

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**Maria Valdirene Araújo Rocha Moraes**

**MORFOLOGIA E SEDIMENTOLOGIA DO LITORAL  
E DA PLATAFORMA CONTINENTAL INTERNA DO  
MUNICÍPIO DE ACARAÚ – CEARÁ – BRASIL**

**TESE DE DOUTORADO**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GEOLOGIA SEDIMENTAR E AMBIENTAL**

**Maria Valdirene Araújo Rocha Moraes**

**MORFOLOGIA E SEDIMENTOLOGIA DO LITORAL E DA PLATAFORMA  
CONTINENTAL INTERNA DO MUNICÍPIO DE ACARAÚ – CEARÁ – BRASIL**

**TESE DE DOUTORADO**

**ORIENTADOR: Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso  
CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. George Satander Sá Freire**

**Maria Valdirene Araújo Rocha Moraes**

**Geógrafa, Universidade Estadual do Ceará, 2002**

**Pós-Graduação, Metodologia do Ensino da Geografia, Universidade Estadual  
do Ceará, 2005**

**Mestre, Universidade Federal do Ceará, 2007**

**MORFOLOGIA E SEDIMENTOLOGIA DO LITORAL DA PLATAFORMA  
CONTINENTAL INTERNA DO MUNICÍPIO DE ACARAÚ – CEARÁ – BRASIL**

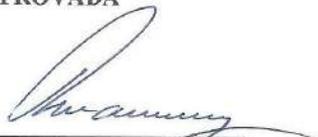
Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, orientada pelo Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso e co-orientada pelo Prof. Dr. George Satander Sá Freire, em preenchimento parcial para obtenção do grau de Doutor, área de concentração em Geologia Sedimentar e Ambiental, defendida em 19/04/2012.

Recife, PE  
2012

**ESTUDO DA MORFOLOGIA E SEDIMENTOLOGIA DO LITORAL LESTE E  
DA PLATAFORMA CONTINENTAL DO MUNICÍPIO DE ACARAÚ – CEARÁ  
– BRASIL**

**Maria Valdirene Araújo**

**APROVADA**



**Valdir do Amaral Vaz Maniso**

19 de abril de 2012



**Virgínio Henrique de Miranda Lopes Neumann**

19 de abril de 2012



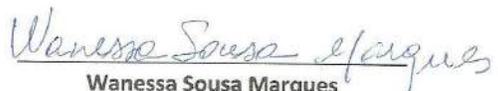
**Almany Costa Santos**

19 de abril de 2012



**George Satander Sá Freire**

19 de abril de 2012



**Wanessa Sousa Marques**

19 de abril de 2012

## **Dedico**

Aos meus pais, Guarany e Conceição, sertanejos fortes, exemplos de fé, trabalho, coragem e honestidade, que deixaram o campo e foram para a cidade em busca de melhores condições de vida e educação para os seus cinco filhos.

A meu esposo Lindomar, minhas filhas Lara Hannah e Yara Hadassah (que veio no final deste trabalho, complementar minha vida), que estiveram presentes em meus momentos ausentes.

A Deus por ter me proporcionado a vida, dar essência a tudo que existe e ser responsável por todas as minhas vitórias.

*“A aprendizagem é um tesouro que segue seu dono em qualquer lugar.”*

Autor Desconhecido.

## AGRADECIMENTOS

A Deus por me fazer uma pessoa melhor a cada dia.

A Universidade Federal de Pernambuco, através da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação pelo auxílio da Bolsa de Doutorado (CAPES) Pós-Graduação em Geociências (PPGEOC) e a para a realização desta pesquisa.

Ao orientador Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso que acreditou no meu trabalho e por todas as contribuições que enriqueceram este trabalho.

A todos que fazem o Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha (LGGM) pelas colaborações, especialmente a Miguel Arrais e Fernando Soares Júnior.

Ao Prof. George Satander Sá Freire da Universidade Federal do Ceará pela co-orientação, pelas idéias sugeridas no início deste trabalho e pelo desprendimento para ajudar a concluir este trabalho.

A Professora Loreci Gislaine de Oliveira Lehugeur (*in memória*) pela colaboração e incentivo inicial neste trabalho, pela amizade demonstrada desde o período do Mestrado até meados desta Tese.

A todos do Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada (LGMA) da Universidade Federal do Ceará (UFC), pela amizade e momentos de desconcentração, em especial, Fernanda, Julianna, Inácio, Denise, Claudinha, Elenilton, Narelle, Solon, Janaína e Ana Angélica.

A Prof<sup>a</sup> Lúcia Mafra Valença pela compreensão e amizade que demonstrou durante o período que permaneci em Recife.

À Elizabeth Galdino da Secretaria da Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco pela amizade, profissionalismo e compreensão nos momentos de ausência.

Aos amigos que fiz durante o curso, Dunaldson e Rizelda, pela amizade (não os esquecerei). Meus sinceros agradecimentos.

Ao Geógrafo João Paulo Portela pelas contribuições durante este trabalho e ajuda indispensável no primeiro campo.

A Geóloga Sara Albano pela incondicional ajuda nos mapas e por sua amizade.

Ao Ronaldo, Julianna, Kelfrank, Sr. Edilson e Inácio pelo apoio técnico e de amizade durante os trabalhos de campo.

A Wanessa Marques pela acolhida em sua casa e pelos momentos de longas conversas em momentos de descontração. Muito obrigada também por ter aceitado participar da banca de Qualificação e de Defesa.

Ao Prof. Dr. Virgínio Henrique de Miranda Lopes Neumann e ao Prof. Dr. Almany Costa Santos, que aceitaram participar da banca de Qualificação e de Defesa, por suas considerações relevantes que enriqueceram ainda mais este trabalho.

A Sharliane que me acolheu em sua casa durante boa parte de minha estadia em Recife. Meus sinceros agradecimentos também a sua irmã Sheila.

As pessoas amigas que me ofereceram estadia e se dispuseram de seu tempo para me acolher de forma tão amável, Claudinha, Ana Rodrigues e Jaíra Meire.

As professoras de Português, Eunice e Neile, que contribuíram na correção ortográfica deste trabalho. Meus sinceros agradecimentos.

A Adriana Lino, que proporcionou a conciliação do trabalho de docência com a conclusão desta Tese, compreendendo minha ausência sempre que foi necessária.

A minha família, em especial, a minha mãe, pelos sábios ensinamentos e demonstração de amor e carinho. Ela me faz compreender que para ser sábio não se torna necessário acumular títulos e sim o aprendizado que tiramos de cada etapa vivida. Ela me faz entender que a maior riqueza que trazemos conosco, é, a humildade e a simplicidade.

A minha irmã Eliane, pelo apoio que me destes durante todo esse trabalho, pelas orações e palavras de conforto e carinho.

A minha querida e amada filha, Lara Hannah, mesmo tão pequenininha, precisou aprender a lidar com minha constante ausência.

A Yara Hadassah, filha amada ainda no ventre, já faz parte da minha vida e deste trabalho, por ter me acompanhado na defesa e nas correções finais.

A meu esposo pela ajuda incondicional em todos os momentos. Soube compreender a minha falta de tempo de todo tempo dedicado a este trabalho.

Enfim, a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para que este trabalho fosse realizado e que por acaso não tenha sido citado.

## RESUMO

O presente trabalho apresenta os resultados dos estudos da morfologia e sedimentologia da região costeira e da plataforma continental interna do município de Acaraú – Ceará e a análise multitemporal da linha de costa. Os objetivos focaram o estudo morfológico e sedimentológico no litoral leste, onde foram realizados 6 (seis) perfis topográficos e coletados sedimentos nos três segmentos praias característicos da área (pós-praia, estirâncio e planície de maré); a análise sedimentológica da plataforma continental interna e o monitoramento multitemporal da linha de costa por meio de imagens de satélites Landsat 5 TM, dos últimos 21 anos. O método utilizado neste trabalho englobou pesquisas bibliográfica e geocartográfica, levantamento de campo (coleta de amostras, perfis praias e caracterização ambiental) e análises granulométricas. A análise multitemporal se deu através de técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI). Utilizando os produtos digitais das imagens foi possível a identificação e caracterização dos principais elementos da paisagem. Essa identificação foi possível através do estudo das características espectrais dos resultados desses processamentos digitais. De acordo com os resultados obtidos para a morfologia praias, ocorreu erosão nos perfis 1, 2 e 3, enquanto que ocorreu deposição nos perfis 4, 5 e 6. Quanto às características sedimentológicas, verificou-se diferenciação entre os perfis monitorados. Nos perfis 1 e 2 observou-se uma região lamosa, enquanto que nos perfis 3, 4, 5 e 6 caracterizou-se como arenosa. O modelo batimétrico apresentou uma morfologia de fundo homogênea da isóbata de 0 a 12m. A partir desta isóbata o relevo apresentou-se com declividade suave e com poucas irregularidades, como canais de maré e colinas. O resultado da análise granulométrica da plataforma continental mostrou a predominância de areia bioclástica, caracterizada por apresentar de 70% a 100% de areia e entre 70% a 100% de  $\text{CaCO}_3$ . Dos produtos (mapas) multitemporais da linha de costa pode-se constatar variações dos processos erosivos e construtivos intercaladas na escala do tempo, sendo o litoral leste, a região mais impactada pelos agentes modeladores das feições litorâneas.

