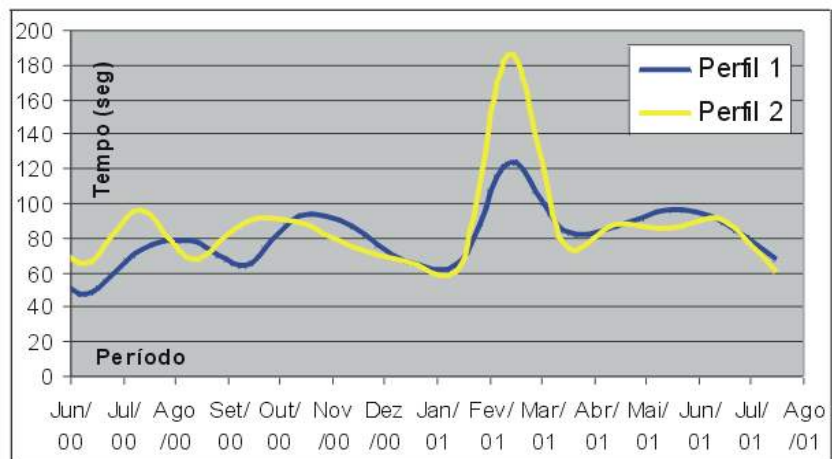


Figura 4.14 – O gráfico de período das ondas mostra uma certa uniformidade no tempo de caminhamento das ondas, entretanto, nota-se um destaque para o mês de março de 2001, neste período foi registrado uma variação na ordem de 2'03",232 que equívale à 123",232 seg. Esta modificação esta presente em ambos os perfis.

Variação Cíclica das Ondas – ângulo de incidência (Az.): (Fig. 4.15)

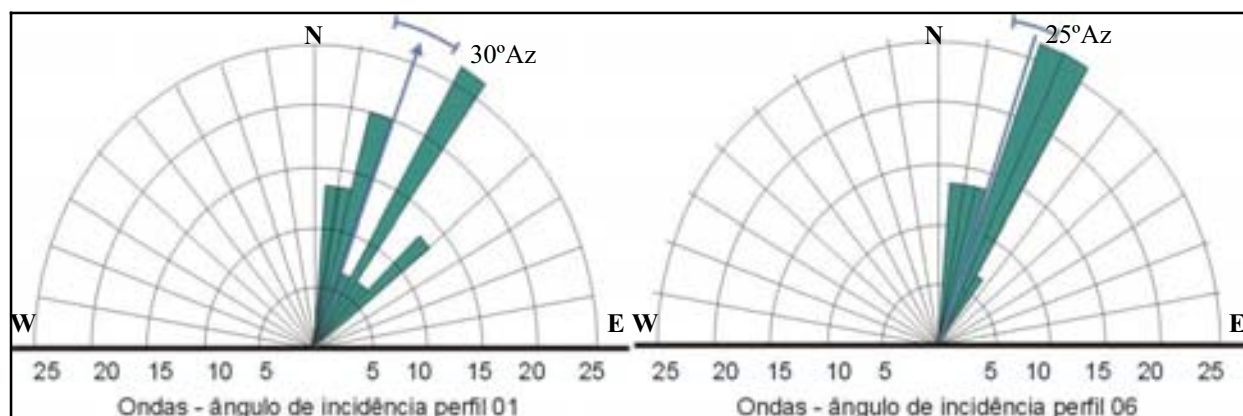


Figura 4.15 - Estes gráficos representam as variações periódicas da incidência das ondas sobre a linha de praia na região de São Bento do Norte e Caiçara do Norte, no perfil P1 tem-se observado uma tendência para NE, com valores oscilando na ordem de 30° Az. A mesma tendência segue para o perfil P6, entretanto, o posicionamento preferencial ocorre na ordem de 25° Az (modelo gerado com auxilio dos programas Rockware – DOS e Coreldraw8)

4.5.2 - Ventos:

Os ventos constituem-se em um dos fenômenos naturais de maior importância no controle da feições de praias, são eles os principais responsáveis pela dinâmica costeira. O seu papel não se restringe somente à geração das ondas, mas a uma associação condicionada pela ação das ondas e correntes, a areia presente na faixa de praia é depositada e exposta ao ar, seca e é movimentado pelos ventos, reiniciando seu transporte (Fig. 4.16).



Figura 4.16 - Linhas de fluxo atmosférico na faixa costeira do Estado do Rio Grande do Norte (modificado de Fortes 1987). As setas indicam o sentido predominante dos ventos ao longo do litoral, enquanto as linhas mostram a direção geral dos ventos.

Na região de São Bento do Norte (RN), os meses de março a junho/00 os ventos apresentam-se mais brandos, com uma média mensal de 4,8 m/s, enquanto nos meses de agosto a dezembro, os ventos são mais fortes e inconstantes, podendo atingir máximas de até 9 m/s e mínimas 0,7m/s (abril/00), (Tabosa 2000). A direção média geral dos ventos oscila entre 230 e 240°Az (Fig. 4.17) .

Ventos – direção média dos ventos (Az.) (Fig. 4.17)

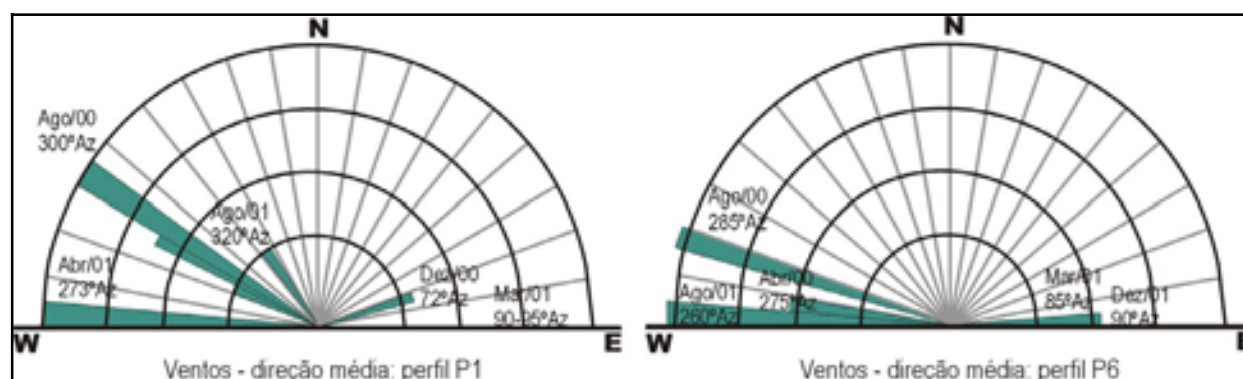


Figura 4.17 - Direção média dos ventos na região de São Bento do Norte e Caiçara do Norte, segundo as observações mantidas durante o período de junho de 2000 a agosto de 2001. Como esta representado nos diagramas de rosetas, é nítida a tendência na direção geral dos ventos para os quadrantes 270° a 300° AZ , entretanto, no mês de dezembro de 2000, em ambos os perfis é observado uma rotação na direção geral dos ventos, que passam a se deslocarem na direção 72° e 90° Az. Este fenômeno provocou uma modificação no comportamento das ondas e na dinâmica costeira (modelo gerado com auxílio dos programas Rockware – DOS e Coreldraw8) .

4.5.3 – Deriva litorânea:

A costa sofre o impacto do movimento das ondas, provocadas pelo vento. A existência da praia se deve a esta energia. Quando estão próximas de arrebentarem, as ondas, que inicialmente induzem um movimento circular nas partículas abaixo de onde passam, começam a mostrar uma assimetria no seu campo interno de velocidades. Esta assimetria aponta para onde a onda se desloca, para o continente, e se encarrega de empurrar a areia que forma as praias. Com a progressão da onda em direção a praia e a diminuição da lâmina d'água, uma quantidade imensa de energia é dissipada no contato com o fundo situado entre a zona de arrebentação e a praia. Em consequência, grandes volumes de areia são colocados em movimento nesta faixa, pela turbulência da quebra das ondas, colocando os grãos em suspensão ou arrastando-os. Correntes litorâneas se estabelecem quando as ondas incidem em ângulo com a praia, transportando sedimento lateralmente (Fig. 4.18).

Com toda esta movimentação, cada segmento de litoral adquire um equilíbrio dinâmico, onde processos que ocorrem em intervalos curtos de tempo, geralmente em escalas locais, alteram o balanço momentâneo do transporte da areia. A transferência de areia de um segmento para outro dependerá da obliquidade do vento com relação a linha de praia, das inversões do vento e da variação da sua intensidade (Fig. 4.19), no decorrer do tempo.

Variação da Corrente Litorânea – sentido da corrente (Az.) (Fig. 4.18)

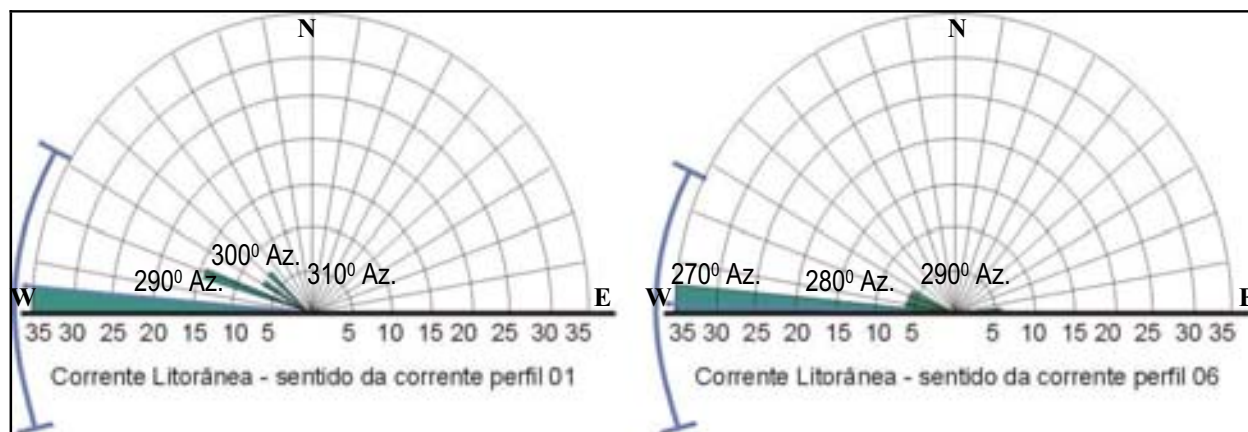


Figura 4.18 - Direção média da deriva litorânea de São Bento do Norte e Caiçara do Norte, de acordo com as medições realizadas durante o período de junho de 2000 a agosto de 2001. Como mostra os diagramas de rosetas, existe uma tendência de deslocamento para WNW (270° - 310° az). Embora, durante os meses de novembro de 2000 e março de 2001, tenha-se registrado uma diminuição da angulosidade, apresentado um deslocamento em torno 100° az (modelo gerado com auxílio dos programas Rockware – DOS e Coreldraw8) .

Variação Corrente Litorânea – velocidade (m/seg.) (Fig. 4.19)

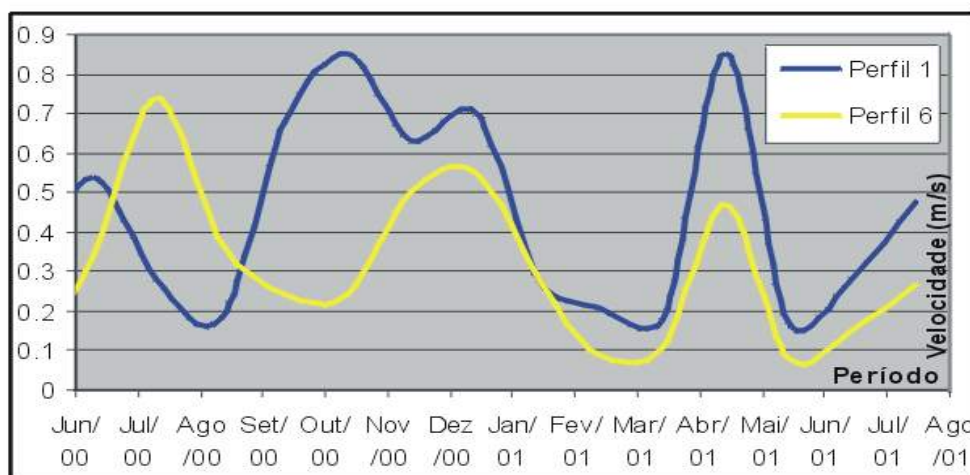


Figura 4.19 - Velocidade média da deriva litorânea de São Bento do Norte e Caiçara do Norte, de acordo com as medições realizadas durante o período de junho de 2000 a agosto de 2001. Como mostra os diagramas de rosetas, existe uma tendência de deslocamento para WNW (270° - 310° az). Embora, durante os meses de novembro de 2000 e março de 2001, tenha-se registrado uma diminuição da angulosidade, apresentado um deslocamento em torno 100° az (modelo gerado com programas Rockware – DOS e Coreldraw8) .

4.6 – Discussões:

De acordo com as investigações realizadas ao longo desses 14 meses de monitoramento foi observado que a Região de São Bento do Norte e Caiçara do Norte apresenta uma condição bastante vulnerável. Existem trechos da praia (perfil P1 e P2), que apresentam uma maior estabilidade morfodinâmica, em geral associado à presença de uma linha de *beachrocks* que atua como proteção, diminuindo a energia das ondas. Entretanto, os perfis que estão localizados mais a E do Farol de Santo Alberto, apresentam modificações na faixa litorânea. Isto se deve principalmente pelo seu posicionamento em relação à linha de *beachrocks*, a atividade antrópica, a interferência de feições estruturais regionais e o seu posicionamento na área da enseada, o que o torna uma área de maior risco potencial.

Em geral as praias estão condicionadas a um conjunto de características sedimentológicas expressas em termos da sua composição, textura e seleção. Estas condições são refletidas basicamente pela sua composição mineralógica, expressa essencialmente por uma areia quartzosa, moderadamente a bem selecionada, e por uma assimetria predominantemente negativa.

A utilização do parâmetro de Dean (Ω), para identificação do estado morfodinâmico das praias, mostrou que as elas podem ser caracterizadas como praias predominantemente reflectivas com tendência a intermediária, situação esta que coloca este trecho da costa como o bastante vulnerável com forte tendência erosiva.

De acordo com as investigações realizadas e as características observada pode-se dizer que a construção dos gabiões ao longo da praia está contribuindo muito pouco para estabilidade da morfologia costeira. Esta observação pode ser feita com base nos estudos realizados, que indicaram um comportamento homogêneo na maioria das linhas levantadas pela topografia, nos diversos meses de monitoramento. A taxa de sedimentação calculada para trechos específicos dos perfis (p. ex. zona de estirâncio), indicou uma decaimento gradativo do volume de sedimento acumulado ao longo do ano; se este cálculo for realizado para o perfil completo (zona de pós-praia, estirâncio e antepraia), esta relação varia um pouco, mais preserva a tendência. Nas áreas aonde foram construídos os gabiões a razão é praticamente mesma. Entretanto, variações podem ocorrer. No caso dos perfis P4 e P5 foi observado que na região anterior à sua construção se tem uma deposição $2,3 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$ (que já era de se esperar). Contudo, na área adjacente ao gabião, o que deveria está acontecendo era uma perda de sedimento e isto não está ocorrendo, o que se tem observado é uma variação sazonal (com períodos de deposição e outros de erosão), mais que tem prevalecido é um constante equilíbrio na taxa de sedimentação. Sugerindo que esta ciclicidade seja natural e que os gabiões apenas atenuam a estabilidade da praia e retiram a beleza natural do local.

RESULTADOS OBTIDOS – Avaliação do Campo de Dunas

5.1 - INTRODUÇÃO

Entre os vários tipos de ecossistemas costeiros, as dunas arenosas têm sido alteradas irreversivelmente através de atividades humanas, tanto acidentalmente como por mal planejamento. Apenas nos últimos 30 anos é que as dunas têm sido estudadas objetivamente e os resultados integrados em práticas de gerenciamento (Fig. 5.1).

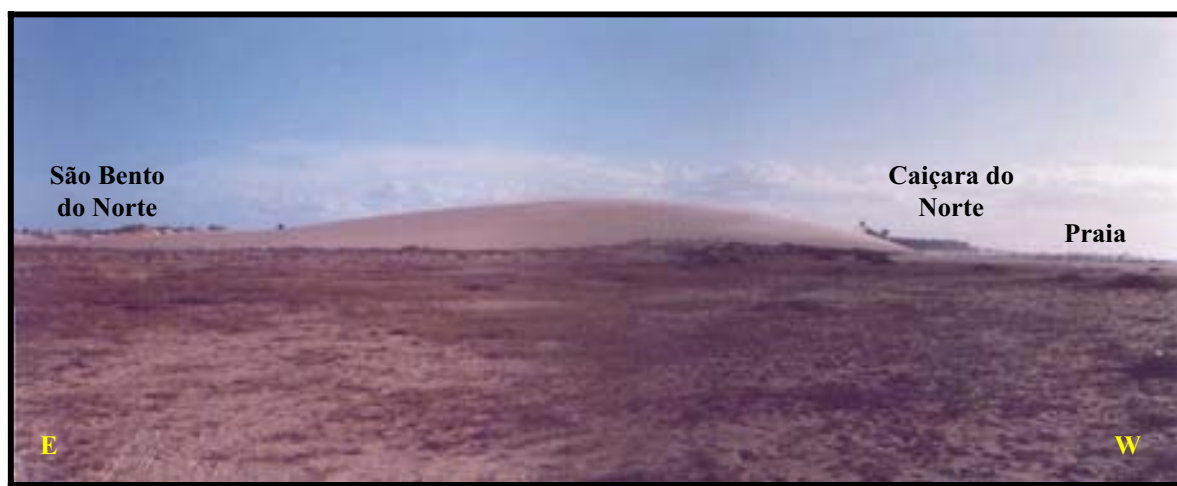


Figura 5.1 – Visão geral do campo de duna na cidade de São Bento do Norte (06/05/01 foto do autor).

5.2 - ORIGEM DAS DUNAS

Dunas de areia são desenvolvidas onde a competência do vento é importante. Em dunas costeiras, esta situação normalmente aparece com a interação da corrente de ar com a vegetação superficial

As dunas costeiras formaram-se durante os últimos 5000 anos pela interação entre o mar, o vento, a areia e a vegetação. O processo de formação deste tipo de duna está relacionado principalmente à interação do vento com a vegetação. O desenvolvimento de dunas depende: do tipo de sedimento; da natureza do fornecimento sedimentar, da presença de ventos acima da velocidade crítica do movimento da areia (preferencialmente com uma resultante em direção á praia) e da vegetação capaz de iniciar a estabilização. Outros fatores locais incluem: topografia, natureza do clima, de ondas, amplitude da maré e, em escala de tempo maior, a tendência do nível do mar (disponível na rede na página -

<http://oceanografia.hypermart.net/novo2/geo/dunas.htm>). Geralmente este tipo de formação atua como um anteparo natural para ondas altas e ventos fortes e são responsáveis pela restituição de areia para a praia durante e depois de tempestades. A constante troca assimétrica entre a praia e a duna é um importante processo natural para manter a estabilidade morfológica e a diversidade ecológica. Cordões de dunas podem variar em tamanho de 1 a 2 m. a até 20 ou 30m. de altura (disponível na rede na página - <http://oceanografia.hypermart.net/novo2/geo/dunas.htm>).

5.2.1 - FORMAÇÃO DAS DUNAS

Dunas costeiras têm uma ampla distribuição, mas são mais comuns em costas dissipativa com ventos fortes em direção à terra e uma fonte abundante de sedimentos de tamanho areia.

As correntes marítimas litorâneas transportam grandes quantidades de areia. Parte destes grãos são depositados nas praias pelas marés altas. A areia acumulada é transportada pelos ventos dominantes para áreas mais elevadas da praia.

No trecho da costa brasileira que se estende do Estado da Bahia ao Estado do Maranhão, as dunas costeiras são bastante comuns. Todavia, a maior incidência destes campos de dunas ocorre nas áreas em que se registra pelo menos quatro meses secos consecutivos ocorrem durante o ano. Estes setores são representados principalmente por planície costeira, distribuídas desde a desembocadura do Rio São Francisco até a costa norte/nordeste do Brasil. Adicionalmente deve-se notar que a persistência dos ventos alísios na costa do Nordeste constitui-se um importante fator secundário favorecendo o desenvolvimento de dunas costeiras nessa região.

Na planície costeira ocorrem expressivos campos de dunas. Ali são reconhecidas duas gerações de dunas, uma inativa já fixada pela vegetação, e outra ativa, bordejando a linha da costa e avançando sobre a primeira. Dentro do contexto estudado, observa-se na região um certo predomínio de dunas parabólicas. A constituição deste tipo de campo de dunas, sofre forte influência da vegetação no seu desenvolvimento. A vegetação nativa desempenha importante papel na formação e fixação das dunas. Esta vegetação é formada por plantas adaptadas às condições ambientais extremas como salinidade, atrito dos grãos e movimentos de areia. A medida que a vegetação pioneira cresce, as dunas ganham volume e altura. Com o passar do tempo outras plantas colonizam o local, mantendo o equilíbrio ecológico e a estabilidade do cordão de dunas litorâneas. (disponível na internet site - <http://www.octopus.furg.br/nema/dunas/dunas.htm>)

O estudo de fotografias aéreas verticais, de imagens de satélite e inspeções de campo mostram ainda, que o desenvolvimento dos campos de dunas na região nordeste tem sido episódico, o que parece sugerir a existência de mudanças climáticas durante o Quaternário para esta região. O caráter episódico no desenvolvimento desses campos de dunas é, provavelmente, controlado por mudanças na precipitação atmosférica. Durante a estação chuvosa (de Janeiro a Abril), que está associada ao deslocamento para o Sul da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) as chuvas quase que ininterruptamente saturam de água

a face da praia. Este fato associado aos ventos mais fracos que predominam durante esta época, inibem a remoção da fração fina dos sedimentos da face da praia pelo vento. De outro lado, durante a estação seca (de Agosto a Dezembro), quando a ZCIT se afasta da costa, a ausência de chuvas e os ventos mais fortes remove uma porção significativa de areia fina a muito fina da face da praia, depositando-a no campo de dunas adjacente (disponível na internet site - <http://www.pppg.ufba.br/lec/dunas.html>).

5.2.2 - PROCESSO FÍSICOS DE GERAÇÃO DAS DUNAS

As dunas se formam de areia marinha liberada para a praia, da área próxima à praia pelas ondas. Uma vez exposto ao ar o sedimento é seco e removido pelo vento (Fig. 5.2). O desenvolvimento de dunas frontais é mais intenso em estirâncios dissipativos onde o grande volume de areia é armazenado de modo subaéreo em maré baixa. Praias reflectivas são formadas por um material sedimentar mais grosso o qual não é facilmente transportado pelo vento. A amplitude da maré é especialmente importante. Uma grande amplitude de maré expõe uma grande área que geralmente é seca entre as marés e constitui uma fonte de areia capturada pelo vento. Uma vez expostos, os sedimentos de praia são vulneráveis a processos aerodinâmicos. A velocidade de deslocamento dos grãos é cerca de 1/30 da média do diâmetro do grão superficial (0,03 mm para uma areia de 1 mm - disponível na internet site - <http://www.pppg.ufba.br/lec/dunas.html>).

