



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS

EDUARDO LACERDA BARROS

CARACTERIZAÇÃO FACIOLÓGICA DA PLATAFORMA CONTINENTAL
INTERNA DE ICAPUÍ, CEARÁ.

FORTALEZA
2014



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS**

EDUARDO LACERDA BARROS

**CARACTERIZAÇÃO FACIOLÓGICA DA PLATAFORMA CONTINENTAL
INTERNA DE ICAPUÍ, CEARÁ.**

**FORTALEZA
2014**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Rui Simões de Menezes

B279c Barros, Eduardo Lacerda.

Caracterização faciológica da plataforma continental interna de Icapuí, Ceará. / Eduardo Lacerda Barros - 2014.

105 f.: il. color., enc. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Fortaleza, 2014.

Área de Concentração: Utilização e Manejo de Ecossistemas Marinhos e Estuarinos.

Orientação: Prof.^o Dr.^o Jáder Onofre de Moraes.

1. Bacia Potiguar–Icapuí (CE).. 2. Sedimentos terrigenos. 3. Sedimentos bioclásticos. I. Título.

CDD 553.4

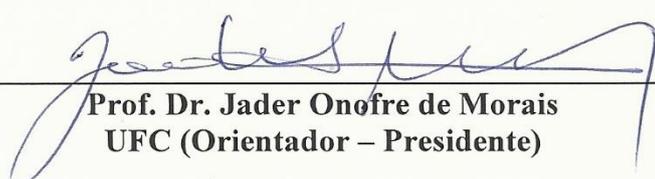
EDUARDO LACERDA BARROS

“CARACTERIZAÇÃO FACIOLÓGICA DA PLATAFORMA CONTINENTAL INTERNA DE ICAPUÍ, CEARÁ”

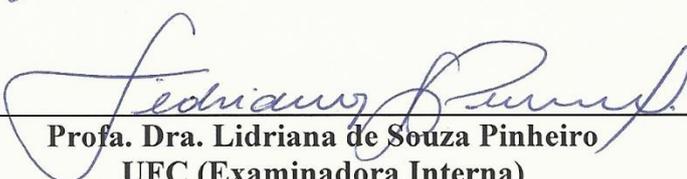
Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, do Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR – Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Marinhas Tropicais, área de concentração em Utilização e Manejo de Ecossistemas Marinhos e Estuarinos.

Aprovada em, 30 de janeiro de 2014.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Jader Onofre de Moraes
UFC (Orientador – Presidente)



Profa. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro
UFC (Examinadora Interna)



Prof. Dr. George Satander Sá Freire
UFC (Examinador Externo ao Programa)

DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais, Eliane e Valter
Aos meus avós, Aos meus tios e primos.

AGRADECIMENTOS

Mais uma grande etapa na vida acadêmica se encerra aqui. A elaboração desta dissertação foi realizada graças às inúmeras personagens que participaram, seja de forma direta ou indireta, mas que foram indispensáveis ao longo desta empreitada. Durante esse tempo houve momentos de trabalho árduo, difíceis e alegres, momentos esses que foram imprescindíveis e fundamentais.

Aos meus pais, Eliane e Valter, por toda compreensão, dedicação e apoio nos momentos difíceis percorridos até aqui; aos meus avós maternos Raimundo Rebouças (*in memoriam*) e Luiza Lacerda, nascidos em Icapuí; aos meus avós paternos Francisco Barros e Valquíria Barros (*in memoriam*); aos meus queridos tios e primos;

Ao meu orientador, Professor Jáder Onofre de Moraes, exemplo de pessoa íntegra, professor e pesquisador, agradeço por ter me colocado neste caminho e por todo apoio desde a minha graduação, pelas conversas diárias e que geraram conselhos e ensinamentos que hoje me fazem um profissional melhor;

A Professora Lidriana de Souza Pinheiro pelo apoio, incentivo durante toda a minha vida acadêmica;

Ao Professor Davis Pereira de Paula pela amizade, pelos conselhos, pelo incentivo ao longo da minha caminhada;

A Universidade Estadual do Ceará – UECE onde concluí a minha graduação em Geografia e onde passei boa parte desta pesquisa, agradeço também pela logística de transporte para a realização dos trabalhos de campo;

Ao Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica – LGCO, coordenador pelo Prof. Dr. Jáder Onofre de Moraes, meu orientador, agradeço em especial pelo abrigo desde a graduação, onde desde o primeiro dia na UECE me fez querer fazer o que faço hoje, agradeço por toda a infraestrutura para a realização dos trabalhos de campo e análises em laboratório;

Aos amigos do LGCO: Carol, Brígida, Sílvia, Patrícia, Guilherme, Renan Guerra, Maciel, Mailton, Paulo Roberto, Antônio Ximenes, Ramon Cavalcante, Ciarlini, Luciano e também aos ex-LGCO: Gustavo, Renan Lima, Sílvio, Paulo Henrique, Jorge, Neide, Glaciane, Carlos Farrapeira, Marisa, João, Tatiana, Andrea, Raquel e Judária, por todos os ensinamentos dados, experiências trocadas e pela amizade;

Ao Laboratório de Oceanografia Geológica – LOG, Coordenado pela Prof.^a Dra. Lidriana de Souza Pinheiro pela disponibilização do espaço para a realização de algumas análises que foram fundamentais para esta pesquisa em especial, ficam os meus agradecimentos a todos que fazem o LOG, em especial a Cida, o Paulo e a Mônica;

Ao Laboratório de Geologia Marinha Aplicada – LGMA/UFC, Coordenado pelo Prof. Dr. George Satander Sá Freire, pela disponibilidade na adaptação da metodologia utilizada para algumas análises realizadas;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo incentivo à pesquisa no Brasil e pelo apoio financeiro durante esta pesquisa;

Ao projeto PRONEX – Granulados Marinhos por proporcionar a base e boa parte dos recursos para o desenvolvimento desta Pesquisa;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP pelo incentivo a pesquisa no país e no Estado do Ceará, respectivamente;

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, em nome do Professor Rodrigo Maggioni, coordenador na época da minha ingressão no Mestrado, e ao atual coordenador, Tito Lotufo. Agradeço também a Gorete e Isabela pela paciência durante esses dois anos de muito trabalho;

Aos professores do Mestrado: Lidriana de Souza Pinheiro, George Satander Sá Freire e Vânia Melo, pelos ensinamentos e pelas contribuições dadas durante os trabalhos, saibam que foram fundamentais para o meu amadurecimento;

Aos meus grandes amigos e irmãos Renan Guerra, Jéssica Ravena, Ádamo de Figueiredo, Rafaela Martins, Denis Lima, Rinara Maia, Thamires Machado, Iles Vilela, e Juliete Vaz e Juliano Casemiro, obrigado pela amizade e companheirismo nesses anos que passaram;

Aos meus amigos do Mestrado, Natália Falcão, Juliana Gaeta, Polyana Morais e do Doutorado, Samuel Valentim, pela vivência nesses dois últimos anos e conversas diárias;

E a todos que direta ou indiretamente vieram a contribuir com esse trabalho.

“Mudam-se os tempos, mudam-se as vontades, Muda-se o ser, muda-se a confiança;
Todo o mundo é composto de mudança, Tomando sempre novas qualidades. ”

Luis de Camões

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o
que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê. ”

Arthur Schopenhauer

RESUMO

O principal objetivo desta dissertação foi o de analisar a faciologia da plataforma continental interna na região do município de Icapuí, no litoral extremo leste do Ceará, estabelecendo uma resposta para a dinâmica sedimentar submersa para fins de gestão dos recursos minerais presentes na área. Para que os objetivos propostos fossem cumpridos foi realizado um levantamento bibliográfico e cartográfico da área, um levantamento de campo para obtenção de dados batimétricos e coleta de amostras. As amostras passaram por análises granulométricas, de matéria orgânica e de carbonato de cálcio para determinação das atuais condições de deposição e possíveis áreas fonte para sedimentos da plataforma em questão. Morfologicamente o fundo da plataforma do litoral extremo oeste do Município de Icapuí apresenta-se rasa na área que corresponde à Praia de Ponta Grossa, com presença de afloramentos rochosos proveniente de antigas linhas de falésias na área, também foi possível verificar um canal na localidade resultante dos falhamentos na área. As análises do material coletado nos trabalhos de campo mostraram que a plataforma continental interna na região de Icapuí é formada pelo acúmulo de sedimentos provenientes de origem terrígena e biogênica que foram retrabalhados por sucessivos eventos de transgressão e regressão marinha no estágio de evolução da Bacia Potiguar que tem sua origem ligada à formação do oceano atlântico. Parte destes sedimentos são oriundos das falésias vivas e mortas que se fazem presentes ao longo de toda a extensão do litoral de Icapuí. Os sedimentos predominantes no fundo da plataforma são as areais finas e médias com a presença de cascalho esparso, este material mais de maior granulometria é proveniente dos afloramentos rochosos em algumas áreas. As amostras coletadas apresentam 70% de Carbonato de Cálcio em sua composição segundo as análises realizadas em laboratório, classificando, o que aponta que o fundo marinho em questão é formado por sedimentos bioclásticos. Os teores de matéria orgânica se mostraram relativamente baixos através das duas metodologias utilizadas, com máximas de 2.5 % e 5.1%. Vale ressaltar que as maiores concentrações encontram-se próximas à linha costa onde há ocupação antrópica.

Palavras-chaves: Plataforma Continental Interna; Bacia Potiguar; sedimento terrígenos, sedimentos bioclásticos.

ABSTRACT

The main objective of this work was to analyze the faciology of the shallow continental shelf in the municipality of Icapuí region, the extreme east coast of Ceará, establishing a response to the submerged sediment dynamics for the management of mineral resources in the area. For the proposed goals were met and a literature mapping in the area, a field survey to obtain bathymetric data and sample collection was conducted. The samples underwent size analysis, organic matter and calcium carbonate to determine the current deposition conditions and possible source areas for sediments of the platform in question. Morphologically the bottom end of the west coast of the municipality of Icapuí platform presents shallow in the area that corresponds to the Ponta Grossa beach with rocky outcrop from old lines of cliffs in the area, it was also possible to check a channel in the resulting location of faulting in the area. The analyzes of the material collected during field work showed that the shallow continental shelf in the region of Icapuí is formed by the accumulation of sediments from terrigenous and biogenic origin that were reworked by successive events of transgression and marine regression in the stage of evolution that Potiguar has been connected with the formation of the Atlantic Ocean. These sediments are derived from live and dead cliffs that are present along the entire length of the coast of Icapuí. Predominant in the bottom of the platform sediments are fine sands and medium in the presence of sparse gravel, this material is more than large particles from the rock outcrops in some areas. The samples show 70 % Calcium Carbonate in its composition according to the analyzes performed in the laboratory, ranking, which indicates that the seabed in question is composed of bioclastic sediments. The content of organic matter showed relatively low through the two methodologies used, with maximum of 2.5 % and 5.1 %. It is noteworthy that the highest concentrations are close to the coast line where there is human occupation.

Keywords: Internal Continental Platform; Potiguar Basin; terrigenous sediment, bioclastic sediments.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Delimitações da plataforma continental	28
Figura 2	Geologia da Bacia Potiguar e local de coleta de amostras, litoral extremo oeste do Município de Icapuí, Ceará	29
Figura 3	Carta estratigráfica da Bacia Potiguar	30
Figura 4	Evolução do processo de separação dos continentes Sul-Americanos e Africano	32
Figura 5	Reconstituição paleográfica do Atlântico Sul durante o final do Aptiano retratando o processo de rifteamento do supercontinente Gondwana	32
Figura 6	Praia de Retiro Grande (A); Praia de Ponta Grossa (B); Praia de Redonda (C); Praia de Peroba (D)	35
Figura 7	Falésias na área de estudo. A) Ação marinha sobre a base das falésias; B) erosão da base falésia; C) desmoronamento e recuo da falésia.	36
Figura 8	Perfil esquemático de ocorrência das unidades carbonática e siliciclásticas encontradas ao longo das falésias Costeiras	37
Figura 9	Formação Barreiras na Praia de Ponta Grossa	38
Figura 10	Formação Potengi sobrepondo a Formação Barreiras na região da Praia de Redonda	39
Figura 11	Formação Jandaíra na base da falésia na Praia de Ponta Grossa	40
Figura 12	Falésias sendo recobertas pelos campos de dunas na região nas Praias de Ponta Grossa e Redonda em Icapuí	41
Figura 13	Terraços Marinhos e Barreiras Arenosas na Praia de Ponta Grossa, Icapuí	42
Figura 14	Atuação da Zona de Convergência Intertropical - ZCIT. Em A: Posicionamento da ZCIT no mês maio de 2011; Em B: Posicionamento da ZCIT no mês de novembro de 2011	43
Figura 15	Atuação da ZCIT sobre o nordeste brasileiro	44
Figura 16	Princípios básicos de uma onda	47
Figura 17	Sistema de formação das marés de quadratura e sizígia	
Figura 18	Fluxograma das etapas de trabalho para a elaboração desta dissertação	50
Figura 19	Etapas de coleta das amostras	52
Figura 20	Sistema do ecobatímetro (A); Obtenção de dados batimétricos em campo (B)	53
Figura 21	Sequência dos processos de análise granulométrica	57
Figura 22	Em A: Calcímetro de Bernard do Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica – LGCO, Em B: Esquema funcional do Calcímetro de Bernard (modificado)	60
Figura 23	Etapas do processo de medição do teor de carbonato de cálcio utilizando o Calcímetro de Bernard (modificado)	61
Figura 24	Processo de medição do teor de matéria orgânica utilizando a metodologia da calcinação	63
Figura 25	Processo de medição do teor de matéria orgânica utilizando a metodologia da titulação	65
Figura 26	Disposição de falhas geológicas no litoral extremo oeste de Icapuí	67
Figura 27	Afloramentos rochosos na faixa de praia e início da plataforma continental interna na praia de Ponta Grossa, Icapuí	68

Figura 28	Amostra 07 (Bruta), classificada como cascalho arenoso; Amostra 27, presença de fragmentos da Formação Barreiras sendo capeada por concreção carbonática (A)	70
Figura 29	Amostras 49 e 54, classificadas como areia, coletadas nas proximidades das Praias de Redonda e Peroba	70
Figura 30	Amostra 19, classificada como areia média, coletada nas proximidades da Praia de Ponta Grossa; Amostra 13, classificada como areia fina, coletada entre as Praia de Retiro Grande e Ponta Grossa	73
Figura 31	Fragmentos de sedimentos bioclásticos nos sedimentos de fundo da plataforma continental interna do litoral extremo oeste do município de Icapuí. Restos de conchas (A) e Algas Calcárias do tipo Halimeda (B)	90
Figura 32	Processo de transporte e seleção hidrodinâmica dos grãos de sedimentos	91
Figura 33	Síntese das áreas fonte de sedimentos para plataforma adjacente à área em estudo	92
Figura 34	Transferência de material das falésias ativas para faixa de praia	93
Figura 35	Barreiras Arenosas na Praia de Ponta Grossa	94
Figura 36	(A e D) transporte de sedimentos dunares para faixa de praia via força eólica; (B) Base da duna solapada pela ação da maré e ondas incidentes destaque para os leques de sedimentos que são transportados por gravidade; (C) influência antrópica no transporte de sedimentos dunares.	94

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Média do precipitado total de cada mês para a última década	45
Gráfico 2	Altura de ondas entre os anos de 2011 e 2013	47
Gráfico 3	Período de ondas entre os anos de 2011 e 2013	48
Gráfico 4	Amplitudes máximas e mínimas das marés de sizígia durante o ano de 2013 registradas pelo Porto de Macau/RN	49
Gráfico 5	Diagrama mostrando os teores de ocorrência das classes granulométricas nas amostras de sedimentos coletadas na plataforma interna do litoral extremo oeste de Icapuí	69
Gráfico 6	Diagrama mostrando os teores de ocorrência do diâmetro médio da fração arenosa nas amostras de sedimentos coletadas na plataforma interna do litoral extremo oeste de Icapuí	72
Gráfico 7	Acúmulo do diâmetro médio da fração arenosa nas amostras de sedimentos coletadas na plataforma interna do litoral extremo oeste de Icapuí	74
Gráfico 8	Diagrama mostrando os teores de ocorrência do grau de seleção da fração arenosa nas amostras de sedimentos coletadas na plataforma interna do litoral extremo oeste de Icapuí.	76
Gráfico 9	Variação do desvio padrão nos sedimentos coletados na plataforma continental interna do litoral extremo oeste de Icapuí	77
Gráfico 10	Diagrama mostrando os teores de curtose da fração arenosa nas amostras de sedimentos coletadas na plataforma interna do litoral extremo oeste de Icapuí	77
Gráfico 11	Variação dos valores de curtose nos sedimentos coletados na plataforma continental interna do litoral extremo oeste de Icapuí	78
Gráfico 12	Variação dos valores de curtose nos sedimentos coletados na plataforma continental interna do litoral extremo oeste de Icapuí	79
Gráfico 13	Diagrama mostrando os teores de assimetria da fração arenosa nas amostras de sedimentos coletadas na plataforma interna do litoral extremo oeste de Icapuí	79
Gráfico 14	Teores de matéria orgânica nos sedimentos coletados utilizando a metodologia da calcinação	80
Gráfico 15	Teores de matéria orgânica nos sedimentos coletados utilizando a metodologia da titulação	82
Gráfico 16	Correlação entre as duas metodologias para medição de matéria orgânica	83
Gráfico 17	Concentração de Carbonato de Cálcio em sedimentos da plataforma continental interna de Icapuí	85
Gráfico 18	Diagrama mostrando os teores de fácies sedimentares segundo a classificação de Larssonneur (1977) nas amostras de sedimentos coletadas na plataforma interna do litoral extremo oeste de Icapuí	88

LISTA DE MAPAS

Mapa 1	Localização do município de Icapuí, litoral extremo leste do Ceará	19
Mapa 2	Delimitação da área de estudo e pontos de amostragem de sedimentos superficiais da plataforma interna	20
Mapa 3	Espacialização das Unidades Geomorfológicas do litoral extremo oeste de Icapuí	34
Mapa 4	Modelo 3D batimétrico da Plataforma Continental interna do extremo oeste de Icapuí, Ceará.	66
Mapa 5	Mapa batimétrico da plataforma continental do litoral extremo oeste de Icapuí	66
Mapa 6	Mapa da distribuição dos sedimentos coletados na plataforma do litoral extremo oeste do município de Icapuí segundo a Classificação de Folk (1957).	71
Mapa 7	Mapa da distribuição dos sedimentos coletados na plataforma do litoral extremo oeste do município de Icapuí segundo o diâmetro médio do grão	75
Mapa 8	Mapa da distribuição da matéria orgânica presente dos sedimentos coletados na plataforma do litoral extremo oeste do município de Icapuí segundo a metodologia da calcinação	81
Mapa 9	Mapa da distribuição da matéria orgânica presente dos sedimentos coletados na plataforma do litoral extremo oeste do município de Icapuí segundo a metodologia da Titulação.	84
Mapa 10	Mapa da distribuição dos teores de carbonato de cálcio presente nos sedimentos coletados na plataforma do litoral extremo oeste do município de Icapuí segundo a metodologia da Titulação	87
Mapa 11	Mapa da distribuição fácies sedimentares presentes na plataforma do litoral extremo oeste do município de Icapuí	89
Mapa 12	Imagem de satélite mostrando a dispersão de sedimentos ao longo da plataforma interna do Município de Icapuí, em destaque, a área em estudo.	96

LISTA DE ABREVIACOES

CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CPRM	Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais
CNDUN	Convenção das Nações Unidas Sobre o Direito do Mar
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
DHN	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GPS	<i>Global System Position</i>
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econmica do Ceará
LABOMAR	Instituto de Ciências do Mar
LEPLAC	Levantamento da Plataforma Continental Brasileira
LGCO	Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica
MMA	Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal
PRONEX	Programa de Apoio a Núcleos de Excelência
REVIZEE	Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econmica Exclusiva
REMAC	Reconhecimento da Margem Continental Brasileira
SAG	Sistema de Análise Granulométrica
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
UECE	Universidade Estadual do Ceará
UFC	Universidade Federal do Ceará
UTM	Universal Transversa de Mercator
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical
ZEE	Zona Econmica Exclusiva

Agradecimentos	
Resumo	
Abstract	
Lista de ilustrações	
Lista de gráficos	
Lista de mapas	
Lista de abreviações	
Capítulo 1 – Introdução	16
1.1. Objetivos	17
<i>1.1.2. Objetivo Geral</i>	17
<i>1.1.3. Objetivos Específicos</i>	17
1.2 Justificativa do tema	17
1.3 Localização da área de estudo	19
2. Capítulo 2 - Referencial Teórico	20
2.1. Estado da arte da pesquisa oceanográfica em águas brasileiras e cearenses	21
2.2. Margem Continental	27
2.3. Plataforma continental do Ceará	28
Capítulo 3 – Caracterização do ambiente costeiro e marinho de Icapuí	28
3.1. Aspectos da Geologia	29
<i>3.1.1. Bacia Potiguar</i>	29
<i>3.1.2. Evolução Tectônica</i>	31
3.2. Aspectos Geomorfológicos	33
<i>3.2.1. Planície Costeira</i>	35
<i>3.2.2. Falésias</i>	36
<i>3.2.3. Formação Barreiras</i>	36
<i>3.2.4. Formação Potengi</i>	39
<i>3.2.5. Formação Jandaíra</i>	39
<i>3.2.6. Campos de Dunas</i>	40
<i>3.2.7. Terraços marinhos e barreiras arenosas</i>	41
3.3. Aspectos Climatológicos	42
<i>3.3.1. Ventos</i>	44
<i>3.3.2. Análise da precipitação na última década para Icapuí</i>	45
3.4. Aspectos Oceanográficos	45
<i>3.4.1. Ondas</i>	46
<i>3.4.2. Marés</i>	48
Capítulo 4 – Material e Métodos	50
4.1. Etapa de Gabinete	50
<i>4.1.1. Levantamento Bibliográfico</i>	50
<i>4.1.2. Levantamento Cartográfico</i>	51
4.2. Etapa de Campo	51
<i>4.2.1. Levantamento Batimétrico</i>	52
<i>4.2.2. Tratamento dos dados da batimetria</i>	54
4.3. Etapas de Laboratório	54
<i>4.3.1. Tratamento das amostras</i>	54
<i>4.3.2 Escala Granulométrica</i>	55
<i>4.3.3. Análise textural – Granulometria</i>	56
<i>4.3.4. Tratamento Estatístico</i>	58
<i>4.3.5. Teor de Carbonato de Cálcio (CaCO₃)</i>	59
<i>4.3.6. Teor de Matéria Orgânica</i>	61

4.3.7. <i>Matéria Orgânica (POR CALCINAÇÃO)</i>	62
4.3.8. <i>Matéria Orgânica (POR TITULAÇÃO)</i>	63
Capítulo 5 – Discussão e Resultados	64
5.1. <i>Análise das formas de fundo da plataforma continental interna do litoral extremo oeste de Icapuí</i>	64
5.2. <i>Análise sedimentológicas das amostras de fundo da plataforma continental interna do litoral extremo oeste de Icapuí</i>	68
5.3. <i>Parâmetros estatísticos obtidos com os resultados das análises granulométricas das amostras de sedimentos de fundo da plataforma continental interna do litoral extremo oeste de Icapuí</i>	72
5.3.1. <i>Diâmetro médio</i>	72
5.3.2. <i>Grau de Seleção</i>	74
5.3.3. <i>Curtose</i>	77
5.3.4. <i>Assimetria</i>	78
5.4. <i>Concentração de Carbonato de Cálcio e Matéria Orgânica</i>	79
5.4.1. <i>Distribuição das concentrações de Matéria Orgânica</i>	79
5.4.2. <i>Análise da matéria orgânica utilizando o método da calcinação dos sedimentos</i>	80
5.4.3. <i>Análise da matéria orgânica utilizando o método da titulação dos sedimentos</i>	82
5.4.4. <i>Distribuição da concentração de Carbonato de Cálcio</i>	85
5.4.5. <i>Análise da classificação de Larssonneur (1977)</i>	88
5.5. <i>Análise das áreas fonte de sedimentos para a plataforma continental interna do litoral extremo oeste Icapuí</i>	91
Capítulo 6 – Conclusões	97
Referências Bibliográficas	

CAPITULO 1 – INTRODUÇÃO

A Plataforma Continental Brasileira apresenta um grande potencial para a exploração de recursos naturais, principalmente no que concerne aos recursos minerais e energéticos. As pesquisas atuais focam principalmente no levantamento quanto ao potencial petrolífero e gás natural, porém quando se fala em exploração de recursos minerais em águas rasas, ainda falta uma lacuna, contudo, estudos apontam que nos próximos dez anos as explorações irão se concentrar principalmente em águas relativamente rasas na chamada Zona Econômica Exclusiva, isto se evidencia através de um decréscimo de matéria-prima de origem continental e a consequente necessidade de novas áreas fontes.

A junção das quatro grandes interfaces globais, litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera são de fundamental importância para o entendimento das formas de deposição ao longo da zona costeira. Esses fatos contribuem na sedimentação da plataforma continental constituindo um pacote estratigráfico que é influenciado pelos processos costeiros, ondas, correntes e marés, além das variações do nível do mar.

Assim, os sedimentos depositados no fundo destes ambientes podem ser classificados quando a origem em sedimentos terrígenos, provenientes da sedimentação continental, resultante do intemperismo físico e químico, e sedimentos bioclásticos, provenientes da sedimentação carbonática em ambiente marinho, juntam-se a esses sedimentos os materiais autigênicos e cosmogênicos.

Com os resultados obtidos através das análises de sedimentos foi possível identificar uma mistura na composição dos sedimentos que formam o fundo da plataforma interna rasa do litoral extremo oeste de Icapuí. O material terrígeno classificado como areia de granulometria fina a muito fina apresenta cascalhos ao longo da área em estudo, principalmente nas proximidades de afloramentos rochosos provenientes de linhas de falésias que foram afogadas pela variação do nível do mar. O material bioclástico encontra-se em conjunto com o material terrígeno e a sua origem está relacionada à deposição de material biotriticas.

As prováveis áreas fontes podem ser destacadas na área, sendo elas, as linhas de falésias ativas, campos de dunas, e faixa de praias adjacente à plataforma em questão,

todavia, ainda se fazem necessários estudos referentes às movimentações de corrente para determinação do trajeto da sedimentação na área da Plataforma.

1.1. Objetivos

1.1.2. Objetivo Geral:

Caracterizar a faciologia da plataforma continental interna do litoral extremo oeste do município de Icapuí, estabelecendo uma resposta para a dinâmica sedimentar submersa para fins de gestão dos recursos minerais presentes na área.

1.1.3. Objetivos Específicos:

- Interpretar o fundo oceânico a partir de um levantamento batimétrico da plataforma continental interna do litoral oeste de Icapuí;
- Estabelecer e aquilatar os processos de origem e deslocamento de sedimentos através da aquisição, processamento, análise e interpretação de dados dos sedimentos de fundo na área em estudo;
- Estabelecer uma correlação entre as sequências sedimentares e os diferentes níveis de sedimentação na plataforma continental interna em estudo;
- Identificar as áreas fontes de sedimentos para a região em questão.

1.2. Justificativa do tema

A Plataforma Continental compreende a área oceânica que tem seu início marcado pela linha de costa e alonga-se até uma mudança brusca do gradiente de elevação, área conhecida por Talude Continental. Segundo a classificação da margem continental brasileira, desenvolvida por Silveira (1964), modificada por Martins & Coutinho (1981) e *Villwock* (1994) a região em estudo, em Icapuí, está situada na Costa Semiárida (Baía de São Marcos (MA) – Cabo Calcanhar (RN)).

Esta porção da Costa Nordeste, caracterizada pelo baixo aporte fluvial, apresenta-se em sua maior parte com uma forma retilínea, com um clima semiárido, favorecendo a formação de dunas costeiras móveis, além da presença de lagunas e salinas. Ao longo da linha de costa ocorrem tabuleiros costeiros da Formação Barreiras, que são cortados por rios de pequeno porte, apresentando o desenvolvimento de

planícies costeiras com sistemas de laguna/barreira de pequena extensão, estes sistemas têm papel fundamental para fluxo de material entre a parte emersa e submersa da margem continental (Paiva, 1996).

Os recursos minerais da Plataforma Continental Brasileira, com exceção dos derivados do petróleo, se apresentam como os depósitos de mais fácil exploração e de recorrente importância para um futuro próximo, sendo eles os sedimentos de origem terrígena, areias e cascalhos e sedimentos de origem carbonática, e minerais pesados. É nesse contexto que se encontra atualmente a região que compreende a bacia potiguar, mais precisamente na região do município de Icapuí, litoral leste do Ceará. A região é fortemente conhecida por sua produção petrolífera continental e com perspectivas para produção em zona *offshore*. Em virtude do fato de se apresentar como uma plataforma essencialmente rasa, a mesma encontra-se sujeita aos processos costeiros atuantes na região (ondas, correntes, marés e ventos) proporcionando uma constante troca entre erosão, transporte e deposição, tornando-se um ciclo contínuo.

Compreender como se dá o processo de sedimentação e trocas de material entre a zona emersa e submersa através dos processos costeiros proporcionará um melhor entendimento dos ambientes de deposição gerados em idades pretéritas e atuais, identificando quais os tipos de material presente e suas utilidades, como areias siliciclásticas para a construção civil e areias carbonáticas provenientes de algas calcárias e sedimentação biogeoquímica, para a indústria química, farmacêutica e agrícola.

Existe ainda a possibilidade de exploração de minerais pesados encontrados na zona de transferência entre o continente e o oceano, chamados de minerais “acessórios” devidos o fato de ocorrerem em conjunto com areias provenientes da erosão de rochas no substrato rochoso adjacente, esses materiais podem ser utilizado como evidência para determinação da proveniência sedimentar, estabelecendo assim, áreas fontes para a sedimentação local, além de apontar possíveis alterações causadas pela ação antrópica em zonas costeiras, que podem de certa forma, alterar os índices e teores de material que é carregado (Almeida, 2011).

Assim, identificar e quantificar os tipos de materiais que se fazem presentes na interface continente-oceano é de fundamental para a elaboração de plano de manejo e

exploração em vista às possibilidades de utilização dos mesmos para futuras necessidades antrópicas.

1.3. Localização da área de estudo

O município de Icapuí está localizado no extremo oeste do Estado do Ceará, logo na divisa com o Estado do Rio Grande do Norte. Ao todo são 14 praias divididas em 64 km de linha de costa. Icapuí abrange aproximadamente 10% do dos 573 km de extensão do litoral cearense, com área de 428 km². Distante 200 km da capital do Estado, Fortaleza, 350 km de Natal, a capital Potiguar. O Acesso ao município se dá através da CE-040 e da BR – 304. A partir de Aracati, prossegue pela CE-216 em direção a Icapuí (Mapa 1).

Mapa 1: Localização do município de Icapuí, litoral extremo leste do Ceará.



A área de coleta de amostras está localizada na plataforma continental interna adjacente às praias do litoral extremo oeste do município de Icapuí, conforme mostra o mapa abaixo (Mapa 2).