**Palavras-chave:** Planície litorânea, plataforma continental e análise multitemporal.

## ABSTRACT

This paper presents the results of studies of the morphology and sedimentology of the coastal and inner continental shelf of the city of Acaraú - Ceara and multitemporal analysis of the coastline. The goals focused on the morphological and sedimentological analysis of the east coast, where were made 6 (six) topographic profiles and collected sediments in three segments of the beach such as (backshore, shore face and tidal flat); the sedimentological analysis of the inner continental shelf and multitemporal monitoring of the coastline through satellite images Landsat 5 TM, of the last 21 years. The method of this study includes literary and geocartographic research, field survey (sampling for sediments, beach profiles and characterization of atmosphere conditions) and granulometric analysis. The multitemporal analysis was carried out through the techniques of Digital Image Processing (DIP). The products of the digital images allowed the identification and characterization of the main elements of the landscape. This identification is associated with the spectral characteristics of those products presented in the results of processing digital image. According to the results obtained for the morphology of the beach, erosion occurred in the profiles 1, 2 and 3, while deposition occurred in the profiles 4, 5 and 6. The sedimentological characteristics showed that there was differentiation between the profiles monitored, in profiles 1 and 2 there was a muddy region while the profiles 3, 4, 5 and 6 were characterized as sandy region. The bathymetric model showed a homogeneous morphology of the seafloor from 0 to 12m isobaths. From this isobath the relief presented mild slope and few irregularities, such as tidal channel and hills. The sedimentology of the continental shelf was characterized by predominantly bioclastic sand, characterized by 70% to 100% of  $\text{CaCO}_3$ . Through the analysis of the multi-temporal maps of shoreline one can observe variations of erosion and construction intercalated in the time scale. Consequently the east coast is the most impacted region by the coastal feature of modeling agent.

**Keywords:** coastal plain, continental shelf and multitemporal analysis.

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b>	<b>v</b>
<b>RESUMO</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>xv</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>xxiii</b>
<b>LISTA DE SIGLAS</b>	<b>xxiv</b>
<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO</b>	<b>26</b>
1.1 Objetivos	31
1.2 Trabalhos Anteriores	32
<b>CAPITULO 2 – ASPECTOS FISIAGRÁFICOS</b>	<b>35</b>
2.1 Localização da área	35
2.2 Aspectos Climáticos	37
2.2.1 Generalidades	37
2.2.2 Clima local	39
2.3 Vegetação	40
2.4 Parâmetros Oceanográficos	42
2.4.1 Ventos	43
2.4.2 Correntes	43

2.4.3 Marés	43
2.4.4 Salinidade	44
2.4.5 Clima de Ondas	44
<b>2.5 Recursos hídricos</b>	<b>45</b>
2.5.1 Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú	45
<b>CAPÍTULO 3 – ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS</b>	<b>50</b>
<b>3.1 Contexto Geológico</b>	<b>50</b>
3.1.1 Margem Continental	50
3.1.2 Depósitos Quaternários da Margem Continental	53
3.1.2.1 A plataforma continental do Ceará	53
3.1.2.1.1 Província Carbonática	55
3.1.2.1.2 Província Siliciclástica	56
3.1.3 Depósitos Tércio-Quaternários da Planície Litorânea	57
3.1.3.1 Depósitos fluviomarinhos	59
3.1.3.2 Depósitos eólicos	60
<b>3.2 Caracterização Geomorfológica da Planície Litorânea de Acaraú</b>	<b>62</b>
3.2.1 Descrição das feições geomorfológicas	68
3.2.1.1 Feições de praia (Flechas litorâneas)	69
3.2.1.2 Planície de maré	72
3.2.1.2.1 Estruturas sedimentares na planície de maré de Acaraú	74
3.2.1.3 Planície Fluviomarinha	76
3.2.1.4 Tabuleiros Litorâneos	77
<b>CAPÍTULO 4 – MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>79</b>
<b>4.1 Introdução</b>	<b>79</b>

<b>4.2 Morfologia do litoral leste de Acaraú</b>	<b>79</b>
4.2.1 Perfis topográficos	79
4.2.2 Coleta de Sedimentos	81
4.2.3 Análise sedimentológica	83
4.2.4 Análise estatística dos dados	85
<b>4.3 Morfologia da plataforma interna do leste de Acaraú</b>	<b>91</b>
4.3.1 Levantamento de dados batimétricos	91
4.3.2 Modelagem Batimétrica	91
4.3.2.1 Aquisição de Dados	91
4.3.2.2 Confecção do modelo batimétrico e métodos de interpolação dos dados	94
4.3.3 Sedimentologia da Plataforma Interna de Acaraú	96
4.3.3.1 Amostras Sedimentológicas e Determinação dos Teores de Carbonato de Cálcio (CaCO <sub>3</sub> )	96
4.3.3.2 Confecção do Mapa Faciológico	98
<b>4.4 Sensoriamento Remoto</b>	<b>99</b>
4.4.1 Levantamento bibliográfico	99
4.4.2 Pré-processamento das imagens	100
4.4.3 Processamento Digital de Imagens	101
4.4.4 Integração dos dados para a confecção dos mapas multitemporais da linha de costa do município de Acaraú	104
<b>CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>106</b>
<b>5.1 Ambiente Praial</b>	<b>106</b>
5.1.1 Caracterização Praial do litoral leste de Acaraú	106
5.1.2 Morfologia da planície costeira	110
5.1.3 Sedimentologia da planície costeira leste de Acaraú	125
5.1.4 Sedimentologia do Estirâncio	137

5.1.5.1 Pontos de amostragem do litoral leste de Acaraú	139
<b>5.2 Plataforma Continental do Ceará</b>	<b>153</b>
5.2.1 Aspectos Gerais	153
5.2.2 Morfologia	153
<b>5.3 Modelo Batimétrico</b>	<b>155</b>
5.3.1 Descrição do Relevo	156
5.3.2 Perfis Batimétricos	159
5.3.2.1 Perfis Batimétricos Transversais	159
5.3.2.2 Perfis Batimétricos Longitudinais	162
<b>5.4 Sedimentologia da Plataforma Continental de Acaraú</b>	<b>164</b>
5.4.1 Classificação dos pontos de amostragem	164
5.4.2 Mapa Faciológico	166
5.4.2.1 Associação Litoclástica	166
5.4.2.2 Associação Carbonática	166
5.4.3 Mapa de Teores de Carbonato de Cálcio	169
5.4.3 Mapas de distribuição textural	171
<b>5.5 Evolução da Linha de Costa de Acaraú</b>	<b>175</b>
5.5.1 Evolução da Linha de Costa do Litoral Oeste de Acaraú	179
5.5.1.1 Período 1987 – 1991	179
5.5.1.2 Período 1991 – 1999	183
5.5.1.3 Período 1999 – 2008	186
5.5.2 Evolução da Linha de Costa do Litoral Leste de Acaraú	191
5.5.2.1 Período 1987 – 1991	191
5.5.2.2 Período 1991 – 1999	195
5.5.2.3 Período 1999 – 2008	198
<b>5.5.3 Análise da Evolução da Linha de Costa nos anos de 1987 a 2008</b>	<b>202</b>

<b>CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>207</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>210</b>
<b>APÊNDICES</b>	<b>219</b>
A – Parâmetros estatísticos segundo Folk & Ward (1957) das amostras sedimentológicas coletadas em Junho de 2008 no litoral leste de Acaraú-CE	220
B – Parâmetros estatísticos segundo Folk & Ward (1957) das amostras sedimentológicas coletadas em Novembro de 2008 no litoral leste de Acaraú-CE	222
Apêndice C – Tabela dos Pontos Batimétricos da Plataforma Continental Interna do Município de Acaraú – Ceará – Brasil.	224
D – Classificação das amostras sedimentológicas quanto aos parâmetros estatísticos segundo Folk e Ward (1957), da Plataforma Continental Interna do Município de Acaraú – Ceará – Brasil	229
E – Classificação das amostras sedimentológicas, teor de carbonato de cálcio (CaCO <sub>3</sub> ) e classificação de Larssonneur (1977) da Plataforma Continental Interna do Município de Acaraú – Ceará – Brasil	231

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

1.1 – Ambiente praial subdividido em setores	28
--	----

### CAPITULO 2

2.1 – Localização da área de estudo – Região de Acaraú - CE	36
2.2 – Zona de Convergência Intertropical – ZCIT mostrada através das imagens do satélite METEOSAT-7	38
2.3 – Pluviometria dos últimos 34 anos em Acaraú	39
2.4 – Quadra chuvosa no município de Acaraú – CE	40
2.5 – Vegetação de mangue vermelho ( <i>Rhizophora mangle</i> ) num canal de maré próximo a desembocadura do rio em Coroa Grande	42
2.6 – Bacia Hidrográfica do rio Acaraú – CE	47
2.7 – Bacias hidrográficas dos rios Coreaú, Acaraú e Litoral com destaque para a região litorânea do município de Acaraú	49