O mecanismo de formação de uma duna pode ser resumido da seguinte maneira:



Figure 5.2 – Tendência de Formação dos Processos eólicos (modificado de Husted 2000)

Há outros fatores que também devem ser levados em consideração para o início de um movimento, além do tamanho dos grãos: a presença de água, a gravidade, fricção e coesão. Para o deslocamento dos grãos há três modos de transporte nitidamente relacionados:

Saltação:

Comportamento do partícula com velocidades de decantação intermediárias entre a as cargas de suspensão e de fundo (Suguio 1992). É importante fazer uma distinção entre saltação no ar e na água. Saltação também acontece nos leitos dos rios mas é um processo de pequena atividade (lento) comparado com a saltação no ar. A diferença é devido a densidade relativa da areia e dos dois fluídos; ar e água. Na água um grão de quartzo é somente 1,6 vezes mais pesado que seu volume equivalente, o que faz com que ele se desloque vagarosamente. No ar, entretanto, um grão de areia é 2000 vezes mais pesado que um volume similar de ar. Assim o grão apresenta um comportamento extremamente elástico quando atinge uma superfície. Devido a esta "elasticidade", o impacto entre os grãos em movimento e os estacionários na superfície da praia rapidamente põe os grãos em movimento mais alto no ar. A medida que os grãos sobem eles se incorporam a velocidades dos ventos e passam a se movimentar gradativamente, de acordo com a intensidade de deslocamento, mostrado pela curvatura do perfil de vento. Dependendo da força atuante e do tamanhos do grãos, eles podem ser deslocados até 1 m acima da superfície da praia (disponível na internet site - Husted 2000; <http://oceanografia.hypermart.net/novo2/geo/dunas.html>).

Arrasto Superficial:

Outro processo de movimento de areia é iniciado pela descida dos grãos do processo de saltação; o arrasto superficial. A medida que os grãos do processo de saltação mergulham na superfície da praia eles podem atingir grãos maiores os quais são muito pesados para ser ejetados para cima na corrente de ar, mas os quais reagem ao impacto rolando para frente. A quantidade total de areia movida por desta maneira é relativamente pequena, do total de areia em movimento $\frac{1}{4}$ se move desta maneira e $\frac{3}{4}$ por saltação (disponível na internet site - Husted 2000; <http://oceanografia.hypermart.net/novo2/geo/dunas.html>).

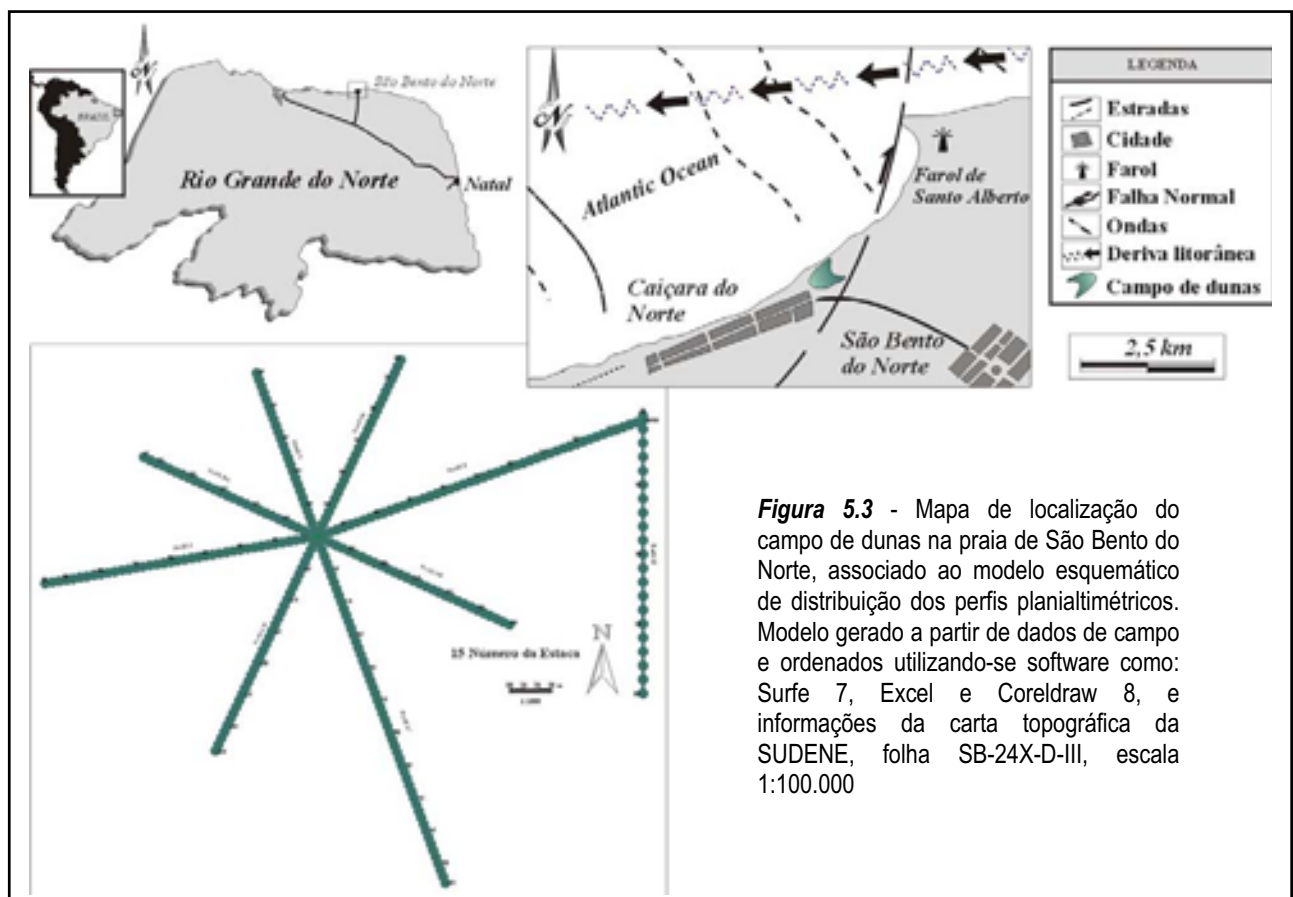
Suspensão:

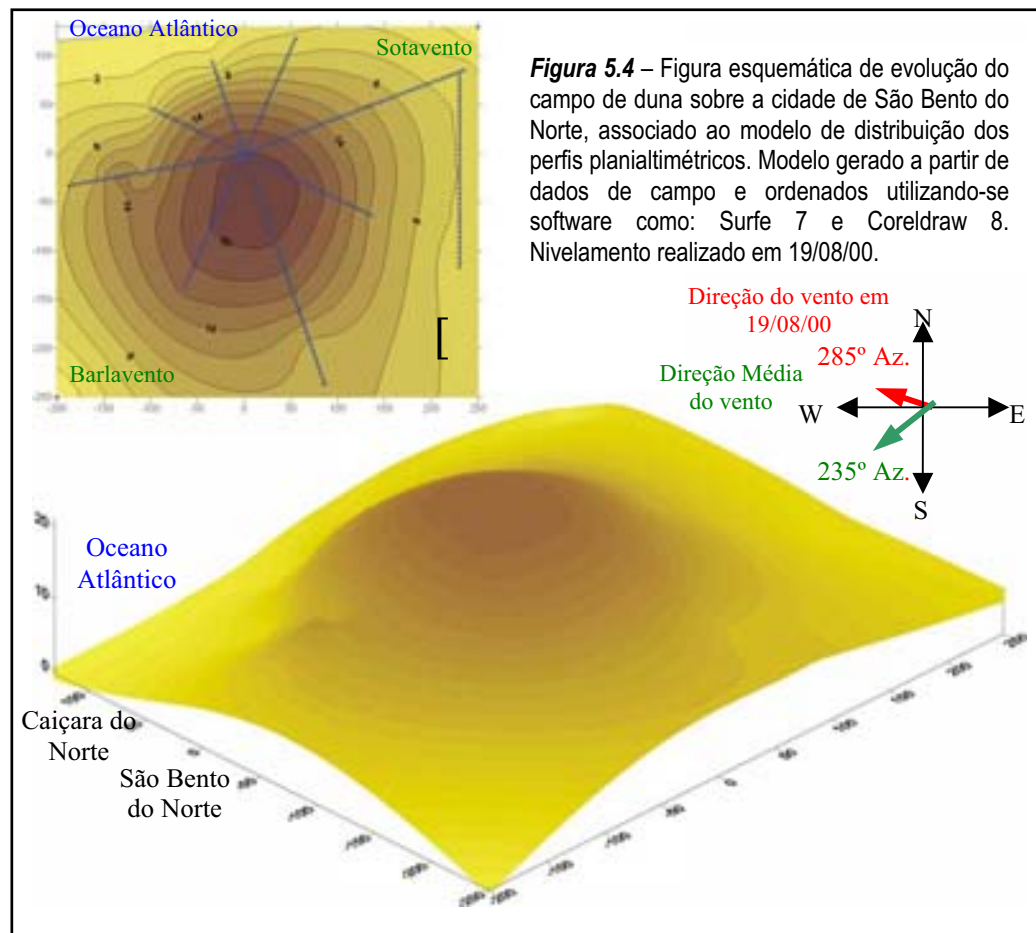
Grãos menores que 0,2 mm tem velocidade de queda as quais são freqüentemente excedidas pelas velocidades ascendentes dos redemoinhos turbulentos do fluxo de ar. Então estes grãos mais finos tendem subir e ficar suspensos e eventualmente serem soprados para longe da praia e das dunas, embora algum silte e areias finas possam ser coletados no topo das dunas mais altas (disponível na internet site - Husted 2000; <http://oceanografia.hypermart.net/novo2/geo/dunas.htm>).

5.2 - SENSIBILIDADE DO CAMPO DE DUNAS:

De acordo com os modelos gerados (Fig. 5.3), foram observadas modificações morfológicas significativas entre cada período de investigação no campo de dunas da região de São Bento do Norte.

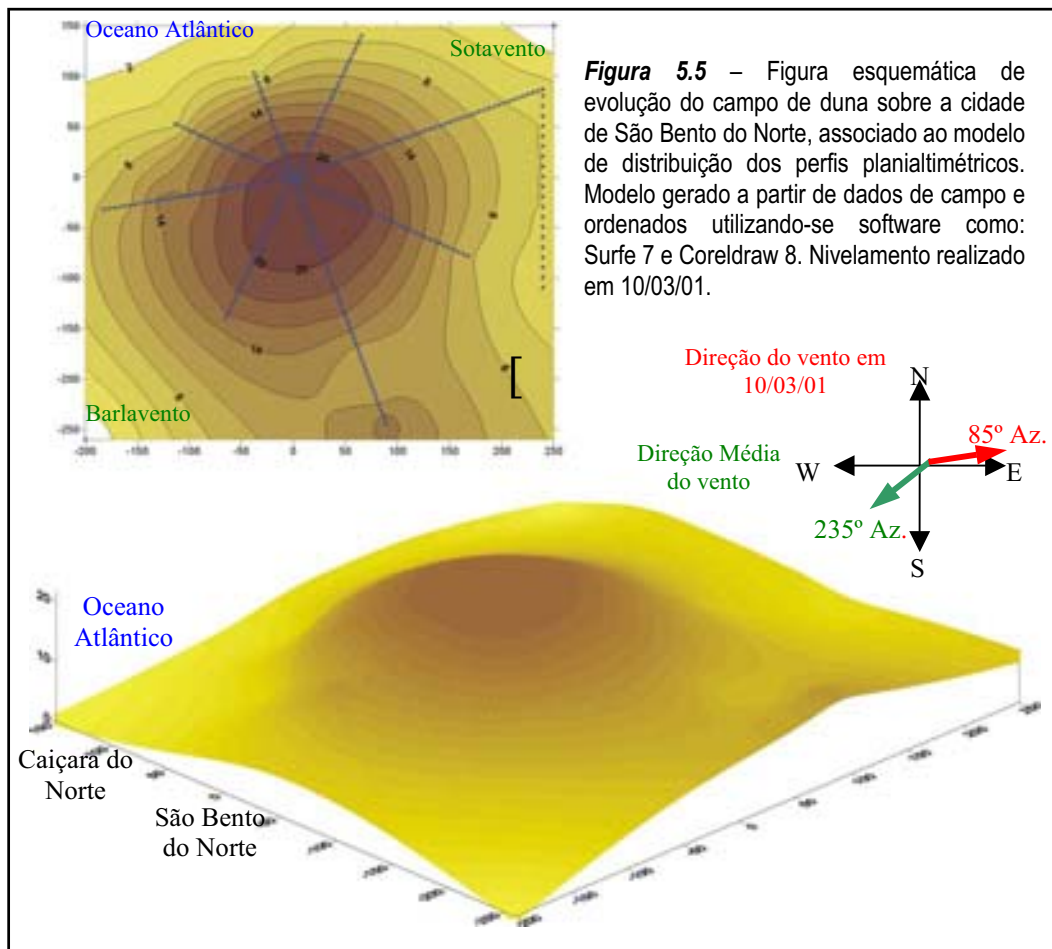
No levantamento realizado em 19 de agosto de 2000 (Fig. 5.4), observa-se que a morfologia geral da duna apresenta-se levemente esférica, com tendências alongadas na orientação dos eixos CD/DC, as curvas de nível neste mesmo eixo encontram-se espaçadas, o que resulta numa forma de relevo suave. No reconhecimento de campo é possível se identificar algumas áreas recobertas por vegetação de pequeno porte, gramíneas rasteiras e salsa (perfil CD, próximo a cota de 8m). Após a faixa indicada pela cota de aproximadamente 8 m (150 m de distância do eixo central), a topografia passa a ser muito íngreme e irregular. No perfil BA a morfologia do campo central da duna encontra-se diferenciada, com uma maior concentração de curvas de nível, indicando maior declividade do terreno. O contorno das curvas apresenta pequenas e leves irregularidades, possivelmente relacionadas à influência do avanço e recuo do mar. Nas proximidades da cota de 12-14m (eixo -50 a 0), destaca-se uma planície de deflação. Levando-se em consideração a direção geral dos ventos propostos para a região (Fortes 1987, Costa Neto 1997 e Tabosa 2000), pode-se correlacioná-los ao posicionamento do modelo mapeado. Entretanto, foi observado em campo que esta planície está sendo recoberta, mostrando a mobilidade da duna na direção do vento. No perfil AB, o modelo produzido indica um maior espaçamento das curvas de nível, caracterizando um relevo mais suave com um decaimento gradativo e curvas levemente paralelizadas, indicando uma dinâmica de menor intensidade.





No monitoramento realizado em 10 de março de 2001 (Fig. 5.5), foram identificados algumas alterações com relação ao semestre anterior. Observou-se que a forma geral do corpo principal da duna ainda é levemente esférico, entretanto, as linhas das curvas de nível estão mais próximas indicando assim um aumento na declividade do terreno em direção ao topo da duna. Outro aspecto importante a ser observado é em relação aos contornos gerados pelas curvas, na direção do perfil CD/DC. A feição geral ainda se comporta levemente alongada, embora, tendendo ao arredondamento. Na área do perfil AB, nota-se um crescimento com achatamento nesta direção; este comportamento pode ser associado a uma variação excepcional na direção do vento visto que, no dia da medição, foi observado uma variação em torno 095° Az (para uma média mensal de 220° a 300° Az). No trecho final do perfil AB evidencia-se uma maior sinuosidade nas linhas. No perfil Y' destaca-se a formação de uma segunda duna, de menor porte, após a planície de deflação ou corredor interdunar. No perfil Z observa-se nitidamente o recobrimento do corredor de vento (interdunar), localizado nas proximidades da cota de 14 m. A morfologia das curvas não apresenta a intensa sinuosidade observado no semestre anterior. Em campo, este comportamento é confirmado pela movimentação de sedimentos quartzosos em direção a planície de deflação, com o recobrimento da vegetação rasteira existente no local e pelo próprio desaparecimento da corredor interdunar. Observa-se ainda o deslocamento da parte mais alta da duna em direção ao mar (N-NE). Esta

observação conflita com a direção do vento (preferencialmente para E) devendo ser investigada com mais detalhe. Nos perfis Y e BA, não houve modificações significativas em relação ao semestre anterior.



O terceiro modelo gerado para o campo de dunas, realizado no dia 01 de agosto de 2001 (Fig. 5.6), apresenta-se semelhante ao anterior. No observa-se a formação de um pontal, recobrindo uma antiga planície de deflação, bordejando a pequena duna identificada no monitoramento de 10 de março de 2001. No eixo CD, observa-se um estiramento da faixa marcada entre os pontos cotados de 20 e 18 m. Neste trecho o relevo se apresenta suavizado e baixa declividade, o que pode ser confirmado pelo espaçamento das curvas (20 e 18 m).

Constata-se desta forma o deslocamento da duna sobre a cidade de São Bento do Norte, este fato também pode ser caracterizado quando se observa as residências que foram construídas próximas à base da duna. No início do trabalho (Junho de 2000), havia um recuo entre as casas e a duna de cerca de 20 a 50m. Atualmente (Agosto de 2001), este recuo não existe mais, estando essas residências parcialmente soterradas ou inabitadas.

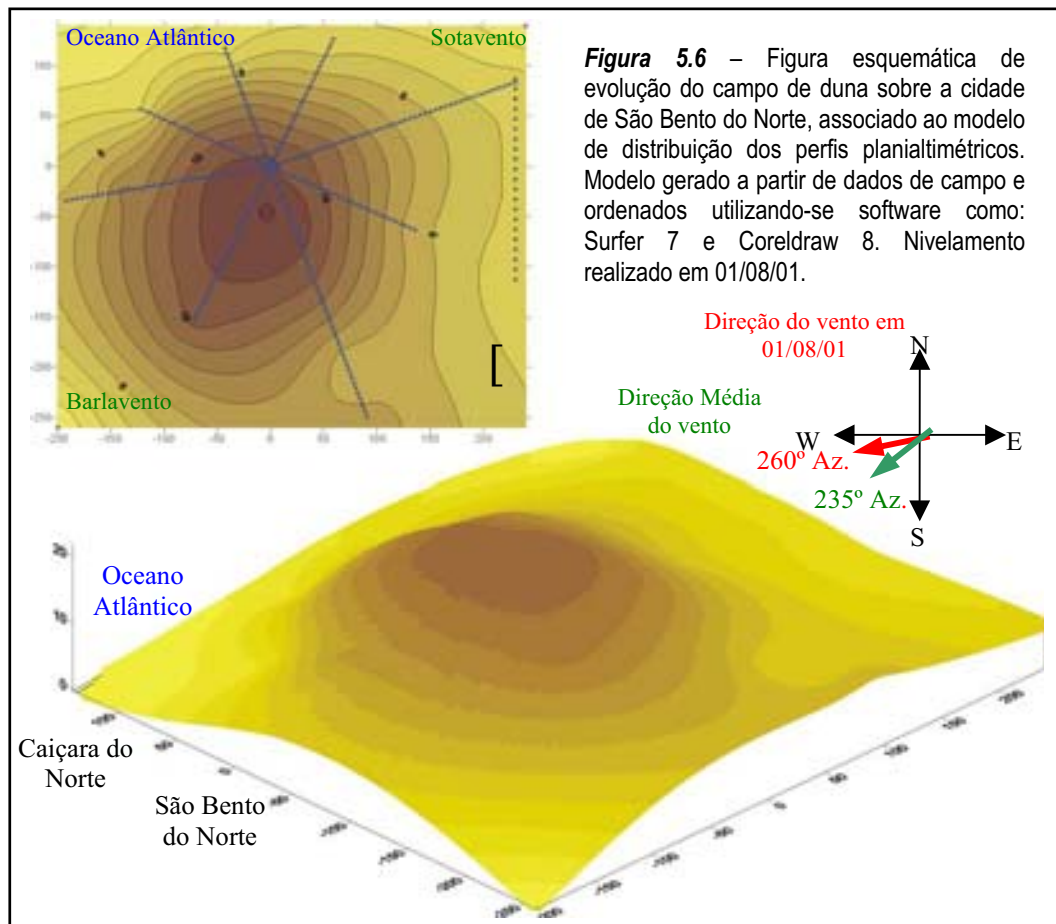


Figura 5.6 – Figura esquemática de evolução do campo de duna sobre a cidade de São Bento do Norte, associado ao modelo de distribuição dos perfis planialtimétricos. Modelo gerado a partir de dados de campo e ordenados utilizando-se software como: Surfer 7 e Coreldraw 8. Nivelamento realizado em 01/08/01.

5.4 - MÉTODO GPR:

O radar penetrante no solo (GPR) é uma ferramenta de exploração geofísica recente que mede o tempo de propagação de um pulso eletromagnético na subsuperfície da terra, sendo inicialmente utilizada para mapear camadas de gelo no Ártico e Antártica. Após o ano de 1970, passou a ser adotado nos Estados Unidos, Canadá e Europa nas mais diversas áreas como engenharia, meio ambiente e estudos de dunas costeiras (Bristow *et al.*, 1996; Brookfield, 1997; Harari, 1996; Schenk *et al.*, 1993). Para trabalhos de natureza geológica, ele opera com frequências compreendidas entre 15 e 500Mhz, sendo possível atingir uma profundidade de investigação de aproximadamente 30 m, dependendo da antena utilizada (a diminuição da frequência implica em um aumento da penetração do sinal, porém com perda na resolução), e também das propriedades físicas do meio geológico no qual é utilizado.

Através do GPR é possível analisar o comportamento das ondas eletromagnéticas no subsolo em função da sua condutividade elétrica, constante dielétrica e permeabilidade magnética. Assumindo a subsuperfície da terra como um meio com perdas dielétricas (Hayt Jr., 1988), os contrastes de constante dielétrica entre suas camadas são os principais responsáveis pelas reflexões do pulso eletromagnético, enquanto que a atenuação sofrida por este pulso é devida à condutividade elétrica deste meio (alta condutividade implica em forte atenuação e pouca penetração do sinal de radar). Mais detalhes sobre o método GPR, podem ser obtidos em Oliveira Jr., 2001.

5.4.1 - AQUISIÇÃO DE DADOS:

Os perfis de GPR (Oliveira Jr. *et al.*, 2000) foram levantados nas direções E-W (aproximadamente paralelo a direção dominante dos ventos, no local) e N-S, cruzando-se no topo da duna. Para isto, utilizou-se o aparelho SIR System 2, fabricado pela GSSI (*Geophysical Survey Systems Incorporated*), acoplado a uma antena monoestática de 400 Mhz. Conectado a esta antena, existe um odômetro para aferição da distância percorrida. O modo de aquisição adotado foi o "survey wheel". Neste modo, é possível controlar o número de disparos em função do espaço percorrido (20 a cada metro). Esta configuração possibilitou investigar até 7,5 m de profundidade com uma excelente resolução lateral. A seguir, tem-se a interpretação dos dados coletados.

5.4.2 - INTERPRETAÇÃO DOS DADOS DE GPR:

Com o objetivo de observar a estruturação interna da duna, e deste modo confirmar a direção preferencial de migração do campo de dunas, foram realizados perfis de GPR coincidentes com o levantamento topográfico.

O radargrama da figura 5.7 ilustra a base da duna e está tipicamente associado a este tipo de sistema deposicional siliciclástico costeiro (Van Overmeeren, 1998). Através dele pode-se observar um forte refletor (marca 1), interpretado como sendo o contato entre duas diferentes gerações de dunas (duna mais jovem migrando sobre a duna mais antiga). Adicionalmente, observa-se um segundo refletor (marca 2) correspondente ao nível do lençol freático.