Mapa 2: Delimitação da área de estudo e pontos de amostragem de sedimentos superficiais da plataforma interna.



CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL TEÓRICO

Os trabalhos se concentraram nas áreas afins das Ciências Marinhas, como oceanografia geológica, oceanografia química, geografia e geologia e foram abordadas e correlacionadas em acordo com a área em estudo e os processos que envolvem a geologia local, processos atuantes e o ciclo sedimentar atuante na zona emersa e submersa do continente.

2.1. Estado da arte da pesquisa oceanográfica em águas brasileiras e cearenses

As primeiras informações sobre os oceanos surgiram época das Grandes Navegações entre os séculos XV e XVI, época conhecida pelas conquistas de novas terras por Portugueses, Espanhóis, Italianos e Ingleses. No período, a única forma de comunicação entre os continentes era feita através das navegações com recursos técnicos escassos que levaram ao longo dos tempos uma necessidade de desenvolver novos equipamentos e técnicas, como por exemplo, estabelecer o posicionamento geográfico das embarcações.

Segundo Dias & Figueiredo (2004) é preciso destacar que esta evolução estava postada em um cenário baseado na técnica artesanal até o momento em que houve uma melhoria nos padrões de navegação pautada na Revolução Industrial e no advento da energia movida a vapor.

Atualmente, a utilização de novos materiais, no momento que houve um aperfeiçoamento eletrônico, na miniaturização de equipamentos, novas técnicas acústicas, dos satélites, dos computadores e do laser proporcionou um conhecimento sem precedentes sobre os oceanos e a relação estabelecida entre a humanidade e o mar.

As primeiras expedições voltadas para estudos oceanográficos propriamente ditos ocorreram no início do século XIX, mais precisamente em 1800 quando houve o desenvolvimento da técnica de levantamento batimétrico, devido à reduzida extensão de cabos utilizados para sondagem do fundo marinho. Já em entre 1831 e 1836 o Naturalista *Charles Darwin* participou da expedição no navio *H.M.S. Beagle*, durante os trabalhos *Darwin* estudou sobre a evolução biológica e foi o primeiro a especular sobre uma possível movimentação da crosta oceânica quando tentou explicar a formação de atóis de corais.

A partir deste momento as águas brasileiras começam a fazer parte dos estudos que remetem ao conhecimento da geologia marinha, principalmente com a chegada do *H.M.S. Beagle* em 1832 no arquipélago de São Pedro e São Paulo, onde *Charles Darwin* fez uma descrição detalhada da geologia, geomorfologia e biologia do local.

Dias & Figueiredo (2004) abrem um parêntese para a importância do período entre as duas Guerras Mundiais, principalmente nos anos que antecederam a Segunda Grande Guerra quando através da busca por submarinos durante a Expedição *Meteor* em 1930 desenvolveu-se o ecobatímetro para a determinação das profundidades o que acabou descobrindo pouco tempo depois após o levantamento de perfis batimétricos no Atlântico a cadeia mesoceânica.

Segundos os mesmos autores, depois do ecobatímetro, a outra criação no período bélico foi o desenvolvimento do gravímetro que permitiu medir a gravidade nos oceanos, esta descoberta possibilitou o aprimoramento da teoria da deriva continental devido à associação das anomalias de gravidade negativa nas fossas oceânicas.

Entre os anos de 1872 e 1876 a expedição *H.M.S. Challenger* foi considerada a primeira grande navegação voltada para Geologia Marinha do globo terrestre, ao longo dos trabalhos foram coletadas diversas amostras de sedimentos do fundo oceânico o que acabou dando impulso às pesquisas no tocante à geologia marinha brasileira e ao reconhecimento dos sedimentos de fundo da margem continental (Dias & Figueiredo, 2004).

A primeira iniciativa brasileira que se tem notícia com o objetivo focado nos estudos oceanográficos, mais precisamente do fundo oceânico, data de 1886. A partir do Decreto Imperial 6113 em 2 de fevereiro do mesmo ano foi criada a “*Repartição Hydrographica*” do Ministério da Marinha do Brasil, conhecida atualmente do Diretoria de Hidrografia e Navegação – DHN. A DHN é responsável pelo levantamento batimétrico, sondagens e cartas náuticas além dar apoio às diversas Instituições que lidam com pesquisa científica no Brasil (DHN, 2013).

A Geologia Marinha ganhou espaço na Universidade brasileira em 1958 com a instalação do Instituto de Biologia Marítima e Oceanografia da Universidade do Recife. A DHN em parceria com a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE, realizou uma série de trabalhos com o intuito de identificar e espacializar a distribuição dos sedimentos da plataforma continental do Brasil.

Desta forma começou a surgir no Brasil diversos trabalhos que tinham por objetivo elucidar diversas questões sobre a Geologia Marinha, portanto serão destacados alguns dos trabalhos que foram realizados na Costa do Nordeste do País e que serviram de norte para alguns dos questionamentos que serão abordados ao longo desta dissertação.

Um dos primeiros trabalhos que se tem notícia e que se remete aos aspectos sedimentológicos da plataforma continental do nordeste foi o de Coutinho & Morais, 1968. O trabalho intitulado “*Distribucion de los sedimentos em la plataforma continental norte y nordeste del Brasil*” foi apresentado em Curaçao, no Caribe, e continha o primeiro mapa de distribuição de sedimentos, as amostras foram coletadas no Cruzeiro N-NE I e II, no NOc. Alm. Saldanha.

Um dos primeiros trabalhos sobre a fisiografia da margem continental brasileira foi realizado por Barreto & Milliman (1969) com dados disponibilizados pela Petrobrás e do *U.S. Hydrographic Office*.

A fisiografia da margem continental cearense foi retratada com detalhes por Morais (1969) onde o autor analisa algumas características petrográficas e orogenéticas do litoral e plataforma que correspondem ao Estado do Ceará e a relação que há entre algumas formações presentes em Fernando de Noronha, sugerindo uma correlação geológica entre elas.

No final de 1969, após a realização da Operação GEOMAR I, ocorreu o 1o Encontro de Diretores de Instituições de Pesquisa no Mar, com o intuito de discutir diretrizes para a pesquisa oceanográfica no Brasil visando esboçar, em grandes linhas, um programa nacional que compreendia três anos de atividades (1970 - 1972). Este programa trienal, de execução necessariamente flexível, permitiria ao país se integrar em qualquer programa internacional, de modo a resguardar fundamentalmente os interesses nacionais. Já foram realizadas mais de 25 operações GEOMAR e foram coletadas mais de 3.000 amostras de sedimentos do fundo marinho.

Mabesoone & Coutinho (1970) resumiram os dados já existentes sobre a geologia litorânea e da plataforma continental do Nordeste do Brasil.

Em 1972 a PETROBRAS, Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, a Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais – CPRM, a Diretoria de Hidrografia e Navegação – DHN e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e parceria com Universidades Brasileiras e Institutos Internacionais criaram o projeto de Reconhecimento da Margem Continental Brasileira – REMAC. Os trabalhos renderam uma coletânea de trabalhos sobre a sedimentação da margem continental brasileira, totalizando 11 volumes e recebeu o nome de série REMAC.

França et al (1976), baseando-se em amostras coletadas pelo REMAC nas pernas 4 e 7, que corresponde às áreas entre Fortaleza e Salvador abordam através de um estudo, a mineralogia, a composição química e a origem dos sedimentos.

Coutinho & Morais (1976) definiram as zonas fluviais e marinhas de sedimentação sob a interferência do Rio Itapecuru na Baía de São José, Estado do Maranhão. Ainda no Maranhão, *Morais (1977)* traça a evolução sedimentar da área que compreende o Porto de Itaqui e no mesmo ano *Pitombeira & Morais (1977)* abordam os aspectos do comportamento hidrodinâmico e sedimentológico do Rio Bacanga em São Luiz.

Na operação GEOMAR VIII, do N. Oc. Alm. Câmara coletou oito testemunhos no talude e sopé continental entre a foz do rio Gurupi, no Maranhão e Fortaleza, no Ceará. *Vicalvi & Palma (1980)*, a partir dos estudos da litologia e bioestratigrafia destes testemunhos, discorreram sobre a bioestratigrafia e as taxas de acumulação dos sedimentos quaternários nesta região.

No tocante ao ciclo sedimentar na região ao largo de Fortaleza, *Morais (1972, 1980 E 1981)* traça um paralelo entre os processos de assoreamento, transporte e evolução sedimentar na enseada da praia do Mucuripe, estabelecendo uma conexão com o processo de ocupação e construção do Porto do Mucuripe na região.

Ainda através de dados provenientes das Operações GEOMAR XVIII e XXI, Freire (1985), abordou os aspectos da geologia marinha no Estado do Ceará, com enfoque para a distribuição faciológica, aspectos geoquímicos e paleogeográficos. Menezes et al (1986) realizou um estudo preliminar sobre a distribuição de minerais pesados na plataforma continental do Ceará.

Em 1988 foi criado o Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira – LEPLAC, com o objetivo de estabelecer o limite externo da plataforma continental brasileira, levando em consideração o enfoque jurídico, estando em acordo com o que foi estabelecido pela Convenção das Nações Unidas Sobre o Direito do Mar - CNDUN, o plano possibilitou angariar um grande acervo de dados sobre a batimetria de precisão, sísmica de reflexão, gravimetria e magnetometria, possibilitando assim u melhor reconhecimento da margem continental do país.

Em 1993, foi criado em parceria com o Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM e a Universidade Federal do Ceará, o Projeto de Avaliação dos Recursos Minerais da Plataforma Continental Interna do Estado do Ceará, onde foram estudados os pláceres de minerais pesados, assim com áreas com potencial para exploração de areias quartzosas e algas calcárias.

Já em 1995, o Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal – MMA em conjunto, iniciou o levantamento sobre a caracterização física e geoquímica da plataforma continental, bancos submersos e áreas oceânicas que fazem parte da plataforma continental jurídica. O Projeto REVIZEE gerou uma série de informações sobre vários aspectos da plataforma continental brasileira, os resultados geraram vários volumes de livros para cada região do país.

No começo dos anos 2000, passou-se a estudar a possibilidade da utilização de agregados marinhos siliciclásticos para recuperação de praias em erosão, devido às diversas condições de ocupação do litoral, amplamente discutida na literatura científica Maia Et Al (2000,2002, 2006 E 2007) e Cavalcanti & Freire (2007).

Em 2010, o Grupo de Pesquisa em Sistemas Costeiros e Oceânicos da Universidade Estadual do Ceará – UECE, através do Laboratório de Geologia e

Geomorfologia Costeira e Oceânica – LGCO, em parceria com o Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR/UFC criou o Núcleo de Excelência em Granulados Marinhos do Estado do Ceará, onde o projeto principal intitulado, “*Potencialidades e Manejo Ambiental na Exploração de Granulados Marinhos do Estado do Ceará*”, com o objetivo de levantar informações geológicas e oceanográficas para a exploração, buscando um manejo dos recursos minerais da costa cearense.

Durante o projeto foi realizada uma série de campanhas oceanográficas em toda extensão da plataforma continental do Estado do Ceará, com enfoque para as regiões ao largo dos municípios de Camocim, Fortaleza, Cascavel/Beberibe e Icapuí. Através disto foi possível acumular diversos dados batimétricos, sedimentológicos, geoquímicos e sísmicos dessas áreas em escala até então, ainda não trabalhada no Estado.

2.2. Margem Continental

Através da evolução do conhecimento da geologia marinha e demais aspectos ligados a ela atualmente é possível estabelecer um quadro geral da atual situação da morfologia e fisiografia do fundo dos oceanos. Isto é resultado principalmente da evolução da tectônica global atuante desde a fragmentação do supercontinente Pangea e dos agentes modificadores, estando associado aos processos de erosão, transporte e deposição nas margens continentais e bacias oceânicas Batista Neto & Silva (2004).

Chama-se por Margem Continental a zona de transição entre os continentes e as bacias oceânicas. Kennet (1982) aponta dois tipos principais quando levamos em consideração a morfologia e evolução tectônica, o autor as chama de “tipo atlântico” e do “tipo pacífico”. A primeira é marcada uma extensão mais proeminente, tectônica estável e com relação ao aspecto sedimentológico costuma apresentar camadas espessas de sedimentos. Já a segunda, apresentam uma largura limitada, instáveis tectonicamente e não apresentam, devido a isto, extensas camadas de sedimentos por estarem em constante modificação.

Segundo Batista Neto & Silva (2004), as margens continentais do tipo atlântica, como no caso da margem Brasileira, apresentam uma fisiografia bem definida

dividida em três províncias distintas: a plataforma continental, o talude continental e a elevação ou sopé continental.

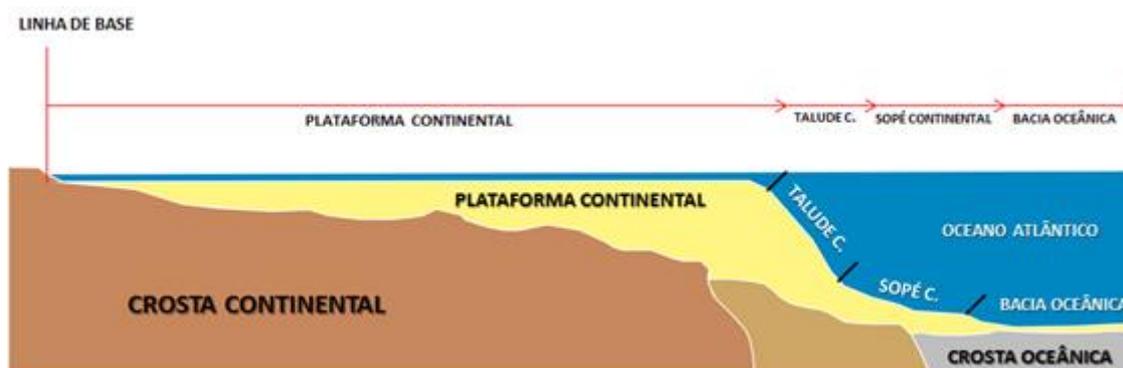
A Plataforma Continental, característica das margens continentais do tipo atlântico, apresenta normalmente gradientes de elevação suaves, inferiores a 1:1000, abrangendo a linha de costa até uma mudança brusca, onde há um aumento do gradiente topográfico, chamada de quebra da plataforma SUGUIO (2003); BATISTA NETO & SILVA (2004). A morfologia é resultado do efeito acumulativo dos processos cíclicos de erosão e deposição em relação às constantes oscilações no nível do mar conforme mostra (Kennet, 1982) ;(Suguio, 2003).

Segundo SUGUIO (2003), a extensão a largura da plataforma continental varia ao longo do globo, podendo ultrapassar em alguns casos 300 km de extensão. No Brasil a maior largura alcançada ocorre ao longo do estuário do Rio Amazonas, aonde ela chega à 200 km de extensão e a menor ocorre na Bahia, nas proximidades da cidade de Salvador, aonde ela atinge apenas 40 km de extensão.

Já o talude continental define-se a partir da quebra da plataforma, em uma profundidade que atinge de 100 a 150 metros, é caracterizada por uma encosta que varia entre 10 e 200 km de largura. É nessa área onde as profundidades passam a aumentar consideravelmente atingindo 3.500 m em alguns pontos com gradientes de elevação mais íngremes cerca de 1:15 e muitas vezes pode chegar aos 1:4. (Vicalvi & Palma, 1980; Batista Neto & Silva, 2004). Vale ressaltar a grande incidência de deslizamentos de sedimentos superficiais na área, fazendo do talude continental uma área de grande instabilidade.

Entre o talude continental e a bacia oceânica temos o sopé continental, a sua largura pode variar de 100 a 1.000 km, e um gradiente suave de 1:400 a 1:800 que decrescendo em direção ao oceano aberto, Segundo Batista Neto & Silva (2004), devido a essa variação na declividade acaba dificultando a determinação dos limites entre o talude continental e as bacias oceânicas (Figura 1).

Figura 1: Delimitações da Plataforma Continental



Fonte: Adaptado de Comissão Interministerial para os Recursos do Mar - CIRM

2.3. Plataforma continental do Ceará

A plataforma continental cearense possui uma largura de aproximadamente 63 km em média. A largura máxima é atingida na região do município de Camocim, no litoral oeste, onde as máximas chegam a 101 km de largura. É na região da Icapuí que podemos encontrar um talude continental mais próximo à costa, onde as larguras médias ficam em torno de 41 km. Ao longo de toda a sua extensão podem ser encontrados paleo-canais submersos parcialmente preenchidos e formados por rios em períodos regressivos do nível do mar (Martins & Coutinho, 1981; Arz et al., 1999).

A classificação da plataforma interna é considerada, segundo a literatura científica pertinente, profundidade até onde a onda pode transportar carga de fundo, (Kennett, J., 1982) e no estado do Ceará estende-se até os entornos da isóbata de 20 metros (Morais, 1981, Morais, 1998), com uma largura de até 8 km, predominando a fácies de areais quartzosas (Cavalcanti e Freire, 1994).

CAPÍTULO 3 - - CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE COSTEIRO E MARINHO DE ICAPUÍ

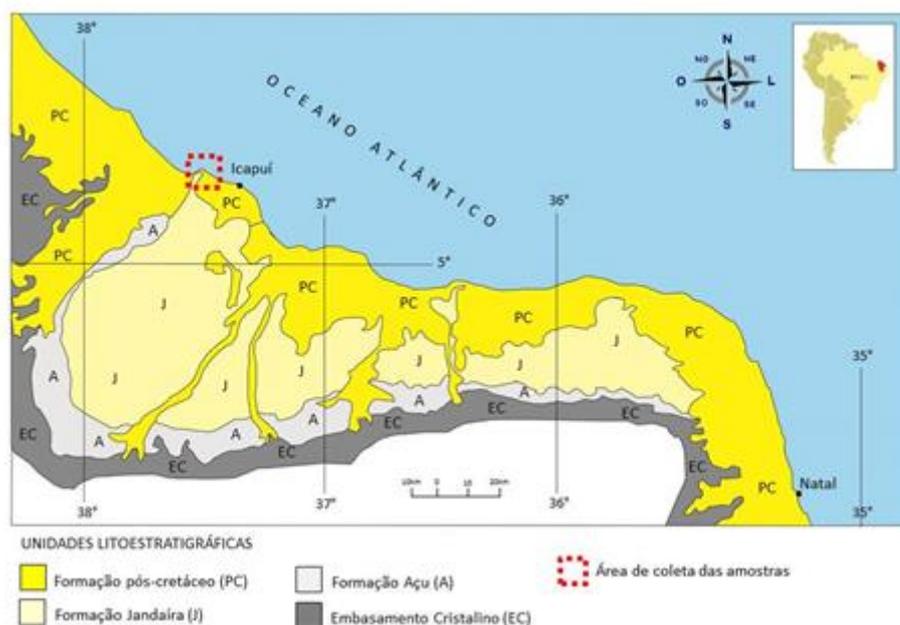
Neste capítulo serão abordadas as características do ambiente físico em que a área em questão se encontra. Serão analisadas as questões geológicas, geomorfológicas, climáticas e oceanográficas, permitindo assim, estabelecer as conexões existentes elas e sua importância para o enfoque desta dissertação.

3.1. Aspectos da Geologia

3.1.1 Bacia Potiguar

A Bacia Potiguar encontra-se postada no extremo nordeste do Brasil, abrangendo aproximadamente 48.000 km² ela abriga uma pequena porção nordeste do Estado do Ceará e grande parte do Estado do Rio Grande do Norte. Da sua área total, cerca de 21.000 km² correspondem à porção emersa da bacia enquanto que 26.500 km² correspondem à porção submersa (*e.g. plataforma continental e talude continental*). (Bertani et al., 1990) (ANP, 2013). A bacia apresenta como limites na sua porção emersa os embasamentos a sul, a leste e a oeste e na sua porção submersa os altos de Fortaleza a oeste e de Touros, a leste. Segundo o autor *op.cit.* a Bacia apresenta uma importância fundamental na produção de hidrocarbonetos na região, principalmente desde a descoberta na década de 70 dos campos de Ubarana e Mossoró no Rio Grande do Norte (Figura 2).

Figura 2: Geologia da Bacia Potiguar e local de coleta de amostras, litoral extremo oeste do Município de Icapuí, Ceará

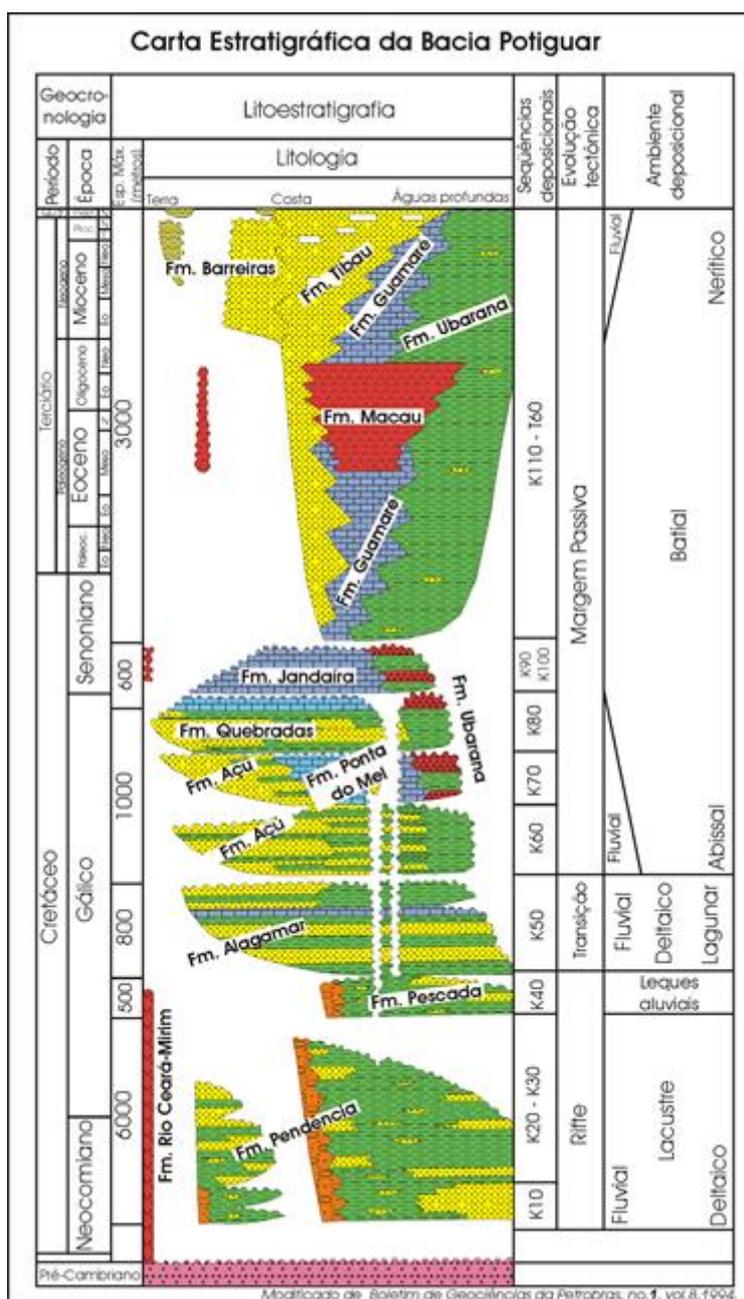


Fonte: Adaptado de Cassab (2003).

Estruturalmente, a Bacia Potiguar é formada por três estruturas bem definidas, conforme destacam Bertani et al. (1990), Souza, D.C (2002) e Filho, W.F. (2004), são

elas: *grabens assimétricos, altos internos e plataformas de embasamento*. O Graben de Pendências, o principal *Graben* da bacia possui orientação NE e apresenta depósitos da sua fase de rifteamento ladeados com as plataformas de Touros e Aracati, onde o embasamento se faz mais raso e conseqüentemente se encontra capeado por depósitos da fase de deriva continental (Figura 3).

Figura 3: Carta estratigráfica da Bacia Potiguar.



Fonte: CPRM, 2013

Segundo Filho, W.F. (2004), os altos internos são caracterizados por cristas alongadas do embasamento e atuam separando os principais *grabens*, que foram formados pela flexura em blocos de falhas normais. Os principais altos destacados na área são dos altos de Quixaba, Serra do Carmo e Macau.

As plataformas rasas do embasamento, neste caso Aracati e Touros, se encontram nas margens do *graben* central a leste e a oeste respectivamente, o embasamento apresenta poucas falhas ao longo da sua extensão Bertani et al. (1990).

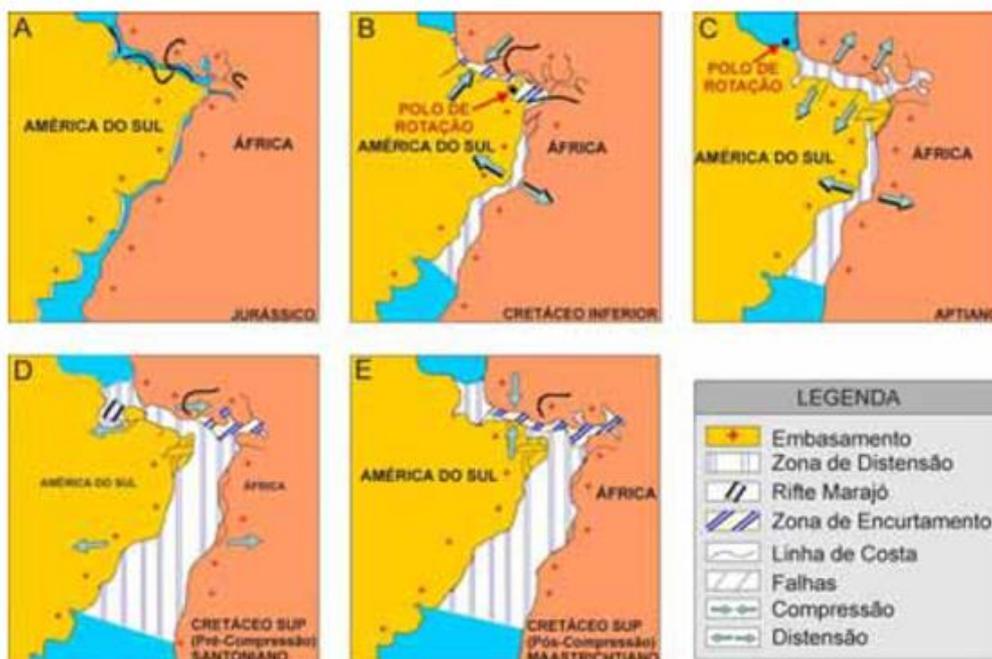
3.1.2. Evolução Tectônica

A origem da Bacia Potiguar foi, e ainda é alvo de diversos estudos ao longo dos últimos anos no que concerne à sua origem e consequente evolução, no entanto é consenso que a sua formação está estritamente ligada ao processo de separação do supercontinente *Gondwana* (Souza, D.C, 2002).

Assim, segundo Jardim de Sá (1994) a geometria da Bacia Potiguar parece ter sido controlada por reativações de antigas zonas de cisalhamento neoproterozóicas com direção predominantemente NE-SW e E-W. Diversos autores propuseram modelos para definir o mecanismo principal de geração do Rifte Potiguar, assim, destacam-se os trabalhos de *Françolin & Szatmari* (1987), Matos (1992, 1999 e 2000).

Françolin & Szatmari (1987), apontam que a origem da Bacia Potiguar estaria ligada teria sido formada a partir do processo de separação entre os continentes sul-americano e africano, sendo condicionada por movimentações de direções divergentes E-W, segundo os mesmos autores, esta movimentação durante a separação dos continentes iniciou-se em meados do período Jurássico (Figura 4).

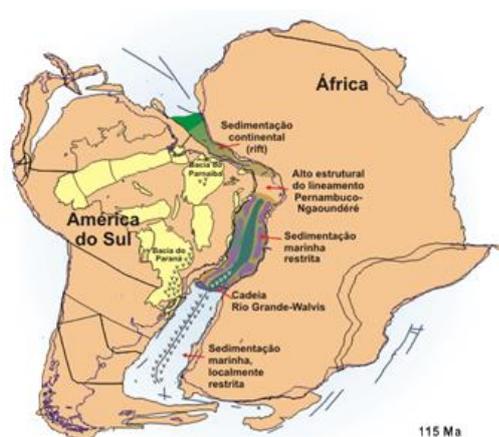
Figura 4: Evolução do processo de separação dos continentes Sul-Americanos e Africano



Fonte: Françolin & Sztamari (1987) Sousa (2003)

Para Matos (1992, 1999 e 2000), a evolução tectônica da Bacia Potiguar estaria relacionada diretamente à movimentação distensionais de direção NW-SE/E-W, o que deu origem a orientações NE das bacias *riftes* na Província da Borborema (Figura 5).

Figura 5: Reconstituição paleográfica do Atlântico Sul durante o final do Aptiano retratando o processo de rifteamento do supercontinente Gondwana.