### CAPÍTULO 3

3.1 – Subdivisão da Bacia do Ceará (BELTRAMI, 1990)	51
3.2 – Composição tectono-sedimentar da plataforma continental do Ceará (SILVA FILHO <i>et al.</i> , 2007)	54
3.3 – Geologia da área. Adaptado (CPRM, 2003)	58
3.4 – Planície de maré. Fotos de Julho/2007	60

3.5 – Depósitos eólicos de dunas móveis e fixas (Praia de Espraiado - Nov/2008)	61
3.6 – Localização da área de estudo. Estão representados os principais sistemas que definem os processos morfogenéticos e ecodinâmicos locais (Adaptado de Meireles, 2003)	63
3.7 – Aspectos geomorfológicos e integração entre as diversas unidades do sistema fluviomarinho. Adaptado de Meireles, 2002; IBAMA, 2005	66
3.8 – Impactos ambientais ao longo do ecossistema manguezal provocados pela carcinicultura (MEIRELES e VICENTE da SILVA, 2003)	67
3.9 – Sentido da deriva litorânea	68
3.10 – Localização das flechas litorâneas da costa de Acaraú – CE	70
3.11 – Dunas semi-fixas na flecha litorânea de Volta do rio	71
3.12 – Planície de maré exposta na baixa-mar a oeste da foz do rio Acaraú	72
3.13 – Vegetação de paleomangue na planície de maré e marcas onduladas indicando direção de corrente	73
3.14 – Marca ondulada linguóide	74
3.15 – Área de intermarés, detalhe para as marcas onduladas de corrente assimétricas	75
3.16 – Marcas onduladas simétricas, a seta mostra a direção da corrente	75
3.17 – Vegetação de mangue	77
 <b>CAPÍTULO 4</b>	
4.1 – Localização dos perfis topográficos e coleta de sedimentos	80
4.2 – Receptor DGPS para realização dos perfis topográficos	81
4.3 – Amostragem de sedimentos/observa-se marcas onduladas na planície de maré	82
4.4 – Pontos de coleta realizada no estirâncio em Junho/2008	82
4.5 – Fluxograma da análise granulométrica dos sedimentos praias	84

4.6 – “Rot up” com jogo de peneiras	85
4.7 – Diagrama triangular de classificação de sedimentos Shepard (1954)	86
4.8 – Curvas de frequência da assimetria	88
4.9 - Tipos curvas de distribuição no que se refere à curtose	90
4.10 – Mapa de pontos batimétricos	93
4.11 – Principais feições do semivariograma	95
4.12 – Mapa de Pontos (Amostragem sedimentológica)	97
4.13 - Classificação de fácies sedimentares adotadas pelo LGMA, adaptadas de Shepard (1954) Larssoneur (1977 , <i>in</i> Freire <i>et al.</i> , 1997)	98
4.14 – Etapas do processamento digital das imagens de satélites Landsat	100
4.15 – Imagem Landsat 5 TM, composição RGB 321, visualizando as áreas emersas e submersas	103
4.16 – Linha de costa de Acaraú de acordo com as imagens Landsat em datas distintas, com destaque para as áreas das flechas arenosas, onde sofreram as maiores modificações na sua morfologia	105

## **CAPÍTULO 5**

5.1 – a) Perfil praias predominante na região estudada; b) Esta imagem corresponde à praia de Coroa Grande próximo a desembocadura de um dos tributários do rio Acaraú	107
5.2 – Descaracterização do pontal arenoso em Volta do rio (Nov/2008)	108
5.3 – Na imagem do Google Earth nas setas vermelhas indica a localização onde foram instaladas as torres da Estação Eólica de Volta do Rio em Acaraú	108
5.4 – Observa-se a presença de minerais pesados na praia de Arpoeiras, perfil	109
5.5 – Estruturas sedimentares (já descritas no Cap. 3 subitem 3.3.1.2) da planície de maré de Acaraú. Observa-se marcas onduladas simétricas nos perfis 6, 2 e 3 e marcas onduladas do tipo linguóide no perfil 1	110

5.6 – Localização dos perfis topográficos	111
5.7 – Distrito de Coroa Grande (Nov/2008)	112
5.8 – Morfologia praial representada a partir do perfil topográfico	113
5.9 – Praia de Coroa Grande (Nov/2008)	114
5.10 – Morfologia praial do perfil 2	115
5.11 – Praia de Arpoeiras (Nov/2008)	116
5.12 – Morfologia do perfil 3	117
5.13 – Praia localizada na ponta (W) do pontal arenoso do Espraiado. Verifica-se um extenso estirâncio apresentando canais de maré (Nov/2008)	118
5.14 – Perfil topográfico no qual verifica-se a morfologia do perfil 4	119
5.15 – Distrito de Espraiado. a) Observa-se a planície de maré (cheia) e canal de maré (Nov/2008)	120
5.15 – Distrito de Espraiado. b) Verifica-se o setor do pós-praia e a planície de maré (cheia) em Nov/2008	121
5.16 – Morfologia praial do perfil 5	121
5.17 – Observa-se os diferentes ambientes na planície de maré (cheia), dentre eles o canal de maré entre o pontal arenoso e o continente (Nov/2008), praia de Espraiado	122
5.18 – Praia Volta do rio no extremo limite entre os municípios de Acaraú (W) e Itarema (E), no detalhe observa-se o início da construção do espigão em junho/2008	123
5.19 – Monitoramento do perfil 6 como mostra a morfologia praial	124
5.20 – Curvas acumulativas das amostras coletadas no perfil 01	126
5.21 – Distribuição granulométrica do perfil 1	127
5.22 – Curvas acumulativas das amostras coletadas no perfil 02	128
5.23 – Distribuição granulométrica para o perfil 2	129
5.24 - Curvas acumulativas das amostras coletadas no perfil 03	130
5.25 – Distribuição granulométrica para o perfil 3	131

5.26 - Curvas acumulativas das amostras coletadas no perfil 04	132
5.27 – Distribuição granulométrica para o perfil 4	133
5.28 - Curvas acumulativas das amostras coletadas no perfil 05	134
5.29 – Distribuição granulométrica para o perfil 5	135
5.30 - Curvas acumulativas das amostras coletadas no perfil 06	136
5.31 – Distribuição granulométrica para o perfil 6	137
5.32 – Curva acumulativa do ponto de amostragem E3	139
5.33 – Distribuição granulométrica para o ponto E3 do estirâncio	139
5.34 – Curva acumulativa do ponto de amostragem E4	140
5.35 – Distribuição granulométrica para o ponto E4 do estirâncio	140
5.36 – Curva acumulativa do ponto de amostragem E5	141
5.37 – Distribuição granulométrica para o ponto E5 do estirâncio	141
5.38 – Curva acumulativa do ponto de amostragem E6	142
5.39 – Distribuição granulométrica para o ponto E6 do estirâncio	142
5.40 – Curva acumulativa do ponto de amostragem E9	143
5.41 – Distribuição granulométrica para o ponto E9 do estirâncio	143
5.42 – Curva acumulativa do ponto de amostragem E10	144
5.43 – Distribuição granulométrica para o ponto E10 do estirâncio	144
5.44 – Curva acumulativa do ponto de amostragem E12	145
5.45 – Distribuição granulométrica para o ponto E12 do estirâncio	145
5.46 – Curva acumulativa do ponto de amostragem E13	146
5.47 – Distribuição granulométrica para o ponto E13 do estirâncio	146
5.48 – Curva acumulativa do ponto de amostragem E14	147
5.49 – Distribuição granulométrica para o ponto E14 do estirâncio	147
5.50 – Curva acumulativa do ponto de amostragem E15	148
5.51 – Distribuição granulométrica para o ponto E15 do estirâncio	148

5.52 – Curva acumulativa do ponto de amostragem E16	149
5.53 – Distribuição granulométrica para o ponto E16 do estirâncio	149
5.54 – Curva acumulativa do ponto de amostragem E17	150
5.55 – Distribuição granulométrica para o ponto E17 do estirâncio	150
5.56 – Curva acumulativa do ponto de amostragem E18	151
5.57 – Distribuição granulométrica para o ponto E18 do estirâncio	151
5.58 – Distribuição sedimentológica do setor de estirâncio do litoral leste de Acaraú – Ceará	152
5.59 – Diagrama esquemático do perfil da plataforma continental do Ceará e da área em estudo	154
5.60 – Modelo gaussiano ajustado ao variograma experimental dos dados batimétricos	155
5.61 – Mapa Batimétrico da Plataforma Continental Interna de Acaraú	157
5.62 – Modelo Digital de Terreno (MDT) da Plataforma Continental de Acaraú até a isóbata de 30m	158
5.63 – Perfis batimétricos transversais (perfil 1 1' a 5 5') e longitudinais (perfil A A' a F F')	160
5.64 – Perfis batimétricos transversais	161
5.65 – Perfis batimétricos longitudinais	163
5.66 – Classificação dos pontos de Amostragem sedimentológica	165
5.67 – Mapa Faciológico da Plataforma Continental Interna do Município de Acaraú	167
5.68 – Amostra da fácies Bioclástica	168
5.69 – Mapa Teor de Carbonato de Cálcio	170
5.70 – Mapa de distribuição textural de Cascalho	172
5.71 – Mapa de distribuição textural de Areia	173
5.72 – Mapa de distribuição textural de Lama	174