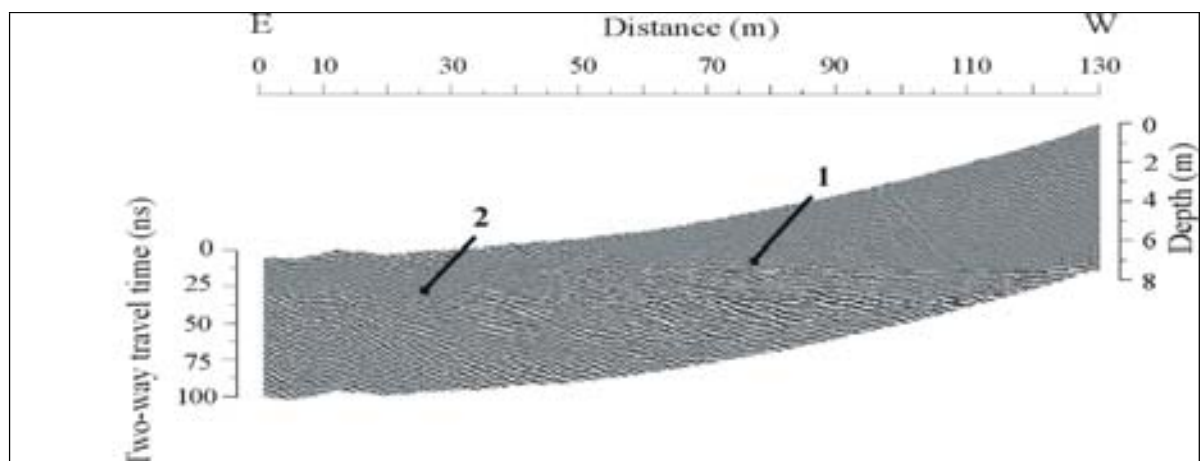


Figura 5.7 – Radargrama obtido com antena monoestática 400 MHz na direção E-W. As marcas 1 e 2 indicam o contato entre duas gerações de dunas e o nível do lençol freático, respectivamente.

A figura 5.8 consiste na continuação do perfil anterior. Através dela, pode-se identificar *foresets* individuais (marcas 1 e 2) com mergulhos variando de 2 a 6 graus (Reineck & Singh, 1980), além de um forte truncamento relacionado ao contato lateral entre duas diferentes gerações de dunas (marca 4). Dentro desta interpretação, a duna localizada a oeste é mais antiga, concordando com observações de campo.

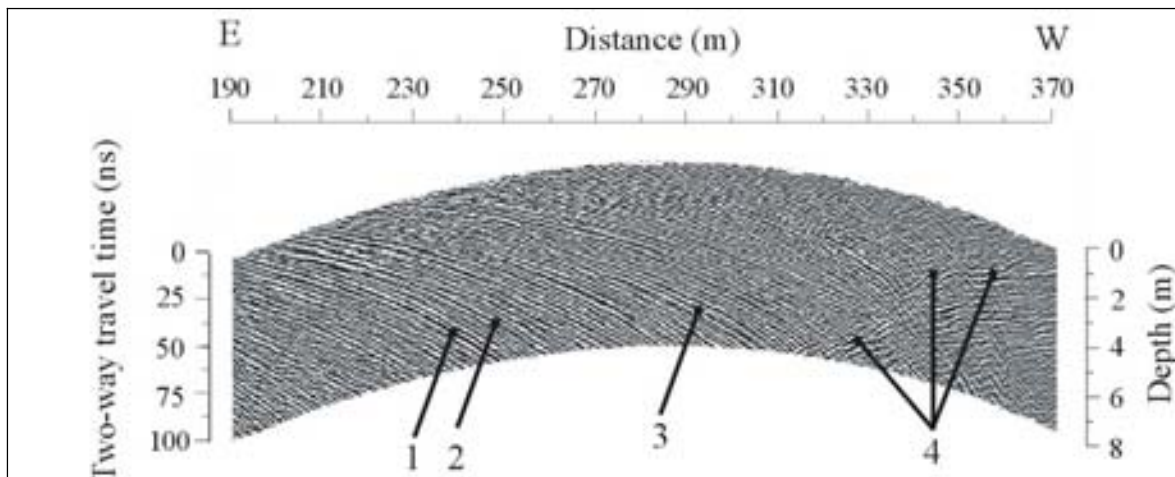


Figura 5.8 – Dado coletado paralelo a direção dominante dos ventos, através do qual verifica-se a presença de *foresets* individuais (marcas 1 e 2) e o truncamento lateral entre diferentes gerações de dunas (marca 4). Adicionalmente, pode-se inferir a direção preferencial de evolução do campo de duna sobre a cidade de São Bento do Norte.

Utilizando como referência o ponto de interseção dos perfis N-S e L-O, percebe-se que um mesmo refletor apresenta diferentes mergulhos. Na figura 5.9 (perfil Y-Y' aproximadamente N-S) este refletor está sub-horizontalizado e forma um ângulo de aproximadamente 3 graus. Enquanto isso, no perfil Z ($\pm$ E-W), ele apresenta uma inclinação de 6 graus (ver marca 3 nas figuras 5.8 e 5.9 respectivamente). Isto comprova que os maiores mergulhos ocorrem nos perfis paralelos a direção dominante dos ventos, evidenciando uma migração preferencial nesta direção.

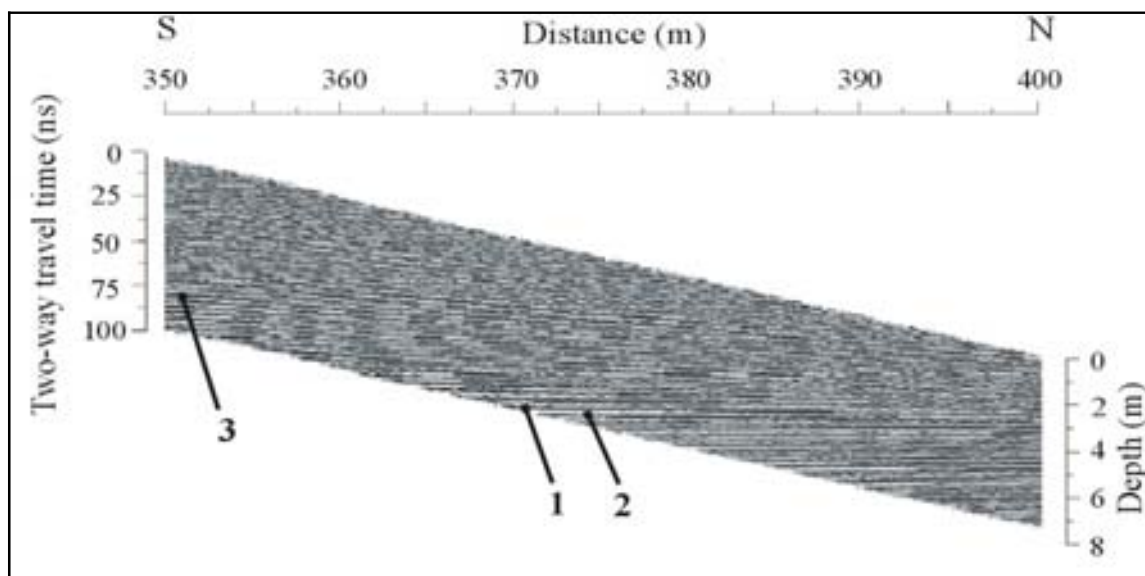


Figura 5.9 – Perfil de na direção N-S. Através das marcas 1 e 2, pode-se ter uma idéia aproximada da resolução do GPR (30 cm). A marca 3 evidencia estruturas horizontalizadas, associadas a processos de deposição na direção perpendicular aos ventos dominantes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 - AVALIAÇÃO E CONSIDERAÇÕES:

A região costeira das cidades de São Bento do Norte e Caiçara do Norte (RN), é reconhecida como uma área condicionada por um regime frágil e dinâmico, portanto passível de constantes modificações morfológicas, estruturais, sedimentológicas, etc. registradas gradativamente ao longo do tempo (Fig. 6.1 a e b). Estas modificações podem ser melhor caracterizadas a partir da interpretação e integração das informações produzidas a partir da combinação dos perfis de praia, da análise sedimentologia, do processamento digital de imagens e da geologia e geofísica marinha.

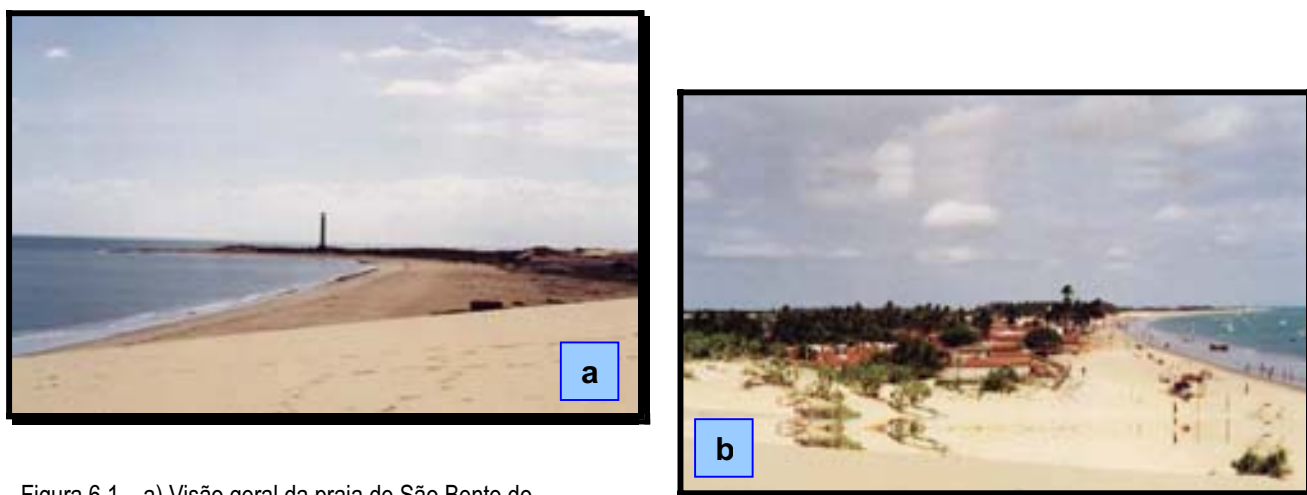


Figura 6.1 – a) Visão geral da praia de São Bento do Norte, ao fundo o farol de Santo Alberto; b) Visão parcial da cidade e da praia de Caiçara do Norte (dia 05/07/2001, às 12:00hs, foto do autor)

As modificações ocorridas neste litoral estão associadas a presença de fenômenos naturais e antrópicos, estes fenômenos podem ser caracterizados como erosão costeira, onde a erosão representa um desequilíbrio das morfologia praial, produzido pelo acumulo ou pela perda de sedimentos ao longo da faixa de praia . Como causa natural, podemos destacar a elevação do nível do mar, atividades meteóricas, a energia costeira, dentre outros, que interferem no estado de equilíbrio das praias, através da perda de sedimento e recuo da mesma. Enquanto que a causa antrópica encontra-se associada principalmente à ocupação desordenada e a falta de um planejamento urbano.

Os resultados observados com os perfis topográficos indicam uma maior estabilidade morfodinâmica na porção E da área (próximo ao Farol de Santo Alberto), nas proximidades do **perfil P1** e

P2 (este como faixa de transição). Este comportamento está condicionado `a feições naturais, representadas por uma linha de *Beach Rocks* que atua como proteção natural, diminuindo a energia dissipada pelas ondas sobre o continente, pela presença de vegetação (principalmente na faixa de dunas e pós-praia), e pela possibilidade de interferência antrópica. Entretanto, as áreas que estão localizadas mais a oeste do Farol de Santo Alberto, são mais propícias a sofrerem alterações morfodinâmicas na faixa litorânea.

De acordo com as investigações realizadas, foi verificada que no perfil P2 a faixa de pós-praia apresenta uma maior estabilidade na morfologia do perfil. Esta feição esta condicionada a presença de vegetação tipo gramínea e salsa na área. Na porção de estirâncio, observa-se uma certa heterogeneidade morfológica marcada por acentuado declínio do volume sedimentar ao longo de todo o perfil, destacando-se o mês de agosto de 2001, com uma variação anual da ordem de $-205 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$. Durante o período de coleta de dados não foram observadas atividades antrópicas e naturais significativas que pudessem contribuir para este fenômeno. Entretanto, a precipitação pluviométrica durante o mês de agosto foi bem mais intensa, o que poderia ter contribuído para o emagrecimento praial.

No **perfil P3** destaca-se a presença de um canal seco na faixa de pós-praia e a formação de berma com cerca de 0,18 m de altura, apresentando estratificações plano paralelas no mês de agosto de 2000. As mais baixas concentrações de sedimentos ocorreram principalmente entre os meses de janeiro a abril de 2001 ($-7,63 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$ e $-13,65 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$ respectivamente) entretanto, durante os outros meses o que se observou foi uma gradativa recuperação, com valores atingindo cerca de $26 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$ em novembro de 2000 e $42 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$ em dezembro de 2000. No geral, o que foi observado durante o período de monitoramento dos perfis foi uma deposição da ordem de $98 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$. Com a aproximação da área urbana, foi observado um gradativo aumento da interferência antrópica e por conseqüência um aumento na presença de materiais poluentes.

Os **perfis P4 e P5**, foram selecionados para este monitoramento, de forma a esclarecer a validade da construção dos gabiões, estes foram construídos pela prefeitura municipal com o intuito de estabilizar a morfologia praial e proteger a cidade dos efeitos erosionais presentes na região.

Todavia o que se observou, durante este monitoramento foi uma certa estabilidade da morfologia praial. Tal condição pode estar associada ou não a presença dos gabiões, visto que boa parte destas construções foram parcialmente destruída pela própria população e/ou pela energia costeira. Entretanto, nota-se que no perfil P4 existe um aumento gradativo do volume de sedimento, condicionados por uma deposição da ordem de $83 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$ (perfil P4 - deposição).

Para o perfil P5, foi observado que as maiores variação erosionais ocorreram na zona de estirâncio, destacando-se o período de julho de 2000 com $-39,59 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$ e julho de 2001 com $-28,34 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$. Calcula-se que neste trecho da área ocorreu uma perda de sedimento ao longo do período de

investigação da ordem de $-5,7 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$ (perfil P5 – erosão). Correspondendo as características obtidas através dos parâmetros de Dean (Ω), que caracteriza esta faixa da praia como sendo predominantemente reflectivo (erosional).

No **perfil P6** de acordo com a caracterização do ambiente praial, nesta faixa do litoral de Caiçara do Norte, as mudanças observadas foram proporcionais nas diversas zonas de monitoramento (duna, pós-praia, estirâncio e ante-praia). Em todos os meses a energia costeira sobre esta faixa foi bastante significativa, sendo que em alguns meses do ano foi impossível a caracterização da zona de pós praias (Anexo 01 e 02). Na zona de estirâncio o que mais chamou a atenção foi a variação da declividade do terreno, oscilando em geral de 8° a 10° . A presença de cúspides praias e/ou berma de praia não foram registradas em nenhum dos meses de acompanhamento.

Durante todos os meses de monitoramento a variação no volume de sedimento foi sempre negativa, destacando-se os meses de abril de 2001 e agosto de 2001, quando a variação anual oscilou em torno de $-68 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$ e $-56 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$ respectivamente. O volume de sedimento remobilizado na área do perfil P6 durante o período de monitoramento foi da ordem de $-506 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$. Com uma tendência predominantemente reflectiva - erosiva.

No geral, as praias em estudo estão condicionadas a um conjunto de características sedimentológicas, expressas em termos da sua composição, textura e seleção. Estas condições são refletidas principalmente pelo comportamento morfodinâmico da praia. Neste caso, podemos dizer que a área monitorada constitui-se basicamente por uma areia quartzosa com presença de cascalho, moderadamente selecionada a bem selecionada, e assimetria predominantemente negativa.

A utilização do parâmetro de Dean (Ω), para identificação do estado morfodinâmico das praias, mostrou que estas podem ser caracterizadas como praias tipicamente reflectivas, bastante vulnerável com forte tendência erosiva.

Todavia, deve-se lembrar que boa parte dos modelos propostos na literatura para o comportamento morfodinâmico das praias, parâmetro Dean (Ω) de dispersão das praias, padrões estatísticos utilizados na análise granulométrica e o modelamento hidrodinâmico, foram elaborados principalmente para regiões do Hemisfério Norte, áreas estas que apresentam características climáticas e geográficas diferentes da nossa realidade (região nordeste do Brasil). Esta condição poderá interferir na interpretação de alguns resultados, induzindo a modelos falsos, e que não representam a realidade da área de estudo. Entretanto, a partir dos resultados obtidos pelos alunos do Grupo de Pesquisa em Geologia e Geofísica Marinha e Monitoramento Ambiental (GGEMMA – UFRN), na região do litoral setentrional do Estado, será proposto um novo modelo estatístico para esta região.

Pelo o que se observou, a presença dos gabiões ao longo do litoral de Caiçara do Norte conseguiu reter parcialmente os sedimentos arenoso existente na praia, produzindo uma estabilidade na morfologia

praial, entretanto, nas áreas localizadas mais a oeste da faixa protegida pelos gabiões, notou-se durante o monitoramento que os efeitos erosionais passaram a afetar esta outra faixa do litoral, provocando a desestabilidade da mesma. Este efeito, teoricamente, já era esperado mostrando mais uma vez que este tipo de obra de engenharia funciona beneficiando apenas trechos localizadas (principalmente nas área recoberta pelos gabiões), e trazendo uma instabilidade em outros locais. Estas estruturas de engenharia posicionadas na zona de surfe podem produzir alguns modificações nas características das praias como: 1) Realinhamento da linha de praias devido a refração das ondas em torno dos gabiões e 2) Deposição de sedimentos na faixa de *Updrift* e erosão na zona de *downdrift*, associados a uma mudança da morfologia na linha de costas. Esta relação reforça mais uma vez a importância de se estabelecer um monitoramento sistemático, conhecendo o comportamento morfodinâmica da região e os principais agentes da energia costeira para tão somente serem implantados este tipo de obra de infra-estrutura. (Fig. 6.2)



Figura 6.2 – Seqüência de fotos (1 a 12) mostrando parte das residências e dos gabiões implantados na faixa de praia na cidade de Caiçara do Norte. Em destaque nota-se a arquitetura dos gabiões e o estado de conservação dos mesmos. Dos 14 gabiões construídos pela prefeitura de Caiçara do Norte cerca de 85% deles foram parcialmente ou completamente destruídos pela ação das ondas e/ou pela população local. (fotos: 05/7/2001, às 12:00hs, foto do autor)



Figura 6.2 cont. - Seqüência de fotos montadas de E para W, a partir do perfil 4/5 até próximo ao perfil P6.



Figura 6.2 cont. - Seqüência de fotos montadas de E para W, a partir do perfil 4/5 até próximo ao perfil P6.



Figura 6.2 cont. - Sequência de fotos montadas de E para W, a partir do perfil 4/5 até próximo ao perfil P6.





Figura 6.2 cont. - Seqüência de fotos montadas de E para W, a partir do perfil 4/5 até próximo ao perfil P6.

A plataforma da interna da Região de São Bento do Norte apresenta uma morfologia plana, com profundidade média entre 2 e 6 metros, até atingir a quebra da plataforma há apenas 22 km da costa. Através da análise das imagens de satélite e da interpretação dos sonogramas e perfis batimétricos, foi identificada a presença de bancos arenosos submersos de composição litobioclástica a bioclástica. Destacando-se a presença de uma grande alto topográfico submersos (parcialmente emerso na baixa mar), constituída basicamente por areia fina; bem selecionada e constituída essencialmente por quartzo. Antigas linhas de *beach rocks* orientadas paralelamente a atual linha de costa e diversas cristas de *sandwaves* orientadas preferencialmente na direção NE/SW, associado ao padrão de deriva litorânea de E para W.

Além dos mecanismos naturais que atuam na evolução destes ambientes, deve-se considerar também a superposição da intervenção antrópica, cuja influência nesses processos vem se manifestando de maneira crescente nos últimos anos. Essa ação tem, na maioria das vezes, acelerado o processo evolutivo, como por exemplo, através do ocupação desordenada da faixa costeira, ocasionada pela crescente expansão urbana e especulação imobiliária sem planejamento adequado, a destruição da cobertura vegetal das áreas próximas á cidade e também a modificação do campo de dunas, provocado principalmente pela associação dos processos eólicos e/ou antrópicos.

Na região do campo de dunas de São Bento do Norte foi realizado três levantamentos planialtimétricos, em diferentes épocas (19/08/2000, 10/03/2001 e 01/08/2001). O objetivo principal deste nivelamento era identificar os principais aspectos morfológicos e morfodinâmicos do referido campo de dunas costeiras.

O que se observou na morfologia geral desta duna era que inicialmente, a mesma se apresentava levemente esférica, com tendências alongadas em direção ao barlavento (NE/SW). Nesta direção, as

curvas de nível são bastante espaçadas, indicando um relevo bastante suavizado. Na porção NW da duna, tinha-se destacado uma forte deflação, caracterizando a formação de um corredor interdunar. Entretanto, foi observado que com o passar do tempo, esta planície foi sendo recoberta, mostrando a mobilidade da duna para WSW. Nota-se ainda um crescimento com achatamento em direção a E, que pode ser associado a um comportamento diferenciado na direção do vento ocorrida no mês de março/2001, quando se observou no instante do monitoramento uma oscilação da ordem de 095° Az (para uma média mensal de 220° a 300° Az).

Objetivando observar a estruturação interna da duna, foram comparados uma serie de perfis de GPR com o modelo morfológico elaborado para duna e através dos radargramas pode-se caracterizar um forte refletor, interpretado como sendo o contato entre duas diferentes gerações de dunas (duna mais jovem migrando sobre a duna mais antiga) e um segundo refletor correspondente ao nível do lençol freático com *foresets* apresentando mergulhos variando de 2° a 6°.

Com base nestes resultados, e objetivando indicar um conjunto de ações que permitam formar uma base de dados consistentes para o desenvolvimento de estudos geoambientais para a referida área, pode-se sugerir que sejam executados os seguintes estudos:

- ✓ continuidade dos estudos topográficos - perfil praias e campo de duna;
- ✓ coleta sistemática de sedimentos – caracterização da variação granulométrica;
- ✓ propor um modelo para a condição de transporte de sedimentos ao longo do litoral;
- ✓ análise do regime de correntes, salinidade, ventos e deriva litorânea da plataforma interna;
- ✓ elaboração de um modelo (matemático/estatístico) que seja próprio para a região nordeste do Brasil, levando em consideração as variações climáticas regionais, precipitação pluviométrica, velocidade do vento, etc. e comparando com os modelos existentes na literatura, para entender a validade das informações já existentes;
- ✓ utilização de imagens multiespectrais e fotografias aéreas de pequeno formato que possibilitem não só a análise da evolução temporal, como também a quantificação de algumas variáveis ambientais tais como: evolução da linha de costa, tendência de migração do campo de dunas, caracterização da porção submersa, caracterização dos aspectos geoambientais, entre outras);
- ✓ estudos batimétricos, sonográficos, amostragem de sedimentos de fundo na região da plataforma interna, que permitam uma visão em perfil e em planta, possibilitando, além do mapeamento morfológico e textural, trabalhos de modelagem numérica;
- ✓ viabilizar um estudo, propondo uma outra alternativa de reposição de sedimentos na praia, como p. ex. – retirar parte do sedimento existente na duna de São Bento do Norte ou de outra área próxima e lançar na área da plataforma interna, mais para isto seria necessário um estudo mais detalhado das correntes de maré, vento, etc.; além da relação custo benefício.