Fonte: Morgan, W. J. 1983

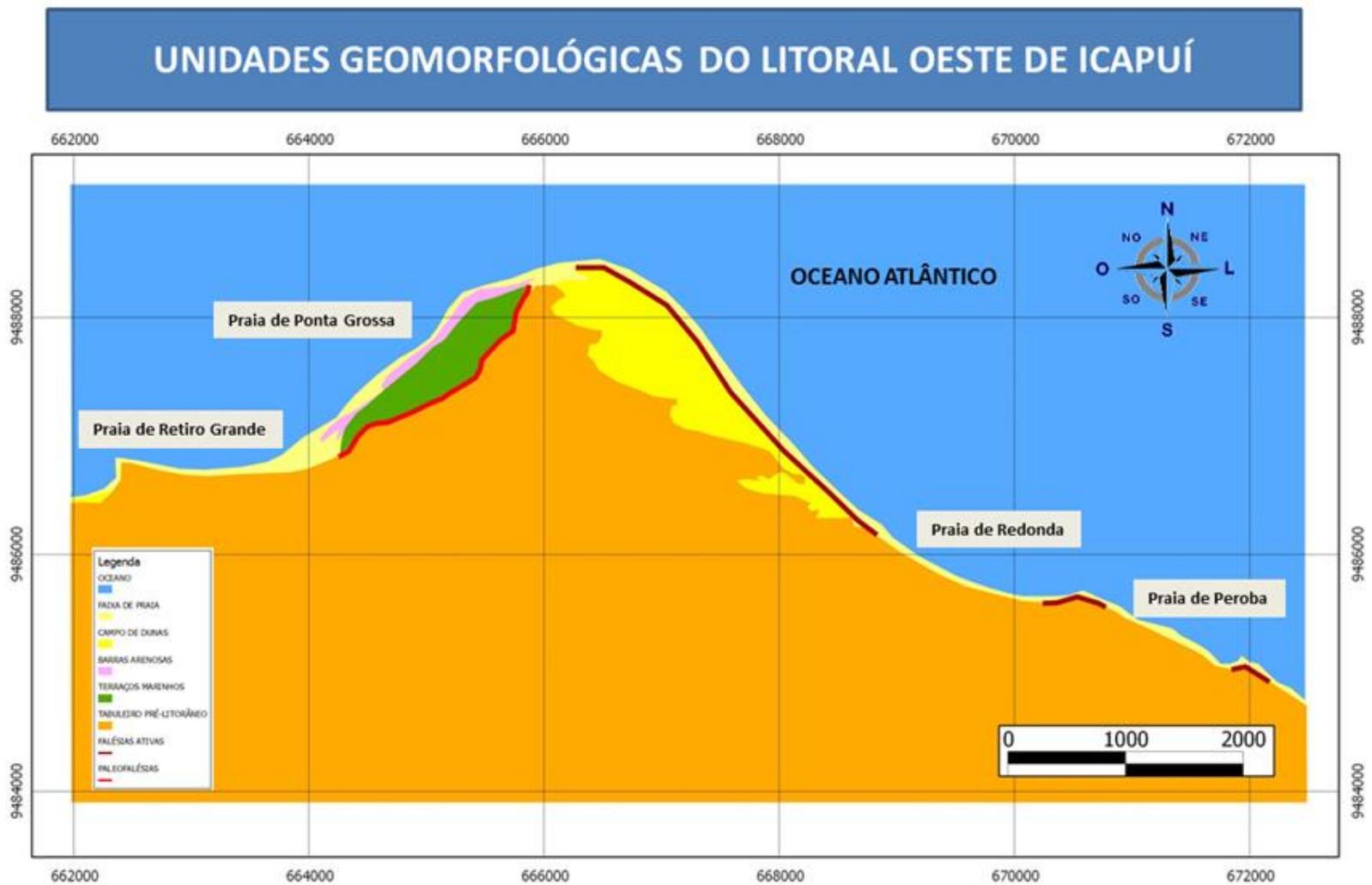
3.2. Aspectos Geomorfológicos

A Planície Costeira em que a área de estudo está postada é caracterizada pela presença de feições geomorfológicas que são resultantes de constantes variações do nível do mar e flutuações climáticas durante o Quaternário, os terraços marinhos de origem holocênica, os campos de dunas, falésias vivas e mortas, faixas de praia formaram-se através da ação de eventos de abrangência global relacionadas com os processos de regressão e transgressão marinha (Meireles, 2005).

Um exemplo que facilmente pode ser destacado na área é a presença de falésias mortas, que se formaram graças a um nível de mar mais elevado do que o que apresenta atualmente, além disso, os movimentos de placa, relacionados com a formação do Oceano Atlântico e alternâncias entre climas de características úmidas e áridos a semiáridos são ideais para o transporte de sedimentos pelo vento e conseqüentemente formação dos campos de dunas pretéritos e atuais.

O Mapa a seguir mostra a espacialização das unidades geoambientais presentes na área de estudo, desde a Praia de Retiro Grande até a Praia de Peroba.

Mapa 3: Espacialização das Unidades Geomorfológicas do litoral extremo oeste de Icapuí



3.2.1. Planície Costeira

A Planície Costeira em que a área em estudo se localiza apresenta-se predominantemente arenosa, assim como grande parte das praias do Estado, mas esta característica não se faz presente ao longo de toda a sua extensão, como uma feição homogênea, isto se dá devido à presença de afloramentos rochosos (*e.g. rochas do pré-cambriano e fanerozóicas*) como é possível se observar na Praia de Ponta Grossa, onde há rochas cretáceas da Formação Açú ou Barreiras. A Praia de Retiro Grande apresenta extensas linhas de falésias ativas em sua extensão, na Praia de Ponta Grossa é possível destacar a presença de terraços marinhos provenientes da variação do nível do mar e barreiras arenosas que ficam expostas na medida em que a maré recua, sendo ela mais visível em período de marés de sizígia. As linhas de falésias ativas se fazem presentes em maior extensão nessa área, que vai desde a região do promontório até as proximidades da praia de Redonda. As Praias de Redonda e Peroba apresentam feições mais arenosas ao longo de suas extensões, o destaque fica para a praia de Redonda, que apresenta ao longo de sua enseada o maior nível de ocupação dentro de todas as áreas levantadas (Figura 6).

Figura 6: Praia de Retiro Grande (A); Praia de Ponta Grossa (B); Praia de Redonda (C); Praia de Peroba (D).



Fonte: o autor.

3.2.2. Falésias

O litoral extremo oeste do município de Icapuí apresenta uma feição característica com caimento abrupto, essas feições são chamadas de falésias que são esculpidas pela ação das ondas sobre as rochas e perfazem-se visíveis ao longo do litoral do município. Ao passo que o processo de erosão se faz presente de modo contínuo, essas falésias são chamadas de falésias vivas; caso este processo não se faça mais presente, isto é, quando a rocha não sofre mais a abrasão marinha, a falésia é denominada de falésia mortas (Figura 7).

Figura 7: Falésias na área de estudo. **A)** Ação marinha sobre a base das falésias; **B)** erosão da base falésia; **C)** desmoronamento e recuo da falésia.



Fonte: Adaptado de CARLOS, F.C. (2011)

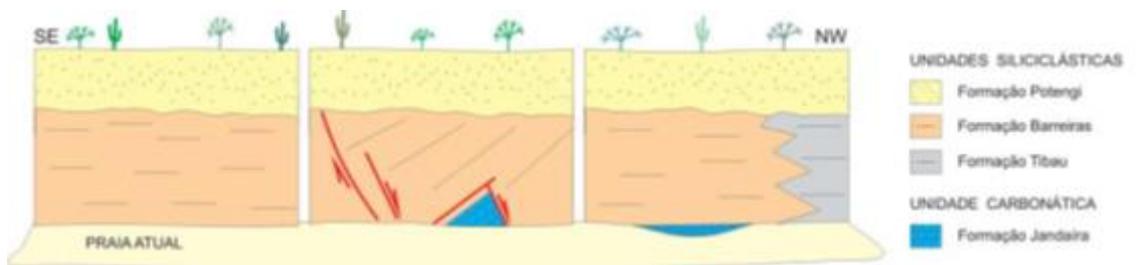
Segundo Dominguez *et al* (1987) e Sousa *et al* (2008), os sedimentos das rochas provenientes da Formação Barreiras acumularam-se em uma extensa planície aluvial que se estendia continente adentro, isto é confirmado pela ocorrência de rochas desta formação ainda serem encontradas no interior do continente. A datação feita por Alheiros & Lima Filho (1991) comprova que os sedimentos que deram origem a essas

rochas foram depositados em um sistema fluvial entrelaçado em associação com leques aluviais e com fácies de influência litorânea.

Segundo Meireles et al (2005) e Sousa et al (2008) as falésias ativas na região da Praia de Ponta Grossa fazem são uma resposta a um conjunto de mudanças morfológicas em níveis marinhos diferentes ao longo da era geológica. Nas praias de Retiro Grande, Redonda e Peroba apresentam os maiores trechos de falésias mortas intercaladas com falésias vivas.

Estas falésias são constituídas por deformidades tectônicas provenientes do cenozoico que sedimentaram em conjunto com as formações terciárias e quaternárias. De acordo com Sousa et al (2008) as falésias presentes no litoral de Icapuí são constituídas pelas Formações Barreiras, Potengi, Tibau e Jandaíra. O mesmo autor ainda subdivide em unidades siliciclásticas e carbonáticas, conforme pode ser visto no perfil estratigráfico abaixo (Figura 8).

Figura 8: Perfil esquemático de ocorrência das unidades carbonática e siliciclásticas encontradas ao longo das falésias Costeiras.



Fonte: (Sousa, 2003).

3. 2. 3. Formação Barreiras

A Formação Barreiras vem sendo trabalhada desde os anos de 1902 no Brasil, e se faz presente em uma boa parte da costa brasileira desde os Estados do Amapá até o Rio de Janeiro, Matoso e Robertson (1959) e Sousa et al (2008) classificam a unidade como todas as rochas não consolidadas que recobrem o cristalino ou que parecem ter sido depositadas discordantemente sobre rochas de idade cretácea.

Conforme Souza (1988) e Souza (2002), a distribuição da Formação Barreira ocorre de uma maneira contínua e paralela ao longo de boa parte do litoral do Estado do Ceará em meio a terrenos dissecados em interflúvios tabulares, os chamados tabuleiros pré-litoraneos e é composta por uma complexidade de fácies sedimentares.

Na região do extremo oeste do município de Icapuí, a Formação Barreiras se apresenta sob a forma de estruturas horizontalizadas e não deformadas ou com camadas basculhadas e afetadas por deformação de forte magnitude, na localidade onde não há deformação, as falésias expõem o nível mais acima, o que é composto por arenitos médios a grossos, com intercalações de níveis conglomeráticos de coloração avermelhada (Sousa, 2008).

Já nas falésias com rochas deformadas, onde o nível inferior da Formação Barreiras está em condições de melhor visibilidade, os arenitos médios a finos podem ser evidenciados e possuem coloração variando de amarelo, roxo e vermelho, apresentando altos níveis de oxidação (Figura 9).

Figura 9: Formação Barreiras na Praia de Ponta Grossa.



Fonte: o Autor

3. 2. 4. Formação Potengi

Segundo Moura et al (2006), a Formação Potengi apresenta pacotes de arenitos de cor avermelhada, com seixos e grânulos dispersos e localiza-se na parte superior das falésias na região. Os sedimentos apresentam coloração avermelhada, cinza, branca e amarelada, com grânulos e seixos de quartzo dispersos provenientes de campos de dunas e paleodunas (Figura 10).

Figura 10: Formação Potengi sobrepondo a Formação Barreiras na região da Praia de Redonda.

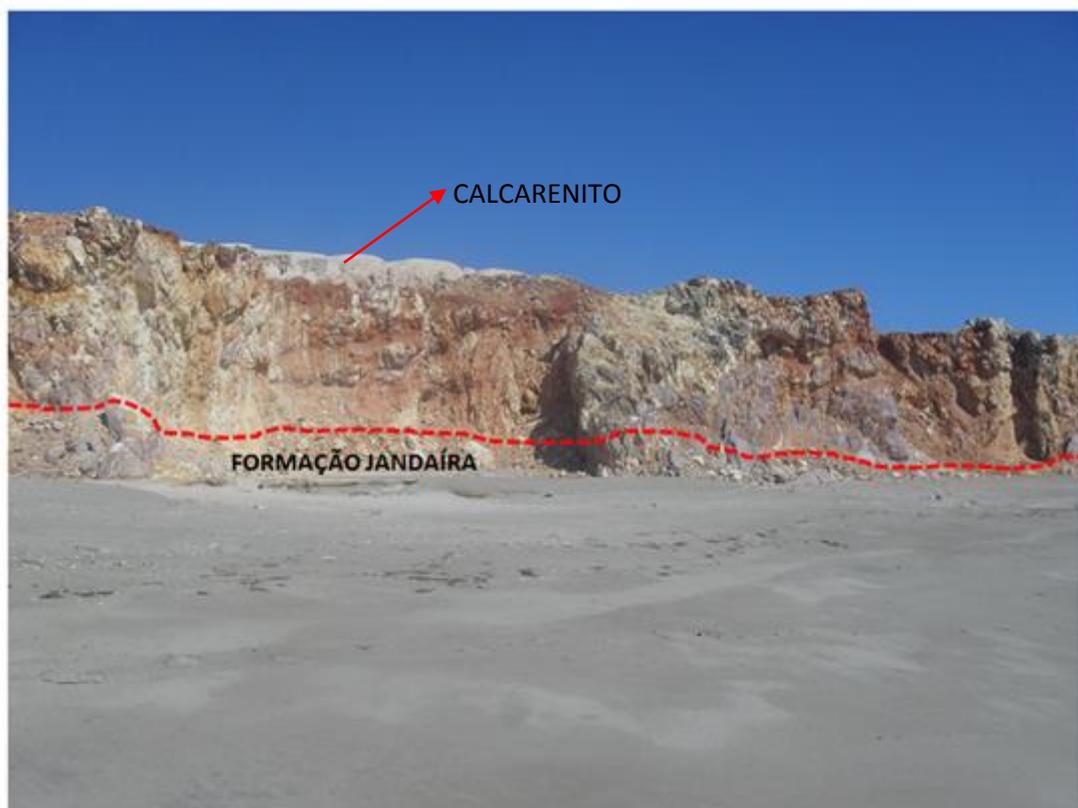


Fonte: O autor.

3. 2. 5. Formação Jandaíra

De acordo com Meireles (1991) a Formação aflora principalmente na região da Praia de Ponta Grossa, fazendo parte das falésias vivas, são calcários de cor creme, compactos, fossilíferos, com acamamentos paralelos distintos. Segundo Souza (1982), esta formação inclui as idades Turoniano e Campaniano Inferior. No calcário Jandaíra estão contidas duas fácies classificadas por *Dunham* (1962), sendo os bioclásticos com bioturbações e bioclásticos maciços (Figura 11).

Figura 11: Formação Jandaíra na base da falésia na Praia de Ponta Grossa



Fonte: o autor

3.2. 6. Campos de Dunas

De acordo com Meireles (1991) foram definidas duas gerações de dunas, associadas diretamente às variações do mar no Holoceno, disponibilidade de sedimentos arenosos para a remobilização eólica, direção e velocidade dos ventos.

A primeira geração de dunas é evidenciada facilmente na região de a Praia de Ponta Grossa, onde se encontram dispostas por cima dos terraços holocênicos, onde também migraram e recobriram parte das falésias mortas, mascarando a sua continuidade em direção ao extremo leste da planície litorânea, onde ocorrem na forma de falésias vivas.

As dunas de segunda geração estão localizadas bordejando a linha de costa, e ocorrem em toda a faixa de praia logo após a linha de berma. Segundo o mesmo autor op. cit. as dunas de primeira geração foram formadas à medida que se processava a regressão subsequente à última transgressão. Com a progradação sucessiva da planície costeira, durante o Holoceno, os ventos remobilizavam os sedimentos para o interior da

planície formada recentemente, com a continuidade da construção dos terraços marinhos as dunas interagem concomitantes ao processo de regressão.

Quando o nível do mar estava nas proximidades das falésias vivas, a remobilização eólica proporcionou a formação de dunas sobre os tabuleiros pré-litoraneos (e.g. *sedimentos continentais da Formação Barreiras*) (Figura 12).

Figura 12: Falésias sendo recobertas pelos campos de dunas na região nas Praias de Ponta Grossa e Redonda em Icapuí.



Fonte. O autor

3.2.7. Terraços marinhos e barreiras arenosas

Os terraços marinhos podem ser identificados em alguns setores da planície costeira de Icapuí, desta forma, na área em estudo, foi possível identificar esta feição na Praia de Ponta Grossa. Segundo Meireles (1991) os terraços marinhos são resultantes do período de transgressão marinha, algo recorrente em Icapuí. Em associação aos terraços podem ser identificadas também as barreiras arenosas que foram formadas paralelas à linha de costa com auxílio dos processos costeiros atuantes na região (e.g.

ventos, ondas, correntes e marés) e o afogamento das praias e dunas durante as variações do nível do mar.

Esta feição é facilmente vista em períodos de maré de sizígia, quando o alcance da maré atinge o máximo na preamar e baixamar, assim, formam-se pequenas lagunas, principalmente nos meses de fevereiro a março quando o swell passa a ter grande influência sobre a dinâmica no local (Figura 13).

Figura 13: Terraços Marinheiros e Barreiras Arenosas na Praia de Ponta Grossa, Icapuí.



Fonte: O autor.

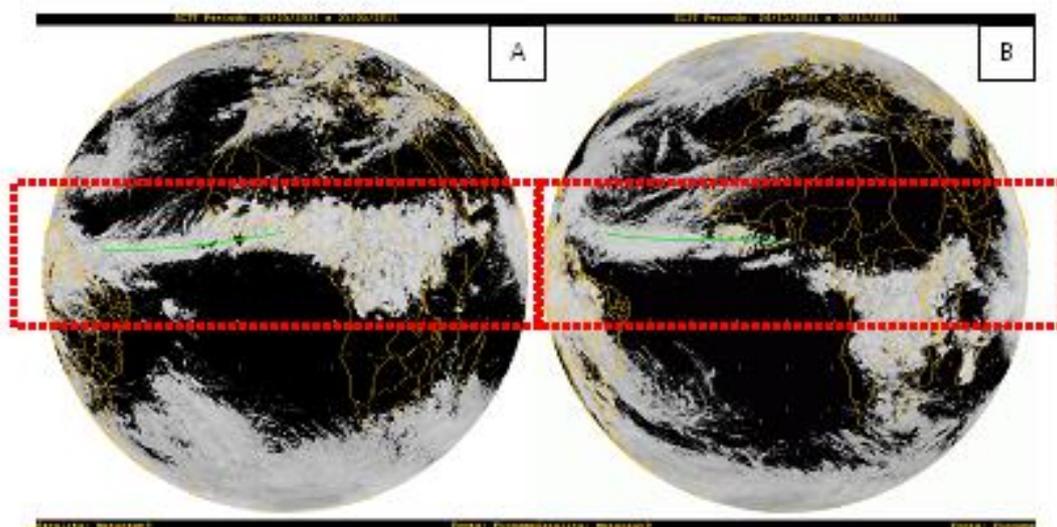
3.3. Aspectos Climatológicos

É de fundamental importância considerar a localização geográfica da área de estudo, por se encontrar em área litorânea os períodos secos passam a serem atenuadas por temperaturas amenas, mudanças sazonais entre as precipitações pluviométricas, velocidades dos ventos e regime de ondas e passam a corroborar na mobilização de sedimentos e outros materiais em ambiente continental e o de plataforma rasa.

Segundo a classificação de *Köppen*, a área em estudo apresenta o tipo climático *Aw'* – Clima Tropical Chuvoso, caracterizado por ser quente e úmido, com chuvas de verão e outono. Este tipo de clima é característico de ambientes litorâneos, como ditos anteriormente, com temperatura média elevada e com amplitude térmica anual inferior a 5°C devido à constância da temperatura. Os regimes de vento na região Nordeste do

Brasil, e em especial na região do município de Icapuí, são regidos por um sistema climático que apresenta variações durante determinados períodos anuais. Essas mudanças ocorrem graças à atuação da Zona de Convergência Intertropical – ZCIT.

Figura 14: Atuação da Zona de Convergência Intertropical - ZCIT. Em A: Posicionamento da ZCIT no mês maio de 2011; Em B: Posicionamento da ZCIT no mês de novembro de 2011.

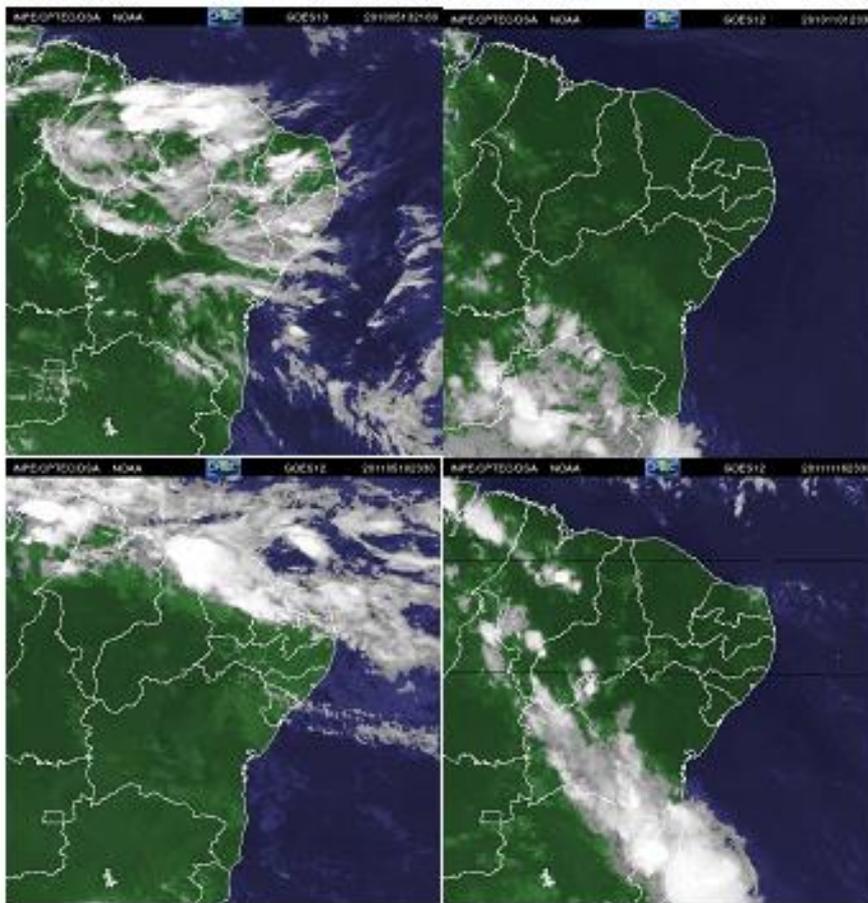


Fonte: **Imagens METEOSAT – FUNCEME 2013.**

A Zona de Convergência Intertropical é uma zona que circunda a Terra nas proximidades da região do equador, região fortemente marcada pela convergência dos ventos alísios de nordeste e sudeste que dão origem a uma intensa nebulosidade e baixa pressão atmosférica (Zanella, 2005). Na região do hemisfério norte, os ventos alísios se movimentam na direção nordeste, enquanto que no hemisfério sul, os ventos alísios vão de sudeste para noroeste, porém, essas direções variam conforme a força de Coriolis, originada pelo movimento de rotação da Terra.

A localização dessa Zona de Convergência Intertropical - ZCIT varia de acordo com as estações do ano, atingindo a sua posição mais ao norte durante o verão no hemisfério norte, e a sua posição mais ao sul durante os meses de março, abril e maio. Segundo Nimer (1989) e Zanella (2005) os ventos alísios de sudeste assumem um caráter mais forte quando a zona migra em direção ao norte, nos meses de agosto e outubro até diminuir a sua intensidade nos meses de março e abril (Figura 15).

Figura 15: Atuação da ZCIT sobre o nordeste brasileiro



Fonte: IMAGENS GOES (*Geostationary Operational Environmental Satellite /NOAA/NASA*) – FUNCEME 2013.

3.3.1. Ventos

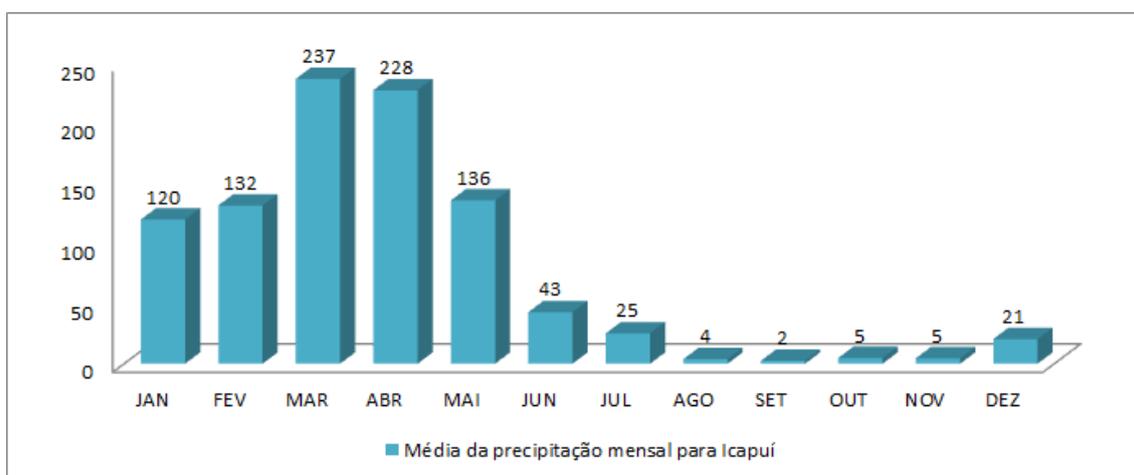
O vento, um dos principais agentes de transporte de material, age como um dos principais fatores na formação e modificação da paisagem e é de fundamental importância para o controle da direção de ondas e correntes na área e questão. Segundo Meireles (2013) há uma predominância nos ventos de SE, ESE, E NE, onde as médias de velocidade atingem os 4,5m/s, as médias costumam alcançar picos de 11m/s nos meses de estiagem, entre agosto e novembro.

Devido à presença da ZCIT no primeiro semestre os ventos passam a predominar na direção NE, enquanto no segundo semestre os ventos passam a predominar de sudeste.

3.3.2. Análise da precipitação na última década para Icapuí

Devido à presença e ação da ZCIT sobre a região, o regime pluviométrico é marcado por uma estação chuvosa que se concentra basicamente entre os meses de fevereiro a maio, a partir de julho a precipitação passa a reduzir drasticamente até meados de novembro conforme mostra a série histórica abaixo e o acúmulo do precipitado para a última década (Gráfico 1).

Gráfico 1: Média do precipitado total de cada mês para a última década



Fonte: Base de dados da FUNCEME 2013.

Desta forma é notório que o primeiro semestre apresenta cerca de 90% da precipitação anual na região em estudo, após este período a ZCIT se desloca para o hemisfério norte e as chuvas sobre a região cessam, iniciando-se um longo período de estiagem que na planície costeira de Icapuí é evidenciado no segundo semestre.

3.4 . Aspectos Oceanográficos

Para um melhor entendimento de como funciona a dinâmica costeira na área em estudo, é necessário examinar os processos físicos que são responsáveis diretamente pela modelagem da morfologia costeira e pela dinâmica sedimentar e marinha (*e.g. ondas, correntes e marés*). Parta tal etapa, foram utilizados os dados de ondas cedidos pelo CPTEC e INPE e dados de marés cedidos pela DHN.

As marés que atuam na área do litoral extremo oeste de Icapuí foram obtidas pela tábua de marés do Porto de Macau no Rio Grande do Norte, pois é onde se encontra o registro mais próximo da área.

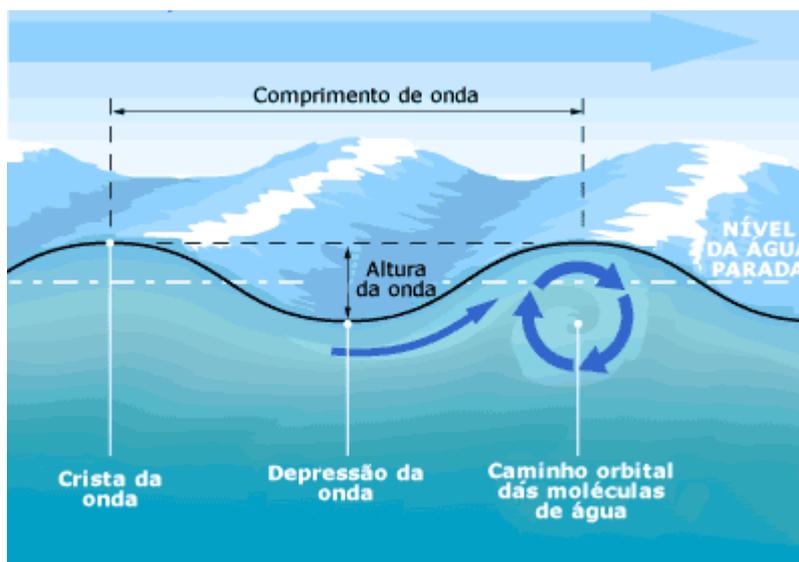
3.4.1. Ondas

A hidrodinâmica existente ao longo da praia, emersa e submersa, é resultante da interação das ondas incidentes, permanentes e aperiódicas e dos fluxos gerados por ondas e marés. Esse movimento gera um atrito sobre os sedimentos dos quais passam a serem carregados em suspensão, causando gradientes espaciais e temporais no seu percurso. Desta forma, à medida que esse processo produz determinadas morfologias, indica que a morfologia e hidrodinâmica evoluem em conjunto (*Wright & Short, 1984*).

Segundo Moura (2009) as ondas constituem-se da forma da superfície da água, ou seja, uma deformação da superfície de um corpo d'água provocada principalmente pela ação do vento e são consideradas o principal fator de modelagem das zonas costeiras, pois ao chegarem à praia dão origem a um movimento resultante chamado corrente longitudinal que realiza o transporte de sedimentos, chamada também de deriva litorânea.

Segundo Morais (1996), as ondas são caracterizadas principalmente pela sua forma, que deriva do vento. A movimentação orbital é originada a partir da atuação de duas forças, a potencial e a cinética. A crista é o ponto mais alto e a depressão o ponto mais baixo. A altura é a distância vertical entre cristas e as depressões e a amplitude mostra a variação da altura, correspondendo metade desta. E por fim, o comprimento é a distância entre duas depressões ou duas cristas e o período é o tempo necessário para duas cristas passem em um ponto, sendo a frequência variável que quantifica o número de cristas ou depressões que passam em um ponto por segundo (Figura 16).

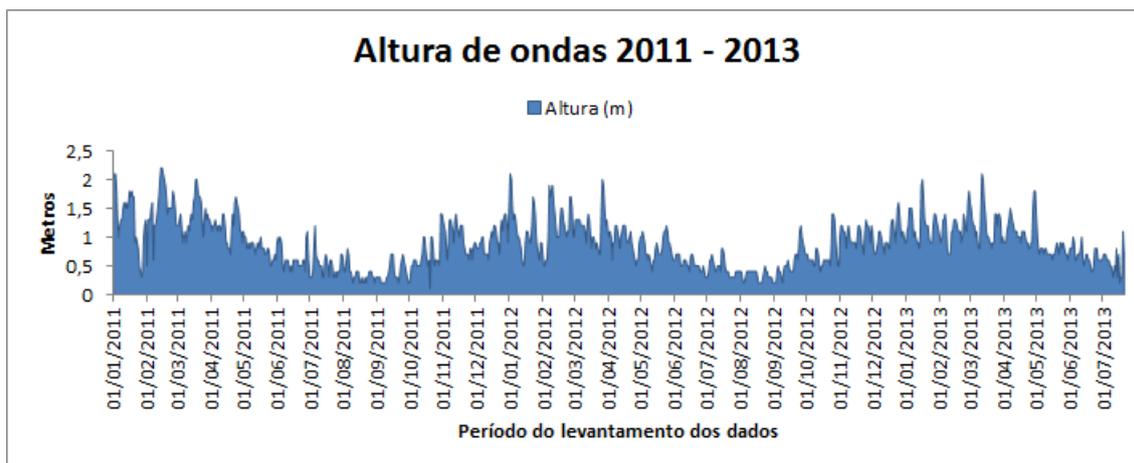
Figura 16: Princípios básicos de uma onda



Fonte: *Howstuffworks*, 2013.