5.73 – Imagem do litoral leste de Acaraú, do sensor TM Landsat-5, obtida em 17 de julho de 1987, na composição R(4)G(3)B(2)	175
5.74 – Imagem do litoral leste de Acaraú, do sensor TM Landsat-5, obtida em 10 de Junho de 1991, na composição R(3)G(4)B(1). Nesta composição RGB a imagem mostra nitidamente o banco de areia que forma a planície de maré de Acaraú	176
5.75 – Imagem do litoral leste de Acaraú, do sensor TM Landsat-5, obtida em 02 de julho de 1999, na composição R(1)G(2)B(3)	176
5.76 – Imagem do litoral leste de Acaraú, do sensor TM Landsat-5, obtida em 11 de Agosto de 2008, na composição R(4)G(3)B(2)	177
5.77 – Evolução da linha de costa de Acaraú nos anos 1987, 1991, 1999 e 2008	178
5.78 – Áreas de acresção de sedimentos para o período de 1987-1991	181
5.79 – Áreas de erosão de sedimentos para o período de 1987-1991	182
5.80 – Áreas de acresção de sedimentos para o período de 1991-1999	184
5.81 – Áreas de erosão de sedimentos para o período de 1991-1999	185
5.82 – Áreas de acresção de sedimentos para o período de 1999-2008	188
5.83 – Áreas de erosão de sedimentos para o período de 1999-2008	189
5.84 – Representa o setor 4 (flecha litorânea de Aranaú) na análise de tempo 1999-2008 nas imagens de satélites (TM Landsat-5, obtida em 02 de julho de 1999, na composição R(1)G(2)B(3) e TM Landsat-5, obtida em 11 de Agosto de 2008, na composição R(4)G(3)B(2)). Observa-se a mudança de morfologia nas flechas de areia e formação da barra arenosa como mostra a imagem de 2008	190
5.85 – Áreas de acresção e erosão de sedimentos para o período de 1987-1991	193
5.86 – Evolução dos setores 1 e 2 nas imagens de satélites (TM Landsat-5, obtida em 17 de julho de 1987, na composição R(4)G(3)B(2) e TM Landsat-5, obtida em 10 de Junho de 1991, na composição R(3)G(4)B(1))	194
5.87 – Evolução do setor 4 nas imagens de satélites (TM Landsat-5, obtida em 17 de julho de 1987, na composição R(4)G(3)B(2) e TM Landsat-5, obtida em 10 de Junho de 1991, na composição R(3)G(4)B(1))	195

- 5.88 – Evolução do setor 4 observada nas imagens de satélites (TM Landsat-5, obtida em 02 de julho de 1999, na composição R(1)G(2)B(3) e TM Landsat-5, obtida em 10 de Junho de 1991, na composição R(3)G(4)B(1)) 196
- 5.89 – Áreas de acreção e erosão de sedimentos para o período de 1991-1999 197
- 5.90a – Mostra área de carcinicultura. Imagem do sensor MSS Landsat-2, obtida em 24 de maio de 1977, na composição R(4)G(6)B(5). *Ressalta-se para a resolução da imagem que é de 80m, não sendo possível identificar detalhes na imagem* 198
- 5.90b – Representa os setores 1 e 2 na análise de tempo 1999-2008 nas imagens de satélites (TM Landsat-5, obtida em 02 de julho de 1999, na composição R(1)G(2)B(3) e TM Landsat-5, obtida em 11 de Agosto de 2008, na composição R(4)G(3)B(2)). Observa-se a presença de indústrias de carcinicultura 199
- 5.91 – Evolução dos setores 3 e 4 observada nas imagens de satélites (TM Landsat-5, obtida em 02 de julho de 1999, na composição R(1)G(2)B(3) e TM Landsat-5, obtida em 11 de Agosto de 2008, na composição R(4)G(3)B(2)). Observa-se a crescente presença de indústrias de carcinicultura 200
- 5.92 – Áreas de acreção e erosão de sedimentos para o período de 1999-2008 201
- 5.93 – Análise multitemporal da linha de costa do município de Acaraú, nos anos de 1987 e 2008 203
- 5.94 – Mostra o setor 1 na análise de tempo 1987-2008 nas imagens de satélites (TM Landsat-5, obtida em 17 de julho de 1987, na composição R(5)G(4)B(3) e TM Landsat-5, obtida em 11 de Agosto de 2008, na composição R(4)G(3)B(2)) 204
- 5.95 – Mostra o setor 2 na análise de tempo 1987-2008 nas imagens de satélites (TM Landsat-5, obtida em 17 de julho de 1987, na composição R(4)G(3)B(2) e TM Landsat-5, obtida em 11 de Agosto de 2008, na composição R(4)G(3)B(2)) 205
- 5.96 – Mostra as modificações na região litorânea do setor 3 (definido na Figura 5.93) na análise de tempo 1987-2008 nas imagens de satélites (TM Landsat-5, obtida em 17 de julho de 1987, na composição R(5)G(4)B(3) e TM Landsat-5, obtida em 11 de Agosto de 2008, na composição R(4)G(3)B(2)) 206

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 4

4.1 – Parâmetros de grau de seleção das amostras	87
4.2 – Relação entre o intervalo da assimetria e o grau de assimetria correspondente	89
4.3 – Lista das imagens digitais com suas respectivas datas e resolução espacial	99

### CAPÍTULO 5

5.1 – Localização dos perfis topográficos do litoral Leste de Acaraú/CE	111
5.2 – Balanço sedimentar do perfil 01 – litoral leste de Acaraú	112
5.3 – Balanço sedimentar do perfil 02 – litoral leste de Acaraú	115
5.4 – Balanço sedimentar do perfil 03 – litoral leste de Acaraú	117
5.5 – Balanço sedimentar do perfil 04 – litoral leste de Acaraú	119
5.6 – Balanço sedimentar do perfil 05 – litoral leste de Acaraú	122
5.7 – Balanço sedimentar do perfil 06 – litoral leste de Acaraú	124
5.8 – Pontos de amostragem realizada no estirâncio no mês de Jun/2008	138

## LISTA DE SIGLAS

<b>ANASED</b>	Análise Sedimentológica
<b>CNPQ</b>	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
<b>CNUDM</b>	Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar
<b>CIRM</b>	Comissão Interministerial para os Recursos do Mar
<b>CLPC</b>	Comissão de Limites da Plataforma Continental
<b>CPRM</b>	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
<b>CPTEC</b>	Centro de previsão de tempo e estudos climáticos
<b>DGPS</b>	Differential Global Positioning System
<b>DHN</b>	Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil
<b>DNPM</b>	Departamento Nacional de Produção Mineral
<b>GPS</b>	Sistema de Posicionamento Global
<b>FUNCEME</b>	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
<b>INPE</b>	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
<b>INPH</b>	Instituto de Pesquisas Hidroviárias
<b>IPECE</b>	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
<b>LEPLAC</b>	Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira

<b>LGGM</b>	Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha
<b>LGMA</b>	Laboratório de Geologia Marinha Aplicada
<b>MDT</b>	Modelo Digital de Terreno
<b>NDVI</b>	Normalized Difference Vegetation Index
<b>NOAA</b>	National Oceanic and Atmospheric Administration
<b>PDI</b>	Processamento Digital de Imagens
<b>PCJ</b>	Plataforma Continental Jurídica
<b>PGGM</b>	Programa de Geologia e Geofísica Marinha
<b>REMAC</b>	Reconhecimento da Margem Continental
<b>REMLAC</b>	Programa de Avaliação da Potencialidade Mineral da Plataforma Continental Jurídica Brasileira
<b>SIG</b>	Sistema de Informação Geográfica
<b>UFC</b>	Universidade Federal do Ceará
<b>UFPE</b>	Universidade Federal de Pernambuco
<b>USP</b>	Universidade de São Paulo
<b>UTM</b>	Universal Transversa de Mercator
<b>ZCIT</b>	Zona de Convergência Intertropical
<b>ZEE</b>	Zona Econômica Exclusiva

## CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

Na região litorânea tem se concentrado os principais centros urbanos do país, ocasionando uma intensa interferência humana nos ecossistemas costeiros, conseqüentemente, resultando nos mais variados impactos ambientais. É um ambiente que se encontra em constante mudança, seja por fatores antropogênicos ou naturais, aspecto que lhe atribui à condição de dinâmica constante. É uma região que apresenta grande variabilidade temporal e espacial, comportando-se como um sistema ambiental instável, desde passado remoto até os dias atuais, em função de uma série de processos geológicos continentais e marinhos, os quais são fundamentalmente controlados por fatores meteorológicos. A urbanização e a exploração irracional dos recursos naturais são conseqüências do crescimento acelerado de metrópoles e cidades localizadas em planície litorânea. (BAPTISTA NETO *et al.*, 2004).