6.2-IMPLICAÇÕES NA MORFOLOGIA COSTEIRA E INSTALAÇÕES DA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO.

Desde o início da década de oitenta, algumas estruturas de engenharia foram criadas para auxiliar e facilitar a solidificação da indústria de exploração de óleo e gás na nossa região. Estas estruturas, em geral são representadas por oleodutos, bases de produção de óleo (terrestres e marítimos) e diversos campos de produção de gás natural instalados no continente.

A combinação de agentes hidrodinâmicos (correntes com velocidades de até 0,7 m/s e amplitudes de maré que variaram de 1,0 m a 3,2 m, ventos com direção de 260°Az a 310°Az, e velocidades do vento de até 12 m/s), produz uma intensa deriva litorânea unidirecional de leste para oeste, que promove a formação e o crescimento das cúspides, praias restingas emersas e bancos arenosos subaquáticos para oeste (Bandeira & Salim, 1999).

Com base nestes dados, foi identificado na zona costeira de São Bento do Norte uma seqüência de *sandwaves* e uma extensão de faixa arenosa caracterizada inicialmente como alto topográfico (ver detalhes capítulo 3), estas estruturas sedimentares estão distribuídas espacialmente ao longo de toda a linha de costa estudada. Em geral, elas ocorrem de forma alongada e ordenadas paralelamente à costa, resultando em um conjunto de barreiras subaquáticas que atuam como um obstáculo natural, refratando as ondas e minimizando os efeitos resultantes da energia costeira, desta forma influenciando diretamente no comportamento dinâmico da deriva litorânea e, por conseqüência, no movimento das ondas. Desta forma, a variação na morfologia de fundo afeta diretamente a dissipação de energia das ondas, velocidade e direção das correntes.

Assim os efeitos da refração de ondas, em função da morfologia de fundo na plataforma adjacente a São Bento e Caiçara do Norte, são refletidos ao longo da zona de praia sob a forma de erosão e/ou deposição, que são sentidos ao longo de todo este litoral até Macau, incluindo toda a área de instalação do Pólo Petrolífero de Guamaré e Campo de Serra.

A presença de esporões e *sandwaves* de grande porte são observadas apenas entre São Bento do Norte e Macau, coincidindo com os limites do sistema de falhas de Carnaubais e Afonso Bezerra. Assim sugerimos como trabalhos futuros que seja investigado a possível influência do sistema de falhas de Carnaubais e Afonso Bezerra sobre a morfologia da linha de costa da região, o que poderia estar condicionando a origem e o crescimento de esporões ("spits") e bancos arenosos subaquáticos característicos desta área.

6.3-SUGESTÃO PARA URBANIZAÇÃO DA PRAIA DE CAIÇARA DO NORTE:

Diante dos fatos abordados anteriormente, os quais contribuíram para um melhor entendimento da condição ambiental da área, vimos que esta região apresenta um caráter predominantemente erosivo, que as estruturas de contenção apresentadas até o momento estão contribuindo apenas parcialmente para a estabilidade da faixa litorânea e que os efeitos destrutivos que as marés exercem sobre a cidade são fenômenos naturais gerados pela própria subida do nível do mar, associadas a efeitos meteorológicos globais. Diante do exposto, enfatizamos a necessidade da interação multidisciplinar, propondo-se a combinação do monitoramento ambiental para o acompanhamento dos diferentes estágios erosivos da região; um reodernamento das áreas edificadas, criando normas que limitem as construções na região da praia e que se execute uma reurbanização sustentável na orla da cidade. Todavia, é de fundamental importância, a conscientização dos governantes locais e da população de Caiçara do Norte, no sentido de que a melhor maneira de enfrentar os problemas costeiros é conviver harmoniosamente com eles. Para tanto, esta sendo proposto um modelo arquitetônico em macro escala, com o intuito de se reurbanizar a orla marítima da praia de Caiçara do Norte (Anexo 6), gerando emprego e renda para a comunidade.

O objetivo principal deste projeto é mostrar para sociedade como um todo, que as pesquisas desenvolvidas pelas universidades brasileiras, não apresentam apenas um caráter científico, mas sim, que elas podem e devem ajudar a nossa população a ter uma melhor condição de vida, que as comunidades brasileiras possam desenvolver uma estágio auto-sustentável. Esta condição somente pode ser alcançada com uma parceria conjunta entre as agências do governo, a população e as universidades. Com este projeto, tentamos mostrar que um planejamento adequado, destacando as particularidades de cada região, apoiada por uma integração multidisciplinar envolvendo diversos ramos acadêmicos como engenharia, arquitetura, geologia, geografia, ciências sociais, etc. é que será possível melhorar a condição de vida da população. Com isso esperasse que a cidade de Caiçara do Norte seja vista pela comunidade e pelos turistas que ali passem com um local agradável e acolhedor, com atrativos turísticos e culturais, e se possível sem a presença dos gabiões que tanto descaracterizam a faixa litorânea.

Para a elaboração deste projeto, contou-se com a colaboração de um grupo de arquitetos, geólogos, geógrafos e engenheiro. A evolução do projeto foi feita com base em plantas topográficas da cidade e visita de campo, neste projeto tentou-se manter mais harmoniosamente possível as características originais da cidade. Sendo proposto no entanto, a desapropriação de algumas casas (em geral são feitas de taipa), a construção de quadras poliesportivas, passeio público, estacionamento, quiosque para a venda de artesanato, lanches e pescado, no lugar de um estaleiro já existente próximo a praia, seria construído um museu do mar que também seria utilizado como uma escola de pesca e engenharia náutica, mostrando para as crianças, filhos dos próprios pescadores locais novas técnicas de

pesca, mergulho (com segurança) e náutica. As casas que seriam retiradas da zona de praia, seriam remanejadas para um novo local, onde neste local seriam implantados lotes urbanizados com toda a infraestrutura possível de: água, luz, telefone, saneamento, calçamento, policiamento, etc., gerando assim, uma nova condição de vida para todos os moradores da região. E para se ter idéia, o custo para implantação de toda esta nova infra-estrutura, seria proporcional ao valor gasto com a instalação e manutenção dos gabiões

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AANDERAA INSTRUMENTS. 1998. Specification for S/T, C/T, S/T/D and C/T/D. Sensors. Data Sheet, D310. <http://www.aandeera.com/>
- AANDERAA INSTRUMENTS. 1999. Specification for Doppler Current Sensor 3500. Data Sheet, D288. <http://www.aandeera.com/>
- ALMEIDA, F. F. M.; HASUY, Y.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A. 1977. Províncias Estruturais Brasileiras. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 2, Campina Grande, Anais.
- ALVES, A. L. 2001. Cartografia Temporal e Análise Geoambiental da Dinâmica da Foz do Rio Piranhas-Açu, Região de Macau – RN, com Base em Imagens LANDSAT 5-TM. Natal. (Dissertação de Mestrado, Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica - PPGG/UFRN). 88p.
- AMARO, V. E. 1998. Análise Conjunta De Dados Geológicos, Geofísicos, Sensoriamento Remoto, Do Setor Extremo Nordeste Da Província Borborema, Nordeste Do Brasil, Com Ênfase Nas Zonas De Cisalhamento Dúcteis Neoproterozóicas. Universidade De São Paulo, São Paulo, Tese De Doutorado. 397 P.
- ARARIPE, P. T. E FEIJÓ, F. J. 1994. Bacia Potiguar. Boletim de Geociências da PETROBRÁS. Rio de Janeiro, V. 8, nº 1, P. 127-141.
- BANDEIRA, J. V. & SALIM, L. H. 1999. Análise dos Fenômenos Hidro-sedimentológicos na Linha de Costa das Regiões dos Campos de Serra e Macau, Município de Macau-RN. CNEN-CDTN, In: RC-CT7-001/99, ver: 00. Belo Horizonte.
- BERTANI, R. T. *et al.* 1990. Evolução Tectono-sedimentar, Estilo Estrutural e Habitat do Petróleo na Bacia Potiguar. Origem e Evolução das Bacias Sedimentares, PETROBRÁS, P. 291-310.
- BEZERRA, F. H. R.; LIMA FILHO, F. P.; AMARAL, R. F.; CALDAS, L. H. O. e COSTA NETO, L. X. 1998. Holocene Coastal Tectonics in NE Brazil. In: Stewart, I.S. and Vita-Finzi, C. (EDS) Coastal Tectonics. Geological Society, London, Special Publications, 146: 279 - 293.
- BRANER, J. C. 1902. Geology Of The Northeast Coast Brazil. Bull. Geol. Soc. Am., 13:41-98.
- Brasil", Enciclopédia® Microsoft® Encarta 99. ©1993-1998 Microsoft Corporation.
- BRISTOW, C.; PUGH, J. & GOODALL, T. 1996. Internal Structure of Aeolian Dunes in Abu Dhabi Determined Using Ground-penetrating Radar. Sedimentology, 43, 995-1003.

- BROOKFIELD, M. E., 1977. The Origin of Bounding Surfaces in Ancient Aeolian Sandstone. *Sedimentology*, 24, 303-332.
- CALDAS, L. H. O. 1996. Geologia Costeira Da Região De São Bento Do Norte E Caiçara, Litoral Norte Potiguar. Departamento De Geologia Da Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte, Natal, Relatório De Graduação, 83p+Anexos.
- CALDAS, L. H. O. 1998. Estudos Geológicos e Geofísico da Falha de Carnaubais, Bacia Potiguar - RN, e a Implicidade Neotectônica. Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Dissertação de Mestrado, 89p.
- CALDAS, L.; TABOSA, W. F.; VITAL, H.; STATTEGGER, K; AMARO, V. E. 2001. Sea Botton Morphology of the North Continental Shelf of the State of Rio Grande do Norte, Brazil, Based on Remote Sensing Data. The American Geophysical Union. Chapman Conference on the Formation of Sedimentary Strata on Continental Margins. Ponce, Puerto Rico. P.37
- CARTA TOPOGRÁFICA SB.24-X-D-III, MI-899. Folha Jandaíra. SUDENE, Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. Região Nordeste Do Brasil, 1:100.000, 1968.
- CHARLIE, R. H. & DEECROO, P. 1991. Coastal Erosion Response and Management. Haricon. N. V. Ghent Belgium. IWK 133/91.04062.
- CHAVES, M. S. 1999. Vulnerabilidade Costeira entre as Praias da Redinha e Genipabú Natal/RN. Dissertação de Mestrado. UFPE.
- CLARK, J. R. 1998. Coastal Seas: The Conservation Challenge. Osney Mead, Oxford, London. Blackwell Science Ltd.
- COSTA NETO, L. X. 1997. Evolução Geológica - Geomorfológica Recente Da Plataforma Continental Interna Ao Largo Da Delta Do Rio Açu, Macau – RN. Universidade Federal Fluminense, Rio De Janeiro. Dissertação De Mestrado, 213p.
- CUNHA, S. B. e GUERRA, A. J. T. 1996. Geomorfologia: Exercícios, Técnicas e Aplicações. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil. 345p.
- DEAN, R. G. 1973. Heuristic Model of Sand Transport in the Surf Zone: Proceedings of Engineering Dynamics in the Surf Zone, Institute of Engineers, Australia, p. 208-214. http://www.salem.mass.edu/~lhanson/gls214/gls214_references.htm
- DIVISÃO DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO DA MARINHA DO BRASIL. 1999. Tábua de Maré para 2000 – Porto de Natal e Macau (Estado do Rio Grande do Norte), Brasil. DG6-37, 37ª Edição. 194p.
- DIVISÃO DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO DA MARINHA DO BRASIL. 2000. Tábua de Maré para 2001 – Porto de Natal e Macau (Estado do Rio Grande do Norte), Brasil. DG6-38, 38ª Edição. 194p.
- DIVISÃO DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO DA MARINHA DO BRASIL. Costa Norte de Fortaleza à Ponta dos Três Irmãos, Carta Náutica da DHN nº 700, Escala 1:316.220. 2ª Edição.

- DOMINGUEZ, J. M. L., BITTENCOURT, A. C. & MARTIN, L. 1992. Controls on Quarternary Coastal Evolution of the East-northeastern Coast of Brazil: Roles of Sea-level History, Trade Winds and Climate. In: *Sedimentary Geology*, 80: 213-232; Elsevier Science Publisher B. V., Amsterdam
- DRURY, S. A. & HUNT, G. A. 1989. Geological Uses of Remotely Sensed Reflected and Emitted Data of Lateritized Archean Terrain In Western Australia. *Int. Remote Sensing* 10(3): 475-497.
- DUARTE, O. O. 1997. *Dicionário Enciclopédico Inglês - Português de Geofísica e Geologia*. Sociedade Brasileira de Geologia. 1ª. Ed. Rio De Janeiro: PETROBRAS. 304p.
- FOLK, R. L. & WARD, W. C. 1957. Brazos River Bar: A study in the Significance of Grain Size Parameter. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27:3-27
- FOLK, R. L. 1959. Practical Petrographic Classification of limenstones, *American Association Petroleum Geologists Buletin*. 43: 1-38.
- FOLK, R. L. 1968. *Petrology of Sedimentary Rocks*. The University of Texas Geology, 307K, 38C, 383M. Hemphillis, Austin, Texas. 170p.
- FONSECA, V. P. 1996. Estudo Morfo - Neotectônico na Área do Baixo Curso do Rio Açu (Assu-Macau), Rio Grande do Norte. Belo Horizonte. 109p. (Dissertação de Mestrado – IG/UFGM).
- FONSECA, V. P. 1997. Compartimentação Litorânea entre Ponta do Mel e Ponta dos Três Irmãos, Litoral Norte do Rio Grande do Norte. 17º Simpósio de Geologia do NE. Fortaleza. In: *Boletim* 15: 374 - 378.
- FORTES, F. P. 1987. Mapa Geológico Da Bacia Potiguar: A Origem da Bacia Mesozóica do Apodi como Decorência Do Ciclo Tect-orogenético Brasileiro. Natal, PETROBRÁS/DEBAR /DINTER. (Relatório Interno).
- GARMIN. 1999. GPS 48. Owner's Manual & Reference. Part nº 190-00141-00. Rev. B. Taiwan. 68p. <http://www.garmin.com/products/gps48/manual/html/>.
- GARMIN. 2000. GPS E-trex. Owner's Manual & Reference. Part nº 190-00205-00. Rev. B. Taiwan. 52p. <http://www.garmin.com/products/gpse-trex/manual/html/>.
- GLICKSON, A. Y. & CREASEY, J. W. 1995. Application Of Landsat-5 TM Imagery To Mapping Of The Giles Complex And Associated Granulites, Tomkinson Ranges, Western Musgrave Block, Central Australia. *AGSO J. Australian Geol & Geoph.* 16(1-2):173-193.
- GUEDES, I. M. G., VITAL, H. & TABOSA, W. F. 2001. Caracterização da Plataforma Interna na Área de Influência dos Dutos de Gás e Óleo do Pólo de Guamaré (RN) – VIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Imbé-RS.
- GUYOT, G. 1989. Signatures Spectrales Des Surfaces Naturelles. Caen, Paradigme, 178 P. (Télédétection Satellitaire, 5).
- HARARI, Z. 1996. Ground-penetrating Radar (GPR) for Imaging Stratigraphic Features and Groundwater in Sand Dunes. *Journal of Applied Geophysics*, 36, 43-52.

- HAYT JR., W. H. 1988. Engineering Electromagnetics. 5rd ed. London: McGraw Hill, 496p.
<http://www.cdBrasil.embrapa.br/rn/indexs.htm>; 10/11/2001; 23:00hs
<http://www.de.ufpb.br/~ronei/procimagem/procimagem.htm>
http://www.kippenhan.net/brasil/clima_po.htm – 15/01/2002; 11:25hs
<Http://Www.Mre.Gov.Br/Ndsg/Textos/Reg-P.Htm>
<http://www.oceanografia.hypermart.net/novo2/geo/dunas.htm>; 17/12/2001; 22:00hs
<http://www.octopus.furg.br/nema/dunas/dunas.htm>; 17/12/2001; 22:10hs
<http://www.planeta.terra.com.br/educacao/praias/praiascosteira.htm> - 15/01/2002; 16:00hs
<http://www.pppg.ufba.br/lec/dunas.htm> - 17/12/2001; 22:20hs - Laboratório de Estudos Costeiros do Departamento de Sedimentologia e do Curso de Pós-Graduação em Geologia, intitulada "Processos, Sedimentação e Problemas Ambientais na Zona Costeira
<http://www.Qnet.Conecta.lt/Benedetti/Idro.Html#3>
- HUSTED, S. 2000. Aeolian Morphodynamics in the Region of São Bento on the NE-coast of Brasil. MSc Thesis, Christian-Albrechts-University in Kiel, Germany.
- IDEMA. 1999. Secretaria de Planejamento e Finanças. Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte – IDEMA. Informativo Municipal: Caiçara do Norte. V.05, p.1-14.
- IDEMA. 1999. Secretaria de Planejamento e Finanças. Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte – IDEMA. Informativo Municipal: São Bento do Norte. V.05, p.1-14.
- JIMENEZ, J. A., MAIA, L. P., SERRA, J. & MORAIS, J. 1999. Aeolian Dune Migration Along the Ceará Coast, Northeastern Brazil. – In: Sedimentology, 46: 689-701
- KENNETT, J. P. 1982. Marine Geology. Pretence Hall, Inc. 812p.
- KOMAR, P. D. 1998. Beach processes and sedimentation. 2. ed. : Prentice Hall, 544p.
- LIMA, Z. M. C. 1993. Estudo Comparativo e Caracterização Ambiental da Península de Galinhos - RN. Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Monografia, 91p+anexos.
- LIMA, Z. M. C.; VITAL, H. & AMARO, V. E. 2001. Monitoramento da Variação da Linha de Costa de Galinhos - RN Utilizando Fotografias Aéreas e Imagens LANDSAT 5 –TM e LANDSAT 7 – ETM. VIII Congresso da ABEQUA. Imbé-RS.
- MARINHO, A. W. NORONHA, C. H. M. M. de 1991. Rio Grande Do Norte, Meu Estado. In: Estudos Sociais. Ed. Do Brasil, SP. 118p.
- MATOS, R. M. D, 1987. (In Bertani, R. T., Costa, I. G., Matos, R. M. D. - Evolução tectono-sedimentar, estilo estrutural e habitat do petróleo na Bacia Potiguar - Brasil - SINTEX-I - Seminário de Interpretação Exploratória-PETROBRAS-DEPEX- p. 87-96, maio 1989, Rio de Janeiro).
<http://www.brazil-round3.com/round3/pdocs/pbacias/ppot/ppotframe.htm> (01/02/2002, 13:50hs)

- MATOS, R. M. D. 1992. Deep Seismic Profiling, Basin Geometry and Tectonic Evolution of Intracontinental in Brazil. Doctor of Philosophy Thesis, Department of Geology of Cornell University, New York, 275p.
- MATOS, R. M. D.; LIMA NETO, F. F.; ALVES, A. C.; WAICK, R. N. 1987. O Rift Potiguar - Gênese, Preenchimento e Acumulações de Hidrocarbonetos. In: Seminário De Rifts Intracontinentais, 1, Rio De Janeiro, Anais, PETROBRAS/DEPEX. P.160-197.
- MATOS, R.M.D. 1992. The Northeast Brazilian Rift System. *Tectonics*, 11(4):766-791.
- MUEHE, D. 1998. Geomorfologia Costeira. In: Guerra, A. J. T. & Cunha, S. B. Geomorfologia, Uma Atualização de Bases e Conceitos. Bertrand Brasil. 3ª Ed. 253-308p.
- MUEHE, D., 1996. Geomorfologia costeira. In: CUNHA, S.B. and Guerra, A.J.T. (eds), Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações. Rio de Janeiro. Ed. Bertrand Brasil S.A. 191-238.
- NATRONTEC (1995): Ecoplan 1995 – Fabricação de Barrilha e Implantação de Emissário Submarino / Estudo de Impacto Ambiental: Diagnóstico, Análise de Impactos e Programa de Gestão Ambiental. – 186 pp.
- NEVES, C. A. O. 1987. Análise Regional do Trinômio Geração - Migração - Acumulação De Hidrocarbonetos na Seqüência Continental Eocretácio da Bacia Potiguar Emersa, NE do Brasil. Departamento de Geologia da Universidade da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Dissertação de Mestrado, 71p.
- ODOM HYDROGRAPHIC SYSTEM. 2000. Hydrotrac Installation / Operation Manual. Odom Hydrographic System Inc. 55p.
- ODOM HYDROGRAPHIC SYSTEM. 2000. Hydrotrac Software version 2.xx. Odom Hydrographic System Inc.
- OLIVEIRA JR., J. G. de. 2001. Dois Testes de Imageamento de GPR em Problemas de Controle Ambiental em Regiões Tropicais: Migração de Dunas e Localização de Dutos de Óleo Enterrados. Dissertação de Mestrado nº 21 do Programa de Pesquisa e Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica (PPGG)/UFRN.
- OLIVEIRA JR., J. G. de.; MEDEIROS, W. E de & VITAL, H., XAVIER, P., STATTEGGER, K. 2000. GPR Imaging of Internal Structure of a Sand Dune in Rio Grande do Norte State, NE Brazil. *Journal of Coastal Research (CERF-JCR)*. Artigo aceito.
- PETROBRÁS 1995. Dados Sobre Ondas e Ventos na Região de Guamaré - RN. Relatório Interno, PETROBRÁS/Atividade Marítima Do E&P RN/CE.
- PRATES, M.; GATTO, L. C. S.; COSTA M .I. P. 1981. Geomorfologia. In: PROJETO RADAMBRASIL, V. 23. P. 301-348.
- REINECK & SINGH, 1980. Depositional sedimentary environments. Berlin-Heidelberg-New York: Springer, 542p.