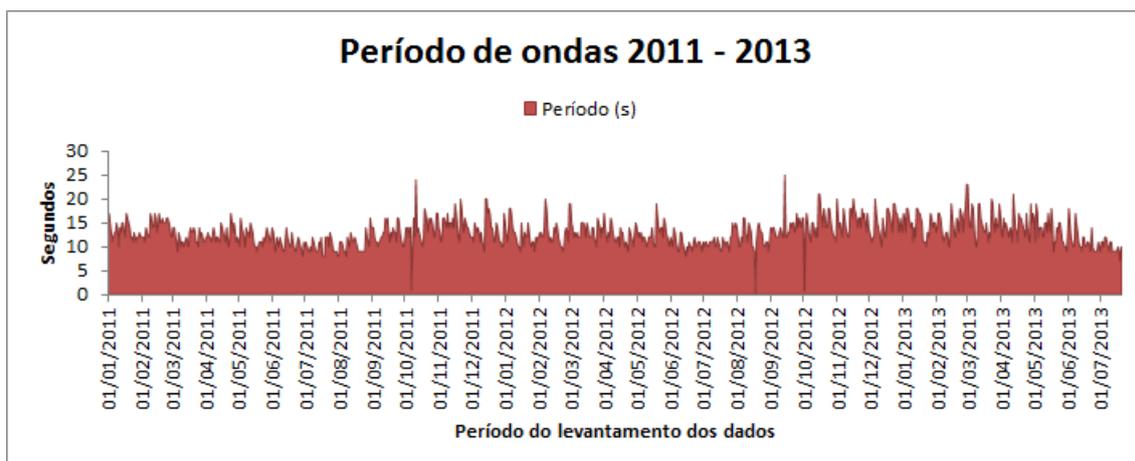
A altura e período de ondas foram analisados entre os anos de 2011 e 2013. O gráfico gerado mostra que as maiores alturas são registradas entre os meses de dezembro a março na região de Icapuí podendo chegar até 2.2 m, isto se explica pela entrada de ondas do tipo *swell* no litoral do Estado, no restante dos meses as alturas variam entre 0,8 m e 1.5 m e os períodos variam entre 9 s e 18 s (Gráficos 2 e 3).

Gráfico 2: Altura de ondas entre os anos de 2011 e 2013.



Fonte: INPE-CPTEC

Gráfico 3: Período de ondas entre os anos de 2011 e 2013



Fonte: INPE-CPTEC

As ondas da área em foco estão direcionadas para NNW, NNE e N no primeiro semestre, de acordo com os dados fornecidos pelo INPE. No segundo semestre direciona-se para NE-E e ENE.

3.4.2. Marés

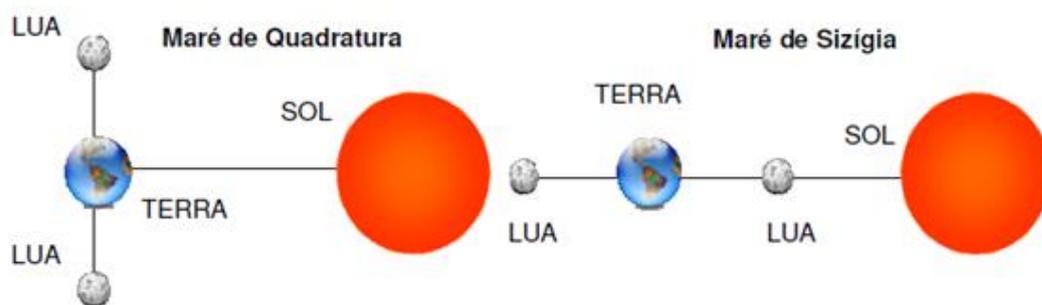
As marés são elementos físicos importantes quando nos referimos ao transporte de sedimentos ao longo da costa e sua variação interfere de forma circunstancial na morfologia do litoral, pois transferem sedimentos entre as zonas de arrebentação, surfe e espraiamento sobre o perfil praiial. (MOURA, 2009).

MORAIS (1996) aponta que as marés podem ser classificadas de acordo com a sua influência, sendo do tipo de maré diurna com regularidade de preamar e baixa-mar em um dia lunar (24h50min), maré Semi-Diurna onde apresenta duas preamares e duas baixa-mares em um dia lunar (24h50min), com diferença entre altura e duração dos ciclos de maré e por fim, maré mista que, também, apresenta duas preamares e duas baixa-mares, porém com significativa diferença na altura e duração do ciclo (Figura x).

A maré tem origem através da influência de forças gravitacionais do sistema Sol-Lua, esse sistema dá origem a dois tipos de maré, as marés de sizígia e marés de quadratura. As marés de sizígia acontecem ocorrem quando as forças dos astros estão alinhados formando uma linha reta, marcado pelas luas Nova e Cheia e as marés de

quadratura ocorrem quando o Sol, a Terra e a Lua formam um ângulo de 90° , assim, a força do Sol é anulada pela força da Lua e ocorrem nas luas crescente e minguante (SOUZA, 2007 e MOURA, 2009) (Figura 17).

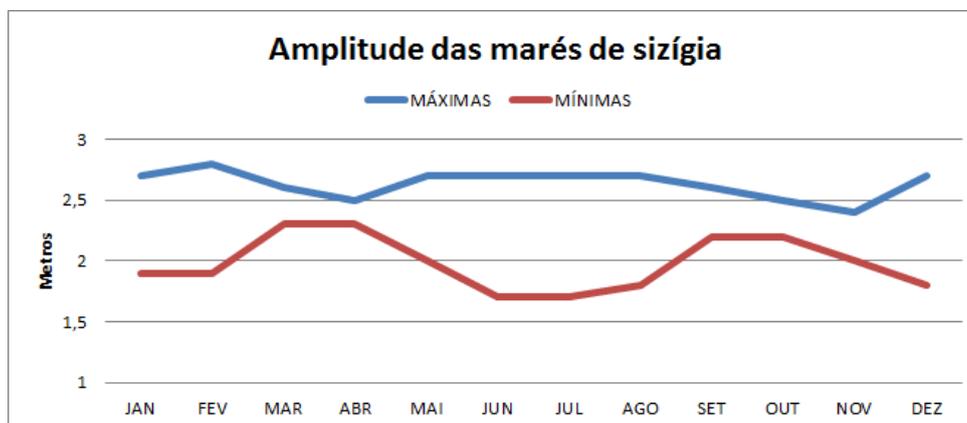
Figura 17: Sistema de formação das marés de quadratura e sizígia.



Fonte: Adaptado de Souza (2007)

As marés no litoral extremo oeste de Icapuí, assim como em todo o Estado, são do tipo Semi-Diurna, com duas preamares e duas baixa-mares em um dia lunar. As amplitudes de maré de sizígia foram analisadas durante o ano de 2013. No primeiro semestre as maiores amplitudes ficaram em torno de 2.5 m e 2.8 m, com destaque para o mês de fevereiro, mês em que foi realizado o campo, onde a amplitude foi a maior registrada em 2013 com 2.8 m. No segundo semestre a média se manteve em 2.7 m. Os valores mínimos apresentaram uma maior oscilação durante o ano, onde o variaram entre 1.8 m e 2.3 m (gráfico 4).

Gráfico 4: Amplitudes máximas e mínimas das marés de sizígia durante o ano de 2013 registradas pelo Porto de Macau/RN.

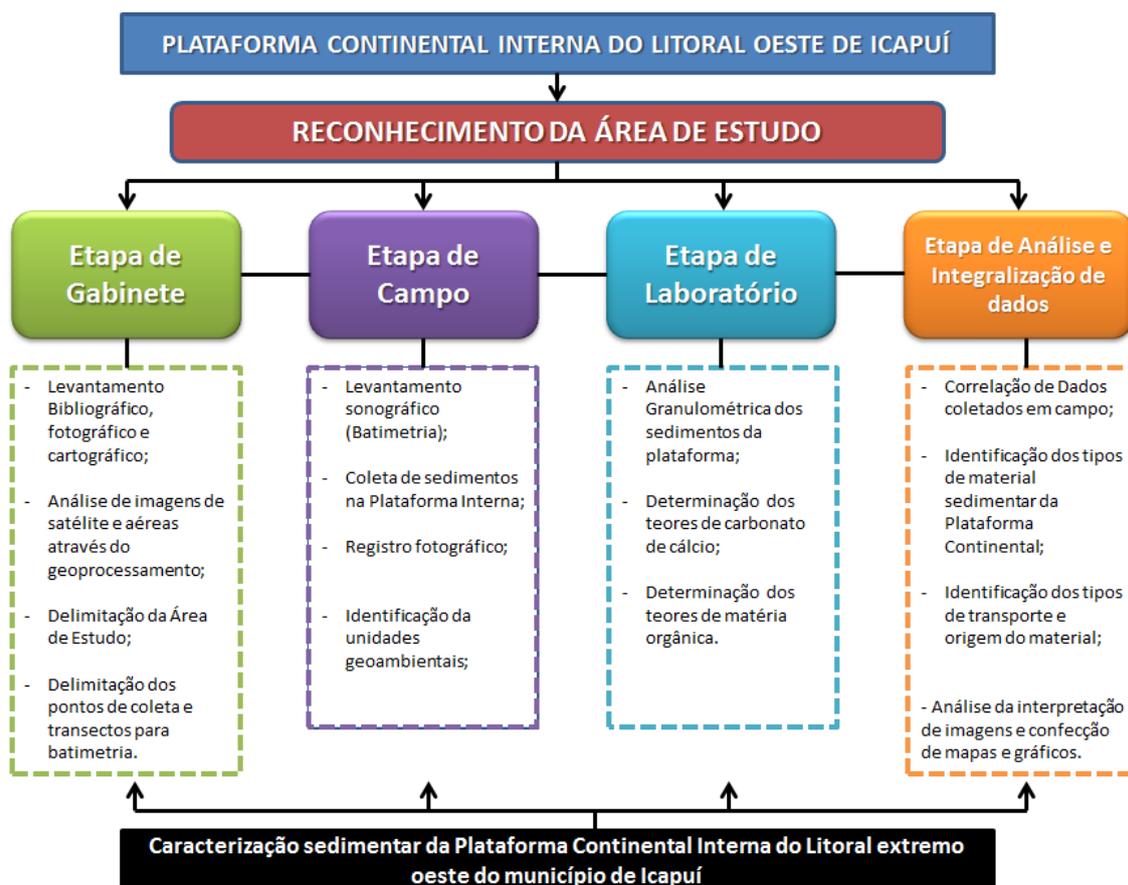


Fonte: DHN, 2013.

CAPÍTULO 4 – MATERIAL E MÉTODOS

Para um melhor ordenamento dos trabalhos realizados para a elaboração desta dissertação foi necessário a dividir as etapas de trabalho, mais precisamente em quatro etapas, são elas: etapa de gabinete, etapa de campo e etapa de laboratório e etapa de análise e interpretação de dados que de forma integrada permitem uma melhor organização dos resultados que serão apresentados (Figura 18).

Figura 18: Fluxograma das etapas de trabalho para a elaboração desta dissertação



4.1. Etapa de gabinete

4.1.1 Levantamento Bibliográfico

A partir de reunião realizada no Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica – LGCO, sede de projeto, ficou acertada a região da Plataforma Continental adjacente ao Município de Icapuí, mais precisamente nas proximidades entre as praias de Retiro Grande e Peroba como área em foco para trabalhos. Então se deu início a busca por material bibliográfico referente à área em enfoque nas bibliotecas

do Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR/UFC e Universidade Estadual do Ceará – UECE, assim como no material disponível online, seja na forma de artigos, monografias, dissertações de mestrado e teses de doutorado. Os demais dados foram disponibilizados através das bases de dados online de órgãos das esferas Estaduais e Federais (SEMACE e FUNCEME) e (CPRM, DNPM, INPE, CNPTEC, DHN e INMET) respectivamente.

4.1.2. Levantamento Cartográfico

O geoprocessamento é um conjunto de atividades de trabalho de conhecimento através da utilização de *softwares* para manipulação digital de informações espaciais com base em um sistema de coordenadas de localização previamente definidas. E são utilizadas nos estudos das ciências marinhas e da terra com objetivo de planejar e prever ações, seja elas de origem antrópica e/ou natural no meio ambiente.

Assim, para a confecção dos mapas apresentados neste trabalho foram adquiridas imagens de satélite *LANDSAT* 2009. A base cartográfica utilizada foi a do Atlas de Recursos Hídricos da Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará (2007). O Limite municipal do Instituto de Pesquisa Econômica do Estado do Ceará (2009).

Foram utilizados os softwares, *ArcGIS* 10 e *QuantumGIS* 1.7.3 para a elaboração dos mapas de localização, pontos de monitoramento, compartimentação, concentração de carbonato de cálcio, matéria orgânica e classificações texturais. Para o modelo batimétrico foi utilizado o *software SURFER* 10.

4.2. Etapa de campo

Foram definidos 69 pontos de amostragem na região da plataforma interna nas proximidades das praias de Retiro Grande e Peroba em Icapuí, a disposição dos pontos de coleta foi dividida em três setores verticais de transectos, um mais próximo da linha de costa, um a 2 km da linha de costa e o último setor há 3 km da linha de costa. E

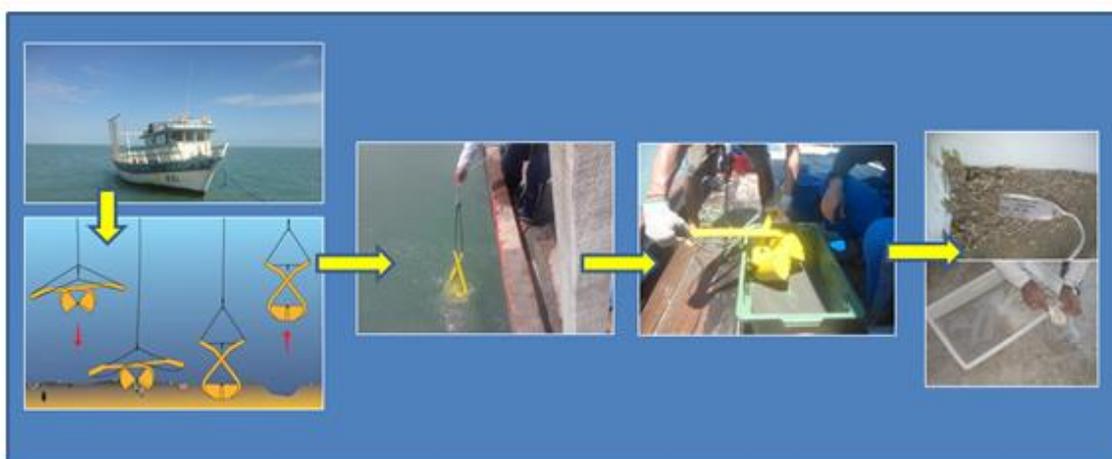
paralelamente a cada 500 metros formam-se 23 perfis de amostragem, o que possibilita um maior escala de detalhamentos, ainda não obtida na região (Figura 19).

Desta forma, foi possível estabelecer o plano que se segue abaixo, que para um melhor planejamento diário das atividades foi dividido em dois eixos principais:

- Levantamento de Dados Geológicos (Amostragem pontual de superfície do Fundo Marinho em 69 pontos georreferenciados, divididos em malha amostral);
- Levantamento de Dados Batimétricos (Uso do ecobatímetro modelo *GPSmap 521s - Garmin*).

Para execução dos trabalhos foi utilizada a Infraestrutura física e de recursos humanos da Universidade Estadual do Ceará, através do Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica – LGCO/UECE e Laboratório de Oceanografia Geológica – LOG/LABOMAR.

Figura 19: Etapa de coleta das amostras



Fonte: O autor.

4.2.1. Levantamento Batimétrico

A Batimetria é o levantamento da profundidade de corpos hídricos, sendo a mesma expressa cartograficamente por curvas isobatimétrica, curvas que unem pontos de mesma profundidade, de forma mais resumida, trata-se de uma técnica para a obtenção de um mapa de profundidade através da análise da topografia do substrato.

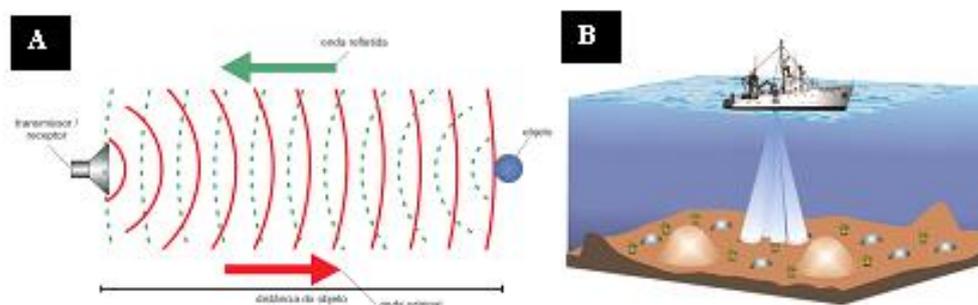
Para a realização de tal feito, é necessário o a utilização equipamentos como GPS e ecobatímetro/ecossonda.

Para a execução do levantamento batimétrico na área da Plataforma Continental Interna foram traçados perfis transversais e longitudinais em consonância com a área de trabalho total. Vale ressaltar que foi necessário definir os limites para o levantamento batimétrico devido ao conhecimento prévio abordado em outros trabalhos sobre a baixa profundidade e presença de rochas submersas o que levou o trabalho a ser feito em maré alta de sizígia para o mês de fevereiro de 2013.

As medidas ecobatimétricas foram realizadas através do uso de *GPS Garmin 521s* do Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica – LGCO/UECE e de um barco do tipo lagosteiro. A aquisição dos dados através do ecobatímetro é realizada em tempo com intervalos de 2,0 segundos para a transmissão de dados. As coordenadas foram capturadas sob o *DATUM WGS84 24M*, os dados foram armazenados em notebook para posterior tratamento.

Segundo Baptista Neto et al. (2004), o sistema que envolve o ecobatímetro e o levantamento batimétrico consiste em uma fonte emissora de sinais acústicos através da presença de um relógio interno que mede o intervalo entre o momento da emissão sinal e intervalo de tempo em que seu eco retorna ao sensor (Figura 20).

Figura 20: Sistema do ecobatímetro (A); Obtenção de dados batimétricos em campo (B).



Fonte: O autor

4.2.2. Tratamento dos dados da batimetria

Terminada a etapa de levantamento em campo é necessário realizar uma filtragem dos dados no *Microsoft Excel* para que qualquer tipo de ruído seja eliminado para que não mascare os resultados obtidos (*e.g. áreas de profundidade inferior ao alcance do sonar, assim como perda do sinal do GPS por grande concentração de nuvens*). Dando continuidade, se faz ainda necessário corrigir os dados em função da variação do nível da maré no instante da coleta do dado pelo ecobatímetro, para tal, utilizou-se da “*regra dos doze avos*”, também conhecida por “*Nível de redução das profundidades*”.

Assim, se faz necessário o registro disponibilizado pela DHN para a altura da maré segundo a Tábua de Maré do Porto de Macau, Rio Grande do Norte, para os dias em que foi realizado o experimento. Então, temos que na primeira hora do levantamento, a altura da maré irá se modificar em 1/12 do valor da amplitude total (preamar menos a baixamar). Na segunda hora do intervalo a altura irá se modificar em 2/12 do valor da amplitude. Na terceira hora a altura irá se modificar em 3/12, assim vale o mesmo para a quarta hora. Porém, na quinta hora a modificação volta para 2/12 e termina na sexta hora quando a mesma se encontra em 1/12 do total. Vale ressaltar que esta regra é válida devido à diferença de 6 horas na variação da maré para a região Nordeste do Brasil.

Para a espacialização dos dados através de um modelo da superfície do fundo da Plataforma Interna em Icapuí, foi utilizado o software *SURFER 10* (64bits), onde foi utilizado o método da interpolação da mínima curvatura, onde os pontos interpolados correspondem aos pontos medidos no trabalho de campo.

4. 3. Etapas de laboratório

4. 3. 1. Tratamento das amostras

As amostras aqui analisadas e cujos resultados serão apresentados no próximo capítulo, fazem parte do banco de dados Sedimentológicos do PRONEX – Núcleo de Excelência em Granulados Marinhos do Estado do Ceará. As coletas foram capitaneadas pelo Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica – LGCO da Universidade Estadual do Ceará – UECE.

As amostras foram previamente tratadas e analisadas quanto à textura granulométrica, quanto ao teor de carbonato de cálcio e matéria orgânica, assim como a análise Morfoscópica em lupa binocular.

As amostras recém-chegadas do trabalho de campo foram armazenadas em ambiente de temperatura controlada. Iniciado o processo de análise granulométrica as mesmas seguiram para uma estufa da marca *Nevoni NV 1.6*. à uma temperatura de 60°C para secagem durante 48h, findada esta primeira etapa as amostras, em temperatura ambiente, seguem para o processo de quarteamento de aproximadamente $\frac{1}{4}$ de todo o material que passará pelas análises realizadas em laboratório. Os $\frac{3}{4}$ restantes são armazenados em sacos plásticos transparentes atóxicos e devidamente etiquetados para caso sejam necessárias análises futuras.

4. 3. 2. Escala granulométrica

A utilização do termo “granulometria” na literatura significa medida do tamanho dos grãos de sedimentos e foi criada através da escala granulométrica para uma melhor descrição de forma a criar uma nomenclatura padrão e uniforme. Os limites adotados para a classificação dos sedimentos também se relacionam com as propriedades físicas dos sedimentos, assim a classe textural pode ser usada na determinação da composição granulométrica dos sedimentos além de ser usada como unidade durante a interpretação dos dados estatísticos.

Cabe ressaltar que durante o processo de análise granulométrica podemos destacar três operações citadas por (Suguio, 1973): primeiramente, se faz necessário obter-se a distribuição granulométrica das partículas de sedimentos; em segundo lugar, as distribuições granulométricas das partículas nas amostras são representadas pelos mais diversos gráficos e diagramas de dispersão, e por último, existem inúmeros parâmetros (*e.g. diâmetro médio, curtose, assimetria e desvio padrão*) que são uma espécie de resumo na descrição dos sedimentos e nas comparações dos sedimentos entre si.

O sistema de escala granulométrica adotado nesta dissertação e amplamente já adotado nos Estados Unidos é chamado escala logarítmica de *Wentworth* (1922), onde o autor examinou os limites de suas classes em termos de propriedades físicas resultantes do transporte dos grãos. Segundo *Wentworth* determinado tipos de classes concordam perfeitamente com limites de distinções entre cargas transportadas em suspensão e por tração (Tabela 1).

Tabela 1: Escala granulométrica de *WENTWORTH* (1922)

ϕ escala	Dimensões (metros)	Dimensões (aprox. em polegadas)	Nome dos agregados (Escala de Wentworth)	Outros nomes
< -8	> 256 mm	> 10.1 in	Rocha	
-6 até -8	64–256 mm	2.5–10.1 in	Seixos	
-5 até -6	32–64 mm	1.26–2.5 in	Cascalho muito grosso	Seixo
-4 até -5	16–32 mm	0.63–1.26 in	Cascalho grosso	Seixo
-3 até -4	8–16 mm	0.31–0.63 in	Cascalho médio	Seixo
-2 até -3	4–8 mm	0.157–0.31 in	Cascalho fino	Seixo
-1 até -2	2–4 mm	0.079–0.157 in	Cascalho muito fino	Grânulo
0 até -1	1–2 mm	0.039–0.079 in	Areia muito grossa	
1 até 0	½–1 mm	0.020–0.039 in	Areia grossa	
2 até 1	¼–½ mm	0.010–0.020 in	Areia média	
3 até 2	125–250 μ m	0.0049–0.010 in	Areia fina	
4 até 3	62.5–125 μ m	0.0025–0.0049 in	Areia muito fina	
8 até 4	3.90625–62.5 μ m	0.00015–0.0025 in	Silte	
> 8	< 3.90625 μ m	< 0.00015 in	Argila	
>10	< 1 μ m	< 0.000039 in	Coloidal	

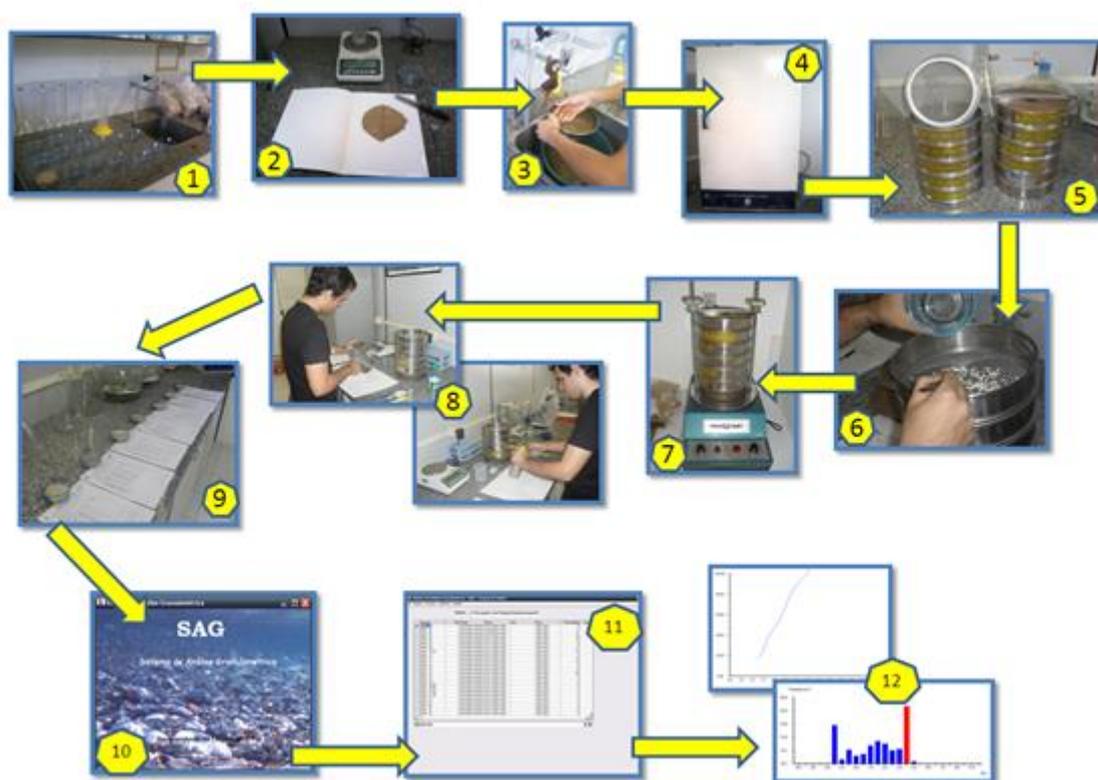
4.3.3. Análise textural – granulometria

Esta etapa das análises em laboratório consiste na identificação das classes texturais dos sedimentos coletados em campo através de dois processos, o peneiramento úmido e o peneiramento mecânico. Inicialmente as amostras já previamente secas em estufa e quarteadas em 100g partem para o peneiramento úmido, o qual tem por objetivo desvincular a fração mais fina da amostra em água corrente através de uma peneira BRONZINOX □ de malha 0,062 mm para separação das frações mais finas (silte e argila) da fração mais grossa (areia fina, areia média, areia grossa e cascalho) e retirada do sal, que impede a floculação do material, sendo a fração mais grossa levada

novamente à estufa *Nevoni NV 1.6* à 60°C para secagem durante 72h, conforme descrito em (Suguo, 1973).

Findada a primeira parte de análise, inicia-se o processo de peneiramento mecânico utilizando-se de um conjunto de peneiras da marca BRONZINOX com malhas de 4,00 mm, 2,83 mm, 2,00 mm, 1,410 mm, 1,00 mm, 0,710 mm, 0,500 mm, 0,354 mm, 0,250 mm, 0,177, 0,125 mm, 0,088 mm, e 0,062 segundo *Wentworth* (1922), respectivamente que são agitadas com ajuda do agitador *Ro-tap Sieve-Shaker*, separando as frações de acordo com sua escala granulométrica determinada por cada malha das peneiras, posteriormente cada fração foi pesada e armazenada em cadinhos para posterior etiquetagem para a análise em lupa binocular. (Figura 21).

Figura 21: Sequência dos processos de análise granulométrica



Fonte: O autor.

4.3.4. Tratamento estatístico

Após o peneiramento, os resultados da pesagem de cada fração são inseridos no programa para análises estatísticas, Sistema de Análise Granulométrica (SAG), desenvolvido pelo Departamento de Geologia e Geofísica Marinha da Universidade Federal Fluminense, localizado na cidade do Rio de Janeiro – RJ, o qual calcula o peso retido em cada fração granulométrica convertendo em porcentagem, possibilita ainda, desenvolver gráficos mostrando histogramas e curvas de frequência através dos parâmetros estatísticos (*e.g. diâmetro médio, curtose, assimetria e desvio padrão*) além da classificação textural segundo o método sugerido por *Folk & Ward (1954)*.

O **diâmetro médio**, também conhecido por média aritmética de um sedimento, envolve o tamanho médio das partículas distribuídas na amostra. Segundo Suguio (1973), este parâmetro reflete a média geral do tamanho de uma população de grãos, que é influenciada pela fonte de suprimento do material sedimentar, pelo processo de sedimentação e pela energia do agente deposicional, portanto, configura-se como o método estatístico mais significativo.

Já a **curtose** representa o grau de agudez dos picos nas curvas de distribuição de frequência, o que indica a dispersão das curvas de distribuição granulométrica. Analisar a curtose de uma população de grãos permite distinguir diferentes graus de energia, assim como determinar o grau de mistura de diferentes populações de um mesmo ambiente sedimentar (Suguio, 1973).

O mesmo autor ainda chama atenção para a **assimetria**, que expressa o grau de afastamento do diâmetro médio da mediana, onde pode assumir valores positivos ou negativos ao se dispersar de um ou do outro lado da média. A assimetria tem papel fundamental na interpretação das distribuições granulométricas de um corpo sedimentar por caracterizar o seu ambiente deposicional (Suguio, 1973).

E por fim, o **desvio padrão** é basicamente usado como medida de dispersão dos grãos, sendo sua análise importante para o grau de seleção de um sedimento em virtude da sua relação com a competência de agentes geológicos na seleção com maior ou menor aptidão de um determinado tamanho de grão (Suguio, 1973).

As características do ponto de vista de distribuição granulométrica dos sedimentos analisados são descritas através das quatro medidas descritas acima, e de forma resumida (*Folk & Ward*, 1954 e *Suguio*, 2003) apontam que a tendência central da distribuição granulométrica é mostrada pelo diâmetro médio, o grau de seleção ou desvio padrão e assimetria indicam as relações entre média e mediana e por fim a curtose descreve o grau de agudez dos picos das curvas de distribuição de frequência.

4.3.5. Teor de carbonato de cálcio (CaCO₃)

Para se determinar o teor de carbonato de cálcio (CaCO₃) das amostras utilizou-se do método do Calcímetro de Bernard 18 (modificado) como visto em (*Lamas et al.* 2005), no qual o teor de carbonato é medido de forma indireta, através do volume de uma solução salina deslocado pelo gás carbônico produzido da reação do ácido clorídrico (HCL) com o carbonato de cálcio (Figura 22 e 23).



Balaceando a reação, devido à instabilidade do ácido carbônico, temos que:



Sendo o gás carbônico desprendido na reação.