O estudo sobre a dinâmica costeira tem toda uma complexidade por envolver diversos fatores ambientais e antrópicos que se inter-relacionam. Segundo Vasconcelos (2005), a zona costeira é lugar de pressão demográfica e econômica, é também fonte de recursos naturais utilizados pelas populações humanas. A combinação desses fatores está no cerne de muitos conflitos de usos e interesses atuais e futuros.

O litoral, que Guerra (1988) define como uma faixa de terra emersa, banhada pelo mar, é uma área que se define a partir da linha de contato entre o relevo terrestre e as águas oceânicas. Seu estudo tem-se configurado de muita importância. De tamanha importância também, deve-se considerar o estudo da plataforma continental, que é a extensão das terras emersas cobertas pelo mar.

O ambiente praiial corresponde à zona perimetral de um corpo aquoso, composto de material granular inconsolidado, comumente arenoso (0,062 – 2 mm), ou mais raramente cascalhoso (> 2 mm), além de conter teores variáveis de

biodetritos (fragmentos de conchas de moluscos). Quase sempre, tanto a sua morfologia externa quanto as suas características internas podem apresentar modificações induzidas por atividades de correntes longitudinais (ou de deriva litorânea) (SUGUIO, 2003).

O ambiente praiar representa, sem sombra de dúvidas, o mais bem distribuído entre os ambientes costeiros de sedimentação, ou seja, uma região de depósitos de sedimentos costeiros que mudam em resposta às condições variáveis de erosão e deposição. Para entender como os materiais são distribuídos, modificados e transportados é necessária a consideração de vários processos atuantes ao longo da praia. Modificações na topografia são respostas aos processos (ondas, marés, correntes e ventos) primários que operam na modificação desses ambientes (DUARTE, 1997).

A praia é constituída por três elementos: o material sedimentar, uma área costeira, na qual este material se move, e uma fonte de energia para movimentá-lo. Os fenômenos erosivos e de sedimentação marinha, concentram-se na faixa de pós-praia e antepraia.

Conforme Lima (2004), as praias são depósitos de sedimentos, constituídos geralmente por areias, cascalhos, conchas, dentre outros. Acumulados predominantemente por ação das ondas que, por apresentarem mobilidade, se ajustam às condições hidrodinâmicas.

Elas representam, por esta razão, um importante elemento de proteção costeira, ao mesmo tempo em que são amplamente usadas para o turismo e o lazer, que segundo Duarte (1997), representa uma região de depósito de sedimentos costeiros que muda em resposta às condições variáveis de erosão e deposição.

As praias e barreiras, ou cordões arenosos, compõem o ambiente frontal de muitos sistemas costeiros como deltas, estuários e lagunas. São regiões extremamente dinâmicas cujas características morfológicas refletem o agente modificador predominante, no caso de ondas ou marés, e os atributos dos sedimentos que as compõem, principalmente a granulação, normalmente arenosa (BAPTISTA NETO *et. al.*, 2004).

De acordo com Suguio (2003), as praias arenosas se desenvolvem em trechos de costa com abundante suprimento arenoso como, por exemplo, nas

adjacências de desembocaduras fluviais com predominância da ação das ondas ou marés.

Segundo Baptista Neto *et. al.* (2004), os diferentes setores que caracterizam e influenciam diretamente no comportamento morfológico das praias definem seus compartimentos fisiográficos principais. Para Duarte (1997), o perfil de uma praia tem sido comumente dividido em diversas zonas, cada uma delas possuindo morfologia, fácies e processos característicos.

O ambiente praial é caracterizado por Antepraia, Estirâncio e Pós-praia, conforme figura 5.1 e definições a seguir:

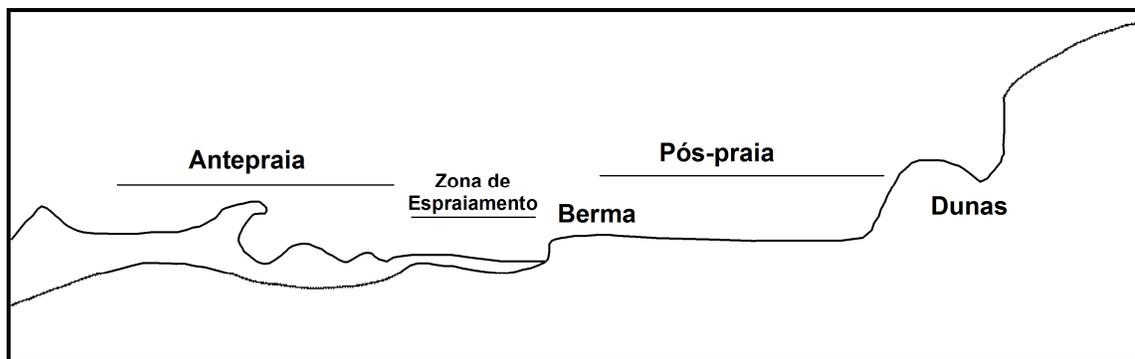


Figura 1.1 – Ambiente praial subdividido em setores.

Dunas frontais: sua formação está condicionada a um grande estoque de areia disponível para ser mobilizado pelo vento.

Pós-praia: se estende do limite superior do espraimento até o início das dunas fixadas por vegetação ou de qualquer outra mudança fisiográfica.

Praia ou estirâncio: porção do perfil situada entre o limite superior da preamar e o limite inferior da baixa mar. É sobre a praia que ocorrem os processos da zona de espraimento.

Antepraia: porção do perfil sempre submersa que se estende até a profundidade de fechamento, ou seja, até a profundidade onde ocorre a mobilização significativa de sedimentos pela ação das ondas incidentes.

Na área em estudo não foi possível realizar o monitoramento do setor *Antepraia* por tratar-se de uma região com uma ampla planície de maré que, de acordo com Suguio (2003), é um ambiente peculiar às regiões costeiras muito

planas e de baixa energia. As condições necessárias a sua formação incluem amplitudes de maré mensuráveis e ausência da ação de ondas mais fortes. Grande parte dos sedimentos recém-depositados nesse ambiente é submetida à exposição subaérea nas fases de refluxo de maré (maré baixa).

As zonas morfológicas do ambiente praias estarão desempenhando sua função ambiental de proteção da costa com eficácia, portanto em equilíbrio, quando houver reserva de espaço e de sedimentos suficientes para que os processos costeiros se desenvolvam naturalmente, acomodação dos recuos naturais da linha de costa e manutenção do balanço sedimentar equilibrado (PONTES, 2008).

A realização de perfis topográficos praias sazonais e também as diferentes condições de mar é fundamental para o reconhecimento da dinâmica de transporte sedimentar em uma determinada região costeira. Esta técnica fornece informações valiosas para a construção de obras de engenharia, permitindo calcular e fazer previsões de sedimentos transportados, assim como partes, ou regiões, preferenciais de erosão e/ou deposição de sedimentos, em função de diferentes condições de energia do meio marinho (BAPTISTA NETO *et. al.*, 2004).

O litoral leste do município de Acaraú possui diversidades de ambientes como, extensos campos de dunas, planície fluviomarinha do rio Acaraú, lagunas e flechas arenosas.

A importância do conhecimento da plataforma rasa no processo evolutivo de setores costeiros vem crescendo nas últimas duas décadas. Estudos evolutivos sobre barreiras em larga escala de tempo tem que considerar o conhecimento detalhado da região estudada. Em menor escala de tempo, estudos relacionados à acreção e erosão de praias devem considerar a modelagem da dinâmica atuante no ambiente de plataforma rasa. Projetos de alimentação artificial de praias ou exploração de jazidas submersas de areia, também necessitam embasar-se em estudos aprofundados sobre a dinâmica atuante no ambiente de plataforma rasa, sem os quais, danos consideráveis podem ser desencadeados nos setores costeiros adjacentes (GRUBER, 2002 apud VEIGA, 2004).

Segundo Vital (2005), o conhecimento do fundo marinho (plataforma continental) é importante por diversos fatores como: estudar as mudanças climáticas visando à previsão ambiental, entender o impacto da pesca no habitat bêntico e

outras comunidades biológicas, estudar padrões de poluição no mar e quais os mecanismos para ajudar a manter a integridade das áreas costeiras, localizar recursos minerais estratégicos e fornecer base de dados através de sensores remotos, ajudando a refinar novas técnicas para previsão e caracterização ambiental.