- RIBEIRO, I. M. C., 2000. Evolução Paleoambiental Quaternária de Setores da Zona Costeira do no de Portugal, Recorrendo à Aplicação Complementar de Diferentes Metodologias: Geofísica, Sondagens e Datações. II Jornadas do Quaternário da APEQ; Departamento Ciências da Terra, Universidade do Minho. Porto, FLUP, 12-13 Outubro de 2000. <http://www.lettras.up.pt/geograf/APEQ/p8.html> – 15/01/2002; 18:26hs
- RIEDEL, K. 2000. Untersuchungen zur Küstendynamik und Küstenentwicklung bei São Bento (NE-Brasilien), MSc Thesis, Christian-Albrechts-University in Kiel, Germany.
- ROBER, V. 2001. Structure and Dynamics of the Inner Shelf North of Galinhos, Rio Grande do Norte (NE – Brazil). Institute of Geosciences, Kiel, Germany. Tese, 76 + anexos.
- SCHENK, C. J, GALTIER, D. L., LUCIUS, J. E. & OLHOEFT, J. E. 1993. Internal Structure of an Aeolian Dune Using Ground Penetrating Radar. Spec.Publs Int. Ass. Sediment. (1993) 16, 61-69.
- SHEPARD, F. P. 1973. Seacoast Classification. in: Submarine Geology: Harper Row, New York, p. 102-122. http://www.salem.mass.edu/~lhanson/gls214/gls214_references.htm and <http://www.brookes.ac.uk/geology/8314/8314read.html>
- SILVA, C. G. 1991. Holocene Stratigraphy and Evolution of the Açu River Delta, Northeast Brazil. Doctor Thesis, Duke University.400p.
- SILVA, C.G. 1991. Holocene Stratigraphy and Evolution of the Açu River Delta, Rio Grande do Norte State, Northeastern Brazil. – PhD Dissertation, Duke University, 359 pp.
- SMITH, J. A. 1993. Matter-energy interaction in the optical region. In: Simonett, D.S. ed. Manual of Remote Sensing. 2ª ed. Falls Church, American Society of Photogrametry, 1(3): 61-113.
- SOLEWICZ, R. – 1989 – Feições fisiográficas submarinas da plataforma continental do Rio Grande do Norte visíveis por imagens de Satélite. Instituto de Pesquisas Espaciais-inpe. Dissertação de Mestrado, 143 pp.
- SOUZA, S. M. 1982. Análise Litoestratigráfica da Bacia Potiguar. In: Anais Do XXXII Congresso Brasileiro De Geologia, Salvador, V. 5, P. 2.392-2.406.
- SUGUIO, K. 1992. Dicionário De Geomorfologia Marinha. São Paulo. T.A. Queiroz. 163p.
- SUMMERHAYES, C.P.; THORPE, S.A. 1996. Oceanography, an Illustrated guide. Manson Publishing Ltd. 352p.
- TABOSA, W. F.; VITAL, H.; HUSTEDT, S.; and STATTEGGER, K. 2000. Dinâmica costeira das praias de São Bento e Caiçara do Norte - RN (NE Brasil). Anais do Simpósio brasileiro sobre praias arenosas, Itajai, SC. Pág. 132
- TABOSA, W. F.; VITAL. H. e AMARO, V. E. 2002. Morphologic and Structural Characterization of the Rio Grande do Norte Northern coast, Northeast Brazil on Remote Sensing Images. American Association of Petroleum Geologist, Houston, Texas, USA

- TABOSA, W.F. 2002. Monitoramento Costeira das Praias de São Bento do Norte e Caiçara do Norte - RN. Programa de pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Dissertação de Mestrado, *no prelo*.
- TABOSA, W.F., 2000. Dinâmica Costeira da Região de São Bento do Norte e Caiçara do Norte - RN. Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Relatório de Graduação, 76p.
- TABOSA, W.F.; CALDAS, L.; VITAL, H.; AMARO, V.E. 2001. Remote Sensing of the Northeastern Brazilian Continental Margin (São Bento/Caiçara do Norte). The American Geophysical Union. Chapman Conference on the Formation of Sedimentary Strata on Continental Margins. Ponce, Puerto Rico. P.37
- TESTA, V. & BOSENCE, D. W. J. 1999. Physical and Biological Controls on the Formation of Carbonate and Siliciclastic Bedforms on the Northeast Brazilian Shelf. – In: Sedimentology, 46: 279-301
- TESTA, V.; GHERARDI, D.; BOSENCE, D. & VIANA, M. 1994. Tropical Algal Carbonates from Shelf and Atoll Environments, Northeast Brazil. 14th International Sedimentological Congress, Recife-PE, p. 17-18.
- TESTAS, V. *et al.* 1994. Tropical Algal Carbonates From Shelf and Atoll Environments, Northeast Brazil. 14th International Sedimentological Congress, Recife (PE), p. 17-18.
- VAN OVERMEEREN, R.A., 1998. Radar Facies of Unconsolidated Sediments in The Netherlands: A Radar Stratigraphy Interpretation Method for Hydrogeology. Journal of Applied Geophysics, 40, 1-18.
- VIANA, M. L. e SOLEWICZ, R. 1988. Feições fisiográficas submarinas da plataforma continental do RN visíveis por imagens de satélite. Simpósio de Sensoriamento Remoto, Natal. Proceedings 3, p. 581-587.
- VILAÇA, J. G.; CUNHA, E. M. S.; SILVEIRA, I. M. 1991. Levantamento Hidrogeológico Do Município De Galinhos. In: Congresso Nordestino De Ecologia - 4. Recife (PE). Anais...(PE): SNE, P. 56.
- VITAL, H. 1996. Sedimentology of the Lowermost Amazon (Rio Xingu-Macapá) and the “Estreito de Breves” – Brazil. Dissertation zu Earlagung des Doktorgrades der Mathematisch – Naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian- Albrechts universität. Kiel, Germany.
- VITAL, H. 2000. Brasil e Alemanha estudam erosão no litoral potiguar. Da Vinci, Texto Acadêmicos. Suplemento especial do Diário do Natal, 29 janeiro. p.1.
- VITAL, H.; AMARO, V. E.; TABOSA, W. F.; GUEDES, I. M. G.; STATTEGGER, K.; CALDAS, L. H. O. 2002. Pattern of Sediment Distribution in Tectonics Setentrional Coast of Rio Grande do Norte State, Northeastern Brazil. AGU, 2002 Ocean Sciences Meeting. Honolulu, Hawaii, USA.

- VITAL, H.; STATTEGGER, K.; TABOSA, W. F.; RIEDEL, K. 2000. Why Does Erosion Occur on the Northeastern Coast of Brazil?: The Caiçara do Norte Beach Example. Submetido ao Journal of Coastal Research.
- VITAL, H.; TABOSA, W. F.; STATTEGGER, K.; CALDAS, L. H. O. 2001. Tectonics and Bottom Morphology Control on Sediment Distribution in the Brazilian Northeastern Continental Margin: São Bento do Norte / Caiçara do Norte Area. The American Geophysical Union. Chapman Conference on the Formation of Sedimentary Strata on Continental Margins. Ponce, Puerto Rico. P.37
- WRIGTH, L. D.; SHORT, A. D. & GREEN, M. O. 1985. Short term Changes in the Morphodynamic States of Beaches and Surf Zone: An Empirical Perictive Model. Marine Geology, 62:339-364.

CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA PRAIA																									
PERFIL 01																									
Pós Praia	Erosão		Deposição		Int. Antrópica			Vegetação					Mat. Poluentes					Duna		Sedimento			Min. Pes.		Escarpa
Mês/Ano	sim	não	sim	não	peq	med	gran	gram	salsa	coq.	mang	outro	vidro	plast.	óleo	orgân	outro	sim	não	fino	med	gros	sim	não	
jun/00		X	X					X	X					X				veg			X			X	11º
jul/00		X	X		X			X				X		X				veg			X			X	inexistente
ago/00	X							X	X									veg			X	X	X		inexistente
set/00		X						X										veg			X		X		inexistente
out/00		X						X	X									veg			X		X		inexistente
nov/00	X				X	X		X	X									veg			X	X			inexistente
dez/00		X						X	X									veg		X	X		X		inexistente
jan/01	X							X	X									veg							inexistente
fev/01								X	X									veg			X		X		inexistente
mar/01	X				X			X	X					X				veg		X	X			X	inexistente
abr/01	X							X	X									veg		X	X		X		inexistente
mai/01				X				X	X									veg		X	X		X		inexistente
jun/01		X	X					X	X									veg			X		X		inexistente
jul/01	X				X			X	X									veg						X	inexistente
ago/01		X	X		X			X	X					X		X		veg				X		X	inexistente

Estrácio	Erosão		Ângulo	Min.Pes.		Sedimentc			Int. Antrópica				Estrutura Sedimentar					Cuspide			Mat. Poluentes				Observações
Mês/Ano	sim	não		sim	não	fino	med	gros	esp	enrc	muro	gab	estr	ondas	corre	canal	outro	sim	não	distân	vidro	plast.	óleo	orgân	
jun/00	X		16°	X			X							X			X								
jul/00		X	11°	X			X							X	X			X							
ago/00	X			X		X	X												X						
set/00		X	13°	X		X	X										X	X		e23/w29					
out/00		X	8°	X		X	X										X		X						
nov/00		X	6°	X			X										X		X						
dez/00	X		9°	X		X	X										X		X						
jan/01	X		7°	X		X	X										X								
fev/01	X		6°	X		X	X										X								
mar/01	X		7°	X			X																		
abr/01			8°	X																					
mai/01		X	8°	X		X	X										X	X		e23/w27					
jun/01		X	8°	X		X											X	X		e16,3/w25,3					
jul/01	X		10°	X			X							X			X	X		e18/w23					
ago/01		X	8°	X			X							X				X		e21,4/w23,6					

Antepraia	Sedimentc			Reifes			Tipos de Ondas				Int. Ant.		Z. Arrebentação.		
Mês/Ano	fino	med	gros	aren	bar	coral	merg	desl	front	ascen	sim	não	sim	não	larg.
jun/00	X			X								X			
jul/00	X			X								X			
ago/00	X			X											
set/00	X			X			X					X			
out/00	X			X			X					X			
nov/00	X			X			X					X			
dez/00	X			X			X					X			
jan/01	X	X		X			X					X			
fev/01				X			X					X			
mar/01	X			X			X					X			
abr/01	X			X			X					X			
mai/01	X			X			X					X			
jun/01	X			X			X					X			
jul/01	X			X			X					X			
ago/01	X			X			X					X			

UNIVERSIADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
GEODINÂMICA E GEOFÍSICA
GRUPO DE PESQUISA EM GEOLOGIA
GEOFÍSICA MARINHA E MONITORAMENTO AMBIENTAL

Anexo-1

Variabilidade Costeira

CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA PRAIA																									
PERFIL 02																									
Pós Praia	Erosão		Depos.		Int. Antrop		Vegetação					Mat. Poluente					Duna		Sedimento			Min. Pes.		Escarpa	
Mês/Ano	sim	não	sim	não	peq	med	gran	gram	salsa	coq.	mang	outro	vidro	plast.	óleo	orgân	outro	sim	não	fino	med	gros	sim		não
jun/00		X	X		X			X	X			X		X				veg			X			X	11°
jul/00		X	X			X		X	X			X		X			X	veg				X		X	inexistente
ago/00		X			X			X	X									veg			X		X		inexistente
set/00		X						X	X									veg			X		X		inexistente
out/00		X			X			X	X									veg		X			X		inexistente
nov/00		X		X	X			X	X			X	X	X		X	X	veg			X			X	inexistente
dez/00		X						X	X					X				veg			X		X		inexistente
jan/01					X			X	X									veg			X		X		inexistente
fev/01	X				x			X	X									veg							inexistente
mar/01		X		X	X			X	X				X	X		X	X	veg			X	X		X	inexistente
abr/01		X	X		X			X	X			X	X	X		X		veg		X	X			X	inexistente
mai/01		X			X			X	X			X	X	X				veg		X	X		X		inexistente
jun/01		X		X		X		X	X			X	X	X		X	X	veg							inexistente
jul/01	X							X	X									veg		X	X		X		inexistente
ago/01		X	X			X		X	X					X			X	veg				X		X	inexistente

Estrâncio	Eroão		Ângulo	Min.Pes.		Sedimento			Int. Antropica				Estrutura Sedimentar				Cúspide		Mat. Poluente						Observações	
Mês/Ano	sim	não	0°	sim	não	fino	med	gros	esp	enrc	muro	gab	estr	ondas	corre	canal	outro	sim	não	distâr	vidro	plast.	óleo	orgân		outro
jun/00		X	1°				X							X			X	X							X	
jul/00		X		X			X							X	X	X		X				X				
ago/00	x			X		X	X											X								
set/00		X	7°	X			X										X	X								
out/00			7°	X		X	X								X	X	X	X								
nov/00	X		4°		X		X	X								X	X	X				X				
dez/00			8°	X			X							X	X	X	X	X								
jan/01			6°														X	X								
fev/01			8°	X			X								X	X	X	X								
mar/01		X	8°	X			X										X	X								
abr/01	X		8°	X		X	X							X				X								
mai/01		X	5°	X		X	X										X	X								
jun/01		X	4°	X		X	X										X	X				X				
jul/01	X		5°	X		X	X										X	X								
ago/01		X	1°	X			X							X	X			X								

Antepaia	Sedimento			Recifes			Tipos de Ondas				Int. Ant.		Z. Arrebentação		
Mês/Ano	fino	med	gros	aren	bar	coral	merg	desl	front	ascen	sim	não	sim	não	larg.
jun/00	X			X			X					X			
jul/00	X			X			X					X			
ago/00	X			X			X					X			
set/00	X	X		X			X					X			
out/00	X			X			X					X			
nov/00	X			X			X					X			
dez/00	X	X		X			X					X			
jan/01	X			X			X					X			
fev/01	x			X			X					X			
mar/01	X			X			X					X			
abr/01	X			X			X					X			
mai/01	X	X		X			X					X			
jun/01	X			X			X					X			
jul/01	X			X			X					X			
ago/01	X			X			X					X			

UNIVERSIADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM



GEODINÂMICA E GEOFÍSICA



GRUPO DE PESQUISA EM GEOLOGIA

GEOFÍSICA MARINHA E MONITORAMENTO AMBIENTAL

Anexo-1

Variabilidade Costeira

CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA PRAIA																										
PERFIL 03																										
Pós Praia	Erosão		Depositos		Int. Antropico			Vegetação					Mat. Poluente				Duna		Sedimento			Min. Pes.		Escarpa		
Mês/Ano	sim	não	sim	não	peq	med	gran	gram	salsa	coq	mang	outro	vidro	plast.	óleo	orgân	outro	sim	não	fino	med	gros	sim		não	
jun/00		X	X		X			X	X				X	X		X			X		X			X	25°	
jul/00		X	X		X			X	X	X				X		X	X		X			X		X	inexistente	
ago/00		X			X			X	X	X									X		X				90°	
set/00		X						X	X										X		X		X		inexistente	
out/00		X			X			X	X	X									X	X	X		X		inexistente	
nov/00	X			X		X		X						X		X	X		X		X			X	inexistente	
dez/00		X			X			X	X	X									X		X		X		inexistente	
jan/01		X			X			X	X	X									X		X	X	X		inexistente	
fev/01	X					X		X	X	X									X		X		X		18cm alt.e estr. p. paralela	
mar/01		X		X		X		X	X	X			X	X		X	X		X		X	X		X	inexistente	
abr/01		X	X			X		X		X									X		X			X	inexistente	
mai/01		X				X		X	X	X							X		X	X	X		X		inexistente	
jun/01	X		X		X			X	X										X	X	X			X	inexistente	
jul/01						X		X	X										X	X	X			X	inexistente	
ago/01		X	X			X		X	X	X				X					X						inexistente	

Estirão	Erosão		Ângulo	Min.Pes.		Sedimento			Int. Antrop				Estrutura Sedimentar				Cúspide		Mat. Poluente						Observações	
Mês/Ano	sim	não		sim	não	fino	med	gros	esp	enro	muro	gab	estr	ondas	corre	canal	outro	sim	não	dist.	vidro	plast.	óleo	orgân		outro
jun/00		X	4º	X			X							X			X		X					X		
jul/00		X					X									X	X		X			X				
ago/00		X	10º	X			X										X		X							
set/00	X		9º	X		X	X										X		X							
out/00		X	6º	X		X	X										X		X							
nov/00			6º	X				X									X		X			X		X	X	
dez/00		X	8º	X			X										X		X							
jan/01	X		8º	X		X	X										X		X							
fev/01			7º	X			X										X		X							
mar/01	X		7º	X			X										X		X			X			X	
abr/01	X		7º	X		X											X		X							
mai/01		X	6º	X		X	X										X		X							
jun/01		X	6,5º	X		X	X										X		X							
jul/01	X		8º	X		X		X											X							
ago/01		X	4º	X			X										X		X					X		

Antepaixa	Sedimento			Recifes			Tipos de Ondas				Int. Ant.		Z. Arrebentação		
Mês/Ano	fino	med	gros	aren	bar	cora	merg	desl	front	ascet	sim	não	sim	não	larg.
jun/00	X						X					X			
jul/00	X									X	X				
ago/00	X						X					X			
set/00	X						X					X			
out/00	X						X					X			
nov/00	X						X					X			
dez/00	X						X					X			
jan/01	X						X					X			
fev/01	X						X					X			
mar/01	X						X					X			
abr/01	X	X					X					X			
mai/01	X						X					X			
jun/01	X						X					X			
jul/01	X						X					X			
ago/01	X						X					X			

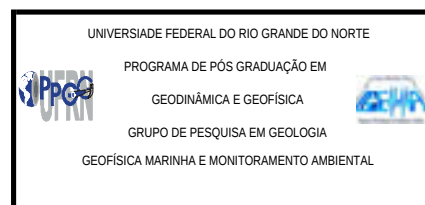
UNIVERSIADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
GEODINÂMICA E GEOFÍSICA
GRUPO DE PESQUISA EM GEOLOGIA
GEOFÍSICA MARINHA E MONITORAMENTO AMBIENTAL

Anexo-1
Variabilidade Costeira

CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA PRAIA																									
PERFIL 04																									
Pós Praia	Erosão		Depositos		Int. Antrópica			Vegetação					Mat. Poluente					Duna		Sedimento			Min. Pes.		Escarpa
Mês/Ano	sim	não	sim	não	peq	med	gran	gram	salsa	coq.	mang	outro	vidro	plast.	óleo	orgân	outro	sim	não	fino	med	gros	sim	não	
jun/00			X	X	X		X						X	X	X	X		X						X	42°
jul/00	X						X			X				X			X	X		X	X			X	inexistente
ago/00			X				X	X	X			X						X		X				X	inexistente
set/00		X	X				X							X		X		X		X			X		inexistente
out/00	X						X											X	X	X			X		inexistente
nov/00	X						X							X			X	X		X				X	inexistente
dez/00																									ñ existe PP
jan/01																									ñ existe PP
fev/01																									ñ existe PP maré invadiu a rua
mar/01																									ñ existe PP maré invadiu a rua
abr/01	X			X			X											X		X				X	inexistente
mai/01		X	X				X						X	X		X	X	X		X			X		inexistente
jun/01		X					X							X		X		X		X				X	inexistente
jul/01			X				X							X		X	X	X	X	X	X			X	inexistente
ago/01		X	X				X							X				X				X		X	inexistente

Estirâncio	Erosão		Ângulo	Min.Pes.		Sedimento			Int. Antrópica				Estrutura Sedimentar					Cúspide		Mat. Poluente							Observações
Mês/Ano	sim	não		sim	não	fino	med	gros	esp	enrc	muro	gab	estr	ondas	corre	canal	outro	sim	não	dist.	vidro	plast.	óleo	orgân	outro		
jun/00	X		3º				X					X	X	X			X		X		X	X	X	X			
jul/00	X			X		X						X		X		X	X	X				X			X		
ago/00		X	5º	X			X					X		X			X					X		X			
set/00		X		X		X	X					X					X					X					
out/00	X		6º	X		X	X					X					X		X								
nov/00	X		5º	X				X				X							X								
dez/00		X	5º	X		X	X					X					X		X			X					
jan/01	X		5º	X			X					X					X		X			X		X			
fev/01	X			X			X					X							X			X		X			
mar/01	X		6º	X		X	X					X							X		X	X		X	X		
abr/01	X		4º			X	X					X					X		X			X			X		
mai/01	X		6/7º			X	X					X					X		X		X	X		X	X		
jun/01	X		6,5º	X		X	X					X		X			X		X			X		X			
jul/01			9º	X		X								X		X	X		X			X			X		
ago/01			5º	X			X					X		X		X			X			X					

Antepraia	Sedimento			Recifes			Tipos de Ondas				Int. Antrópica		Z. Arrebentação		
Mês/Ano	fino	med	gros	aren	bar	coral	merg	desl	front	ascen	sim	não	sim	não	larg.
jun/00	X						X				X				
jul/00	X						X				X				
ago/00	X						X				X				
set/00	X						X				X				
out/00	X						X				X				
nov/00	X						X				X				
dez/00	X						X				X				
jan/01	X						X				X				
fev/01	X						X				X				
mar/01	X						X				X				
abr/01	X						X				X				
mai/01	X						X				X				
jun/01	X						X				X				
jul/01	X		X				X				X				
ago/01		X					X				X				



Anexo-1

Variabilidade Costeira

CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA PRAIA

PERFIL 05

Pós Praia	Erosão		Depositos		Int. Antrópica			Vegetação					Mat. Poluente				Duna		Sedimento			Min. Pes.			
MÊS	sim	não	sim	não	peq	med	gran	gram	salsa	coq	mang	outro	vidro	plast.	óleo	orgân	outro	sim	não	fino	med	gros	sim	não	Escarpas
jun/00	X			X	X		X						X	X	X	X			X					X	42°
jul/00	X						X			X				X			X		X		X			X	inexistente
ago/00			X				X	X	X			X									X			X	inexistente
set/00		X	X				X							X		X			X		X		X		inexistente
out/00	X						X												X	X	X		X		inexistente
nov/00	X						X							X			X		X		X				inexistente
dez/00																									inexistente
jan/01																									inexistente
fev/01																									ñ existe PP mar invadiu rua
mar/01																									
abr/01	X			X			X												X		X			X	inexistente
mai/01		X	X				X						X	X		X	X		X		X		X		inexistente
jun/01		X					X							X		X			X		X			X	inexistente
jul/01			X											X			X		X	X	X			X	inexistente
ago/01	X			X			X							X					X			X			inexistente

Estrirância	Erosão		Ângulo	Min.Pes.		Sedimento			Int. Antrópica			Estrutura Sedimentar				Cúspide		Mat. Poluente					Observações			
Mês/Ano	sim	não	0°	sim	não	fino	med	gros	esp	enrc	muro	gab	estr	ondas	corre	canal	outro	sim	não	dist.	vidro	plast.		óleo	orgân	outro
jun/00	X		3°				X					X		X			X		X		X	X	X	X		
jul/00	X			X		X						X		X			X	X	X			X			X	
ago/00		X	5°	X			X					X		X			X					X		X		
set/00		X		X		X	X					X					X		X			X				
out/00	X		5°	X		X	X					X					X		X							
nov/00	X		6°	X				X				X							X						X	
dez/00	X		5°	X		X	X					X					X		X			X				
jan/01		X	6°	X			X					X					X		X			X		X		
fev/01	X			X			X					X										X		X		
mar/01	X		6°	X		X	X					X						X		X	X	X		X	X	
abr/01	X		4°			X	X					X					X		X			X			X	
mai/01	X		6/7°			X	X					X					X		X		X	X		X	X	
jun/01	X		3°	X		X	X					X		X			X		X			X		X		
jul/01			8°	X		X								X			X	X	X			X			X	
ago/01			2°	X		X						X					X	X	X			X				

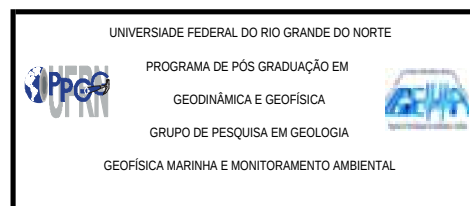
Antepaia	Sedimento			Recifes			Tipos de Ondas				Int. Ant.		Z. Arrebentação		
Mês/Ano	fino	med	gros	aren	bar	coral	merg	desl	front	ascen	sim	não	sim	não	larg.
jun/00	X						X				X				
jul/00	X						X				X				
ago/00	X						X				X				
set/00	X						X				X				
out/00	X						X				X				
nov/00	X						X				X				
dez/00	X						X				X				
jan/01	X						X				X				
fev/01	X						X				X				
mar/01	X						X				X				
abr/01	X						X				X				
mai/01	X						X				X				
jun/01	X						X				X				
jul/01	X		X				X				X				
ago/01		X					X				X				