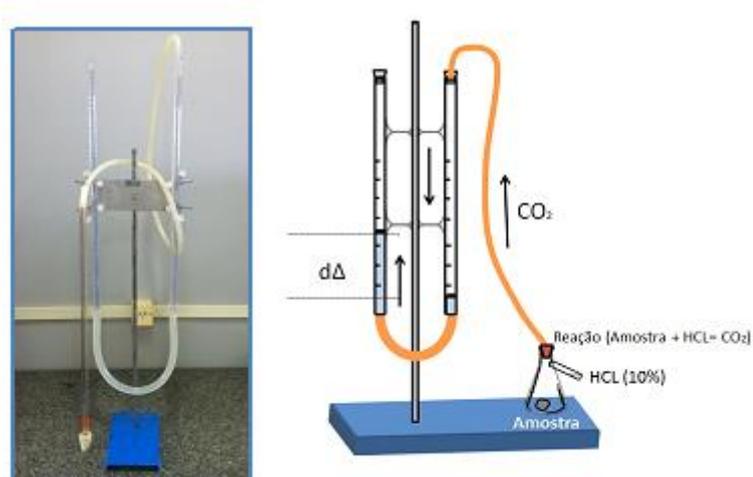
Primeiramente mede-se o volume (Vpadrão) deslocado pela reação salina para uma amostra de concentração conhecida de carbonato de cálcio (Cpadrão). Nas análises realizadas em laboratório foram separadas de 0,500 g de amostra de CaCO₃ a 99% (Cpadrão) sendo elas adicionadas a kitassatos com tubos de ensaio, acoplados a cada kitassato foram adicionados 2,0 ml de HCL, diluído a 10%, com cautela para que não haja o ataque da amostra de forma prematura, no Calcímetro de Bernard acoplou-se cautelosamente o kitassato a uma coluna de água na bureta graduada (100 ml), evitando-se ainda que o HCL atingisse a amostra.

O Nível de água na bureta é zerado, atingindo a marca desejada e de forma cuidadosa entorna-se o kitassato para que o HCL presente no tubo acoplado entre em

contato com a amostra, para que ocorra a reação que produz o gás carbônico que por sua vez desloca a solução salina até atingirmos o valor padrão. Depois de feita a análise de controle com o CaCO_3 a 99%, seguiram-se os experimentos com as amostras de sedimentos de Icapuí, sendo o percentual de carbonato de cálcio medido nas mesmas usando-se uma regra de três simples.

$$\text{C}_{\text{amostra}} (\% \text{CaCO}_3) = (V_{\text{amostra}} \times C_{\text{padrão}}) / V_{\text{padrão}}$$

Figura 22: Em A: Calcímetro de Bernard do Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica – LGCO, Em B: Esquema funcional do Calcímetro de Bernard (modificado).



Fonte: O Autor

Figura 23: Etapas do processo de medição do teor de carbonato de cálcio utilizando o Calcímetro de Bernard (modificado).



Fonte: O autor.

4.3.6. Teor de matéria orgânica

O carbono, principal componente da matéria orgânica, pode ser encontrado no solo em suas duas formas, orgânica e inorgânica. Em regiões de clima úmido, onde há uma intensa lixiviação do solo devido às intensas precipitações locais, o carbono passa a ser mais presente principalmente em sua forma orgânica, diferentemente das regiões de clima tropical semiárido, como a área em questão. Devido à baixa pluviosidade o carbono é mais facilmente encontrado em sua forma inorgânica.

A quantificação da matéria orgânica pode ser feita de duas maneiras indiretas, utilizando-se da combustão por via seca, medindo-se a subsequente perda do material pela calcinação, método “*less of ignition*”, perda por ignição, ou pela extensão da redução de um agente oxidante forte, método conhecido por “titulação” (WALKLEY & BLACK, 1934).

Nesta dissertação optou-se por se utilizar pelos dois métodos para uma melhor averiguação dos dados obtidos e comparação dos métodos, culminando com a escolha daquele que se faz mais conciso mediante os objetivos já citados anteriormente. A forma com que cada um foi realizado será detalhada nos próximos parágrafos.

4.3.7. Matéria orgânica (POR CALCINAÇÃO)

A quantificação da matéria orgânica presente nas amostras coletadas foi realizada no Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica – LGCO, da UECE. A metodologia usada para a Matéria Orgânica baseia-se na calcificação “*Loss of Ignition*” (adaptação de Davis, 1974). A Calcificação emprega a gravimetria como meio de determinar a matéria orgânica presente nas amostras de sedimentos.

Primeiramente pesaram-se os cadinhos de porcelana vazios com o auxílio de uma balança eletrônica de precisão da marca *Bioprecisa*, para que haja um controle quanto ao peso dos mesmos, posterior a isso se adiciona 2g dos sedimentos coletados aos cadinhos anotando-se novamente o peso dos cadinhos de porcelana com sedimentos.

Passado o processo de pesagem inicia-se a próxima fase da análise aonde as amostras serão incineradas em forno mufla da marca *Quimis LTDA*, com capacidade para 21 amostras, à 450°C por duas horas, neste processo a matéria orgânica presente na amostra será queimada restando somente no cadinho o correspondente a matéria siliciclástica que não foi queimada durante o processo

Findada a etapa de incineração, pode-se pesar o restante do material que não foi queimado obtendo a relação:

$$P(cs) - P(f) = Q(s2)$$

Onde: P(cs), corresponde ao peso do cadinho com sedimentos; P(f), corresponde ao peso do cadinho que foi queimado e Q(s2), corresponde ao que sobrou da etapa de incineração.

A obtenção do teor de matéria orgânica das amostras foi medida usando-se uma regra de três simples:

$$M.O(\%) = (Q(s2) \cdot 100) / Q(s1)$$

Onde: M.O, corresponde ao percentual de matéria orgânica das amostras; Q(s2), corresponde à diferença ente P(cs) - P(f), e Q(s1), corresponde à quantidade de sedimentos colocados inicialmente nos cadinhos (Figura 24).

Figura 24: Processo de medição do teor de matéria orgânica utilizando a metodologia da calcinação



Fonte: O autor.

4. 3. 8. Matéria orgânica (*POR TITULAÇÃO*)

A técnica da titulação é usada para determinar a concentração de um de reagente conhecido através da reação completa de um volume de uma amostra com um volume determinado de um reagente de natureza e concentração conhecida, o chamado padrão. Este método, diferentemente do anterior já supracitado, permitiu determinar os teores de matéria orgânica e de seu principal constituinte, o carbono orgânico. Sendo todo o processo feito através métodos químicos (Figura 25).

O método criado por (*Walkley & Black, 1934*) e adaptado por (*Frattini & Kalckmann, 1967*) quando estavam estudando a oxidação de solos no Rio Grande do Sul consiste na oxidação da matéria orgânica presente nos sedimentos com solução de dicromato de potássio em presença de ácido sulfúrico, utilizando como catalisador da

oxirredução o calor despreendido na diluição do ácido sulfúrico e titulação do excesso de dicromato com sulfato ferroso amoniacal.

O procedimento inicia-se com a transferência de 1g de sedimentos para um erlenmeyer de 500 ml, onde serão adicionados 10ml de dicromato de potássio com o auxílio de uma bureta graduada e imediatamente seguido de 20ml de ácido sulfúrico concentrado e agita-se a mistura de forma cuidadosa para que os sedimentos não fiquem aderidos à parede do frasco.

Passados 30 minutos de descanso, são adicionados 200 ml de água destilada, 10 ml de ácido Ortofosfórico concentrado e oito gotas de Difenilamina a 1%. A titulação é feita com a solução de sulfato ferroso amoniacal 0.5N, até que a mistura presente dentro do frasco torne-se de azul para verde.

O mesmo procedimento é adotado com 10 ml da solução de dicromato para fins de se obter o título da solução de sulfato ferroso amoniacal, ou seja, o valor padrão.

Assim, acha-se o fator: $f = \text{meq } K_2Cr_2O_7 / \text{meq sulfato ferroso amoniacal} = 10 \times 1/V_1 \times 0,5$

Onde: V1: volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação.

Para amostras com alto teor de matéria orgânica (usualmente identificadas pela coloração escura), pesar menor quantidade de solo, tendo o cuidado de moê-las.

Cálculo:

$$\%C = (10 - V_2 \times f \times 0,5) \times 0,4/p$$

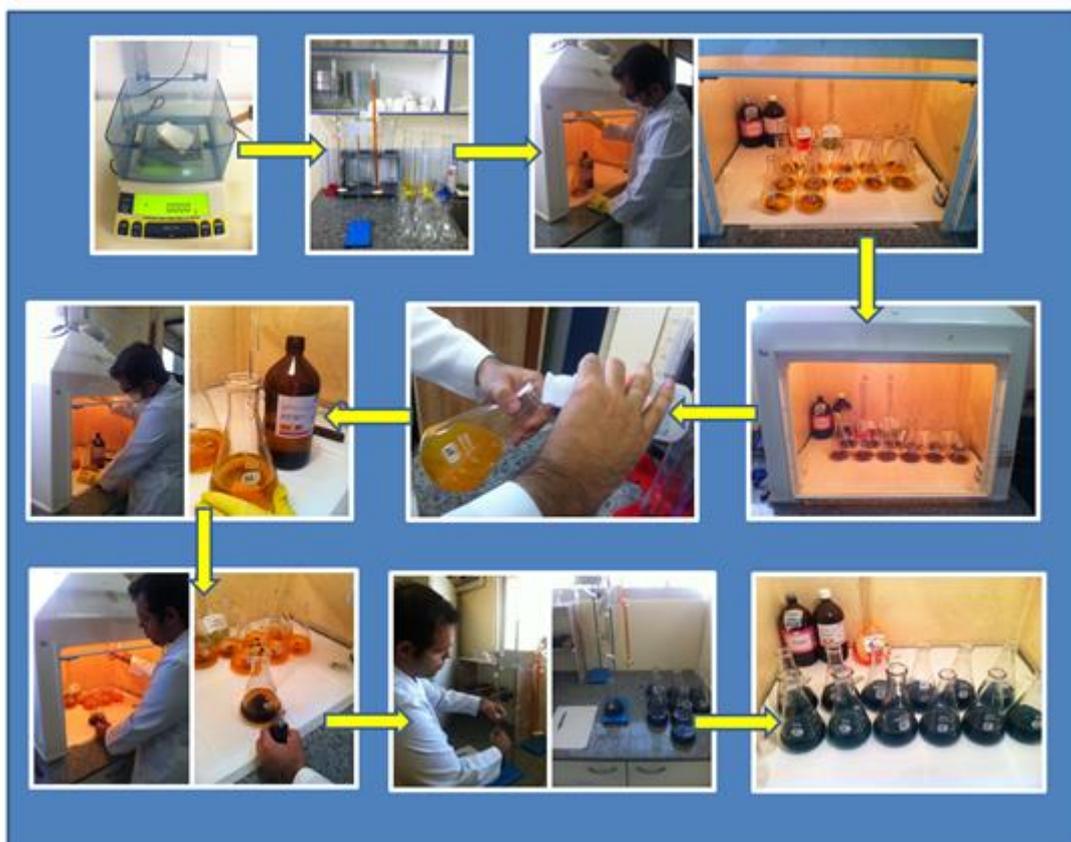
Onde: V2: volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da amostra;

p: peso da amostra.

$$\%C = (10 - V_2 \times f \times 0,5) \times 0,4/p$$

$$\% \text{ M.O.} = \% C \times 1,725 C$$

Figura 25: Processo de medição do teor de matéria orgânica utilizando a metodologia da titulação.



Fonte: O autor

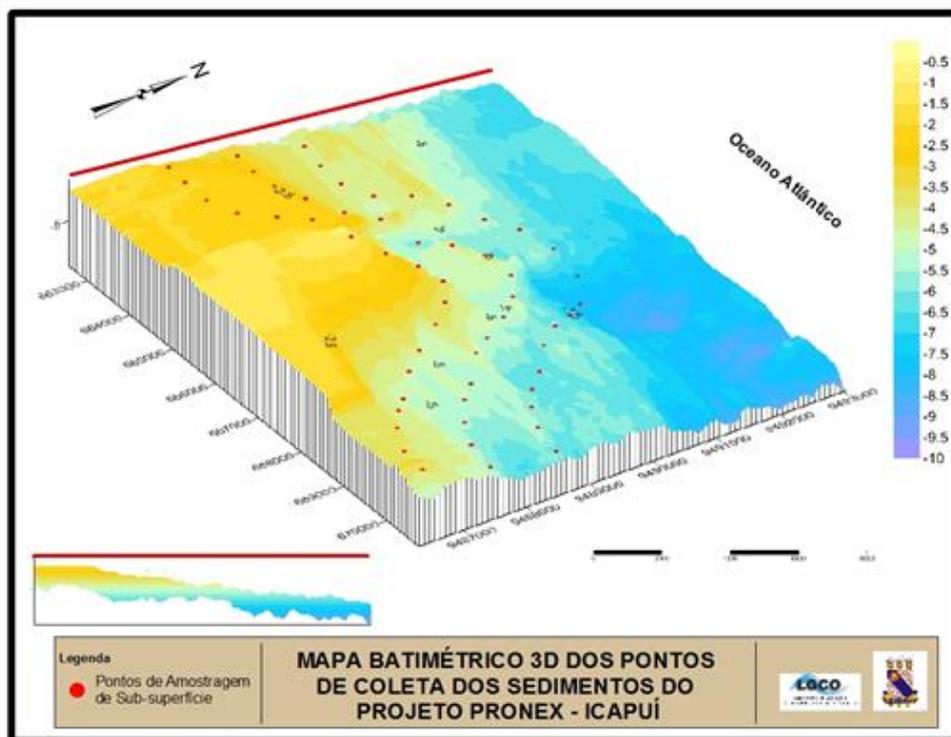
CAPÍTULO 5 – DISCUSSÃO E RESULTADOS

5.1. Análise das formas de fundo da plataforma continental interna do litoral extremo oeste de Icapuí

A morfologia da plataforma continental interna na região em estudo foi mapeada através de um levantamento utilizando-se de um ecobatímetro conforme explicado em capítulos anteriores. Os trabalhos se deram até a isóbata de 10 m abrangendo a área submersa que compreende as praias de Retiro Grande e Peroba por meio de perfis transversais e longitudinais traçados na etapa de organização da expedição.

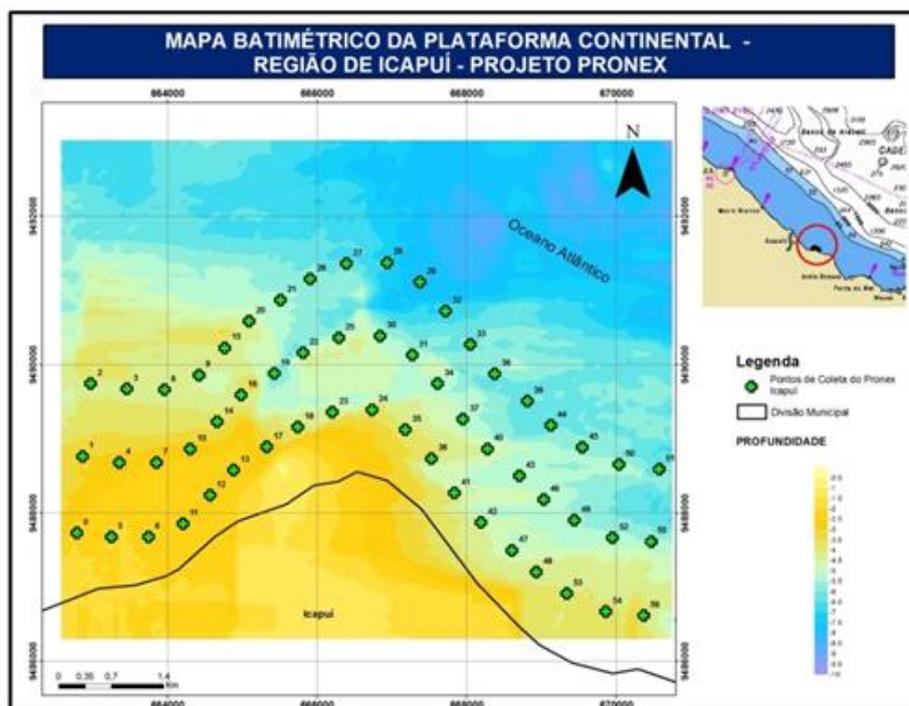
O modelo batimétrico gerado após tratamento dos dados obtido em campo mostrou uma plataforma relativamente plana que se faz presente até uma distância considerável da linha de costa e apresenta um relevo bastante acidentado, principalmente no setor que compreende as praias de Retiro Grande e Ponta Grossa (Mapa 04 e 05).

Mapa 4: Modelo 3D batimétrico da Plataforma Continental interna do extremo oeste de Icapuí, Ceará.



Fonte: O autor.

Mapa 5: Mapa batimétrico da plataforma continental do litoral extremo oeste de Icapuí



Fonte: O autor.

Nesta área também foi possível identificar a presença de um canal nas proximidades da praia de Ponta Grossa, com uma profundidade de que varia de -5 m a -7 m, conforme mostra a Figura 27, este canal pode ser resultante de um sistema de falhas existentes na área e que possuem a sua origem ligada à separação entre o continente Sul-Americano e Africano e a própria gênese da Bacia Potiguar (Figura 26).

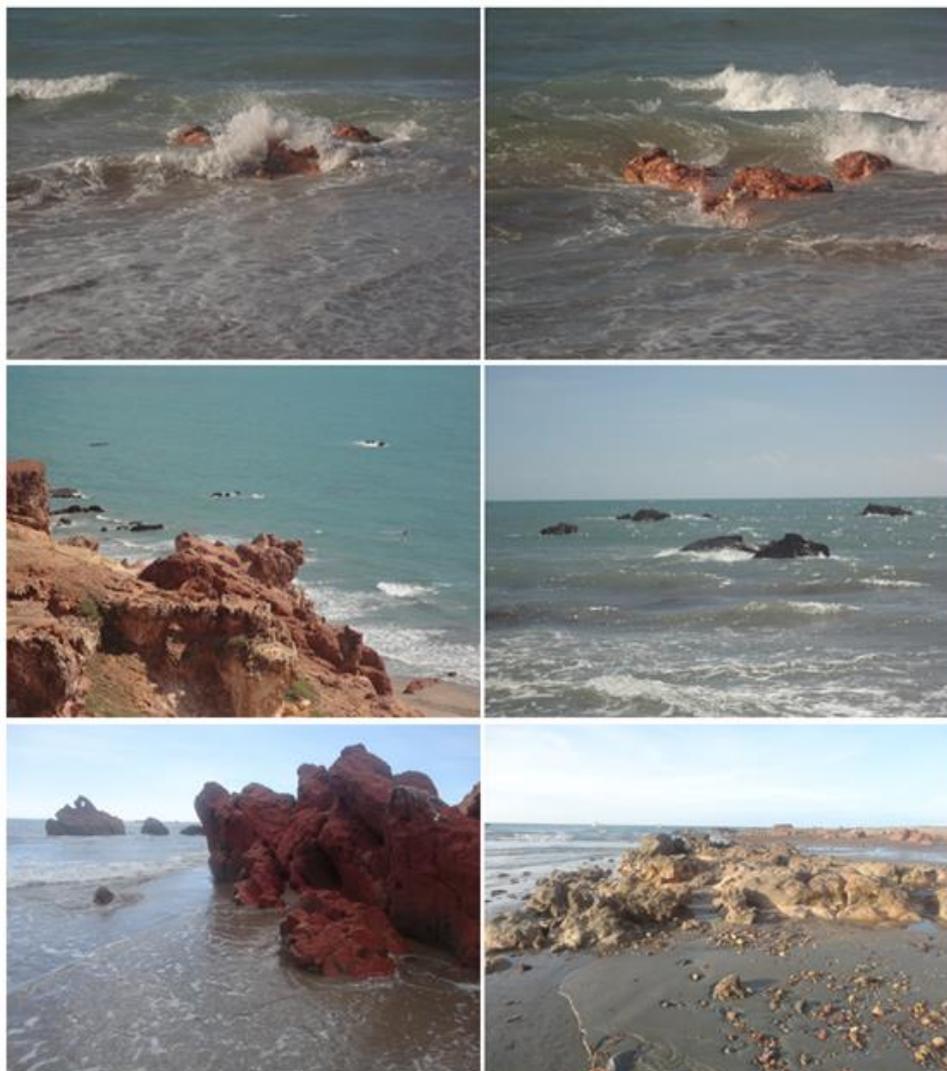
Figura 26: Disposição de falhas geológicas no litoral extremo oeste de Icapuí.



Fonte: Adaptado de Sousa, 2003.

É notória a presença constante de afloramentos rochosos na área, afloramentos estes que estão relacionados às antigas linhas de costa e falésias que resistiram as regressões e transgressões marinhas e aos processos costeiros atuantes na área. Segundo Oliveira (2009) pode ser identificada a presença de feições semelhantes nas cotas de -30 m e na cota de -40 m. Tabosa (2002), Lima (2006), Santos et al. (2007) e Oliveira (2012) identificaram linhas de *beachrocks* que seguem em direção ao Rio Grande do Norte. Estes afloramentos rochosos também são encontrados em pontos isolados ao longo da Plataforma, conforme é possível notar no mosaico de fotos abaixo (Figura 27).

Figura 27: Afloramentos rochosos na faixa de praia e início da plataforma continental interna na praia de Ponta Grossa, Icapuí.



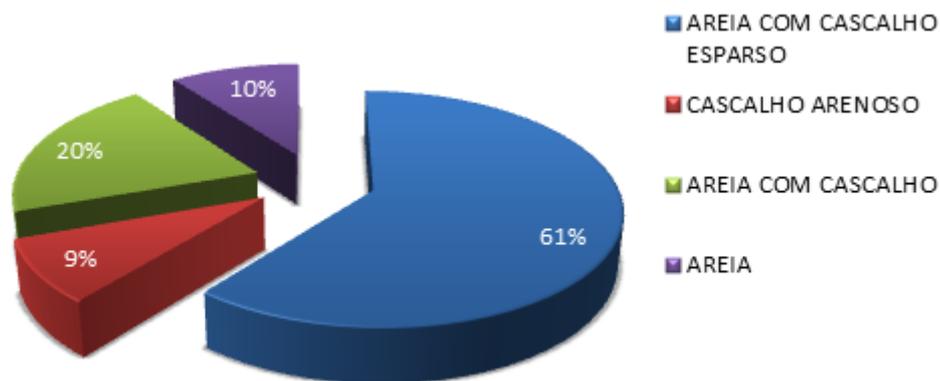
Fonte: O autor

5.2. Análise sedimentológicas das amostras de fundo da plataforma continental interna do litoral extremo oeste de Icapuí

As análises granulométricas apontaram a presença e quantificaram as frações: areia com cascalho esparsos, cascalho arenoso, areia com cascalho e areia. Não foi identificada a fração lama (silte + argila) nas amostras coletadas. O predomínio da classe textural areia com cascalho esparsos é notório ao longo de toda a área da plataforma interna do litoral extremo oeste de Icapuí, cerca de 60%, esses sedimentos encontram-se juntamente com fragmentos de rochas submersas resultantes de antigas linhas de

falésias que podiam ser vistas ao longo do litoral e com o passar do tempo foram sendo recobertas por camadas de sedimentos de frações mais finas (Gráfico 5).

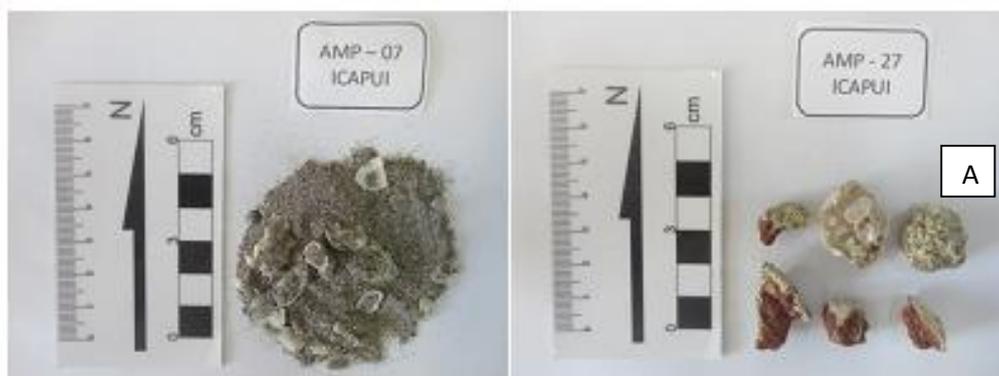
Gráfico 5: Diagrama mostrando os teores de ocorrência das classes granulométricas nas amostras de sedimentos coletadas na plataforma interna do litoral extremo oeste de Icapuí



Fonte: O autor

Os cascalhos arenosos podem ser encontrados de forma pontuais em algumas amostras coletadas na área da Praia de Retiro Grande, na faixa mais próxima a linha de costa, provavelmente este material tem origem em falésias ativas na área e que acaba sendo carregado até o ambiente de plataforma e em áreas mais distantes da costa, já no limite da plataforma interna (Figura 28). O Material classificado como areia pode ser facilmente encontrado na porção leste da área em estudo, Praias de Redonda e Peroba, área esta que possui os trechos com falésias inativas e alguns campos de dunas que podem de certa forma, suprir a dinâmica sedimentar com esse material que é transportado para outras áreas a oeste da área (Figura 29) (Mapa 06).

Figura 28: Amostra 07 (Bruta), classificada como cascalho arenoso; Amostra 27, presença de fragmentos da Formação Barreiras sendo capeada por concreção carbonática (A).



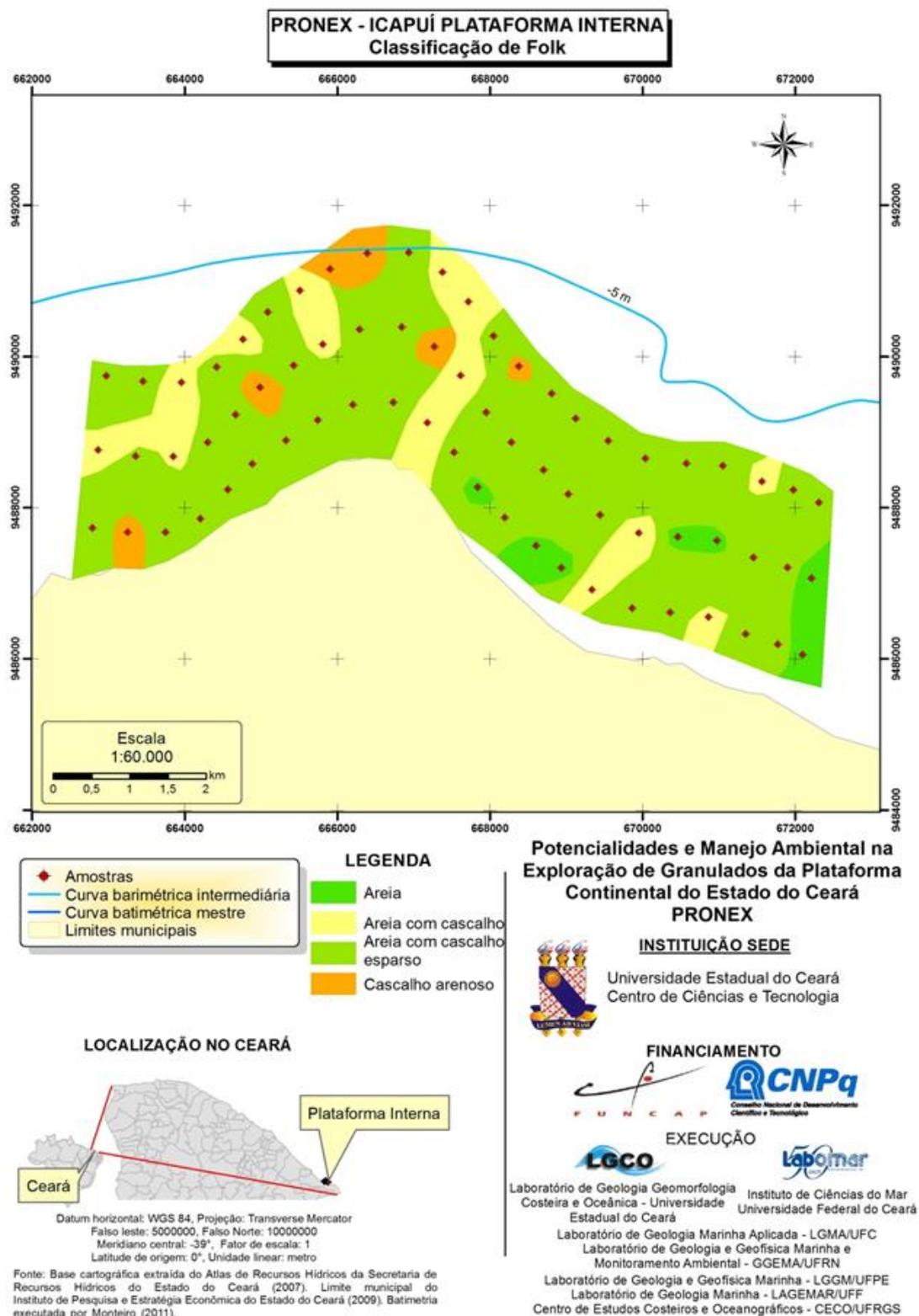
Fonte: O autor

Figura 29: Amostras 49 e 54, classificadas como areia, coletadas nas proximidades das Praias de Redonda e Peroba.



Fonte: O autor

Mapa 6: Mapa da distribuição dos sedimentos coletados na plataforma do litoral extremo oeste do município de Icapuí segundo a Classificação de Folk (1957).



Fonte: PRONEX (2013)

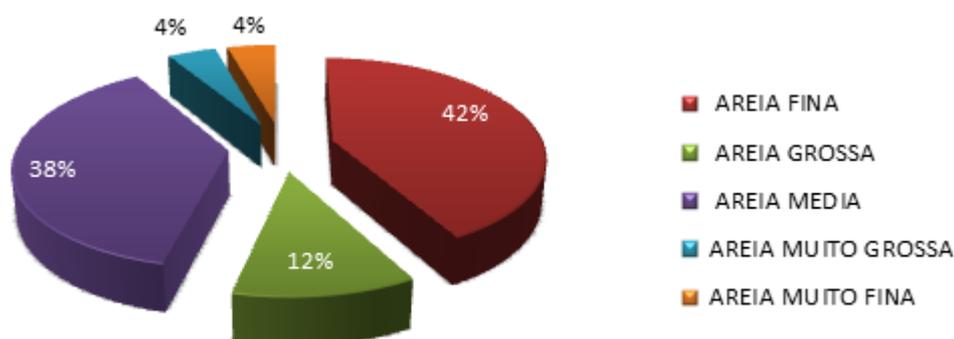
5.3. Parâmetros estatísticos obtidos com os resultados das análises granulométricas das amostras de sedimentos de fundo da plataforma continental interna do litoral extremo oeste de Icapuí

A análise dos parâmetros estatísticos foi baseada na classificação proposta por Folk & Ward (1957). A seguir serão descritos de forma sequencial os quatro parâmetros estatísticos analisados. A junção desses parâmetros proporcionou uma maior aproximação do entendimento da dinâmica que envolve o transporte de sedimentos no local de coleta. Para NETTO, (1980) a observação dos sedimentos nos seus ambientes naturais mostrou que os grãos de arenito preservados no registro geológico representam uma amostra de material transportado por três processos independentes: a) grãos maiores, transportados por tração ou arrasto; b) grãos de tamanhos intermediários, transportados por saltação em meio fluido; c) grãos menores, transportados em suspensão.