Conforme Lima (2004), vários estudos estão sendo realizados com o objetivo de caracterizar a costa brasileira, gerando o desenvolvimento de metodologias para o conhecimento e monitoramento de áreas submersas (plataforma continental). Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e o sensoriamento remoto tem ferramentas de grande importância para o desenvolvimento de pesquisas relacionadas a essas áreas.

A necessidade de analisar a morfologia e sedimentologia do litoral e da plataforma continental do município de Acaraú é de grande importância sócio-ambiental, pois através do sensoriamento remoto e coleta de campo será possível a geração de um banco de dados georreferenciados. Com o avanço das tecnologias de sensoriamento remoto, é possível produzir mapas geológicos mais completos nas áreas costeiras.

Pelas mudanças constantes das áreas costeiras, causada pelas ações das forças naturais e das atividades humanas, os mapas topográficos devem ser frequentemente atualizados para oferecer as informações corretas sobre suas constantes mudanças. Os ambientes submarinos e águas rasas podem ser mapeadas por imagens compostas de várias bandas espectrais disponíveis nos vários satélites como, Landsat, SRTM (Shuttle Topographic Mission) e SPOT.

Para Vital (2005), a caracterização da morfologia da plataforma continental é importante para analisar as possíveis relações existentes entre a dinâmica e sedimentação do ambiente recente e paleoceanográfico.

## 1.1 Objetivos

### Geral

Analisar o comportamento (da linha de costa, a morfologia e a sedimentologia) e os processos genéticos e composicionais do litoral e da plataforma continental interna do litoral leste do município de Acaraú/CE.

### Específicos

- Analisar a morfologia e sedimentologia do litoral leste de Acaraú;
- Elaborar um banco de dados ambientais georreferenciados até a isóbata de 30m;
- Classificar os sedimentos da plataforma continental e da região costeira de Acaraú;
- Gerar mapas temáticos da plataforma interna do município de Acaraú (Mapa Batimétrico, Mapa de Teor de  $\text{CaCO}_3$  e Mapa de Fácies Sedimentares) a partir de dados pré-existentes até a isóbata 30m, preferencialmente na Escala de 1:100.000;
- Determinar a variação da linha de costa através de imagens Landsat 5 TM dos últimos 21 anos, sendo 4 (quatro) anos analisados nessa escala de tempo (1987, 1991, 1999 e 2008);
- Gerar mapas de variação de linha de costa em três períodos 1987-1991; 1991-1999 e 1999-2008.

## 1.2 Trabalhos Anteriores

As primeiras informações sobre os sedimentos de fundo da margem continental brasileira foram obtidas pela tripulação do HMS Challenger, que começou suas coletas por volta do ano de 1872. Ao regressar à Inglaterra (após navegar mais de 68.890 milhas náuticas e visitar 362 estações de amostragem) por volta de três anos mais tarde, foram feitos os cruzamentos de todos os principais oceanos, inclusive o Oceano Índico. Em cada estação de amostragem, os cientistas mediram a profundidade da água e a temperatura da superfície e em pontos intermediários. A tripulação obteve sedimentos do fundo do oceano e amostras de água para serem, posteriormente, analisadas quimicamente. Eles também utilizaram a técnica de arrastão, para coletar amostras biológicas, e redes de plâncton foram muitas vezes utilizadas para recolher animais. Em cada uma das coletas, as amostras tinham que ser cuidadosamente ordenadas em conserva, engarrafadas, rotuladas, armazenadas e documentadas. A tripulação do Challenger regularmente registrava a velocidade e direção das correntes de superfície (NATURAL HISTORY MUSEUM).

Desde 1997, o REMPLAC (Programa de Avaliação da Potencialidade Mineral da Plataforma Continental Jurídica Brasileira) prontificado e aprovado pela Resolução 004/97 de 03/12/97 da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM, 2000) vem desenvolvendo pesquisas ao longo de toda plataforma continental brasileira.

Em 1972, surge o Projeto do REMAC (Reconhecimento da Margem Continental), o qual promoveu o mapeamento geológico de toda a margem continental brasileira, coletando informações sobre a estrutura geológica rasa e profunda; a distribuição de sedimentos e rochas da superfície; a topografia submarina e a localização de áreas com potencial para exploração petrolífera. Concluído em 1978, esse projeto ainda é a mais extensiva e integrada pesquisa geológica marinha já realizada no Brasil.

O Projeto REMAC envolveu várias instituições como: a PETROBRÁS, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), a Diretoria de Hidrografia e

Navegação da Marinha do Brasil (DHN), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e várias universidades brasileiras, dentre elas Universidade Federal do Ceará (UFC), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e Universidade de São Paulo (USP).

Apesar da existência dos projetos do REMPLAC e do REMAC, a plataforma continental brasileira é uma área restrita quanto aos estudos relacionados à sua formação e ao processo de sedimentação, devido principalmente a falta de recursos para aprimorar os estudos dessa região.

O Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira (LEPLAC) é o programa do Governo Brasileiro, instituído pelo Decreto nº 98.145/1989, cujo objetivo é estabelecer, no seu enfoque jurídico, o limite da Plataforma Continental além das 200 milhas da Zona Econômica Exclusiva (ZEE), em conformidade com os critérios estabelecidos pela Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM), que foi assinada e ratificada pelo Brasil. A CNUDM entrou em vigor em 16 de novembro de 1994 e o Brasil, a partir daí, teria um prazo de dez anos para concluir as atividades do LEPLAC e submeter, à Comissão de Limites da Plataforma Continental (CLPC) das Nações Unidas, o limite exterior da Plataforma Continental Jurídica (PCJ).

O LEPLAC é um projeto da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM) que estabelecerá o limite exterior da plataforma continental para além das 200 milhas, com base na aplicação dos critérios do artigo 76 da CNUDM. Os critérios apresentam conceitos geodésicos, hidrográficos, geológicos e geofísicos de natureza complexa, o que demandou tempo para coletar e processar os dados da extensa área ao longo de cerca de 8.000 km de costa. (Site DHN [www.mar.mil.br/dhn](http://www.mar.mil.br/dhn) pesquisa realizada em 23/10/2010).

Em 1969 foi realizada a Operação GEOMAR I, a qual compreendia três anos de atividades (1970 – 1972) com o intuito de discutir as diretrizes para a pesquisa oceanográfica no Brasil. Como resultados das Operações GEOMAR, foi implementado o Programa de Geologia e Geofísica Marinha (PGGM).

As amostras utilizadas nesta pesquisa foram obtidas das Operações GEOMAR II e GEOMAR XVIII e do Projeto REMAC, obtidas juntamente ao

Laboratório de Geologia Marinha Aplicada (LGMA). Essas amostras fazem parte do Banco de Dados do Projeto Granmar Brasil.

O Projeto Granmar Brasil, cujo subprojeto é a Avaliação do Potencial Mineral dos Granulados Marinhos do Litoral do Brasil – PE/CE, tem por objetivo o mapeamento dos recursos minerais marinhos na plataforma continental de águas rasas do Brasil até a isóbata de 30 metros, com foco na avaliação da potencialidade mineral de granulados marinhos e na obtenção de informações técnicas que permitam o conhecimento do ambiente marinho e o dimensionamento das suas limitações para um uso sustentável deste meio (PROJETO GRANMAR BRASIL, 2004).

## CAPÍTULO 2 – ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

### 2.1 Localização da área

O Município de Acaraú, localizado a noroeste do estado do Ceará, precisamente a 248 km de Fortaleza, tem uma área de 842,88 km<sup>2</sup>. Sua costa possui uma extensão de aproximadamente 50 km, destacando-se as praias de Aranaú, Monteiro, Coroa Grande, Arpoeiras, Espreado e Volta do Rio. Limita-se ao Norte com o Oceano Atlântico, ao Sul com os municípios de Marco, Morrinhos e Amontada, a Oeste com os municípios de Cruz e Bela Cruz e a Leste com o município de Itarema.

Para uma melhor compreensão, neste trabalho foram definidos os seguintes temas de estudo:

**Morfodinâmica e sedimentologia:** análise da morfologia e sedimentologia do litoral leste do município de Acaraú, limitado pelas coordenadas WGS84 UTM 370000 (E) 9687000 (N) a 395000 (E) 9683000 (N) (Figura 2.1).

**Sedimentologia da plataforma continental interna:** análise sedimentológica da plataforma interna do município de Acaraú até a isóbata de 30 metros, limitado pelas coordenadas WGS84 UTM 347000 (E) 9690000 (N) a 395000 (E) 9683000 (N); 347000 (E) 9743000 (N) a 395000 (E) 9742000 (N) (Figura 2.1).

**Análise multitemporal:** análise multitemporal da linha de costa do município de Acaraú, limitado pelas coordenadas WGS84 UTM 347000 (E) 9690000 (N) a 395000 (E) 9683000 (N) (Figura 2.1), apreendida através das imagens de satélites Landsat 5 TM.