Anexo-1
Variabilidade Costeira

CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA PRAIA																										
PERFIL 06																										
Pós Praia	Erosão		Depósitos		Int. Antrópica			Vegetação					Mat. Poluente					Duna		Sedimento			Min. Pes.		Escarpas	
Mês/Ano	sim	não	sim	não	peq	med	gran	gram	salsa	coq.	mang	outro	vidro	plast.	óleo	orgân	outro	sim	não	fino	med	gros	sim	não		
jun/00		X	X		X			X	X				X	X	X	X	X	X			X			X		8º mal formada
jul/00	X						X	X	X			X	X	X		X	X	X				X		X		inexistente
ago/00	X						X	X	X	X			X	X		X	X	X			X			X		inexistente
set/00	X						X	X	X				X	X		X	X	X		X	X			X		20º c/ 3,5 cm altura
out/00	X						X		X			X	X	X		X	X	X		X	X			X		inexistente
nov/00	X			X		X			X				X	X		X	X	X			X			X		inexistente
dez/00																										ñ existe PP
jan/01																										ñ existe PP
fev/01																										ñ existe PP
mar/01	X			X			X						X	X		X	X	X		X				X		ñ PP muito curto cerca de 3m
abr/01	X			X			X		X				X	X		X	X	X		X	X			X		inexistente
mai/01	X						X	X	X				X	X		X	X	X		X	X		X			90º 18 cm altura
jun/01	X						X		X				X	X		X	X	X			X					inexistente
jul/01	X						X		X				X	X		X	X	X		X	X		X			inexistente
ago/01	X						X	X	X			X	X	X		X	X	X			X			X		inexistente

Estrirâncio	Erosão		Ângulo	Min.Pes.		Sedimento			Int. Antrópica				Estrutura Sedimentar					Cúspide		Mat. Poluente						Observações
Mês/Ano	sim	não		sim	não	fino	med	gros	esp	enrc	muro	gab	estr	onda	corr.	canal	outro	sim	não	dist.	vidro	plast.	óleo	orgân	outro	
jun/00	X		0º											X				X					X	X		
jul/00	X			X			X							X		X	X	X		X	X	X			X	
ago/00	X		14º	X			X							X			X	X		X	X	X		X		
set/00	X		5º	X		X	X										X	X		X	X					
out/00	X		10º	X		X	X										X	X								
nov/00	X		6º	X			X								X			X				X			X	
dez/00	X		12º			X	X										X	X		X	X		X	X		
jan/01	X		8º	X		X	X										X	X		X	X		X			
fev/01				X			X										X									
mar/01	X		8º	X			X											X		X	X		X	X		
abr/01	X		12º	X		X	X										X	X			X				X	
mai/01	X		7º	X		X	X										X	X							X	
jun/01		X	7º	X		X	X										X	X			X		X	X		
jul/01	X		12º	X		X	X										X	X			X		X			
ago/01	X		10º	X										X		X	X	X			X				X	

Antepraia	Sedimento			Recifes			Tipos de Ondas				Int. Antrópica		Z. Arrebentação		
Mês/Ano	fino	med	gros	aren	bar	coral	merg	desl	front	ascen	sim	não	sim	não	larg.
jun/00	X						X					X			
jul/00	X						X								
ago/00	X							X				X			
set/00	X						X					X			
out/00	X						X					X			
nov/00	X	X					X					X			
dez/00	X						X					X			
jan/01	X						X					X			
fev/01	X						X					X			
mar/01	X						X					X			
abr/01	X						X					X			
mai/01	X						X					X			
jun/01	X						X					X			
jul/01	X						X					X			
ago/01	X						X					X			



Anexo-1
Variabilidade Costeira

ONDAS - altura (cm)		
Mês/Ano	PERFIL 01	PERFIL 06
jun/00	45,20	40,10
jul/00	29,90	31,90
ago/00	35,10	30,40
set/00	17,80	30,95
out/00	13,60	15,90
nov/00	16,20	16,80
dez/00	10,70	14,00
jan/01	13,10	15,25
fev/01	31,30	45,30
mar/01	43,90	49,70
abr/01	5,30	7,20
mai/01	30,6	30,95
jun/01	8,05	8,60
jul/01	5,00	12,00
ago/01	7,60	10,45

ONDAS - angulo de incidência		
Mês/Ano	PERFIL 01	PERFIL 06
jun/00	30°	25°
jul/00	18°	20°
ago/00	05°	05°
set/00	25°	25°
out/00	30°	25°
nov/00	30°	11°
dez/00	30°	20°
jan/01	35°	30°
fev/01	05°	10°
mar/01	10°	05°
abr/01	15°	21°
mai/01	40°	26°
jun/01	15°	20°
jul/01	20°	15°
ago/01	10°	15°

CORRENTE LITORÂNEA - velocidade (m/seg)		
Mês/Ano	PERFIL 01	PERFIL 06
jun/00	0,31	0,07
jul/00	0,54	0,34
ago/00	0,28	0,74
set/00	0,185	0,37
out/00	0,68	0,24
nov/00	0,85	0,24
dez/00	0,63	0,50
jan/01	0,7	0,55
fev/01	0,28	0,28
mar/01	0,21	0,09
abr/01	0,18	0,11
mai/01	0,85	0,47
jun/01	0,17	0,08
jul/01	0,28	0,15
ago/01	0,48	0,27

DIREÇÃO DO VENTO (Az)		
Mês/Ano	PERFIL 01	PERFIL 06
jun/00	300°	250°
jul/00	225°	240°
ago/00	300°	285°
set/00	290°	265°
out/00	295°	270°
nov/00	270°	245°
dez/00	72°	90°
jan/01	270°	255°
fev/01	260°	265°
mar/01	95°	85°
abr/01	273°	275°
mai/01	263°	250°
jun/01	300°	270°
jul/01	298°	285°
ago/01	320°	260°

ONDAS - período (seg)		
Mês/Ano	PERFIL 01	PERFIL 06
jun/00	1'09",63	1'27",51
jul/00	0'47",99	1'05",09
ago/00	1'12",76	1'35",93
set/00	1'18",072	1'08",31
out/00	1'04",683	1'29",867
nov/00	1'32",593	1'29",571
dez/00	1'27",606	1'14",631
jan/01	1'07",017	1'06",204
fev/01	1'06",53	1'04",84
mar/01	2'03",232	3'06",85
abr/01	1'24",197	1'17",22
mai/01	1'26",309	1'27",613
jun/01	1'36",609	1'25",38
jul/01	1'29",504	1'30",464
ago/01	1'07",488	1'00",802

ONDAS - tipo de arrebentação		
Mês/Ano	PERFIL 01	PERFIL 06
jun/00	mergulhante	mergulhante
jul/00	mergulhante	mergulhante
ago/00	mergulhante	mergulhante
set/00	mergulhante	mergulhante
out/00	mergulhante	mergulhante
nov/00	mergulhante	mergulhante
dez/00	mergulhante	mergulhante
jan/01	mergulhante	mergulhante
fev/01	mergulhante	mergulhante
mar/01	mergulhante	mergulhante
abr/01	mergulhante	mergulhante
mai/01	mergulhante	mergulhante
jun/01	mergulhante	mergulhante
jul/01	mergulhante	mergulhante
ago/01	mergulhante	mergulhante

CORRENTE LITORÂNEA - sentido da corrente (Az)		
Mês/Ano	PERFIL 01	PERFIL 06
jun/00	300°	290°
jul/00	290°	280°
ago/00	270°	260°
set/00	270°	255°
out/00	265°	270°
nov/00	115°	97°
dez/00	270°	275°
jan/01	270°	270°
fev/01	270°	270°
mar/01	100°	85°
abr/01	265°	267°
mai/01	310°	286°
jun/01	255°	270°
jul/01	290°	270°
ago/01	270°	270°

UNIVERSIADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE




PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM

GEODINÂMICA E GEOFÍSICA

GRUPO DE PESQUISA EM GEOLOGIA E

GEOFÍSICA MARINHA E MONITORAMENTO AMBIENTAL

Anexo-2

Determinação de Dados Hidrodinâmicos (parâmetros de ondas, ventos e correntes)



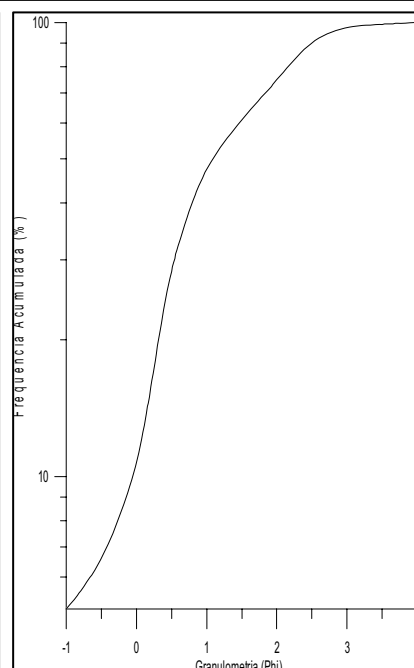
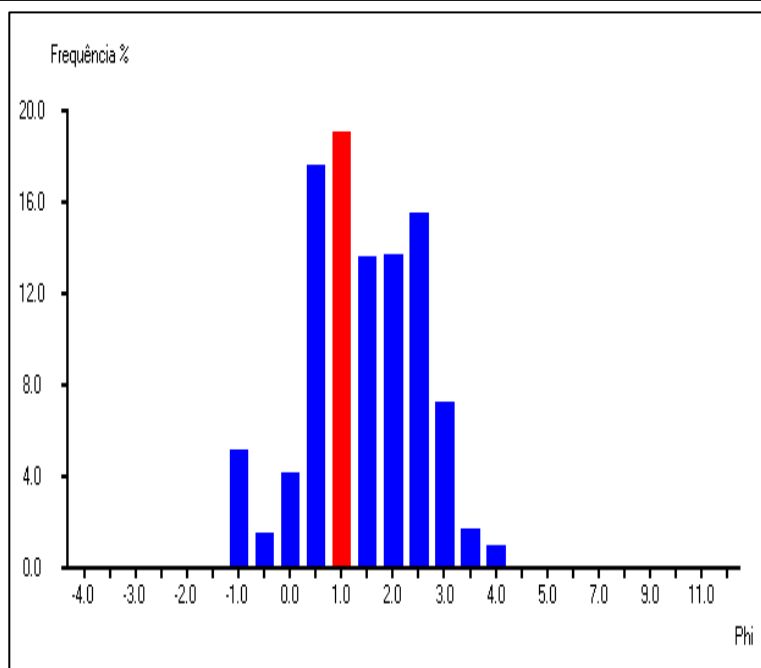
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
GEODINÂMICA E GEOFÍSICA
GRUPO DE PESQUISA EM GEOLOGIA
E GEOFÍSICA MARINHA E MONITORAMENTO AMBIENTAL
SAG - SISTEMA DE ANÁLISE GRANULOMÉTRICA
ANEXO 03



Amostra		Projeto			Data		
WF-PP01		Mestrado Werner			16/7/2000		
Peso inicial		Peso final		Profundidade		Percentual de carbonato :	
100		94.766		0,5		11,37%	
D(MM)	PHI	Peso	Frequencia %	Frequencia Acumulada	Percentis :		
2	-1	5,096	5,1067	5,1067	PHI5	-1.018	PHI16 0,075
1,4142	-0,5	1,498	1,5011	6,6078	PHI75	2.005	PHI84 2.150
1	0	4,113	4,1216	10,7294	PHI25	0,203	PHI50 1.048
0,7071	0,5	17,577	17,6138	28,3432	PHI95	2.667	
0,5	1	19,019	19,0588	47,4021	Parâmetros estatísticos		
0,3536	1,5	13,538	13,5664	60,9684	Mediana	1.048	
0,25	2	13,71	13,7387	74,7071	Média	1.090	
0,1768	2,5	15,441	15,4733	90,1805	Selecionamento	0,912	
0,125	3	7,194	7,2091	97,3895	Assimetria	-0,029	
0,0884	3,5	1,663	1,6665	99,056	Curtose	0,838	
0,0625	4	0,942	0,944	100	Curtose (norm)	0,456	
Classificação por frequência simples				Classificação pela média			
Cascalho		5.107		=> AREIA MEDIA <=			
Areia muito grossa		5.623		Classificação textural de Folk			
Areia grossa		36.673		AREIA COM CASCALHO ESPARSO			
Areia média		27.305		MODERADAMENTE SELECIONADA			
Areia fina		22.682		PLATICURTICA			
Areia muito fina		2.610		APROXIMADAMENTE SIMETRICA			
Silte		0		Classificação Larssonneur (Dias/96)			
Argila		0		AL1b			

ograma de Barras

Curva Cumulati





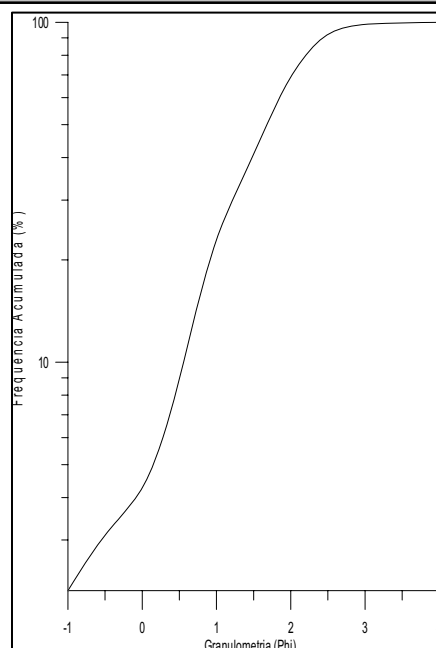
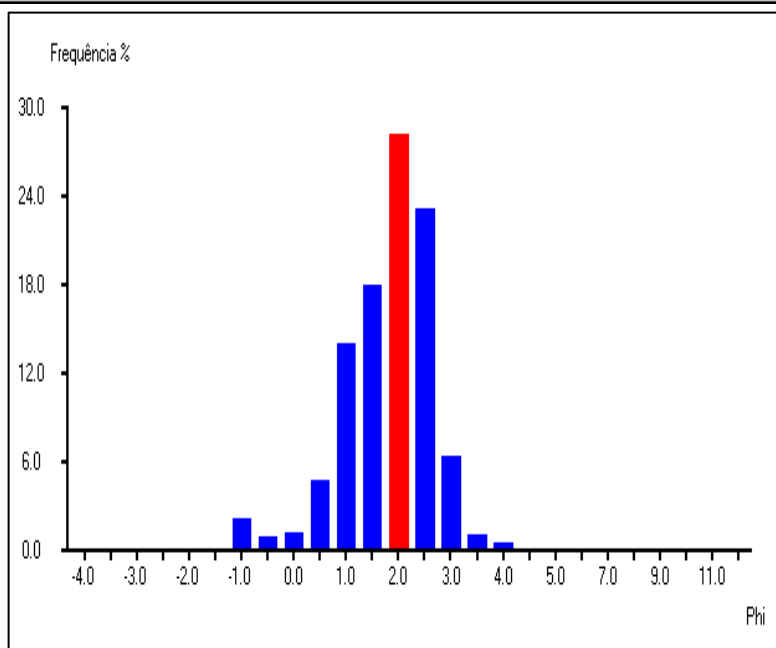
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
GEODINÂMICA E GEOFÍSICA
GRUPO DE PESQUISA EM GEOLOGIA
E GEOFÍSICA MARINHA E MONITORAMENTO AMBIENTAL
SAG - SISTEMA DE ANÁLISE GRANULOMÉTRICA
ANEXO 03



Amostra		Projeto			Data	
WF-PP01		Mestrado Werner			5/7/2001	
Peso inicial		Peso final		Profundidade	Percentual de carbonato :	
100		100		0,5	11,30%	
D(MM)	PHI	Peso	Frequencia %	Frequencia Acumulada	Percentis :	
2	-1	2,13	2,13	2,13	PHI5	0,039
1,4142	-0,5	0,97	0,97	3,10	PHI75	2,065
1	0	1,17	1,17	4,27	PHI25	1,028
0,7071	0,5	4,66	4,66	8,93	PHI95	2,611
0,5	1	14,04	14,04	22,97	Parâmetros estatísticos	
0,3536	1,5	17,94	17,94	40,91	Mediana	1,581
0,25	2	28,13	28,13	69,04	Média	1,455
0,1768	2,5	23,10	23,10	92,14	Selecionamento	0,685
0,125	3	6,42	6,42	98,56	Assimetria	-0,221
0,0884	3,5	0,98	0,98	99,54	Curtose	1,017
0,0625	4	0,46	0,46	100	Curtose (norm)	0,504
Classificação por frequência simples				Classificação pela média		
Cascalho				=> AREIA MEDIA <=		
Areia muito grossa				Classificação textural de Folk		
Areia grossa				AREIA COM CASCALHO ESPARSO		
Areia média				MODERADAMENTE SELECIONADA		
Areia fina				MESOCURTICA		
Areia muito fina				ASSIMETRIA NEGATIVA		
Silte				Classificação Larssonneur (Dias/96)		
Arqila				AL1b		

Histograma de Barras

Curva Cumulativa





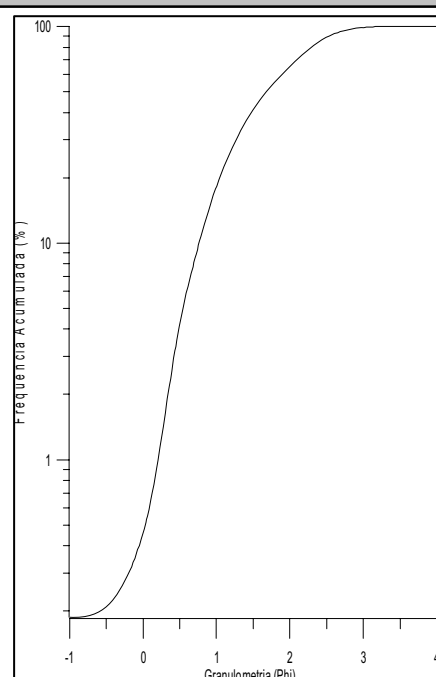
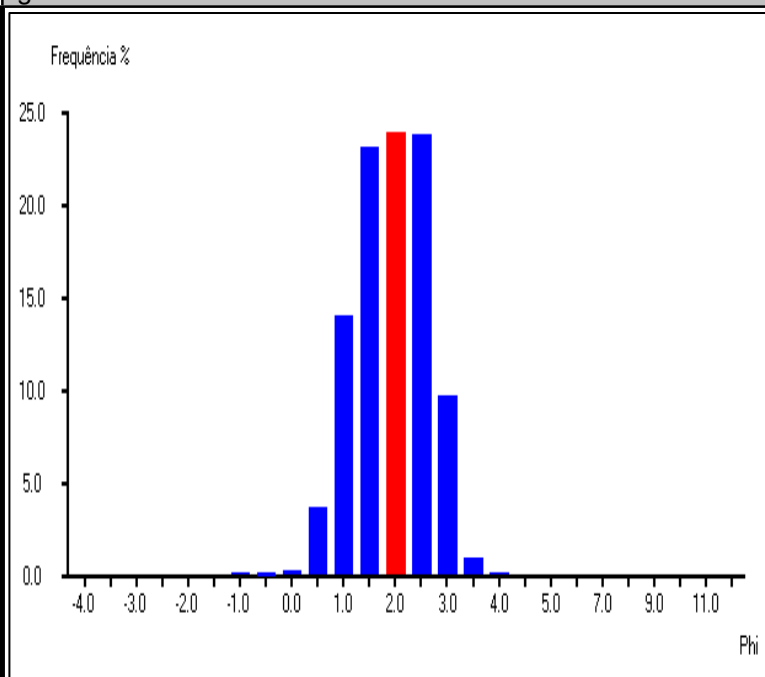
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
GEODINÂMICA E GEOFÍSICA
GRUPO DE PESQUISA EM GEOLOGIA
E GEOFÍSICA MARINHA E MONITORAMENTO AMBIENTAL
SAG - SISTEMA DE ANÁLISE GRANULOMÉTRICA
ANEXO 03



Amostra				Projeto		Data	
WF-PP02				Mestrado Werner		16/7/2000	
Peso inicial		Peso final		Profundidade		Percentual de carbonato :	
100		99.738		0,5		9,96%	
D(MM)	PHI	Peso	Frequencia %	Frequencia Acumulada	Percentis :		
2	-1	0,187	0,1873	0,1873	PHI5	0,514	PHI16 0,709
1,4142	-0,5	0,022	0,022	0,2093	PHI75	2.101	PHI84 2.196
1	0	0,248	0,2484	0,4578	PHI25	1.073	PHI50 1.590
0,7071	0,5	3,749	3,7552	4,213	PHI95	2.651	
0,5	1	14,052	14,0754	18,2884	Parâmetros estatísticos		
0,3536	1,5	23,071	23,1094	41,3977	Mediana	1.590	
0,25	2	23,911	23,9508	65,3485	Média	1.497	
0,1768	2,5	23,745	23,7845	89,133	Selecionamento	0,666	
0,125	3	9,703	9,7191	98,8521	Assimetria	-0,096	
0,0884	3,5	0,95	0,9516	99,8037	Curtose	0,851	
0,0625	4	0,196	0,1963	100	Curtose (norm)	0,46	
Classificação por frequência simples				Classificação pela média			
Cascalho		0,187		=> AREIA MEDIA <=			
Areia muito grossa		0,27		Classificação textural de Folk			
Areia grossa		17.831		AREIA COM CASCALHO ESPARSO			
Areia média		47.060		MODERADAMENTE SELECIONADA			
Areia fina		33.504		PLATICURTICA			
Areia muito fina		1.148		APROXIMADAMENTE SIMETRICA			
Silte		0		Classificação Larssonneur (Dias/96)			
Argila		0		AL1b			

ograma de Barras

Curva Cumulati





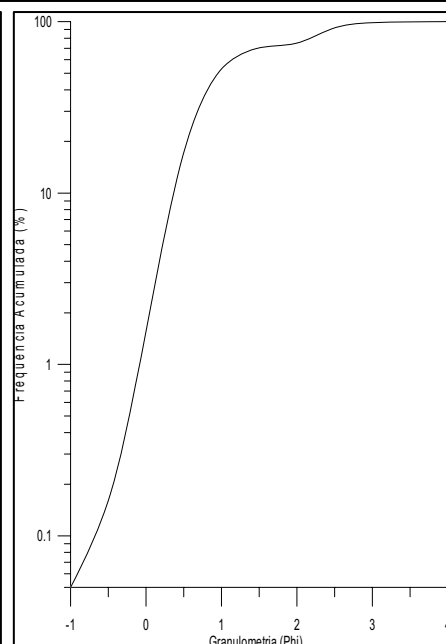
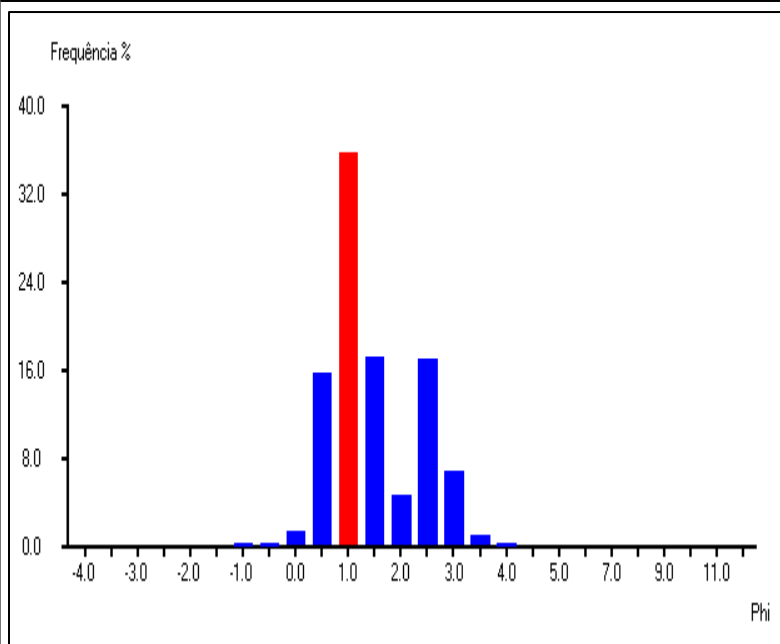
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
GEODINÂMICA E GEOFÍSICA
GRUPO DE PESQUISA EM GEOLOGIA
E GEOFÍSICA MARINHA E MONITORAMENTO AMBIENTAL
SAG - SISTEMA DE ANÁLISE GRANULOMÉTRICA
ANEXO 03