5.3.1. Diâmetro médio

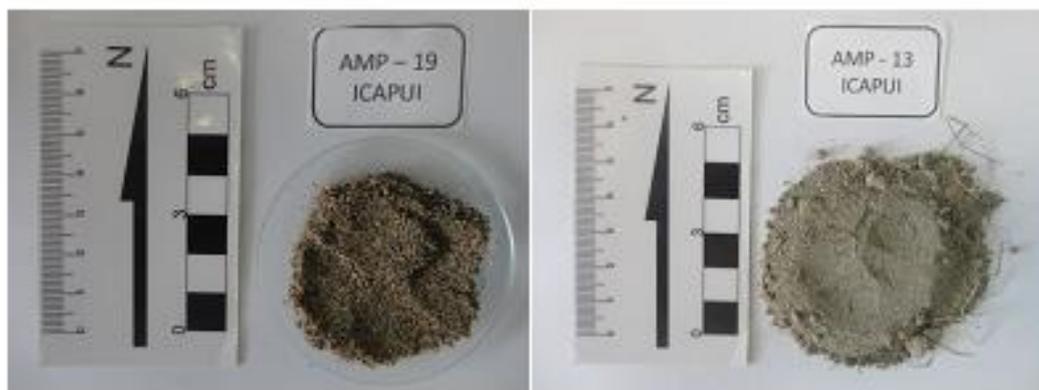
As areias finas e médias são predominantes, ocorrendo em 42% e 38% das amostras coletadas, seguidas de areias grossas, 12%, areias muito grossas e areias muito finas, cada uma com 4% (Gráfico 6) (Figura 30).

Gráfico 6: Diagrama mostrando os teores de ocorrência do diâmetro médio da fração arenosa nas amostras de sedimentos coletadas na plataforma interna do litoral extremo oeste de Icapuí.



Fonte: O autor

Figura 30: Amostra 19, classificada como areia média, coletada nas proximidades da Praia de Ponta Grossa; Amostra 13, classificada como areia fina, coletada entre as Praia de Retiro Grande e Ponta Grossa.



Fonte: O autor

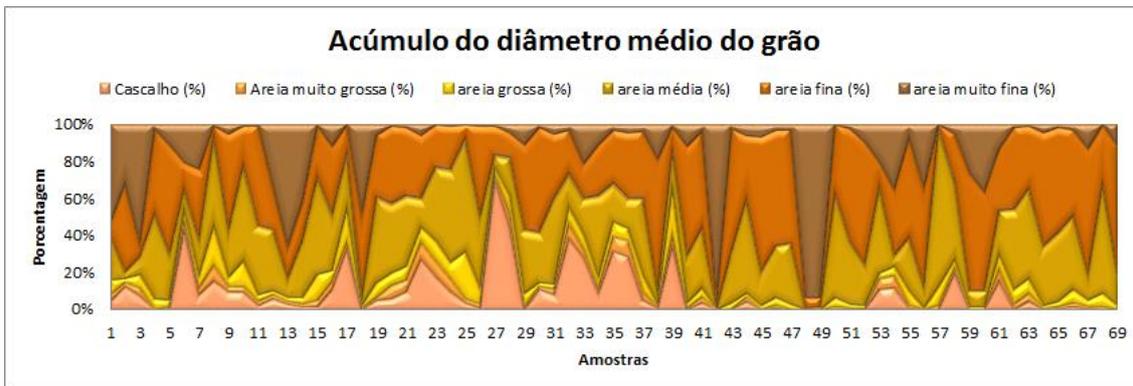
Nas proximidades da Praia de Retiro Grande as areias finas se encontram em maior proporção, os pontos 6 e 8 apresentam como composição principal areias mais grossas com a presença de cascalhos associados, a areia média passa a predominar em maior número em profundidades maiores neste setor.

Na área que corresponde à Praia de Ponta Grossa as areias finas se fazem presente na porção oeste da plataforma, dando continuidade à composição da área de Praia de Retiro Grande. Na área ao norte e leste de Ponta Grossa as areias médias passam a prevalecer sobre as demais frações, neste setor são encontradas as maiores presenças de areias grossas e cascalhos, essas areias grosseiras são encontradas principalmente no entorno de formações rochosas submersas entre os pontos 18 e 37.

A plataforma interna na área que corresponde a Praia de Redonda é basicamente formada por um misto de areias médias, finas e muito finas na porção mais rasa próxima à costa, nas áreas mais afastadas a areia fina passa a ser predominante neste setor.

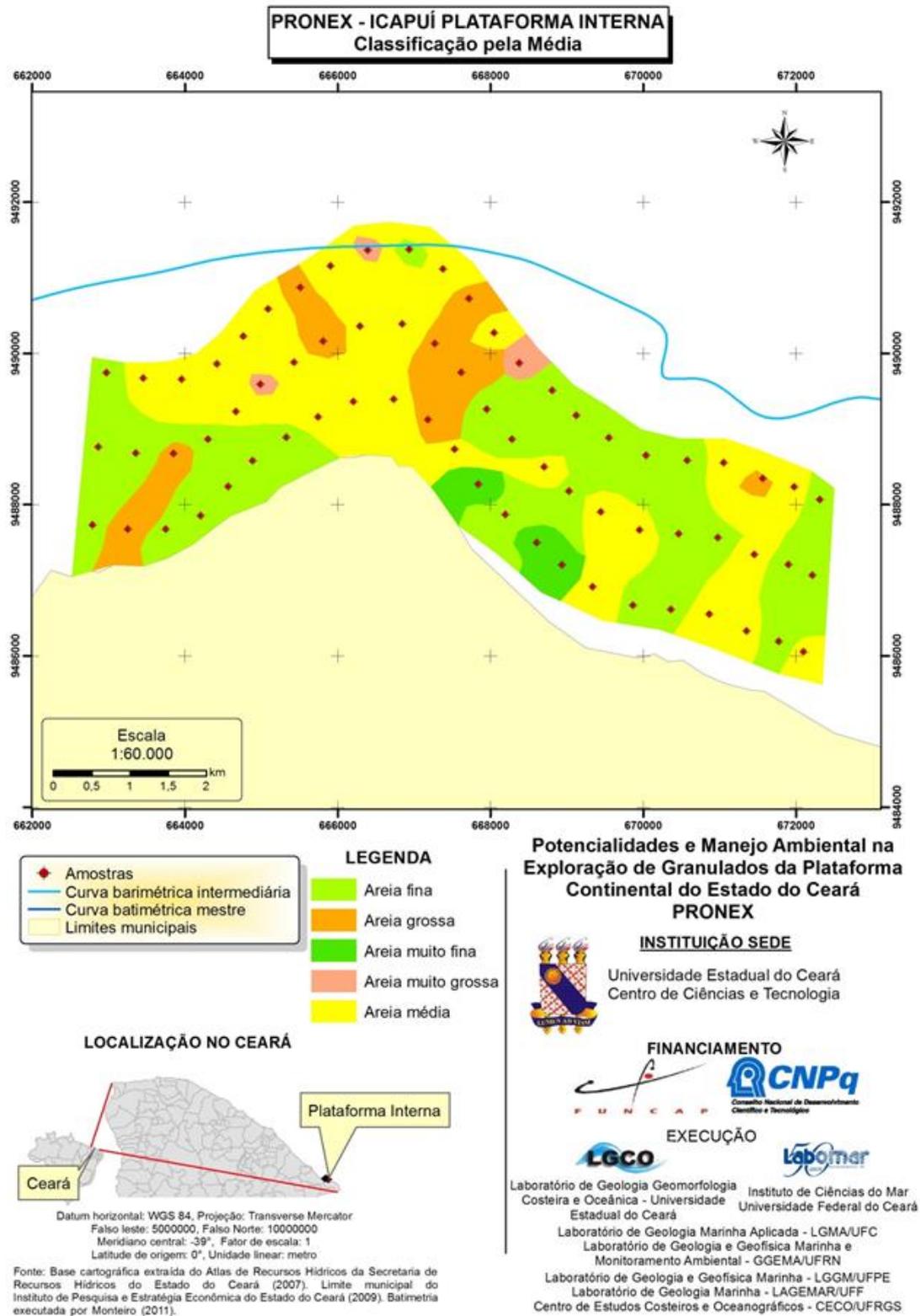
E por fim, na plataforma interna adjacente a Praia de Peroba, temos as areias médias na faixa mais próxima costa a oeste e areias finas a leste, esse material mais fino é consequência da presença de falésias ativas nesta área (Gráfico 7) (Mapa 7)

Gráfico 7: Acúmulo do diâmetro médio da fração arenosa nas amostras de sedimentos coletadas na plataforma interna do litoral extremo oeste de Icapuí.



Fonte: O autor

Mapa 7: Mapa da distribuição dos sedimentos coletados na plataforma do litoral extremo oeste do município de Icapuí segundo o diâmetro médio do grão.



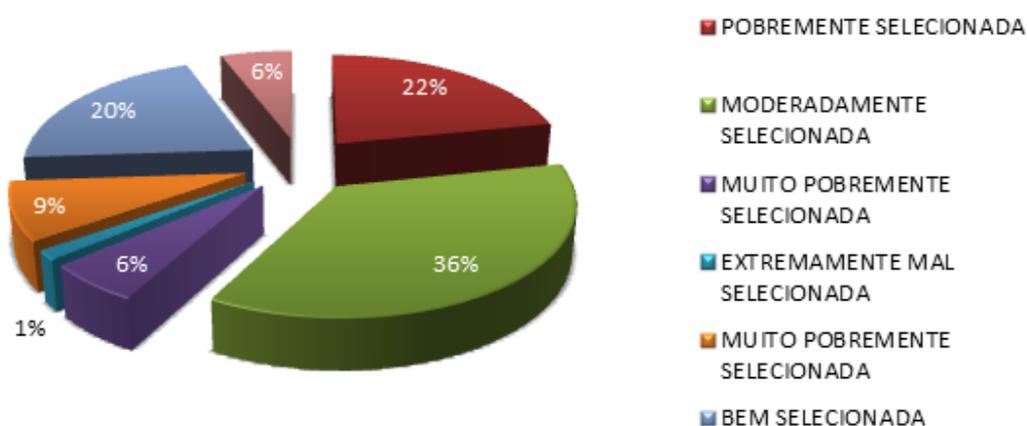
Fonte: PRONEX, 2013

5.3.2. Grau de seleção

O grau de seleção indica o agrupamento das partículas em torno da média do tamanho do grão, ou seja, pode-se através dele indicar o grau de calibração do sedimento. Quando temos valores do desvio padrão maiores que 1.0 a curva se apresenta mais dispersa em relação a curva normal, gerando sedimentos pobremente selecionados, todavia, desvio padrões menores que 0.5 terão curvas menos dispersas que a normal resultando em sedimentos bem selecionados.

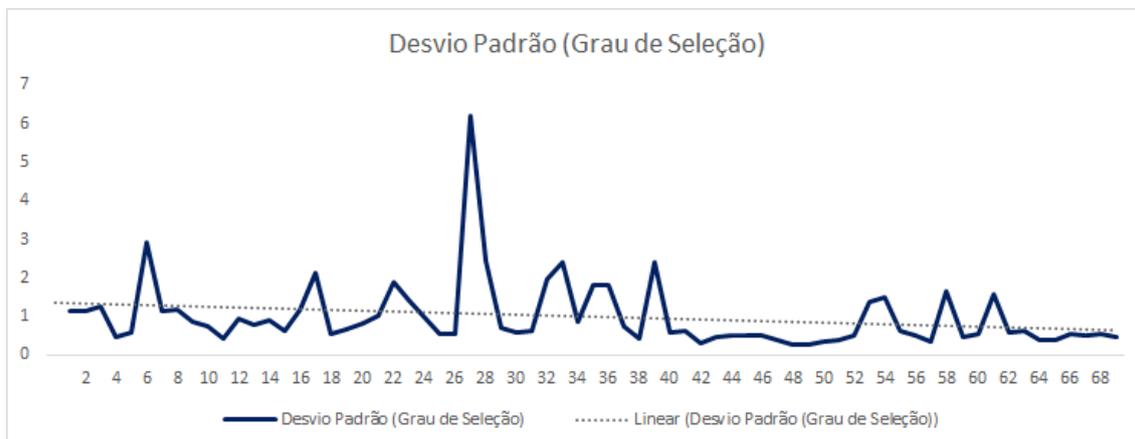
Segundo Suguio (1973) e Tucker (1981), os valores relacionados ao desvio padrão podem sugerir o grau de maturidade textural de um depósito, a energia da bacia de acumulação e a ocorrência de misturas. Neste caso, a seleção dos sedimentos depende, até certo ponto, da granulometria do material, sendo melhor nos sedimentos com média granulométrica 2ϕ e 3ϕ , do que naqueles mais grosseiros ou mais finos. A partir dos dados que foram obtidos, foi possível identificar uma predominância dos sedimentos moderadamente selecionados, 36% das amostras. Os classificados como pobremente selecionados corresponderam a 22% das amostras. Foi possível identificar os dois extremos, areias muito bem selecionadas, em 6% das amostras, e muito pobremente selecionadas em 14% das amostras (Gráfico 8 e 9).

Gráfico 8: Diagrama mostrando os teores de ocorrência do grau de seleção da fração arenosa nas amostras de sedimentos coletadas na plataforma interna do litoral extremo oeste de Icapuí.



Fonte: O autor

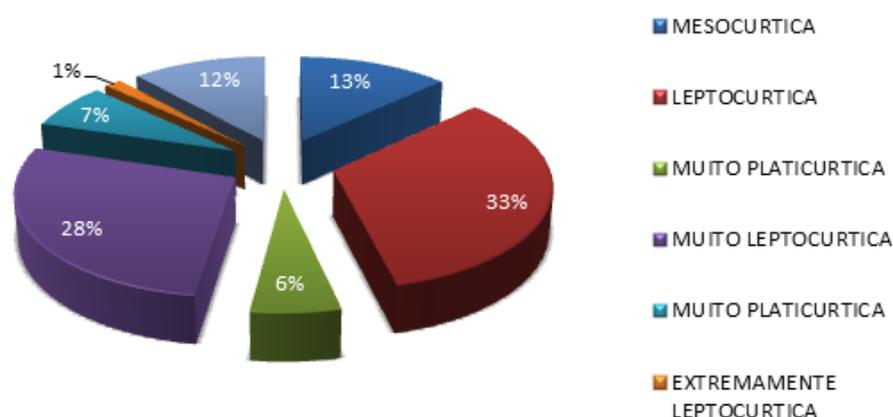
Gráfico 9: Variação do desvio padrão nos sedimentos coletados na plataforma continental interna do litoral extremo oeste de Icapuí



5.3.3. Curtose

A análise da curtose através dos dados obtidos permitiu identificar a presença predominante de curvas leptocúrticas e muito leptocúrticas, 33% e 28% respectivamente. As curvas mesocúrticas e platicúrticas se encontram em equilíbrio com 13% e 12% respectivamente. As curvas mais extremas se encontram em menor proporção nas amostras analisadas (Gráfico 9).

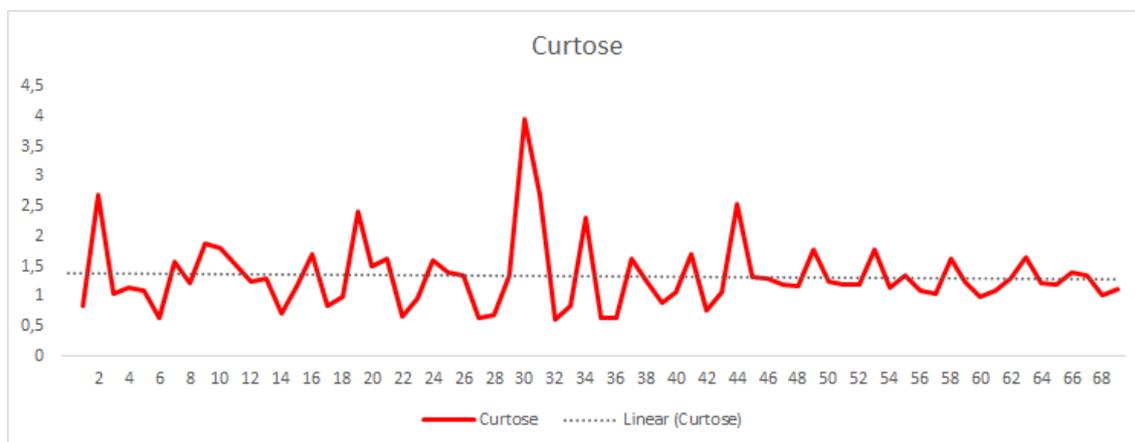
Gráfico 10: Diagrama mostrando os teores de curtose da fração arenosa nas amostras de sedimentos coletadas na plataforma interna do litoral extremo oeste de Icapuí.



Fonte: O autor

De acordo com Ponçano (1986), os valores leptocúrticos e muito leptocúrticos de curtose representam a existência de sedimentos unimodais que estão relacionados a uma hidrodinâmica mais intensa, ao passo que os valores platicúrticos correspondem a sedimentos bimodais ou polimodais, apresentando uma distribuição anormal entre as classes granulométricas, e ocorrendo em ambientes menos energéticos (Gráfico 10).

Gráfico 11: Variação dos valores de curtose nos sedimentos coletados na plataforma continental interna do litoral extremo oeste de Icapuí.



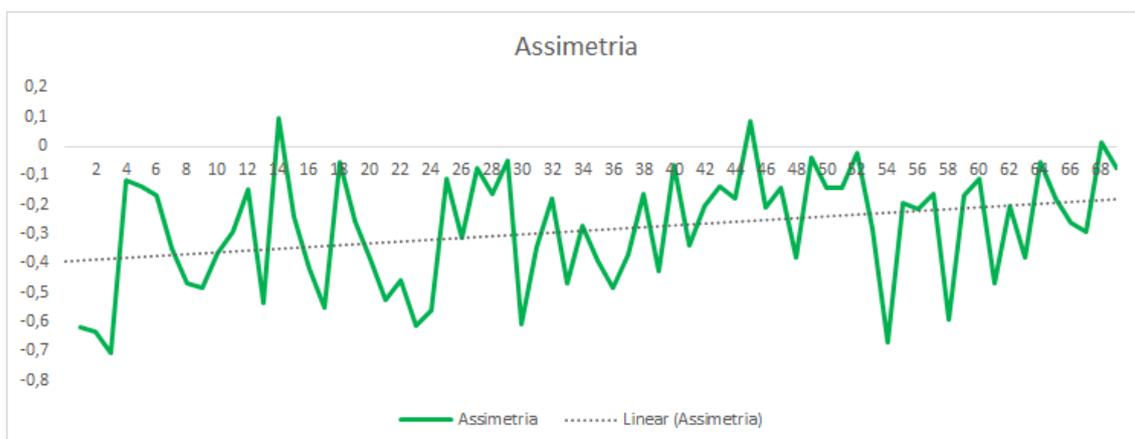
Fonte: O autor

5.3.4. Assimetria

De acordo com *Folk & Ward (1957)*, sedimentos de frações mais grosseiras são representados por valores negativos de assimetria, indicando uma área de energia mais intensa, ao passo que a assimetria positiva indica área de menor energia com predomínio de sedimentos de frações mais finas. A assimetria aproximadamente simétrica ocorre quando o diâmetro médio coincide com a mediana, e representa valores intermediários da energia no ambiente, indicando relativa mistura entre os sedimentos de frações mais grossas e finas.

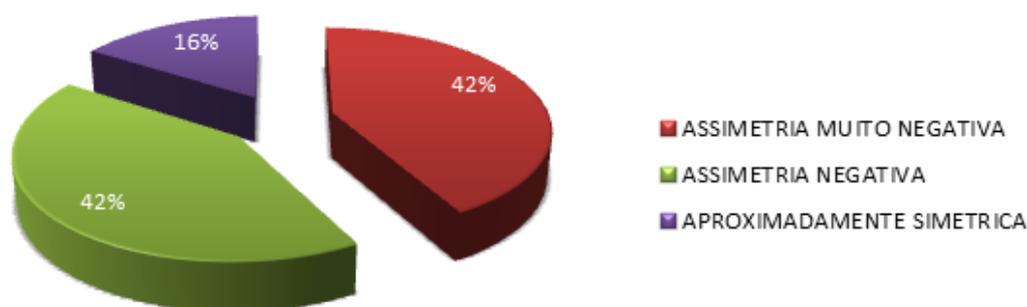
Segundo os dados obtidos através das análises, foi verificada a presença de três graus de assimetria, assimetria muito negativa, 42%, assimetria negativa, 42% e aproximadamente simétrica, 16%. Assim, as curvas de assimetria muito negativa e negativa são predominantes na área em estudo, indicando uma área com condições de alta energia (Gráfico 11 e 12).

Gráfico 12: Variação dos valores de curtose nos sedimentos coletados na plataforma continental interna do litoral extremo oeste de Icapuí.



Fonte: O autor.

Gráfico 13: Diagrama mostrando os teores de assimetria da fração arenosa nas amostras de sedimentos coletadas na plataforma interna do litoral extremo oeste de Icapuí



Fonte: O autor

5.4. Concentração de Carbonato de Cálcio e Matéria Orgânica

5.4.1. Distribuição das concentrações de Matéria Orgânica

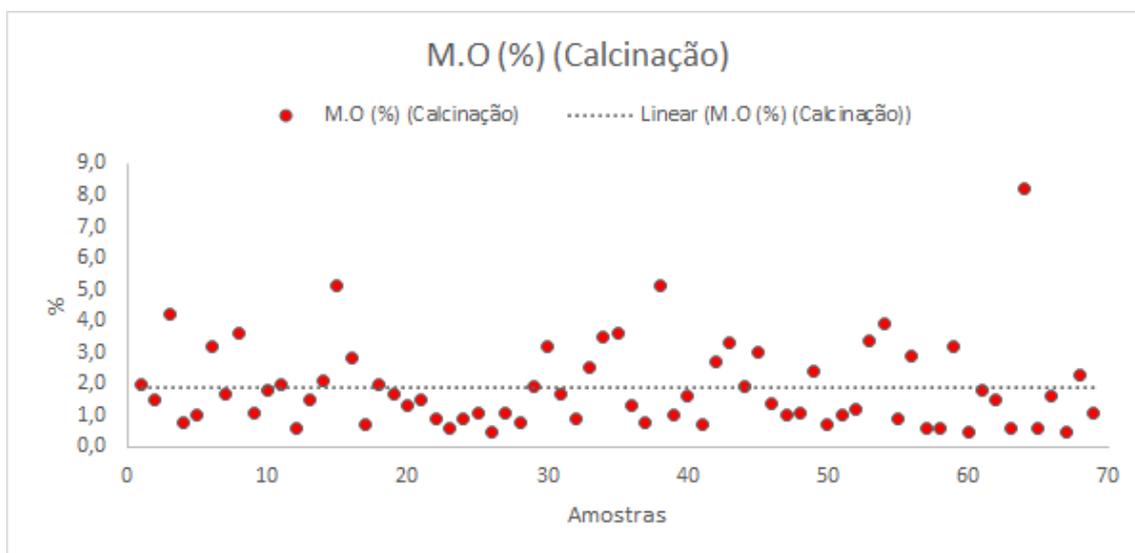
Para a determinação dos valores de matéria orgânica nos sedimentos coletados foram utilizadas duas metodologias, pela calcinação através de um forno mufla e pela titulação, método químico com utilização de reagentes. Segundo *Froelich et. al.*, (1979); *Mayer*, (1994) e *Mahiques* (1998), existe uma correlação inversamente proporcional entre os valores de matéria orgânica e a textura sedimentar, essa relação depende da natureza da fração fina do material orgânico, da adsorção das partículas

orgânicas dependentes de superfície dos argilo-minerais e da superfície do grão para adsorção.

5.4.2. Análise da matéria orgânica utilizando o método da calcinação dos sedimentos

O Gráfico 13 apresenta os valores de matéria orgânica obtida através da calcinação dos sedimentos, os valores apresentados ficaram em torno de 0.5% a 5.1%. Em média a composição dos sedimentos coletados apresenta 1.9% de matéria orgânica de acordo com a metodologia da calcinação.

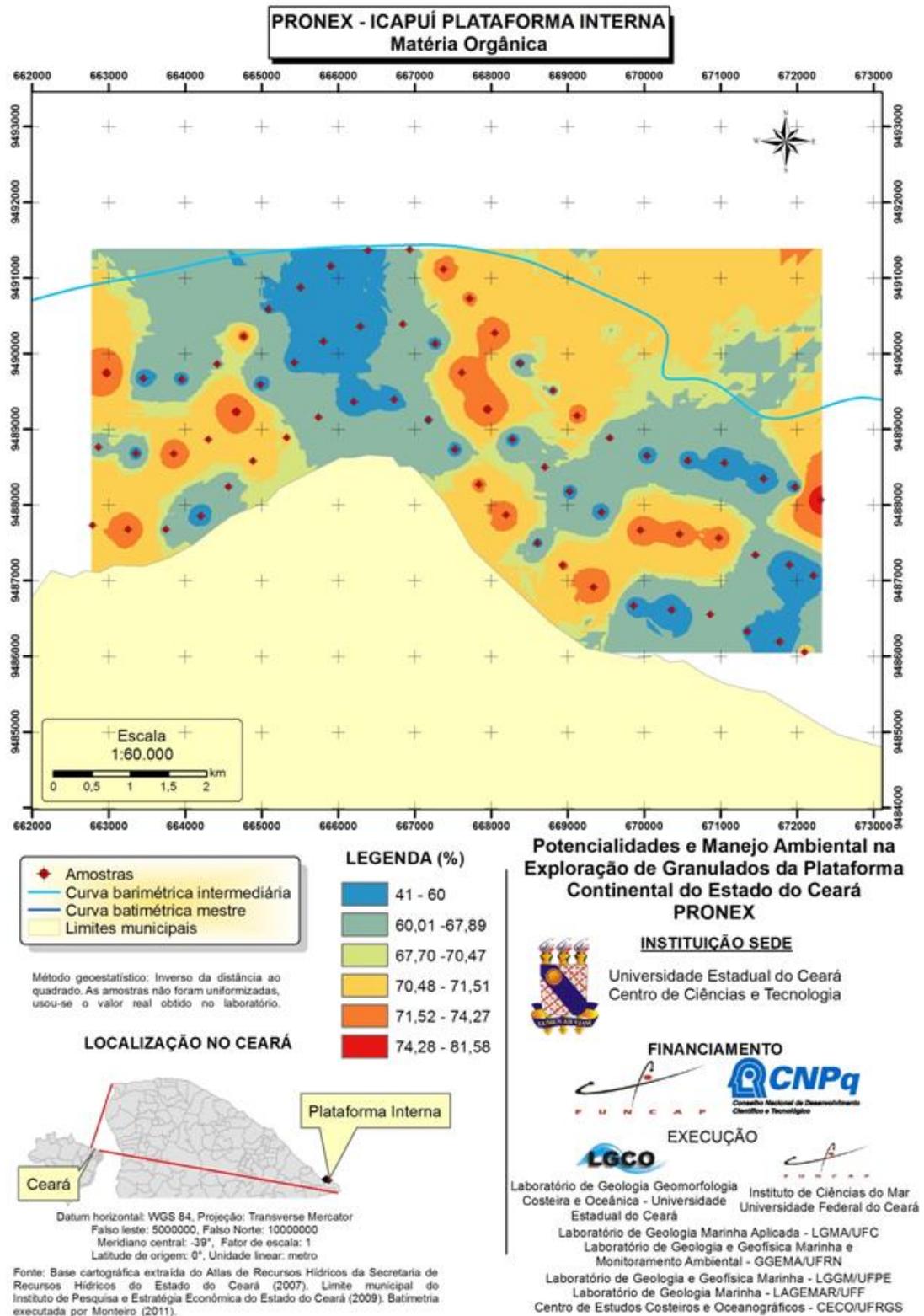
Gráfico 14: Teores de matéria orgânica nos sedimentos coletados utilizando a metodologia da calcinação



Fonte: O autor

O Mapa 08 apresenta a distribuição espacial da concentração de matéria orgânica segundo a calcinação. É possível notar que as maiores concentrações encontram-se nas proximidades das Praias de Retiro Grande, Ponta Grossa e Redonda.

Mapa 8: Mapa da distribuição da matéria orgânica presente dos sedimentos coletados na plataforma do litoral extremo oeste do município de Icapuí segundo a metodologia da calcinação.

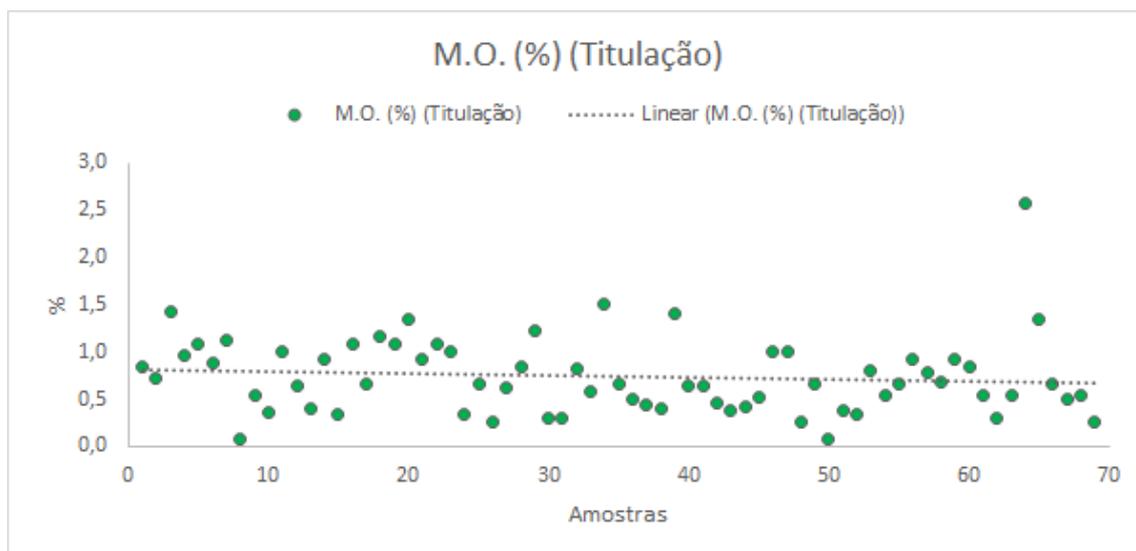


Fonte: PRONEX, 2013

5.4.3. Análise da matéria orgânica utilizando o método da titulação dos sedimentos

Utilizando a metodologia da titulação para medir o teor de matéria orgânica presente nos sedimentos notou-se que os valores se mostraram relativamente menores do que os obtidos através da mufla. Os valores variaram entre 0.25 % e 2.58%, em média os sedimentos coletados apresentam 0.74% de matéria orgânica em suas composições (Gráfico 14).