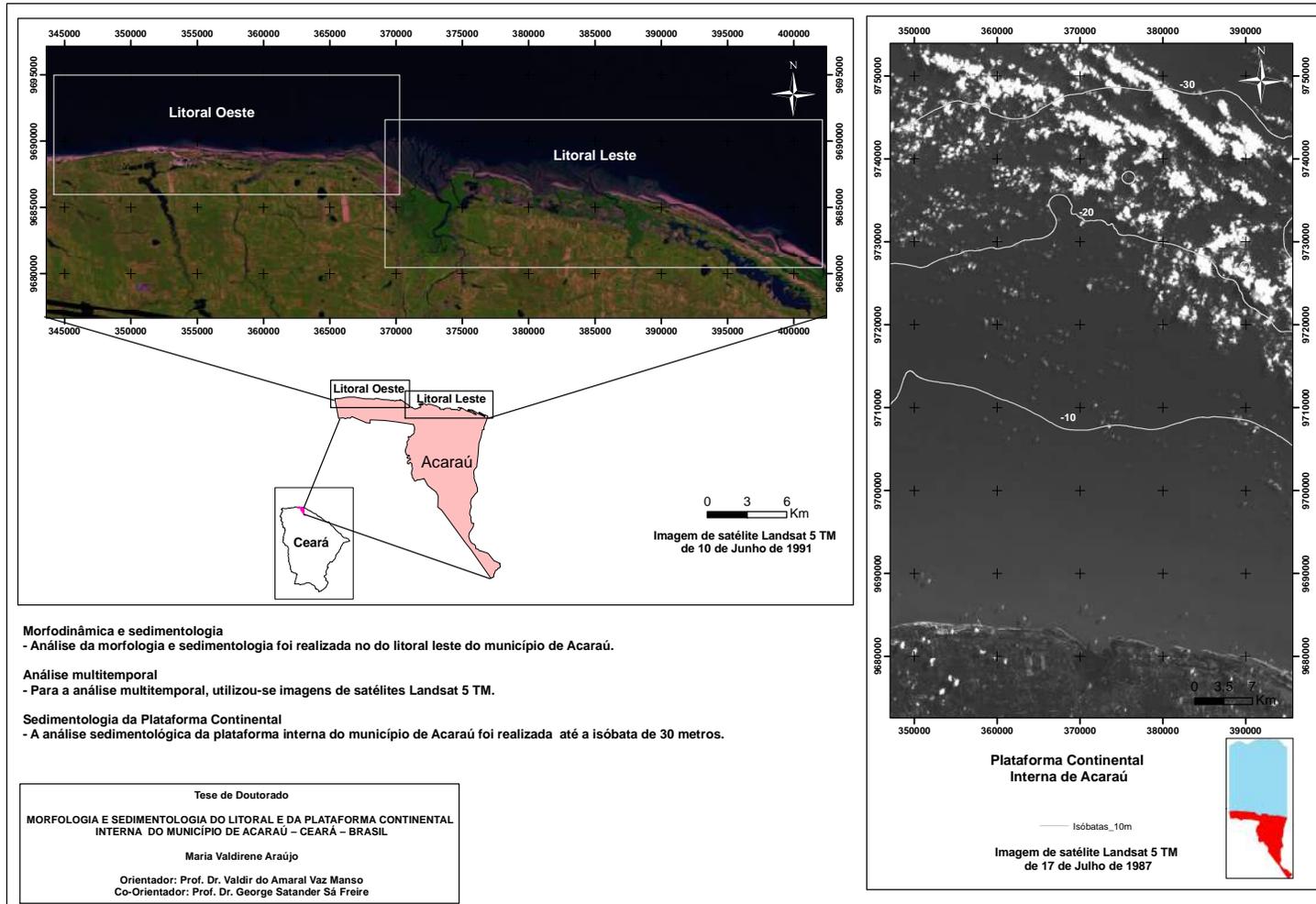


Figura 2.1 - Localização da área de estudo - Região de Acaraú - CE

## 2.2 Aspectos Climáticos

### 2.2.1 Generalidades

O clima influencia a maior parte dos processos ambientais como o relevo, o solo, a vegetação e os recursos hídricos. Dessa forma, o estudo do comportamento climático e suas variações, de acordo com o ambiente em que se observa, são de extrema relevância.

O clima cearense é predominantemente semiárido e apresenta irregularidades pluviométricas que podem variar de 700 mm, em regiões como sertão central e sul do estado, a 1.000 mm em outras áreas caracterizadas pelo clima semiárido brando e clima tropical subúmido, representadas pelas regiões serranas e litorâneas do estado.

As condições climáticas do estado do Ceará são muito variáveis e estão relacionadas à interação de diferentes sistemas de circulação atmosférica com os fatores geográficos. A localização do Estado próximo à linha do Equador favorece uma intensa insolação durante o ano todo e, conseqüentemente, muito calor, caracterizado-o como uma área típica de climas tropicais. A altitude, a disposição do relevo e a proximidade ou distância da superfície oceânica proporcionam as diferenciações locais dos climas no Estado. (SILVA *et al.*, 2004)

Na região litorânea cearense, onde ocorre o clima tropical semi-árido brando, a pluviosidade varia entre 1.000mm e 1.500mm. Apesar de as temperaturas serem bastante elevadas, com médias entre 24 °C a 28 °C , a amplitude térmica é bastante pequena. No geral, as temperaturas, durante o dia, tem uma variação entre 23 °C - 24 °C (mínima) e 30° - 31 °C (máxima). Raramente ultrapassam os 35 °C na região litorânea, ao contrário do que ocorre no sertão cearense.

De acordo com Silva *et al.* (2004), além da grande variação espacial, a pluviosidade apresenta variabilidade no decorrer do ano, caracterizando-se em um curto período de chuvas irregulares e um longo período sem chuvas. Estas se concentram principalmente na época de fevereiro a maio, quando o Estado fica sob

a influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), principal sistema atmosférico causador da precipitação.

A ZCIT é o mais importante sistema meteorológico quando se trata de determinar a quadra chuvosa no norte do Nordeste brasileiro. É uma faixa de nuvens circundante à faixa equatorial do globo terrestre, formada principalmente pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte com os ventos alísios do hemisfério sul (Figura 2.2). De maneira simplificada, pode-se dizer que a convergência dos ventos faz com que o ar quente e úmido ascenda, carregando umidade do oceano para os altos níveis da atmosfera ocorrendo à formação das nuvens.

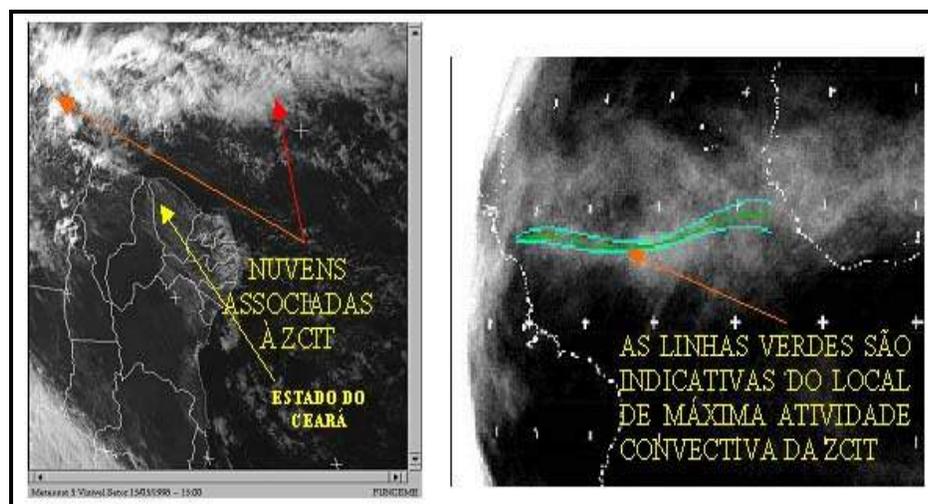


Figura 2.2 – Zona de Convergência Intertropical – ZCIT mostrada através das imagens do satélite METEOSAT-7. Fonte: FUNCEME

A circulação atmosférica no estado do Ceará é regida, basicamente, por três sistemas sinóticos geradores de precipitação: as frentes frias, com sua formação original no polo sul, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que oscila dentro da faixa de trópicos e um Centro de Vorticidade Ciclônica, com tempo de atuação variável dentro do período de chuvas. Além destes, outros sistemas de menor escala como as linhas de instabilidade (formadas ao longo da costa) e a brisa marítima e terrestre (incidentes na zona litorânea) atuam na região (BRANDÃO, 1998).

### 2.2.2 Clima local

O clima tropical semiárido brando, próprio da região litorânea de Acaraú, caracteriza-se pelo volume que varia de 1000 a 1.500mm/anual com médias térmicas superiores a 24 °C.