Amostra			Projeto			Data		
WF-PP02			Mestrado Werner			5/7/2001		
Peso inicial		Peso final		Profundidade		Percentual de carbonato :		
100		100		0,5		12,20%		
D(MM)	PHI	Peso	Frequencia %	Frequencia Acumulada	Percentis :			
2	-1	0,05	0,05	0,05	PHI5	0,055	PHI16	0,23
1,4142	-0,5	0,11	0,11	0,16	PHI75	2	PHI84	2,133
1	0	1,4	1,4	1,56	PHI25	0,554	PHI50	0,729
0,7071	0,5	15,71	15,71	17,27	PHI95	2,612		
0,5	1	35,75	35,75	53,02	Parâmetros estatísticos			
0,3536	1,5	17,27	17,27	70,29	Mediana		0,729	
0,25	2	4,71	4,71	75	Média		1,029	
0,1768	2,5	16,94	16,94	91,94	Selecionamento		0,837	
0,125	3	6,84	6,84	98,78	Assimetria		0,474	
0,0884	3,5	1,02	1,02	99,8	Curtose		0,725	
0,0625	4	0,2	0,2	100	Curtose (norm)		0,42	
Classificação por frequência simples				Classificação pela média				
Cascalho		0,05		=> AREIA MEDIA <=				
Areia muito grossa		1,51		Classificação textural de Folk				
Areia grossa		51,46		AREIA				
Areia média		21,98		MODERADAMENTE SELECIONADA				
Areia fina		23,78		PLATICURTICA				
Areia muito fina		1,22		ASSIMETRIA MUITO POSITIVA				
Silte		0		Classificação Larssonneur (Dias/96)				
Argila		0		AL1b				

Histograma de Barras

Curva Cumulativa





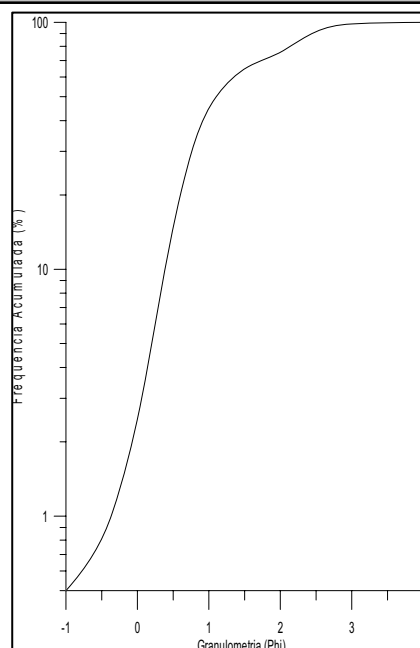
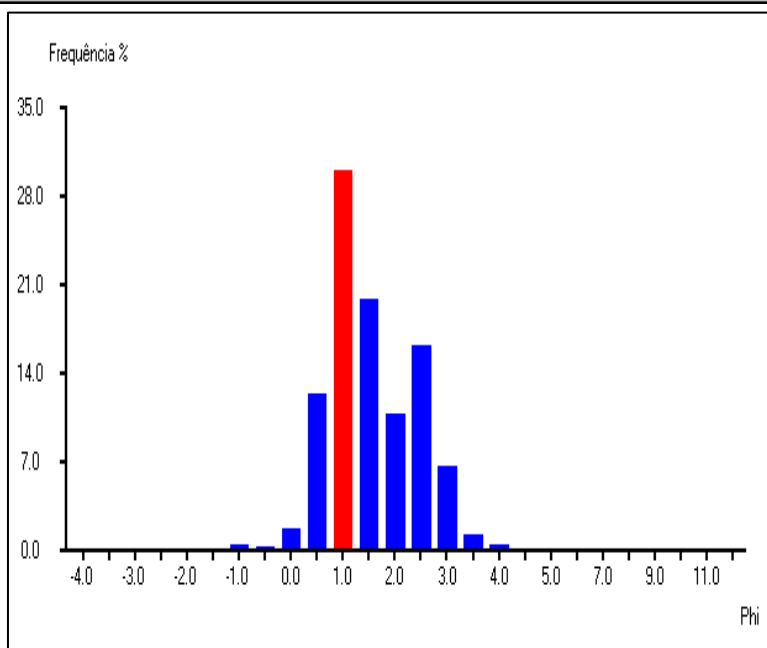
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
GEODINÂMICA E GEOFÍSICA
GRUPO DE PESQUISA EM GEOLOGIA
E GEOFÍSICA MARINHA E MONITORAMENTO AMBIENTAL
SAG - SISTEMA DE ANÁLISE GRANULOMÉTRICA
ANEXO 03



Amostra		Projeto			Data			
WF-PP03		Mestrado Werner			5/7/2001			
Peso inicial		Peso final		Profundidade		Percentual de carbonato :		
100		100		0,5		11,70%		
D(MM)	PHI	Peso	Frequencia %	Frequencia Acumulada	Percentis :			
2	-1	0,50	0,50	0,50	PHI5	0,051	PHI16	0,51
1,4142	-0,5	0,31	0,31	0,81	PHI75	1,736	PHI84	2,13
1	0	1,67	1,67	2,48	PHI25	0,585	PHI50	1,064
0,7071	0,5	12,32	12,32	14,80	PHI95	2,622		
0,5	1	30,08	30,08	44,88	Parâmetros estatísticos			
0,3536	1,5	19,90	19,90	64,78	Mediana	1,064		
0,25	2	10,83	10,83	75,61	Média	1,233		
0,1768	2,5	16,17	16,17	91,78	Selecionamento	0,725		
0,125	3	6,62	6,62	98,40	Assimetria	0,264		
0,0884	3,5	1,17	1,17	99,54	Curtose	0,915		
0,0625	4	0,43	0,43	100	Curtose (norm)	0,478		
Classificação por frequência simples				Classificação pela média				
Cascalho		0,5		=> AREIA MEDIA <=				
Areia muito grossa		1,98		Classificação textural de Folk				
Areia grossa		42,4		AREIA COM CASCALHO ESPARSO				
Areia média		30,73		MODERADAMENTE SELECIONADA				
Areia fina		22,79		MESOCURTICA				
Areia muito fina		1,6		ASSIMETRIA POSITIVA				
Silte		0		Classificação Larssonneur (Dias/96)				
Argila		0		AL1b				

Histograma de Barras

Curva Cumulativa





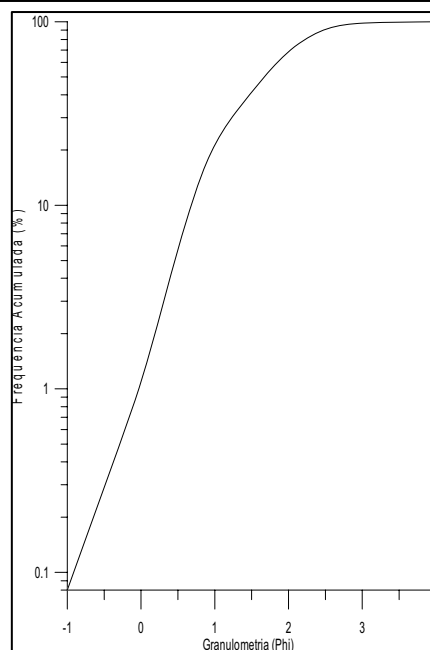
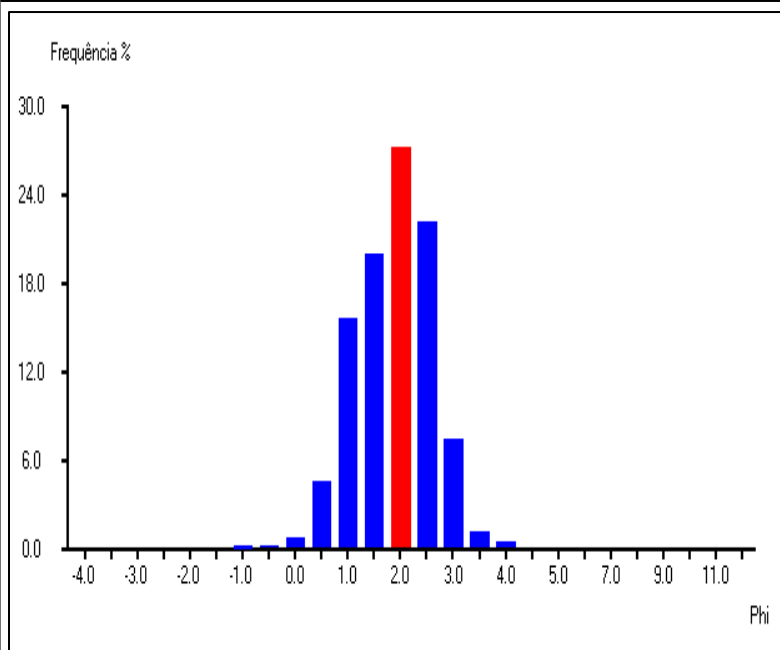
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
GEODINÂMICA E GEOFÍSICA
GRUPO DE PESQUISA EM GEOLOGIA
E GEOFÍSICA MARINHA E MONITORAMENTO AMBIENTAL
SAG - SISTEMA DE ANÁLISE GRANULOMÉTRICA
ANEXO 03



Amostra		Projeto			Data			
WF-PP04		Mestrado Werner			5/7/2001			
Peso inicial		Peso final		Profundidade		Percentual de carbonato :		
100		100		0,5		9,00%		
D(MM)	PHI	Peso	Frequencia %	Frequencia Acumulada	Percentis :			
2	-1	0,08	0,08	0,08	PHI5	0,211	PHI16	0,665
1,4142	-0,5	0,21	0,21	0,29	PHI75	2,072	PHI84	2,174
1	0	0,80	0,80	1,09	PHI25	1,046	PHI50	1,58
0,7071	0,5	4,64	4,64	5,73	PHI95	2,642		
0,5	1	15,58	15,58	21,31	Parâmetros estatísticos			
0,3536	1,5	20,01	20,01	41,32	Mediana	1,58		
0,25	2	27,25	27,25	68,57	Média	1,471		
0,1768	2,5	22,20	22,20	90,77	Selecionamento	0,677		
0,125	3	7,47	7,47	98,24	Assimetria	-0,169		
0,0884	3,5	1,21	1,21	99,45	Curtose	0,971		
0,0625	4	0,55	0,55	100	Curtose (norm)	0,493		
Classificação por frequência simples				Classificação pela média				
Cascalho		0,08		=> AREIA MEDIA <=				
Areia muito grossa		1,01		Classificação textural de Folk				
Areia grossa		20,22		AREIA				
Areia média		47,26		MODERADAMENTE SELECIONADA				
Areia fina		29,67		MESOCURTICA				
Areia muito fina		1,76		ASSIMETRIA NEGATIVA				
Silte		0		Classificação Larssonneur (Dias/96)				
Argila		0		AL1b				

Histograma de Barras

Curva Cumulativa





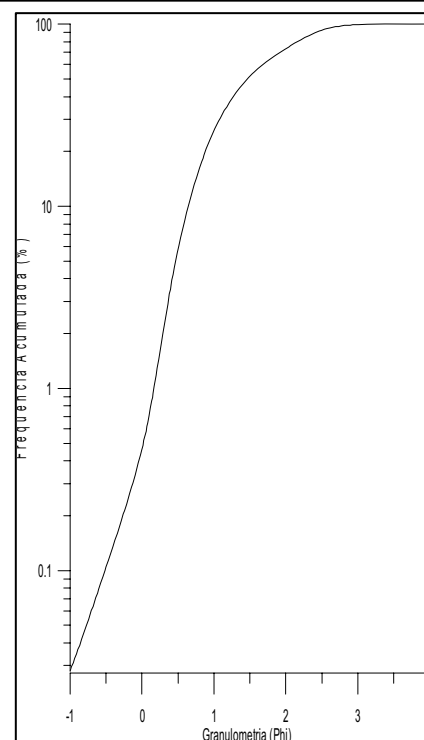
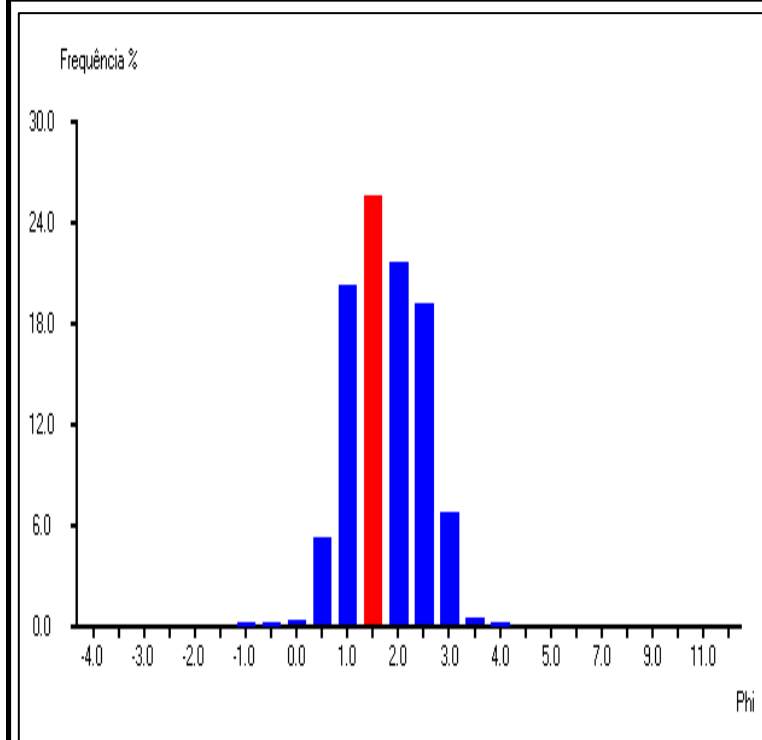
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
GEODINÂMICA E GEOFÍSICA
GRUPO DE PESQUISA EM GEOLOGIA
E GEOFÍSICA MARINHA E MONITORAMENTO AMBIENTAL
SAG - SISTEMA DE ANÁLISE GRANULOMÉTRICA
ANEXO 03



Amostra			Projeto			Data		
WF-PP05			Mestrado Werner			16/7/2000		
Peso inicial		Peso final		Profundidade		Percentual de carbonato :		
100		99.899		0,5		7,99%		
D(MM)	PHI	Peso	Frequencia %	Frequencia Acumulada	Percentis :			
2	-1	0,028	0,028	0,028	PHI5	0,213	PHI16	0,626
1,4142	-0,5	0,076	0,0761	0,1042	PHI75	2.020	PHI84	2.137
1	0	0,362	0,3625	0,4667	PHI25	0,736	PHI50	1.233
0,7071	0,5	5,315	5,3228	5,7895	PHI95	2.586		
0,5	1	20,289	20,3189	26,1084	Parâmetros estatísticos			
0,3536	1,5	25,604	25,6417	51,7501	Mediana	1.233		
0,25	2	21,642	21,6739	73,4239	Média	1.331		
0,1768	2,5	19,217	19,2453	92,6692	Selecionamento	0,675		
0,125	3	6,79	6,8	99,4692	Assimetria	0,168		
0,0884	3,5	0,468	0,4687	99,9379	Curtose	0,757		
0,0625	4	0,062	0,0621	100	Curtose (norm)	0,431		
Classificação por frequência simples				Classificação pela média				
Cascalho		0,028		=> AREIA MEDIA <=				
Areia muito grossa		0,439		Classificação textural de Folk				
Areia grossa		25.642		AREIA				
Areia média		47.316		MODERADAMENTE SELECIONADA				
Areia fina		26.045		PLATICURTICA				
Areia muito fina		0,531		ASSIMETRIA POSITIVA				
Silte		0		Classificação Larssonneur (Dias/96)				
Argila		0		AL1b				

ograma de Barras

Curva Cumulati





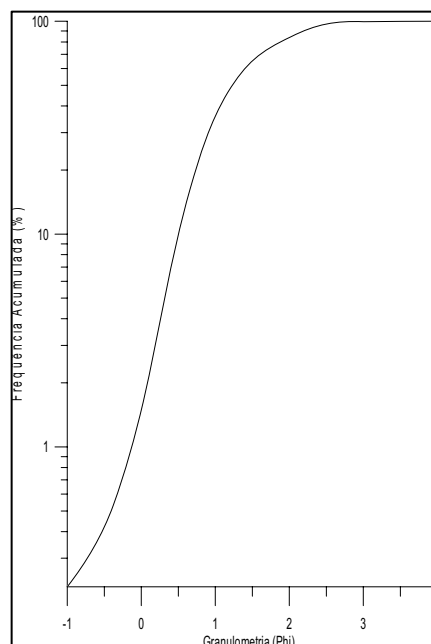
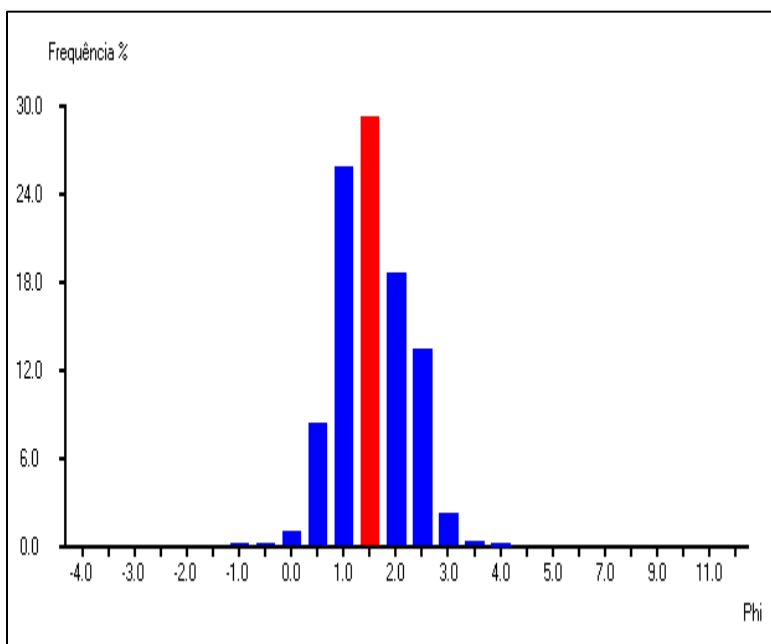
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
GEODINÂMICA E GEOFÍSICA
GRUPO DE PESQUISA EM GEOLOGIA
E GEOFÍSICA MARINHA E MONITORAMENTO AMBIENTAL
SAG - SISTEMA DE ANÁLISE GRANULOMÉTRICA
ANEXO 03



Amostra		Projeto			Data	
WF-PP05		Mestrado Werner			5/7/2001	
Peso inicial		Peso final		Profundidade	Percentual de carbonato :	
100		100		0,5	10,50%	
D(MM)	PHI	Peso	Frequencia %	Frequencia Acumulada	Percentis :	
2	-1	0,22	0,22	0,22	PHI5	0,104
1,4142	-0,5	0,20	0,20	0,42	PHI75	1,632
1	0	1,07	1,07	1,49	PHI25	0,645
0,7071	0,5	8,47	8,47	9,96	PHI95	2,208
0,5	1	25,91	25,91	35,87	Parâmetros estatísticos	
0,3536	1,5	29,29	29,29	65,16	Mediana	1,121
0,25	2	18,69	18,69	83,85	Média	1,226
0,1768	2,5	13,39	13,39	97,24	Selecionamento	0,611
0,125	3	2,32	2,32	99,56	Assimetria	0,127
0,0884	3,5	0,34	0,34	99,90	Curtose	0,874
0,0625	4	0,10	0,10	100	Curtose (norm)	0,466
Classificação por frequência simples				Classificação pela média		
Cascalho				=> AREIA MEDIA <=		
Areia muito grossa				Classificação textural de Folk		
Areia grossa				AREIA COM CASCALHO ESPARSO		
Areia média				MODERADAMENTE SELECIONADA		
Areia fina				PLATICURTICA		
Areia muito fina				ASSIMETRIA POSITIVA		
Silte				Classificação Larssonneur (Dias/96)		
Arqila				AL1b		

Histograma de Barras

Curva Cumulativa





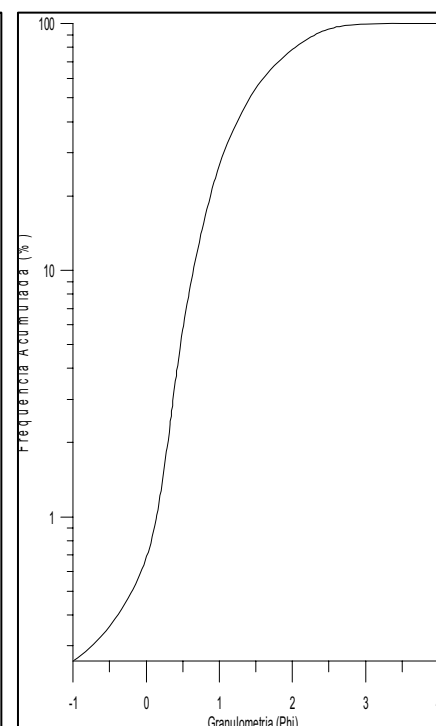
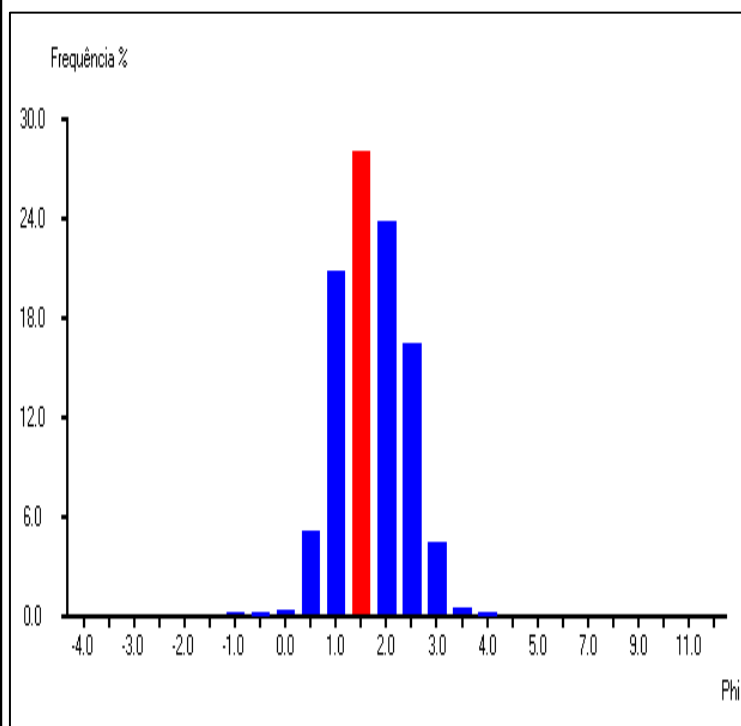
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
GEODINÂMICA E GEOFÍSICA
GRUPO DE PESQUISA EM GEOLOGIA
E GEOFÍSICA MARINHA E MONITORAMENTO AMBIENTAL
SAG - SISTEMA DE ANÁLISE GRANULOMÉTRICA
ANEXO 03