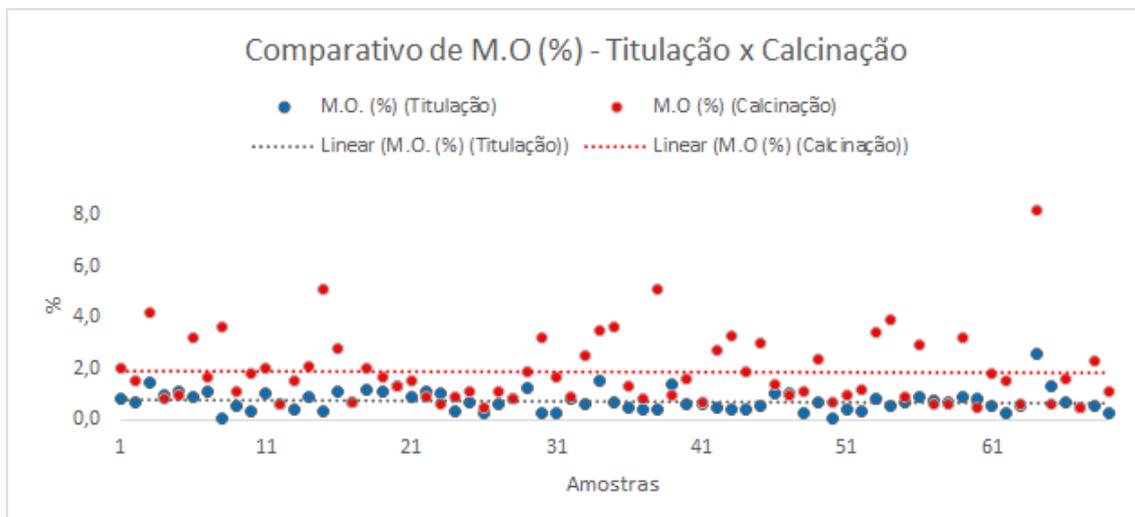
Gráfico 15: Teores de matéria orgânica nos sedimentos coletados utilizando a metodologia da titulação



Fonte: O autor

Em uma correlação (Gráfico 15) entre as duas metodologias empregadas a taxa de variação dos valores de matéria orgânica presente nos sedimentos se apresentou constante para as áreas analisadas, ou seja, as áreas defrontes às Praias de Retiro Grande, Ponta Grossa, porção oeste, e Praia de Redonda apresentam os sedimentos com as maiores presenças de matéria orgânica.

Gráfico 16: Correlação entre as duas metodologias para medição de matéria orgânica



Fonte: O autor

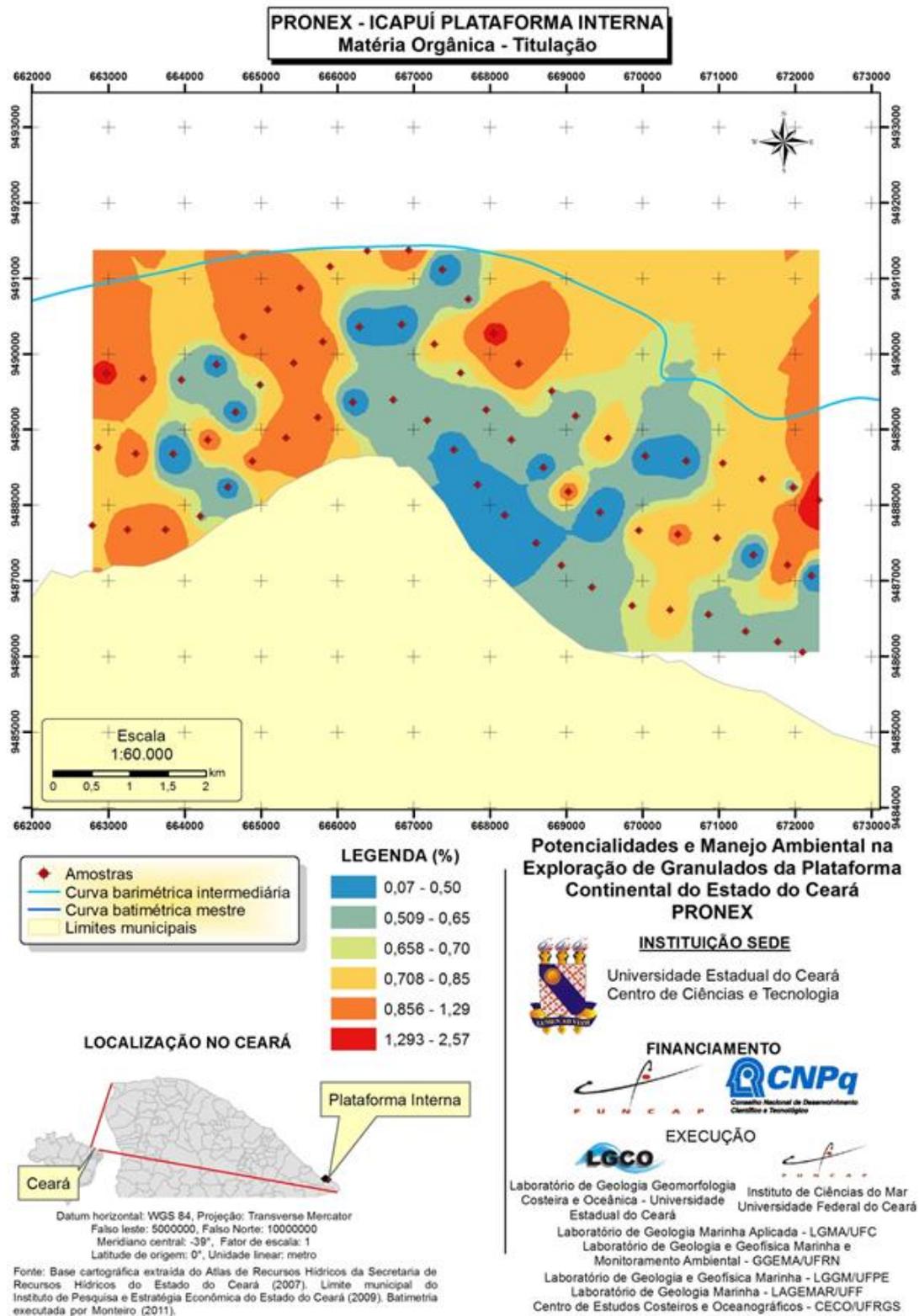
A matéria orgânica associada aos sedimentos pode apresentar diferentes fontes, tendo sua origem relacionada a fontes naturais ou antrópicas exógenas ou produzidas *in situ* pela decomposição e acumulação de organismos oceânicos.

As principais fontes naturais de matéria orgânica são os produtores primários (fontes autóctones), produzida *in situ* e material terrestre originário da bacia de drenagem (fontes alóctones) que passam a integrar o sistema através de processos como escoamento superficial, erosão e lixiviação (Mash et al, 2004).

Na região de Icapuí, principalmente na área em estudo, a ocupação ocorre principalmente nas proximidades da linha de costa através de pousadas e pequenas comunidades locais, por estarem afastadas da sede do município, não contam ainda com esgotamento sanitário nas suas proximidades o que conseqüentemente acarreta em uma emissão de compostos orgânicos sintéticos, resíduos sólidos e plásticos para a praia.

Os sedimentos mais finos agregam a matéria orgânica antrópica juntamente com a matéria orgânica proveniente organismos vivos como algas calcárias e outros seres vivos e são transportados e posteriormente depositados na plataforma interna (Mapa 9) .

Mapa 9: Mapa da distribuição da matéria orgânica presente dos sedimentos coletados na plataforma do litoral extremo oeste do município de Icapuí segundo a metodologia da Titulação.

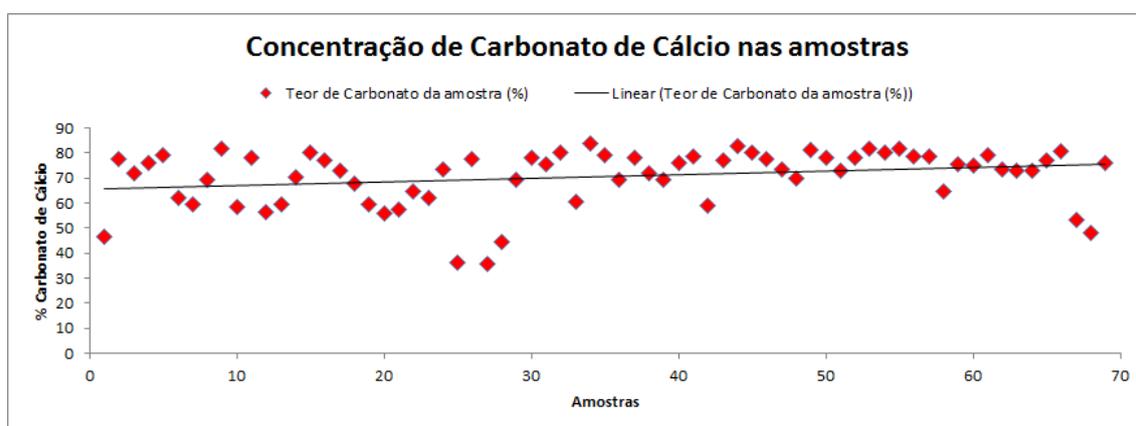


Fonte: PRONEX, 2013

5.4.4. Distribuição da concentração de Carbonato de Cálcio

Os teores de Carbonato de Cálcio (CaCO_3) feitos em triplicata apresentaram valores que variaram entre 41 % e 81 % , apresentando uma média de 70.4%, conforme mostra o gráfico de dispersão abaixo (Gráfico 6).

Gráfico 17: Concentração de Carbonato de Cálcio em sedimentos da plataforma continental interna de Icapuí.



Fonte: O autor

Os valores mais altos na concentração de carbonato, 70% a 81%, estão confinados na porção leste da área de coleta, defronte as Praias de Redonda e Peroba. No litoral oeste da área em estudo estes valores são apenas pontuais em área mais profundas na área defronte à Praia de Retiro Grande, na faixa mais próxima a linha de costa dessa praia as concentrações se encontram em torno de 60 % a 67%.

A região da Praia de Ponta Grossa apresenta-se como uma área de transição entre os dois extremos da concentração total de carbonato analisado nos sedimentos coletados, apresentando valores entre 67 % e 70%, na mesma área os valores passam à mesma concentração presente na região da Praia de Retiro Grande.

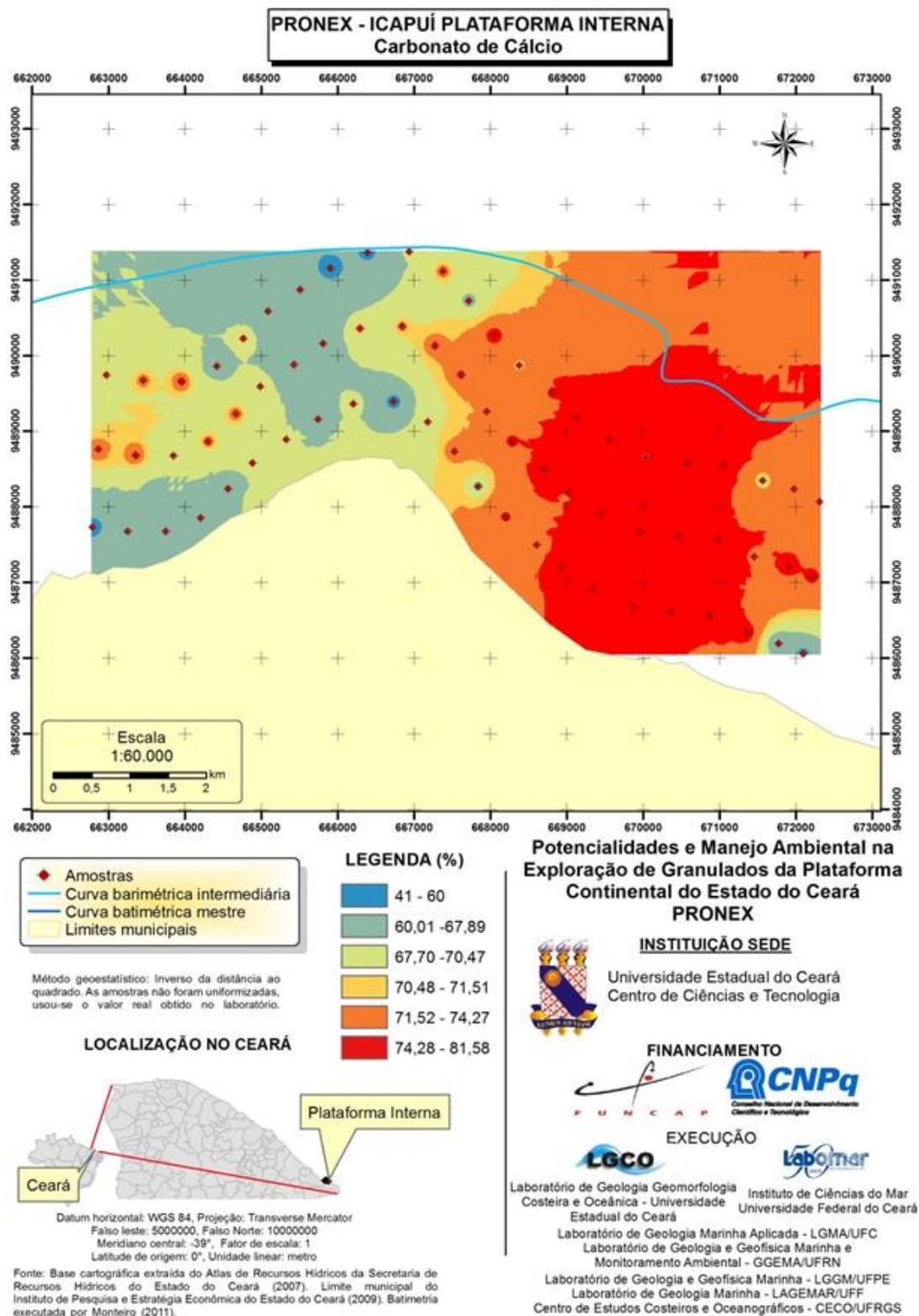
É possível notar através do mapa que as concentrações de CaCO_3 presentes nos sedimentos coletados na plataforma interna do litoral extremo oeste de Icapuí apresentam uma distribuição peculiar e que está associada a própria configuração do

litoral, pois é possível notar uma quebra na orientação do mesmo devido a presença de um promontório, na Praia de Ponta Grossa.

Analisando os resultados apresentados e traçando uma linha de comparação na bibliografia pesquisada podemos fazer uma relação com o que é dito por *Knoppers et al*, 1999 e Aguiar (2007), em seus trabalhos afirmam que a interação entre a sedimentação carbonática e a influência continental controla distribuição dos tipos de sedimentos no fundo da plataforma, sendo assim, quanto maior a influência continental, menor é o teor de carbonatos sob os sedimentos.

Desta forma podemos concluir que a dinâmica de sedimentos, ou seja, a influência continental e transporte de material no litoral extremo oeste de Icapuí é mais intensa na sua porção a oeste da Praia de Ponta Grossa, pois os valores de carbonato se encontram em menores concentrações, além disso, é nesta área que estão concentradas as maiores faixas de falésias ativas e que constantemente são retrabalhadas pela ação marinha, além de campos de dunas na área que podem servir de suprimento de material terrígeno para a plataforma interna (Mapa 10).

Mapa 10: Mapa da distribuição dos teores de carbonato de cálcio presente nos sedimentos coletados na plataforma do litoral extremo oeste do município de Icapuí segundo a metodologia da Titulação.



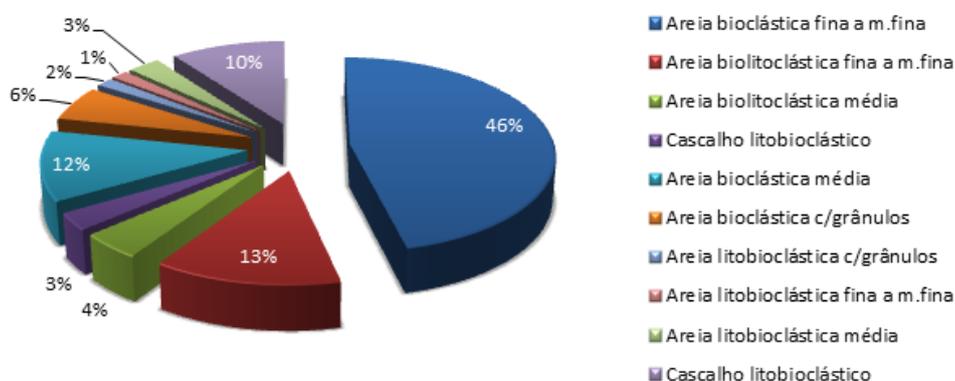
Fonte: PRONEX, 2013

5.4.5. Análise da classificação de *Larsonneur* (1977)

Após a determinação dos valores de Carbonato de Cálcio é possível classificar os sedimentos coletados de acordo com *Larsonneur* (1977), a classificação considera os percentuais de cada fração granulométrica dos sedimentos coletados com os valores da concentração de CaCO_3 presente nas amostras.

Os sedimentos coletados na plataforma interna do litoral extremo oeste de Icapuí são classificados como areais bioclásticas finas a muito finas, conforme pode-se notar com os resultados da classificação média dos sedimentos e da concentração de CaCO_3 que foi de 70.4%. A distribuição das demais classificações encontram-se no Gráfico 18 abaixo.

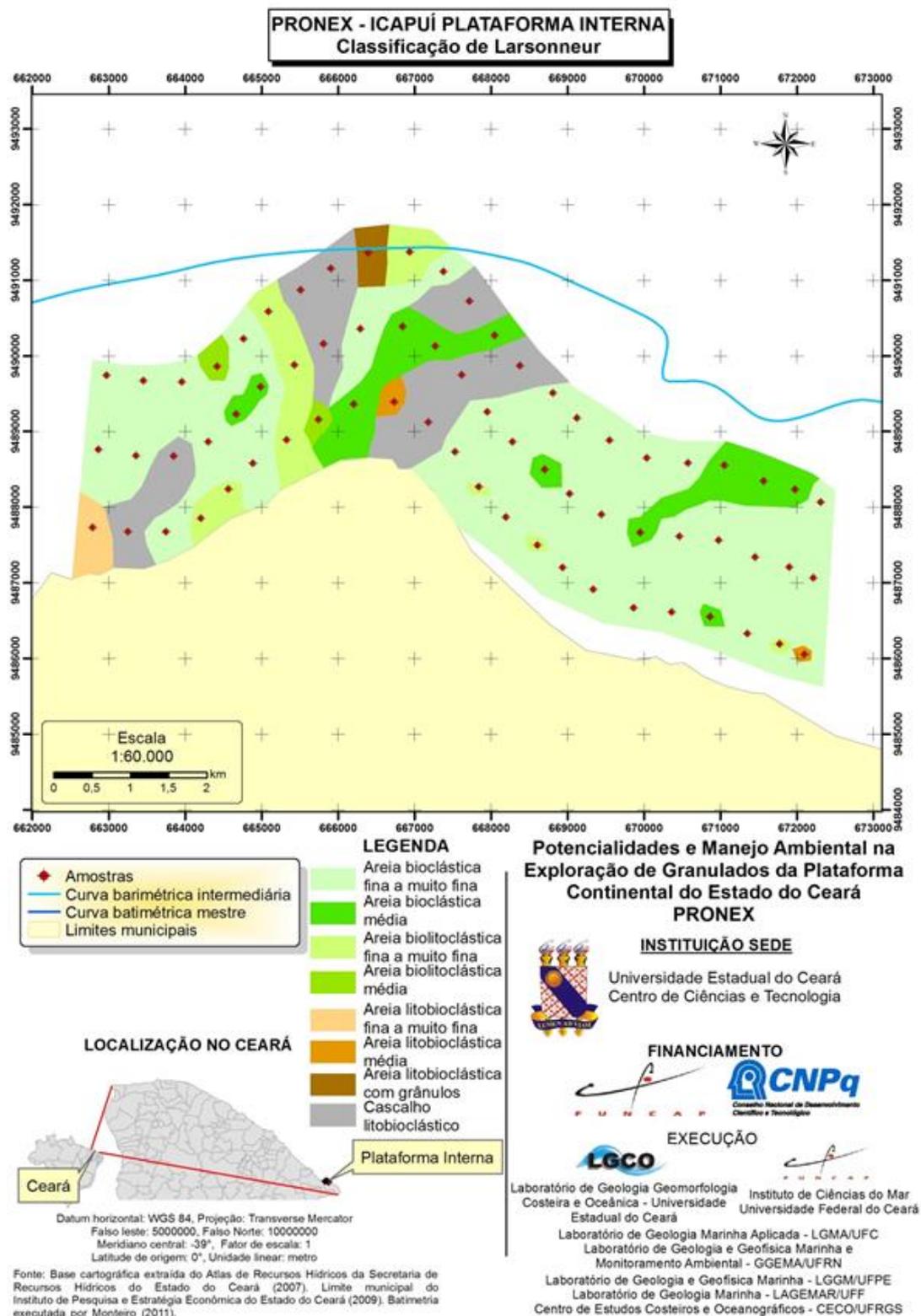
Gráfico 18: Diagrama mostrando os teores de fácies sedimentares segundo a classificação de *Larsonneur* (1977) nas amostras de sedimentos coletadas na plataforma interna do litoral extremo oeste de Icapuí



Fonte: O autor

O mapa abaixo mostra a distribuição das fácies sedimentares obtidas de acordo com a classificação de *Larsonneur* (1977), é possível notar a presença em maior escala de areias bioclásticas finas a muito finas ao longo de área de estudo, as demais classificações ocorrem principalmente na área que corresponde ao promontório na Praia de Ponta Grossa, principalmente os cascalhos Litoclásticos.

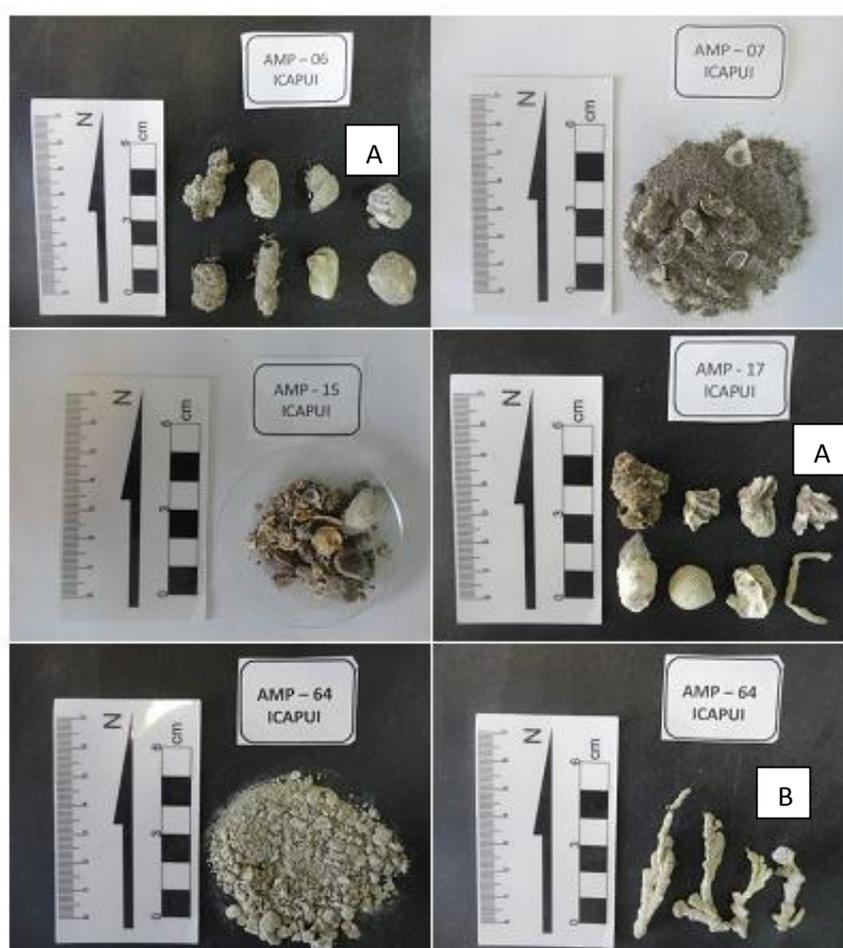
Mapa 11: Mapa da distribuição fácies sedimentares presentes na plataforma do litoral extremo oeste do município de Icapuí.



Fonte: PRONEX, 2013

Os altos valores de Carbonato de Cálcio presente nos sedimentos coletados são originados através da presença de material bioclástico (*e.g. restos de conchas, rodolitos e algas calcárias*) nos sedimentos depositados no fundo marinho, esse material ocorre em conjunto com o material siliciclástico proveniente da dinâmica sedimentar da área em questão (figura x), vale ressaltar que a Formação Jandaíra pode de certa forma contribuir para um considerável aumento desses valores, pois a mesma é constituída primariamente de carbonatos e no período entre os meses de Dezembro e Março pode ser erodida através das ondas *swell* que atingem o litoral de Icapuí (Figura 31).

Figura 31: Fragmentos de sedimentos bioclásticos nos sedimentos de fundo da plataforma continental interna do litoral extremo oeste do município de Icapuí. Restos de conchas (A) e Algas Calcárias do tipo *Halimeda* (B)



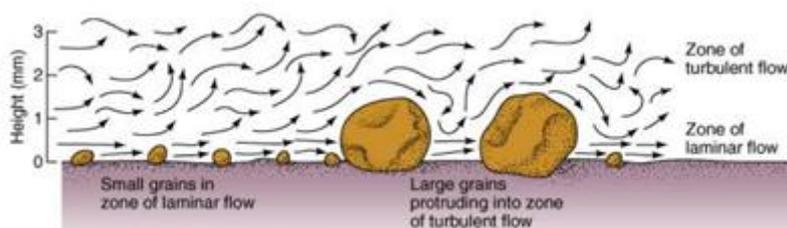
Fonte: O autor

5.5. Análise das áreas fonte de sedimentos para a plataforma continental interna do litoral extremo oeste Icapuí

Os sedimentos que constituem as bacias marginais passam por um complexo processo envolvendo o intemperismo, erosão, transporte, deposição. Diversos processos influenciam na composição final dos sedimentos desde duas áreas fonte até os locais de deposição, assim a composição dos sedimentos depende de vários fatores que se encontram relacionados que influenciam em diferentes graus o produto final, são eles: a composição da rocha mãe, esta estando relacionada com o ambiente tectônico, o intemperismo nas áreas fontes, os processos, tempo e distância de transporte, que causam seleção física e abrasão dos grãos, e finalmente os processos de diagênese que causam dissolução e alteração dos minerais (*Remus, et al, (2008)*).

A área em estudo, por estar postada em uma Bacia Sedimentar, apresenta uma série de áreas fonte de sedimentos possíveis para a praia e plataforma interna adjacente ao litoral. Este fato é possível ser identificado através de observações de campo e analisando imagens de satélite, como observado por Oliveira (2012), onde vetorizando imagens de satélite foi possível notar a presença de leques em falésias inativas, estes leques indicam o transporte de sedimentos do continente para a plataforma. Estes sedimentos que possuem idades terciárias e quaternárias são erodidos e transportados até o ambiente praiar, onde o processo de seleção hidrodinâmica (*e.g. ondas, correntes e marés*) durante o transporte dos sedimentos pode produzir mudanças composicionais significativas, principalmente quando nos referimos às diferentes espécies de minerais pesados (Figura 32).

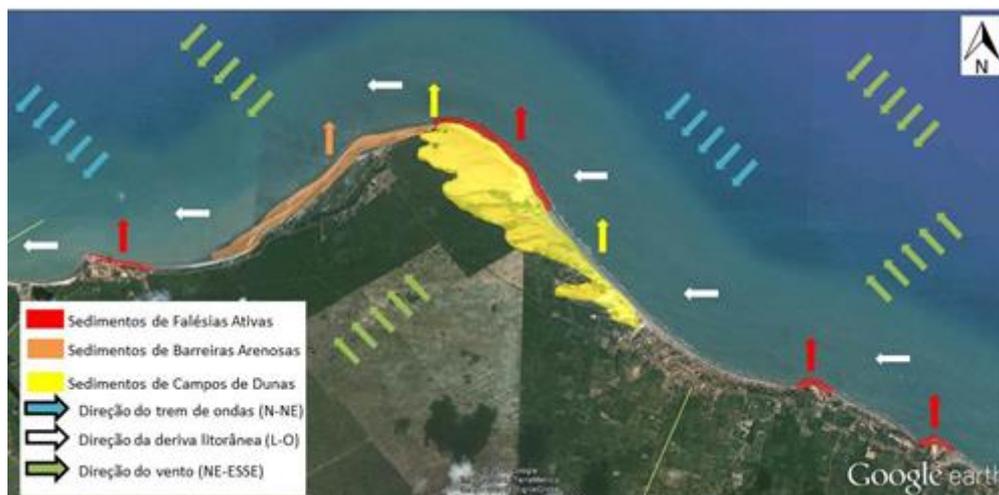
Figura 32: Processo de transporte e seleção hidrodinâmica dos grãos de sedimentos



A figura x abaixo mostra as três possíveis áreas fonte de sedimentos para a planície costeira da área em estudo e plataforma continental adjacente, além dos

sedimentos bioclásticos de origem autóctone, são elas: sedimentos de Falésias Ativas, sedimentos de Barreiras Arenosas e sedimentos de Campos de Dunas (Figura 33).

Figura 33: Síntese das áreas fonte de sedimentos para plataforma adjacente à área em estudo



Fonte: O autor

Os sedimentos provenientes das falésias ativas, localizadas na área das Praias de Retiro Grande, Ponta Grossa e Peroba são disponibilizados para o sistema costeiro no momento em que elevados índices de precipitação atingem as falésias que são erodidas fazendo os sedimentos escoarem superficialmente até a praia, e quando as mesmas são atingidas pela abrasão marinha, intensificada no período de entrada de ondas *swell* na costa, formando uma plataforma de abrasão que é constantemente retrabalhada pelos processos costeiros (Figura 34).

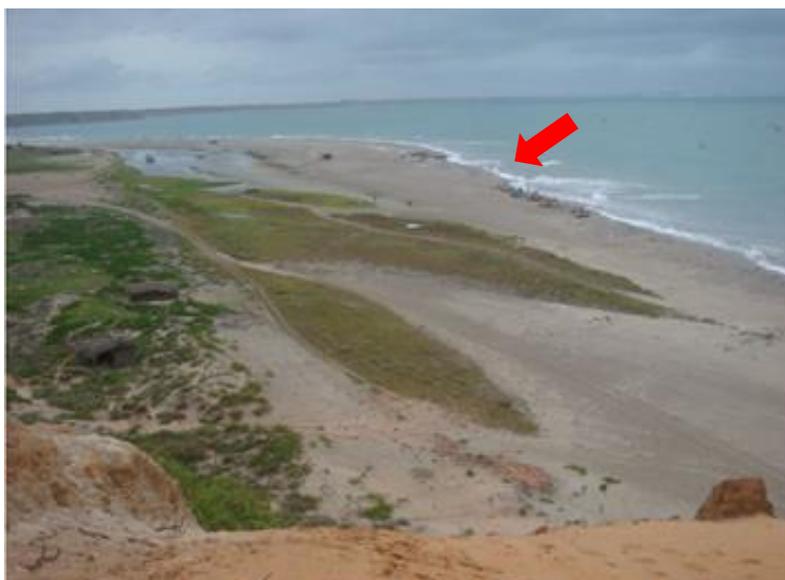
Figura 34: Transferência de material das falésias ativas para faixa de praia.



Fonte: O Autor

As Barreiras Arenosas ocorrem na Praia de Ponta Grossa e a presença das mesmas indica a alta disponibilidade de sedimentos na dinâmica sedimentar da área, que é constantemente modificada pela ação das ondas de direção NNW-N, N e NNE-N.

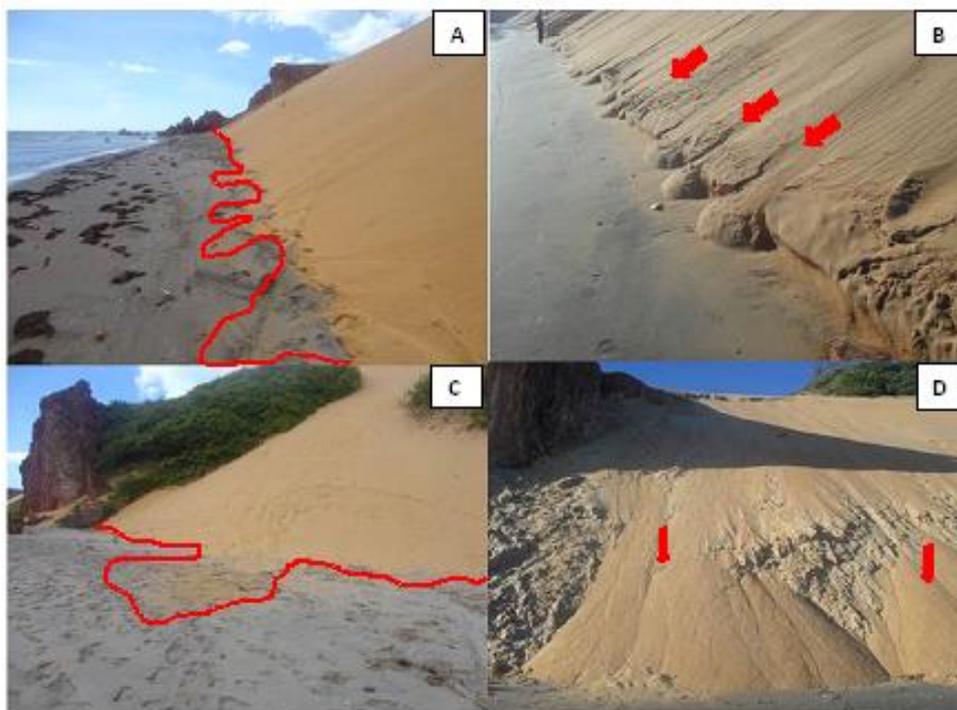
Figura 35: Barreiras Arenosas na Praia de Ponta Grossa.



Fonte: Oliveira, 2012

Os sedimentos dos Campos de dunas estão associados aos sedimentos provenientes das falésias nas Praias de Redonda e Ponta Grossa e são principalmente remobilizados pela ação eólica na área com ventos de direção E-ESSE, NE-SE e NE-ESSE. Na Praia de Ponta Grossa é possível notar a transferência de material sedimentar para a faixa de praia adjacente, em momentos de preamar, a base da duna é solapada pela ação das ondas que transportam os sedimentos no sentido da corrente gerada, tal fato pode ser observado através da Figura 36.

Figura 36: (A e D) transporte de sedimentos dunares para faixa de praia via força eólica; (B) Base da duna solapada pela ação da maré e ondas incidentes destaque para os leques de sedimentos que são transportados por gravidade; (C) influência antrópica no transporte de sedimentos dunares.

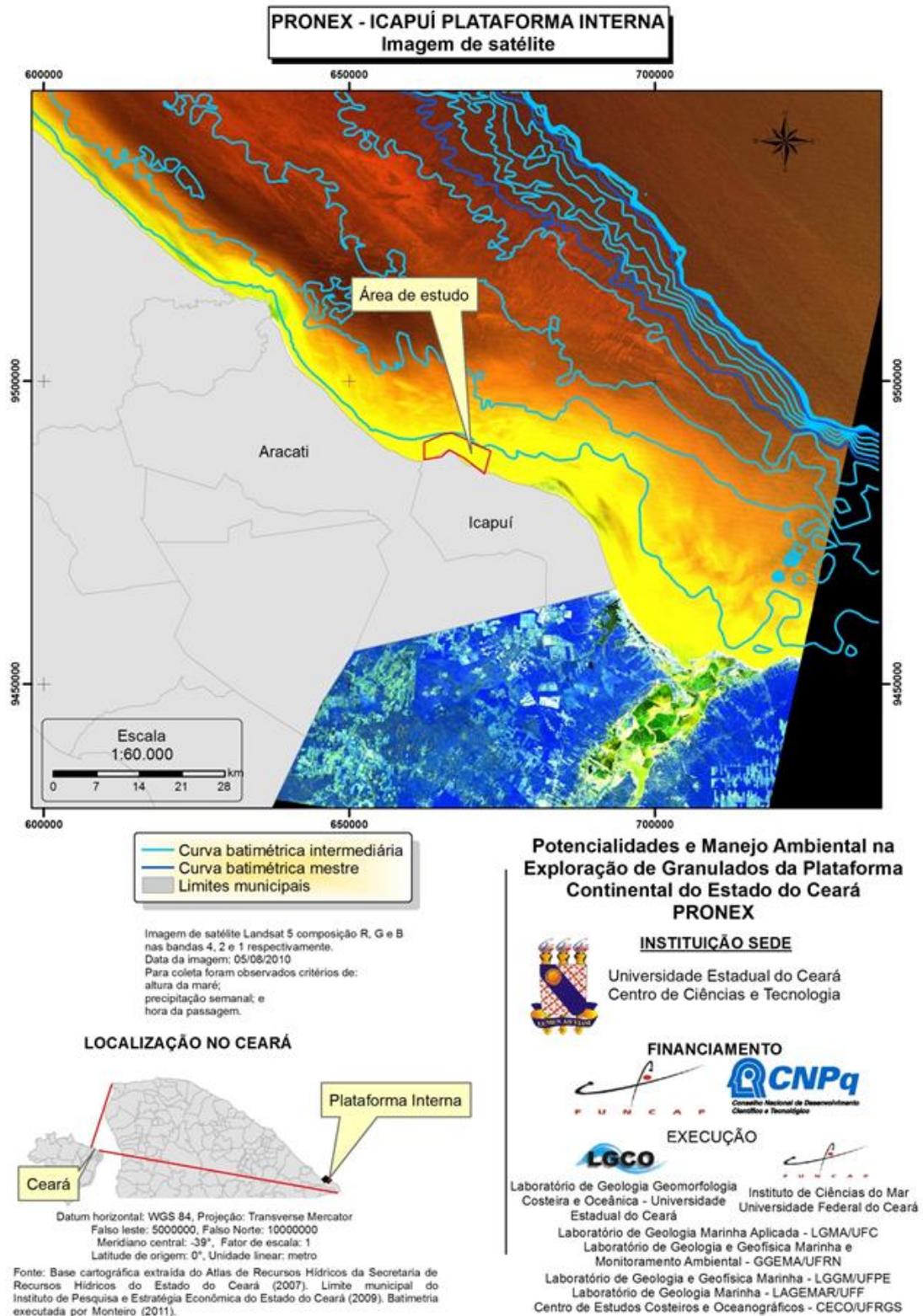


Fonte: O autor

Em virtude disto, é possível apontar a importância dos processos costeiros na atual configuração da planície costeira da área em estudo, ondas, correntes e marés atuam na erosão e transporte do material proveniente de falésias, dunas e barreiras arenosas que contribuem para a formação de depósitos superficiais na plataforma interna da área em estudo.

A análise da batimetria feita em campo juntamente com imagem de satélite trabalhada é possível identificar um intenso transporte de sedimentos na plataforma interna ao longo de todo o município de Icapuí, principalmente na área em estudo, esse transporte de sedimentos ocorre aproximadamente até a cota de -15 m, a cerca de 20 km da costa. Isto é motivado pela ocorrência de uma plataforma relativamente rasa e grande disponibilidade de sedimentos no sistema. (Mapa 12).

Mapa 12: Imagem de satélite mostrando a dispersão de sedimentos ao longo da plataforma interna do Município de Icapuí, em destaque, a área em estudo.



Fonte: PRONEX, 2013

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES

O levantamento batimétrico realizado até a cota de – 10 m mostrou uma plataforma interna relativamente rasa ao longo de toda área em estudo atingindo distâncias de até 3 km da linha de costa. É uma área extremamente acidentada na região próxima à Praia de Ponta Grossa devido à presença de fragmentos relativos às antigas linhas de falésias submersas. Identificou-se um pequeno canal submerso nas adjacências do Pontal de Ponta Grossa, possivelmente correlacionado com a própria formação da Bacia Potiguar e o sistema de falhamentos na região.

Os sedimentos coletados são formados basicamente por areias com cascalho esparsos que podem ser encontrados nas proximidades de fragmentos de rochas submersas resultante de antigas linhas de falésias. Também foi possível identificar material classificado basicamente como areia, sendo este encontrado na área adjacente às Praias de Redonda e Peroba, que podem estar relacionados com os campos de dunas do topo das falésias na região.

A análise dos parâmetros estatísticos mostrou que os grãos de sedimentos coletados apresentam um diâmetro médio que os classifica como areias finas e areias médias. Estas duas classificações podem ser identificadas com aproximadamente 40% cada uma dentro do universo amostral. Quanto ao grau de seleção, predominam os sedimentos moderadamente selecionados, 36 %. A análise da curtose apontou a predominância de curvas leptocúrticas e muito leptocúrticas. Por sua vez, a assimetria apontou uma igualdade em duas classificações obtidas, os sedimentos foram apresentados assimetrias negativas a muito negativas e juntas, aparecem em 84% das amostras coletadas e se fazem presentes em toda plataforma interna, com exceção de algumas áreas mais afastadas da linha de costa.

Desta forma, interpretando os resultados obtidos é possível identificar uma relação entre o grau de energia do ambiente de plataforma onde os sedimentos foram coletados. As areias finas apresentam-se recobertas por sedimentos de frações mais grosseiras em alguns pontos da plataforma e indicam um ambiente de menor energia na maior parte do ano. No entanto, podem-se encontrar características de ambientes com maior energia, devido à coleta em condições de mar agitado com influência de *swell*.

Desta forma, pode-se evidenciar a influência dos processos costeiros no retrabalhamento dos sedimentos depositados no fundo da plataforma.

As amostras de sedimentos finos apresentaram valores de matéria orgânica que variaram entre 0.5% a 5.1%, utilizando-se da mufla, e valores bem mais baixos utilizando o método químico, a titulação, entre 0.25% e 2.58%. Parte desta matéria orgânica é proveniente da deposição de microorganismos em ambiente marinho, assim como a produção primária. Vale ressaltar ainda que os valores mais altos encontrados na área referem-se às áreas de ocupação antrópica, o que indica uma possível contaminação devido à falta de esgotamento sanitário na área.

Os valores de carbonato de cálcio nos sedimentos se mostraram relativamente altos, em média, apresentam 70%, as maiores concentrações encontram-se a leste da área em estudo, em regiões onde há a presença de algas calcárias e uma menor ocorrência de falésias ativas. Assim, é possível afirmar que o fundo da plataforma interna em questão é formado basicamente de sedimentos bioclásticos finos a muito fino. As menores concentrações encontram na porção oeste da área em estudo, nas adjacências da Praia de Retiro Grande e Praia de Ponta Grossa, podem ser identificados também valores mais baixos em alguns pontos isolados, distante 3 km da linha costa e que podem estar relacionados a algum banco arenoso neste ponto.

Assim, conclui-se que a plataforma continental interna em estudo é formada por um misto de sedimentos siliciclásticos, material proveniente da dinâmica sedimentar da área, tendo por fonte as falésias ativas, campos de dunas e barreiras arenosas, e materiais bioclástico proveniente de restos de conchas, algas calcárias e rodolitos conforme pode ser observado em análises em lupa binocular e sofrem influência constante dos processos costeiros atuantes na região devido à presença de uma plataforma rasa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, J.E. (2007) Comparação de metodologias para caracterização da geoquímica de metais-traço em sedimentos da plataforma continental do Ceará. Dissertação de mestrado. Instituto de Ciências do Mar. Universidade Federal do Ceará. 118p.

ALHEIROS, M.M.; LIMA FILHO, M.F. (1991). A Formação Barreiras. *Revisão geológica da Faixa Sedimentar Costeira de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte*. Recife, UFPE/CT/DG. Estudos Geológicos - Série B, Estudos e Pesquisas, 10: 77-88.

ANP. Rio de Janeiro, Agência Nacional do Petróleo, 1998-2004. Contém informações institucionais, técnicas, notícias, projetos, publicações e serviços. Disponível em: <http://www.anp.gov.br>.

ARZ, H. W.; PÄTZOLD, J.; WEFER, G. 1999. The deglacial history of the western tropical Atlantic inferred from high resolution stable isotope records off northeastern Brazil. *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 167, pp. 105–117.

BARRETO, H.T. & MILLIMAN, J.D (1969). *Esboço fisiográficos da margem continental brasileira*. In: Toffoli, L.C. (Ed), Margem Continental Brasileira – coletânea de trabalhos. Rio de Janeiro, Petrobrás, 1:11-30.

BERTANI, R.T. *Evolução tectono-sedimentar, estilo estrutural e hábitat do petróleo Brasileiro de Geologia*, 32, Salvador. SBG.'Anais, v.5, P. 2392-2406.

CASSAB, RITA DE CASSIA TARDIN (2003). *Paleontologia da Formação Jandaíra, Cretáceo Superior da Bacia Potiguar, com ênfase na paleobiologia dos gastrópodos*. [Rio de Janeiro, 2003] xix, 184 p., 29,7 cm (Instituto de Geociências - UFRJ, D. Sc. Programa de Pós-Graduação em Geologia, 2003) Tese, Universidade Federal do Rio de Janeiro, realizada no Instituto de Geociências . Programa de Pós-Graduação em Geologia

CAVALCANTI, V. M. M.; FREIRE, G. S. S. (2007) *A Possibilidade de Utilização de Areias Marinhas como Agregado na Construção Civil na Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará*. *Gravel* (Porto Alegre), v. 5, p. 11-24.

CAVALCANTI, V. M. M.; FREIRE, G. S. S. 1994. Fácies sedimentares e recursos minerais da plataforma interna do Estado do Ceará. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 38, 1994, Balneário de Camburiú. Boletim de Resumos Expandidos, Balneário de Camburiú: SBG, (3):313-315.

COUTINHO, P. N.; MORAIS, J. O. (1968) *Distribucion de los sedimentos em la plataforma continental norte y nordeste del Brasil*. Roma: FAO FISHERIES, 273-274, 3 fig. Report No.71.3.

COUTINHO, P.N. ; MORAI, J.O. (1976). *Distribuição de sedimentos na baía de são José, estado do maranhão (Brasil)*. *Arq. De ciências do mar*, 16(2): 123-127, Fortaleza.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Revisão Geológica e Levantamento Geofísico. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/META_B_bl.pdf>. Acesso em: 10 outubro 2013.da

DAVIS, B. E. Loss-on-ignition as an Estimate of Soil Organic Matter. Soil Sci. Soc. Am. Proc, v. 38, p. 347-353, 1974.

DIAS G.T.M. & FIGUEIREDO A.G. JR. (2004). *Aspecto Histórico da Exploração Científica dos Oceanos*. In: Baptista Neto, J.A , Ponzi, V.R.A. Sichel, S.E. Introdução à geologia Marinha. 2004.

DOMINGUEZ ET AL (1987). Sea-level history and the Quaternary evolution of river mouth – associated beach-ridge plains along the east-southeast coast of Brazil: a summary. In: Nummedal, D.; Pilkey, D.H. & Howard J.D. (eds.). Sea-level fluctuation and coastal evolution. Tulsa, Okla, SEPM Geology. p. 115-127 (SEPM Special Publication, N. 41).

DUNHAM,R.J. (1962). Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture. In: Ham, W. E. (eds.). *Classification de Carbonate Rocks*, Tulsa, 108-121. (AAPG, memoir 1). e seu significado geodinâmico na Cadeia Brasileiro – Pan-Africana. 1994, 803 f.evolução de bacias sedimentares. Rio de Janeiro: PETROBRÁS, 1990. p. 291-310.

FOLK, R. L. & WARD, W. C. (1957) *Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters*. J. Sediment. Petrol. 27:3-26, 1957

FRANÇA, A.M.C.; COUTINHO, P.N. & SUMMERHAYES, C.P. (1976). *Sedimentos superficiais da margem continental nordeste brasileira*. Rev.Bras.Geol., São Paulo, 6(2):78-88

FRANÇOLIN, J.B.L. & SZATMARI, P. (1987). Mecanismo de rifteamento da porção oriental da margem norte brasileira. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, 17(2): 196-207

FRATTINI, C.T.A. & KALCKMANN, R.E. (1967) *Correlação entre alguns métodos de determinação do carbono*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, 2: 259-261,

FREIRE, G. S. S. (1985) *Geologia marinha na plataforma continental do Estado do Ceará*. Dissertação de mestrado UFPE, Recife.

FROELICH, P. N. 1979. Marine phosphorus geochemistry. Ph.D. thesis, Univ. Rhode Island, Kingston. 322 p

JARDIM de SÁ, E.F. (1994) A Faixa Seridó (Província Borborema, Nordeste do Brasil) e seu significado geodinâmico na Cadeia Brasileiro – Pan-Africana. 1994, 803 f. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília.

KENNET J.P.(1982) J. P. Marine Geology. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 813 pages.

KNOPPERS, B., EKAU, W., FIGUEIREDO, A.G., 1999. The coast and shelf of east and northeast Brazil and material transport. *Geo-Marine Letters* 19, 171–178.

LAMAS, F.; IRIGARAY, C.; OTEO, C.; CHACON, J. (2005) *Selection of the most appropriate method to determine the carbonate content for engineering purposes with particular regard to marls*. *Engineer. geol.*, v. 81, p. 32-41.

LARSONNEUR C. (1977) *La cartographie des dépôts meubles sur le plateau continental français: méthode mise au point et utilisée en Manche*. *J. Rech. Oceanogr.* V. 2: p. 34–39.

LIMA, S, F (2006). *Caracterização Geomorfológica e Paleográfica da Plataforma Continental adjacente ao Rio Apodi Mossoró, RN/Brasil*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, 74p

MABESOONE, J.M. & COUTINHO, P.N. 1970. *Littoral and shallow marine geology of northern and northeastern Brazil*. *Trab. Oceanogr. Recife*, 12:1.214.

MAHIQUES, M. M. (1998). *Características da matéria orgânica sedimentar da plataforma continental interna e média entre a baía de Guanabara (RJ) e São Francisco do Sul (SC)*. Tese de Livre Docência. Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, Departamento de Oceanografia Física. São Paulo. 86p.

MAIA, L. P. (2002) *Geomorfologia Aplicada: Teoria e Prática*. Resenha do livro *Applied Geomorphology: Theory and Practice*, editado por Robert J. Allison. *Mercator – Revista da UFC*, ano 1, n° 02.

MAIA, L. P.; FREIRE, G. S. S.; PESSOA, P. R. S.; RODRIGUES, A. C. B.; MAGALHÃES, S. H. O. & ARAÚJO, P. S. A. (1997); *Transporte de Sedimentos na Região Costeira do Ceará. Fluxo de Sedimentos e Características Granulométricas*. XVII Simp. Geol. Do NE. Fortaleza-Ce. Vol. 15. P. 182-192.

MAIA, L. P.; JIMENEZ, J. A.; SERRA, J. ;MORAIS, J. O. (1998) *The coastline of Fortaleza city. A product of environmental impacts caused by the Mucuripe Harbor*. *ARQUIVO CIÊNCIAS DO MAR, FORTALEZA*, 31 (1-2): 93-100.

MAIA, L. P.; VASCONCELOS, F. P.; MONTEIRO, L. H. U.; REBOUCAS, R. B. M.; MARTINS, M. B. (2008) *Projeto executivo emergencial de proteção/recuperação da praia de Iracema. Prefeitura Municipal de Fortaleza. Programa de Recuperação do Litoral da Cidade*. Laboratório de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceara.

MARTINS, L. R. COUTINHO, P. N. (1981). *The Brazilian continental margin*. *Earth Science Reviews, Amsterdam*, v. 17, p. 87 – 107,

MASH, H., WESTERHOFF P. K., BAKER L. A., NIEMAN R. A., NGUYEN M. L. (2004). *Dissolved organic matter in Arizona reservoirs: assessment of carbonaceous sources*. Organic Geochemistry. 1–13p.

MATOS, R.M.D. (1992). The Northeast Brazilian Rift System. *Tectonics*, Washington, v. 11, n. 4, p. 766-791

MATOS, R.M.D. (2000) Tectonic Evolution of the Equatorial South Atlantic. In: MOHRIAK, W.U.; TALWANI, M. (eds). *Atlantic Rifts and Continental Margins*. Washington: American Geophysical Union, p. 331-354. (Geophysical Monograph, 115). McKENZIE, D.P. Some

MATOS, R.M.D. History of the northeast Brazilian rift system: kinematic implications for the break-up between Brazil and West Africa. In: CAMERON et al. (eds). *The oil and gas habitats of the South Atlantic*. London: Geological Society of London, 1999. p. 55-73. (Geological Society of London Special Publication, 153).

MATOSO, S. Q.; ROBERTSOM, F. S. (1959). As rochas cenozóicas na área de Itabaiana- Aracajú em Sergipe. *Bol. Tec. Petrobrás*. V. 2, n. 3, p. 12-16.

MAYR, L.M (1994). *Relationships between mineral surfaces and organic carbon concentrations in soils and sediments*. *Chemical Geology*, 114, 347 – 363.

MEIRELES, A. J. A. ; GORAYEB, A. ; SILVA, D. F. R. ; LIMA, G. S. . Socio-environmental impacts of wind farms on the traditional communities of the western coast of Ceará, in the Brazilian Northeast. *Journal of Coastal Research*, 2013.

MEIRELES, A. J. A. (1991) Mapeamento geológico/geomorfológico da planície costeira de Icapuí, extremo leste do Estado do Ceará. 1991. 178f. Dissertação (Mestrado). Centro de Tecnologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. SOUZA, S.M. (1982). Atualização da litoestratigrafia da Bacia Potiguar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, 1982, Salvador. *Anais ...* p.2392-2406.

MEIRELES, A. J. A. ; Serra ; THIERS (2005). *ASPECTOS GEODINÂMICOS DO DELTA DE MARÉ DA PLANÍCIE COSTEIRA DE PLANÍCIE COSTEIRA DE ICAPUÍ/CE*. Litoral e sertão - natureza e sociedade no nordeste brasileiro. Fortaleza: Expressão gráfica, , v. 1, p. 367-382.

MENEZES, M.P.N.; FREIRE, G.S.S. & SOUZA, J.V. (1986). *Distribuição dos minerais pesados da plataforma continental do Ceará*. In: SIMPOSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 12. 1986. Atas... João Pessoa: Sociedade Brasileira de Geologia, P.193-207.

MONTEIRO, L. H. U. *Feições Superficiais da Plataforma Continental Cearense entre o litoral de Fortaleza e Icapuí*, Recife, PE, 2011.

MORAIS, J. O. (1972) *Processos de Assoreamento do Porto do Mucuripe*. *Arq. Ciências Marinhas*, 12 (2): 139 - 149. Fortaleza, Brasil.

MORAIS, J. O. (1981) *Evolução Sedimentar da Enseada do Mucuripe*. ARQ. CIEN. MAR., FORTALEZA, v. 21, n. 1, p. 20-32.

MORAIS, J. O. (2010). *Aspectos do transporte de sedimentos no litoral do Município de Fortaleza, Estado do Ceará*. Arq. Ciên. do Mar, Fortaleza, 1980, v. 20. p. 71-100. – São Paulo: Oficina de Textos.

MORAIS, J.O. (1969). Aspectos correlativos de geologia litoral e submarina no nordeste do Brasil. Arq. De ciências do mar, 9 (2): 127-131. Fortaleza.

MORAIS, J.O. 1977. *Evolução sedimentar da área adjacente ao porto de Itaquí, estado do maranhão, Brasil*. arq. De ciências do mar, 17(2): 143-151. Fortaleza.

MORGAN, W.J. (1983). *Hotspot tracks and the early rifting of the Atlantic*. *Tectonophysics* 94, 123-139.

MOURA ET AL (2006), Levantamento geofísico co GPR em um campo de dunas eólicas em Tibau do Sul/RN. Revista de Geologia , Vol. 19, nº 1, 99-108, 2006na *Bacia Potiguar*. In: RAJA GABAGLIA, G.P. MILANI, E.J.(coords.). Origem e

MOURA, M.R. (2009) Processos costeiros e evolução da ocupação nas praias do litoral oeste de Aquiraz, Ceará entre 1970-2008. Dissertação de Mestrado, Mestrado Acadêmico em Geografia/MAG, Fortaleza.

NETTO, (1980) *Manual de sedimentológica*. Salvador: Petrobras/CENPES/DIVEN. Setor de Ensino Bahia, 1980. 194p.

NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

Oliveira, P.R.A. (2009). Caracterização morfológica e sedimentológica da Plataforma Continental Brasileira adjacente aos municípios de Fortim, Aracati e Icapuí, CE. 2009. 112p. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN. 2009.

OLIVEIRA (2012) *Aspectos Morfológicos E Sedimentares Associados À Dinâmica Do Litoral Oeste De Icapuí, Ceará*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR, Universidade Federal do Ceará – UFC. 95p.

PARFENOFF, A., POMEROL, C, ET TOURENG, J. (1970). *Les minéraux en grains - Méthodes d'études et détermination*. 578 p. Masson et Cie, Paris.

PEREIRA, R.M., ÁVILA, C. A. & LIMA, P. R. A. S.. (2005). *Minerais em Grãos. Técnicas de coleta, preparação e identificação*. Oficina de Textos, São Paulo. 128p

PITOMBEIRA, E.S. ; MORAIS, J.O. (1977). *Comportamento hidrodinâmico e sedimentológico do estuário do rio bacanga (são luiz, estado do maranhão, Brasil)*. Arq. De Ciências do Mar, 17(2): 165-174. Fortaleza.

PONÇANO, W.L. *Sobre a interpretação ambiental de parâmetros estatísticos granulométricos: exemplos de sedimentos quaternários da costa brasileira*. Revista Brasileira de Geociências, v. 16, n.2, p.157 -170, 1986.

PONZI, V. (1995). *Métodos de análises sedimentológicas de amostras marinhas. Representação através de gráficos e mapas*. Curso de especialização em Geologia e Geofísica Marinha. LAGEMAR / UFF. 51pp.

POWERS, M. C. (1953) *Size analysis of sands by a sedimentation technique*. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 27, p. 460-468.

PRONEX (2013) *Potencialidades e Manejo Ambiental na exploração de Granulados Marinhos da Plataforma Continental do Estado do Ceará*. FUNCAP, CNPq.

REMUS, et al, (2008). *Proveniência sedimentar: métodos e técnicas analíticas aplicadas*. Revista Brasileira de Geociências. V.38 n.2 supl.supl. São Paulo 2008

SILVA FILHO WF. (2004). *Domínios morfoestruturais da plataforma continental do Estado do Ceará*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 288 pp.

SILVEIRA, J. D. (1964) Morfologia do litoral. In: AZEVEDO, A. (ed.) *Brasil: a terra e o homem*. São Paulo, Cia. Editora Nacional, p. 253-305.

SOUSA, D.C; SÁ, E. F. J; VITAL, H; NASCIMENTO, M. A. L. *Falésias na praia de Ponta Grossa, Icapuí, CE – importantes deformações tectônicas cenozóicas em rochas sedimentares da Formação Barreiras*. Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil, 2008.

SOUSA, P. H. G. (2007) de O. *Atuação dos Processos Costeiros e Vulnerabilidade à Erosão na Praia de Paracuru - Ceará*, Dissertação de Mestrado, Mestrado Acadêmico em Geografia/MAG, Fortaleza.

SOUSA, D.C. 2003. Litoestratigrafia e deformação Cenozóica na região de Icapuí, Ceará, e implicações para a estruturação de campos de petróleo na borda ocidental da Bacia Potiguar (NE do Brasil). PPGG/UFRN, Tese de Doutorado, 192p.

SOUZA D. C. 2002. Litoestratigrafia e Deformação do Cenozóico na Região de Icapuí,

SOUZA, M. J. N. (2000) Bases Naturais e Esboço do Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará. In: *Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará*. Lima, L. C.; MORAIS, J. O; SOUZA, M. J. N. Ed. FUNECE. Fortaleza, p. 6 – 98.

SOUZA, M.J.N de. (1988) *Contribuição ao estudo das unidades-morfoestruturais do Estado do Ceara*, Revista de Geologia, v1, p 73-91, Edições Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SOUZA, S. M. 1982. Atualização da litoestratigrafia da Bacia Potiguar. In: Congresso

SUGUIO, K. (1973) *Introdução à sedimentologia*. Ed. Edgard Blucher Ltda. 317 p., São Paulo SP,

SUGUIO, K. (2003) *Geologia Sedimentar*. Ed. Edgard Blucher, São Paulo.

TABOSA, W.F, (2002). *Monitoramento Costeiro das Praias de São Bento do Norte e Caiçara do Norte – RN*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília, 1994.

TUCKER, M.E. (1981) *Sedimentary Petrology: An Introduction*. Oxford: Blackwell. 252pv.2, p.259-261, 1967.

VICALVI, M.A & PALMA, J.J.C. (1980). *Bioestatigrafia e taxas de acumulação dos sedimentos quaternários do talude e sopé continental entre a foz do rio Gurupi (MA) e Fortaleza (CE)*. B. Téc. PETROBRAS, Rio de Janeiro, 23:3-11.

VILLWOCK, J.A. (1994). *A costa brasileira: geologia e evolução*. Notas técnicas. Porto alegre. V.7. p.38-49

WALKLEY, A. & BLACK, I. (1934) *An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method*. Soil Sci., 37:29-38.

WENTWORTH, C.K. 1922. *A scale of grade and class terms for clastic sediments*. Journal

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

ZANELLA, M. E. As características climáticas e os recursos hídricos do Estado do Ceará. In: org. da SILVA, J. B.; CAVALCANTE, T. C.; DANTAS, E. W.C.... [et al]. *Ceará: um novo olhar geográfico*. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005. 480p.