Amostra		Projeto			Data	
WF-PP06		Mestrado Werner			16/7/2000	
Peso inicial		Peso final		Profundidade	Percentual de carbonato :	
100		99,7		0,5	8,91%	
D(MM)	PHI	Peso	Frequencia %	Frequencia Acumulada	Percentis :	
2	-1	0,26	0,2602	0,2602	PHI5	0,213
1,4142	-0,5	0,1	0,1001	0,3602	PHI75	1,714
1	0	0,32	0,3202	0,6804	PHI25	0,73
0,7071	0,5	5,069	5,0723	5,7528	PHI95	2,502
0,5	1	20,864	20,8778	26,6306	Parâmetros estatísticos	
0,3536	1,5	27,977	27,9955	54,6261	Mediana	1,209
0,25	2	23,839	23,8547	78,4808	Média	1,304
0,1768	2,5	16,466	16,4769	94,9577	Selecionamento	0,65
0,125	3	4,456	4,4589	99,4166	Assimetria	0,164
0,0884	3,5	0,476	0,4763	99,8929	Curtose	0,954
0,0625	4	0,107	0,1071	100	Curtose (norm)	0,488
Classificação por frequência simples				Classificação pela média		
Cascalho		0,26		=> AREIA MEDIA <=		
Areia muito grossa		0,42		Classificação textural de Folk		
Areia grossa		25,950		AREIA COM CASCALHO ESPARSO		
Areia média		51,850		MODERADAMENTE SELECIONADA		
Areia fina		20,936		MESOCURTICA		
Areia muito fina		0,583		ASSIMETRIA POSITIVA		
Silte		0		Classificação Larssonneur (Dias/96)		
Argila		0		AL1b		

Histograma de Barras

Curva Cumulativa





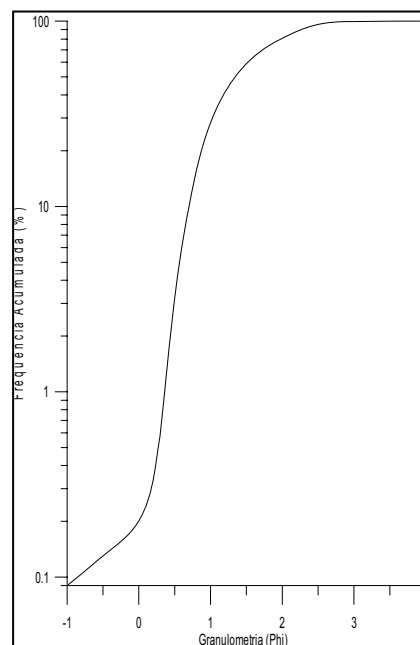
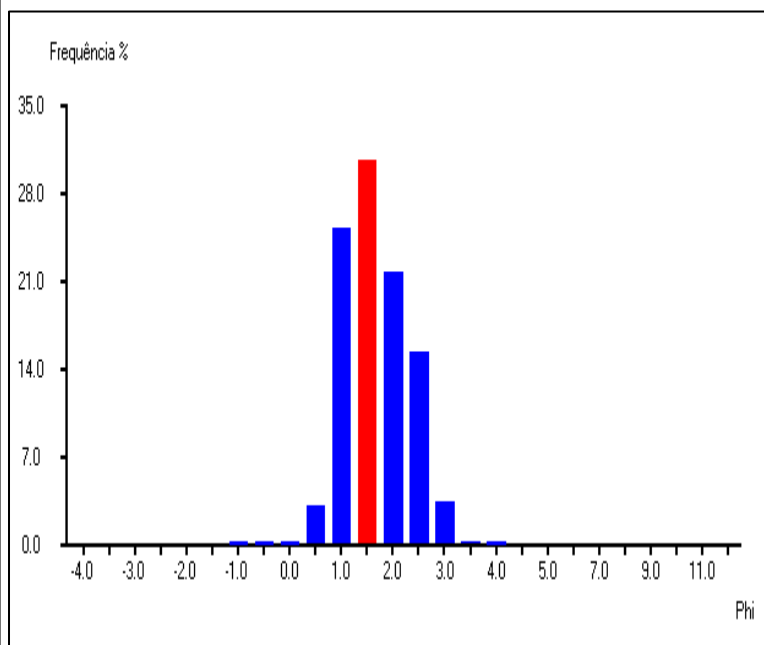
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
GEODINÂMICA E GEOFÍSICA
GRUPO DE PESQUISA EM GEOLOGIA
E GEOFÍSICA MARINHA E MONITORAMENTO AMBIENTAL
SAG - SISTEMA DE ANÁLISE GRANULOMÉTRICA
ANEXO 03



Amostra			Projeto			Data		
WF-PP06			Mestrado Werner			5/7/2001		
Peso inicial		Peso final		Profundidade		Percentual de carbonato :		
100		100		0,5		8,70%		
D(MM)	PHI	Peso	Frequencia %	Frequencia Acumulada	Percentis :			
2	-1	0,09	0,09	0,09	PHI5	0,517	PHI16	0,626
1,4142	-0,5	0,04	0,04	0,13	PHI75	1,684	PHI84	2,053
1	0	0,07	0,07	0,20	PHI25	0,715	PHI50	1,176
0,7071	0,5	3,05	3,05	3,25	PHI95	2,232		
0,5	1	25,26	25,26	28,51	Parâmetros estatísticos			
0,3536	1,5	30,58	30,58	59,09	Mediana	1,176		
0,25	2	21,67	21,67	80,76	Média	1,284		
0,1768	2,5	15,35	15,35	96,11	Selecionamento	0,6		
0,125	3	3,48	3,48	99,59	Assimetria	0,231		
0,0884	3,5	0,34	0,34	99,93	Curtose	0,726		
0,0625	4	0,07	0,07	100	Curtose (norm)	0,421		
Classificação por frequência simples				Classificação pela média				
Cascalho		0,09		=> AREIA MEDIA <=				
Areia muito grossa		0,11		Classificação textural de Folk				
Areia grossa		28,31		AREIA				
Areia média		52,25		MODERADAMENTE SELECIONADA				
Areia fina		18,83		PLATICURTICA				
Areia muito fina		0,41		ASSIMETRIA POSITIVA				
Silte		0		Classificação Larssonneur (Dias/96)				
Argila		0		AL1b				

Histograma de Barras

Curva Cumulativa





UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
GEODINÂMICA E GEOFÍSICA
GRUPO DE PESQUISA EM GEOLOGIA
E GEOFÍSICA MARINHA E MONITORAMENTO AMBIENTAL



ANEXO-4

PARAMETRO DE DEAN

PERFIL 01	HB(m)	T(s)	MZ(phi)	MZ(mm)	wS (mm/s)	wS(mm/s-1)	wS(mm/s).T(s)	HB(m)/[wS(m/s).T(s)]	CLASSIFICAÇÃO
18/6/2000	0,452	6,963	1,490	0,350	28,00	0,028	0,194964	2,318	praia intermediária
16/7/2000	0,299	4,799	1,656	0,320	28,00	0,028	0,134372	2,225	praia intermediária
15/8/2000	0,351	7,276	1,396	0,375	28,00	0,028	0,203728	1,723	praia intermediária
16/9/2000	0,178	7,807	1,501	0,350	28,00	0,028	0,218596	0,814	praia reflectiva (erosiva)
14/10/2000	0,136	6,468	1,608	0,330	28,00	0,028	0,181104	0,751	praia reflectiva (erosiva)
12/11/2000	0,162	9,259	0,922	0,510	83,80	0,0838	0,7759042	0,209	praia reflectiva (erosiva)
12/12/2000	0,107	8,76	1,170	0,450	28,00	0,028	0,24528	0,436	praia reflectiva (erosiva)
9/1/2001	0,131	6,702	1,275	0,415	28,00	0,028	0,187656	0,698	praia reflectiva (erosiva)
10/2/2001	0,313	6,653	1,219	0,430	28,00	0,028	0,186284	1,680	praia intermediária
9/3/2001	0,439	12,323	1,306	0,400	28,00	0,028	0,345044	1,272	praia reflectiva (erosiva)
8/4/2001	0,053	8,42	1,085	0,470	28,00	0,028	0,23576	0,225	praia reflectiva (erosiva)
6/5/2001	0,306	8,631	1,170	0,450	28,00	0,028	0,241668	1,266	praia reflectiva (erosiva)
5/6/2001	0,081	9,661	0,788	0,590	83,80	0,0838	0,8095918	0,099	praia reflectiva (erosiva)
5/7/2001	0,050	8,95	1,620	0,330	28,00	0,028	0,2506	0,200	praia reflectiva (erosiva)
2/8/2001	0,760	6,749	1,152	0,450	28,00	0,028	0,188972	4,022	praia intermediária

PERFIL 02	HB(m)	T(s)	MZ(phi)	MZ(mm)	wS (mm/s)	wS(mm/s-1)	wS(mm/s).T(s)	HB(m)/[wS(m/s).T(s)]	CLASSIFICAÇÃO
18/6/2000	0,427	7,857	2,294	0,205	28,00	0,028	0,219996	1,941	praia intermediária
16/7/2000	0,309	5,654	2,438	0,185	28,00	0,028	0,158312	1,952	praia intermediária
15/8/2000	0,328	8,435	2,504	0,175	28,00	0,028	0,23618	1,389	praia reflectiva (erosiva)
16/9/2000	0,244	7,319	2,803	0,145	28,00	0,028	0,204932	1,191	praia reflectiva (erosiva)
14/10/2000	0,148	7,728	2,782	0,145	28,00	0,028	0,216384	0,684	praia reflectiva (erosiva)
12/11/2000	0,167	9,108	0,914	0,525	83,80	0,0838	0,7632504	0,219	praia reflectiva (erosiva)
12/12/2000	0,124	8,112	2,254	0,210	28,00	0,028	0,227136	0,546	praia reflectiva (erosiva)
9/1/2001	0,142	6,61	1,463	0,365	28,00	0,028	0,18508	0,767	praia reflectiva (erosiva)
10/2/2001	0,383	6,569	1,911	0,265	28,00	0,028	0,183932	2,082	praia intermediária
9/3/2001	0,468	15,504	1,612	0,330	28,00	0,028	0,434112	1,078	praia reflectiva (erosiva)
8/4/2001	0,063	7,5571	2,602	0,165	28,00	0,028	0,2115988	0,298	praia reflectiva (erosiva)
6/5/2001	0,308	8,696	2,290	0,205	28,00	0,028	0,243488	1,265	praia reflectiva (erosiva)
5/6/2001	0,083	9,1	2,656	0,160	28,00	0,028	0,2548	0,326	praia reflectiva (erosiva)
5/7/2001	0,085	8,998	2,820	0,145	28,00	0,028	0,251944	0,337	praia reflectiva (erosiva)
2/8/2001	0,433	6,415	2,700	0,155	28,00	0,028	0,17962	2,411	praia intermediária

PERFIL 03	HB(m)	T(s)	MZ(phi)	MZ(mm)	wS (mm/s)	wS(mm/s-1)	wS(mm/s).T(s)	HB(m)/[wS(m/s).T(s)]	CLASSIFICAÇÃO
18/6/2000	0,427	7,857							
16/7/2000	0,309	5,654							
15/8/2000	0,328	8,435							
16/9/2000	0,244	7,319							
14/10/2000	0,148	7,728							
12/11/2000	0,167	9,108							
12/12/2000	0,124	8,112							
9/1/2001	0,142	6,61							
10/2/2001	0,383	6,569	2,130	0,235					
9/3/2001	0,468	15,504	1,787	0,290					
8/4/2001	0,063	7,571	2,818	0,145					
6/5/2001	0,308	8,696	2,291	0,205	28,00	0,028	0,243488	1,265	praia reflectiva (erosiva)
5/6/2001	0,083	9,1	2,783	0,145	28,00	0,028	0,2548	0,326	praia reflectiva (erosiva)
5/7/2001	0,085	8,998	2,113	0,250					
2/8/2001	0,433	6,415	1,314	0,400	28,00	0,028	0,17962	2,411	praia intermediária



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
GEODINÂMICA E GEOFÍSICA
GRUPO DE PESQUISA EM GEOLOGIA
E GEOFÍSICA MARINHA E MONITORAMENTO AMBIENTAL



ANEXO-4

PARÂMETRO DE DEAN

PERFIL 04	HB(m)	T(s)	MZ(phi)	MZ(mm)	wS (mm/s)	wS(mm/s-1)	wS(mm/s).T(s)	HB(m)/[wS(m/s).T(s)]	CLASSIFICAÇÃO
18/6/2000	0,401	8,751							
16/7/2000	0,319	6,509							
15/8/2000	0,304	9,593							
16/9/2000	0,309	6,831							
14/10/2000	0,159	8,987							
12/11/2000	0,168	8,957							
12/12/2000	0,140	7,463							
9/1/2001	0,153	6,620							
10/2/2001	0,453	6,484	0,990	0,500	83,80	0,0838	0,5433592	0,834	praia reflectiva (erosiva)
9/3/2001	0,497	18,685	2,081	0,240	28,00	0,028	0,52318	0,950	praia reflectiva (erosiva)
8/4/2001	0,072	6,722	1,828	0,285	28,00	0,028	0,188216	0,383	praia reflectiva (erosiva)
6/5/2001	0,310	8,761	1,131	0,460	28,00	0,028	0,245308	1,264	praia reflectiva (erosiva)
5/6/2001	0,086	8,538	1,647	0,315	28,00	0,028	0,239064	0,360	praia reflectiva (erosiva)
5/7/2001	0,120	9,046	2,803	0,145	28,00	0,028	0,253288	0,474	praia reflectiva (erosiva)
2/8/2001	0,105	6,080	1,713	0,305	28,00	0,028	0,17024	0,617	praia reflectiva (erosiva)

PERFIL 05	HB(m)	T(s)	MZ(phi)	MZ(mm)	wS (mm/s)	wS(mm/s-1)	wS(mm/s).T(s)	HB(m)/[wS(m/s).T(s)]	CLASSIFICAÇÃO
18/6/2000	0,401	8,751	1,096	0,470	28,00	0,028	0,245028	1,637	praia intermediária
16/7/2000	0,319	6,509	2,935	0,135	28,00	0,028	0,182252	1,750	praia intermediária
15/8/2000	0,304	9,593	2,912	0,135	28,00	0,028	0,268604	1,132	praia reflectiva (erosiva)
16/9/2000	0,309	6,831	1,984	0,250	28,00	0,028	0,191268	1,616	praia intermediária
14/10/2000	0,159	8,987	1,767	0,300	28,00	0,028	0,251636	0,632	praia reflectiva (erosiva)
12/11/2000	0,168	8,957	1,034	0,495	28,00	0,028	0,250796	0,670	praia reflectiva (erosiva)
12/12/2000	0,140	7,463	1,616	0,330	28,00	0,028	0,208964	0,670	praia reflectiva (erosiva)
9/1/2001	0,153	6,620	1,453	0,365	28,00	0,028	0,18536	0,825	praia reflectiva (erosiva)
10/2/2001	0,453	6,484							
9/3/2001	0,497	18,685	1,272	0,410	28,00	0,028	0,52318	0,950	praia reflectiva (erosiva)
8/4/2001	0,072	6,722	2,442	0,185	28,00	0,028	0,188216	0,383	praia reflectiva (erosiva)
6/5/2001	0,310	8,761	2,464	0,185	28,00	0,028	0,245308	1,264	praia reflectiva (erosiva)
5/6/2001	0,086	8,538	2,789	0,140	28,00	0,028	0,239064	0,360	praia reflectiva (erosiva)
5/7/2001	0,120	9,046	2,924	0,135	28,00	0,028	0,253288	0,474	praia reflectiva (erosiva)
2/8/2001	0,105	6,080	2,845	0,140	28,00	0,028	0,17024	0,617	praia reflectiva (erosiva)

PERFIL 06	HB(m)	T(s)	MZ(phi)	MZ(mm)	wS (mm/s)	wS(mm/s-1)	wS(mm/s).T(s)	HB(m)/[wS(m/s).T(s)]	CLASSIFICAÇÃO
18/6/2000	0,401	8,751	2,711	0,155	28,00	0,028	0,245028	1,637	praia intermediária
16/7/2000	0,319	6,509	3,241	0,105	28,00	0,028	0,182252	1,750	praia intermediária
15/8/2000	0,304	9,593	3,074	0,120	28,00	0,028	0,268604	1,132	praia reflectiva (erosiva)
16/9/2000	0,309	6,831	2,816	0,145	28,00	0,028	0,191268	1,616	praia intermediária
14/10/2000	0,159	8,987	2,763	0,150	28,00	0,028	0,251636	0,632	praia reflectiva (erosiva)
12/11/2000	0,168	8,957	1,011	0,500	83,80	0,0838	0,7505966	0,224	praia reflectiva (erosiva)
12/12/2000	0,140	7,463	1,426	0,375	28,00	0,028	0,208964	0,670	praia reflectiva (erosiva)
9/1/2001	0,153	6,620	0,877	0,550	83,80	0,0838	0,554756	0,276	praia reflectiva (erosiva)
10/2/2001	0,453	6,484	1,925	0,265	28,00	0,028	0,181552	2,495	praia intermediária
9/3/2001	0,497	18,685	1,478	0,350	28,00	0,028	0,52318	0,950	praia reflectiva (erosiva)
8/4/2001	0,072	6,722	2,593	0,165	28,00	0,028	0,188216	0,383	praia reflectiva (erosiva)
6/5/2001	0,310	8,761	2,437	0,175	28,00	0,028	0,245308	1,264	praia reflectiva (erosiva)
5/6/2001	0,086	8,538	2,617	0,155	28,00	0,028	0,239064	0,360	praia reflectiva (erosiva)
5/7/2001	0,120	9,046	2,720	0,155	28,00	0,028	0,253288	0,474	praia reflectiva (erosiva)
2/8/2001	0,105	6,080	2,997	0,125	28,00	0,028	0,17024	0,617	praia reflectiva (erosiva)



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
GEODINÂMICA E GEOFÍSICA
GRUPO DE PESQUISA EM GEOLOGIA
E GEOFÍSICA MARINHA E MONITORAMENTO AMBIENTAL



Anexos-5
Volume de Sedimentos

Perfil 01				
Mês/Ano	Volume (m3)	Diferença (mês-mês)	Diferença (mês-jun/00)	Diferença (ano)
jun/00	356.044	0		
jul/00	343.363	-12.681	-12.681	
ago/00	358.047	14.684	2.003	
set/00	362.133	4.086	4.086	
out/00	356.323	-5.810	279	
nov/00	383.798	27.475	27.754	
dez/00	361.526	-22.272	5.482	
jan/01	368.449	6.923	12.405	
fev/01	371.660	3.211	15.616	
mar/01	374.642	2.982	18.598	
abr/01	355.592	-19.050	-452	
mai/01	356.765	1.173	721	
jun/01	366.003	9.238	9.959	9.959
jul/01	372.011	6.008	15.967	28.648
ago/01	360.484	-11.527	4.440	2.437

Perfil 02				
Mês/Ano	Volume (m3)	Diferença (mês-mês)	Diferença (mês-jun/00)	Diferença (ano)
jun/00	423.764	0		
jul/00	434.236	10.472	10.472	
ago/00	425.316	-8.920	1.552	
set/00	395.830	-29.486	-29.486	
out/00	383.060	-12.770	-40.704	
nov/00	400.287	17.227	-23.477	
dez/00	379.251	-21.036	-44.513	
jan/01	481.940	102.689	58.176	
fev/01	498.055	16.115	74.291	
mar/01	490.137	-7.918	66.373	
abr/01	509.059	18.922	85.295	
mai/01	474.712	-34.347	50.948	
jun/01	411.518	-63.194	-12.246	-12.246
jul/01	769.441	357.923	345.677	335.205
ago/01	217.912	-551.529	-205.852	-207.404

Perfil 03				
Mês/ano	Volume (m3)	Diferença (mês-mês)	Diferença (mês-jun/00)	Diferença (ano)
jun/00	372.184	0		
jul/00	368.437	-3.747	-3.747	
ago/00	395.190	26.753	23.006	
set/00	395.206	16	16	
out/00	382.354	-12.852	10.170	
nov/00	398.527	16.173	26.343	
dez/00	414.574	16.047	42.390	
jan/01	364.547	-50.027	-7.637	
fev/01	349.068	-15.479	-23.116	
mar/01	340.945	-8.123	-31.239	
abr/01	358.527	17.582	-13.657	
mai/01	396.995	38.468	24.811	
jun/01	376.163	-20.832	3.979	3.979
jul/01	381.833	5.670	9.649	13.396
ago/01	385.989	4.156	13.805	-9.201

Perfil 04				
Mês/Ano	Volume (m3)	Diferença (mês-mês)	Diferença (mês-jun/00)	Diferença (ano)
jun/00	149.790	0		
jul/00	149.982	192	192	
ago/00	149.811	-171	21	
set/00	143.186	-6.625	-6.625	
out/00	144.769	1.583	-5.021	
nov/00	154.010	9.241	4.220	
dez/00	161.348	7.338	11.558	
jan/01	162.501	1.153	12.711	
fev/01	161.956	-545	12.166	
mar/01	157.734	-4.222	7.944	
abr/01	161.975	4.241	12.185	
mai/01	160.757	-1.218	10.967	
jun/01	161.002	245	11.212	11.212
jul/01	159.469	-1.533	9.679	9.487
ago/01	152.140	-7.329	2.350	2.329

Perfil 05				
Mês/Ano	Volume (m3)	Diferença (mês-mês)	Diferença (mês-jun/00)	Diferença (ano)
jun/00	154.236	0		
jul/00	114.640	-39.596	-39.596	
ago/00	154.492	39.852	256	
set/00	144.516	-9.976	-9.976	
out/00	146.432	1.916	-7.804	
nov/00	158.848	12.416	4.612	
dez/00	159.348	500	5.112	
jan/01	164.807	5.459	10.571	
fev/01	162.841	-1.966	8.605	
mar/01	163.238	397	9.002	
abr/01	162.623	-615	8.387	
mai/01	161.221	-1.402	6.985	
jun/01	164.914	3.693	10.678	10.678
jul/01	125.899	-39.015	-28.337	11.259
ago/01	169.755	43.856	15.519	15.263

Perfil 06				
Mês/Ano	Volume (m3)	Diferença (mês-mês)	Diferença (mês-jun/00)	Diferença (ano)
jun/00	430.649	0		
jul/00	403.744	-26.905	-26.905	
ago/00	400.415	-3.329	-30.234	
set/00	403.944	3.529	3.529	
out/00	402.758	-1.186	-27.891	
nov/00	376.577	-26.181	-54.072	
dez/00	381.207	4.630	-49.442	
jan/01	406.646	25.439	-24.003	
fev/01	403.602	-3.044	-27.047	
mar/01	403.344	-258	-27.305	
abr/01	362.450	-40.894	-68.199	
mai/01	406.698	44.248	-23.951	
jun/01	395.339	-11.359	-35.310	-35.310
jul/01	401.740	6.401	-28.909	-2.004
ago/01	374.416	-27.324	-56.233	-25.999

PROPOSTA DE INTERVENÇÃO URBANA NA PRAIA DE CAIÇARA DO NORTE / RN

Projeto : Arquiteto William Farkatt Tabosa