Em análise pluviométrica para este município (como base nos dados da FUNCEME do Posto de Acaraú entre os anos de 1976 a 2010 (Figura 2.3)), observa-se que, durante os 34 anos analisados, o de maior precipitação (volume de chuvas) foi 1985 com um volume pluviométrico de 5.667 mm. Em pelo menos 15 anos alternados (1976, 1977, 1982, 1984, 1986, 1994, 1995, 1996, 1999, 2000, 2002, 2003, 2004, 2006 e 2009) a pluviometria esteve no intervalo de 3000 mm a 4000 mm anuais de chuva, acima da média para esse tipo climático. Os anos em que ocorreu menor pluviometria foram 2007 com 737 mm/ano e 2010 com 670 mm/ano. Essa irregularidade de chuvas se deve preferencialmente ao clima tropical semiárido nordestino, caracterizado pela baixa pluviometria e distribuição irregular no tempo e no espaço.

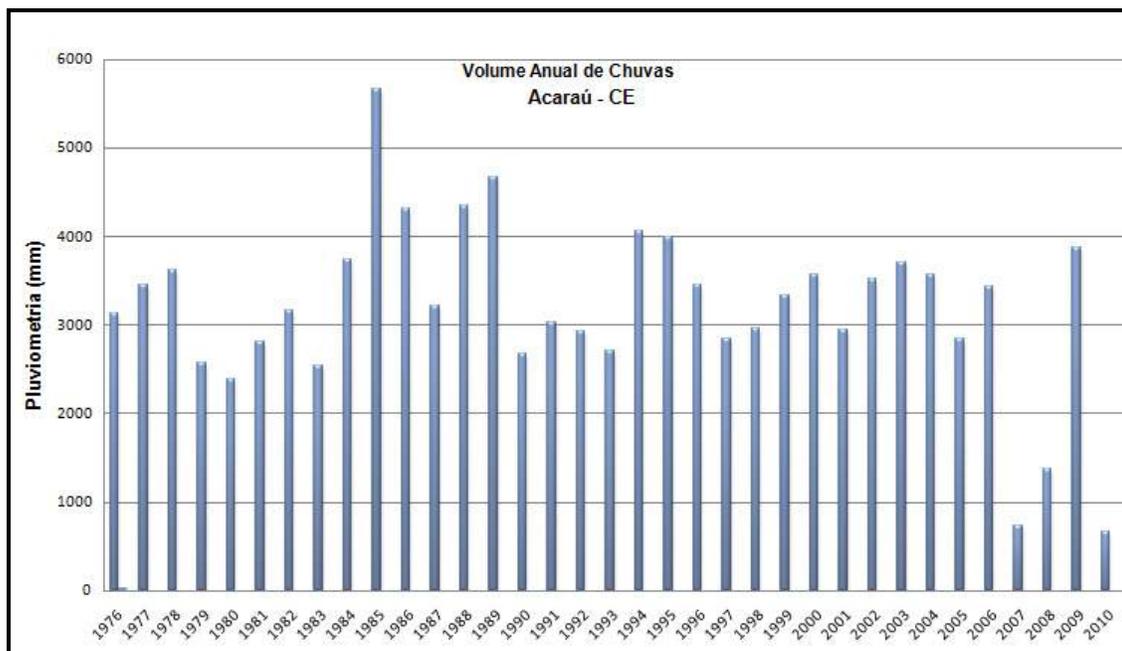


Figura 2.3 - Pluviometria dos últimos 34 anos em Acaraú.

O clima tropical semi-árido brando caracteriza-se também por ocorrerem longos períodos secos e chuvas ocasionais concentradas em poucos meses do ano. Na região estudada, as chuvas são concentradas nos meses de fevereiro a maio, denominada localmente de quadra chuvosa. De acordo com a figura 2.4, observa-se os maiores índices pluviométricos anuais (quadra chuvosa), sendo os meses de março e abril os de maior concentração de chuvas.

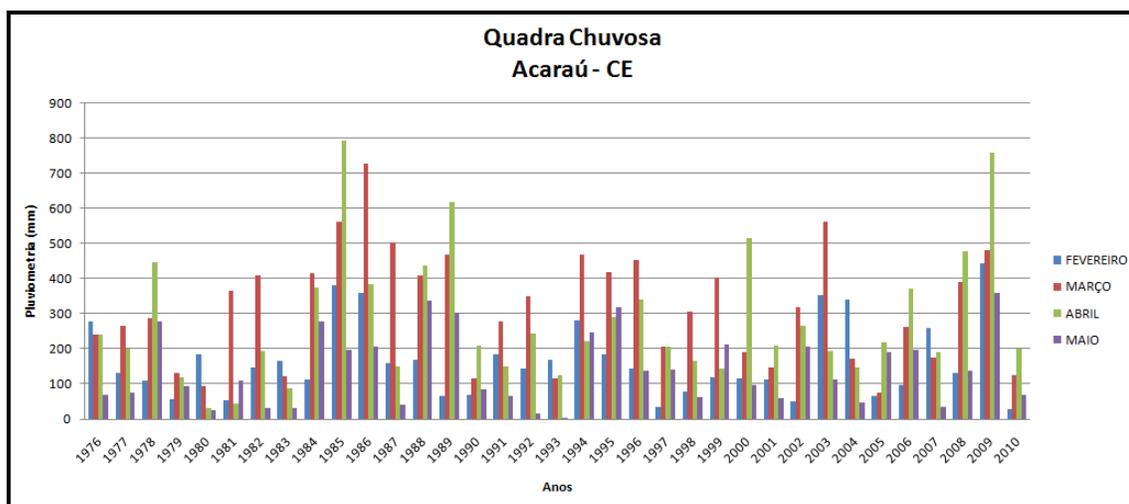


Figura 2.4 – Quadra chuvosa no município de Acaraú - CE.

## 2.3 Vegetação

Manguezais são ecossistemas típicos de terrenos em que a declividade é praticamente nula e onde as correntes fluviais não têm mais a mínima capacidade de entalhe na superfície (SOUZA, 2000). Condições como a temperatura da água, o oxigênio do solo e a salinidade são fatores que apresentam grandes variações diversas a cada movimento das marés.

Esses ecossistemas são de muita fragilidade e vulnerabilidade. Apesar de serem ambientes ecologicamente dotados de fragilidade, apresentam alta produtividade biológica, influenciando decisivamente na fertilidade marinha.

Encontrados nos estuários dos rios e nas planícies fluviomarinhas e lagunas, proporcionam ambientes únicos e propícios para o desenvolvimento de uma vegetação característica de áreas salinas ao fluxo das marés. (ARAÚJO, 2007)

O ecossistema manguezal é muito importante para o homem, fornecendo uma variedade de bens e serviços tais como a extração de recursos para subsistência, para tratamento de enfermidades, turismo, aquicultura, entre outros. Algumas comunidades ainda mantêm grande dependência de recursos oferecidos pelos manguezais. A flora desse ecossistema muitas vezes é utilizada como matéria-prima para a elaboração de produtos ou como recurso direto, como é o caso do mangue vermelho (*Rizophora mangle*), fornecedora de tanino e madeira (SCHAEFFER-NOVELLI & CINTRÓN, 1986).

A composição florística encontrada na área em estudo está representada pelas seguintes espécies arbóreas: mangue vermelho (*Rhizophora mangle* (Figura 2.5)); mangue branco (*Laguncularia racemosa*); mangue preto (*Avicennia schaueriana*); e, em menor proporção, mangue de botão (*Conocarpus erectus*) (ARAÚJO, 2007).

A vegetação dos Tabuleiros é caracterizada pelas condições naturais dos glaciais pré-litorâneos da Formação Barreiras, pouco dissecados pela drenagem dessa área. Dentre os principais tipos vegetacionais destaca-se o Pau d'arco roxo (*Tabebuia avellaneda*), dentre outras diversas espécies que podem ser encontradas nessas áreas.

As dunas móveis são destituídas de vegetação e vivem em constante evolução e mudança, mas as dunas fixas são aquelas que conseguem ao longo do tempo fixar vegetação, entre as quais as principais espécies são: salsa-da-praia (*Ipomoea pes-caprae*) e capim-da-praia (*Paspalum vaginatum*). Nas dunas fixas há ainda o predomínio de gramíneas e várias espécies rasteiras que atuam como agentes fixadoras das mesmas.



Figura 2.5 – Vegetação de mangue vermelho (*Rhizophora mangle*) num canal de maré próximo a desembocadura do rio em Coroa Grande.

## 2.4 Parâmetros Oceanográficos

O entendimento dos processos morfodinâmicos é de fundamental importância para a compreensão das modificações ocorridas nas regiões litorâneas, provocadas por agentes modeladores como os ventos, as marés, as correntes litorâneas e as ondas (LIMA, 2004). Conforme Baptista Neto *et al.* (2004) os processos morfodinâmicos que atuam na linha de costa são representados por ações naturais físicas, biológicas e químicas, que exercem grande influência na modelagem costeira, seja através da ação destrutiva (erosão) em determinados locais ou ação construtiva em outros (deposição).

### **2.4.1 Ventos**

Os dados de ventos, que estão de acordo com a estação anemográfica, cuja implantação se encontra na localidade de Pecém, no município de São Gonçalo do Amarante – CE. As velocidades médias dos ventos variam de 3,4m/s a 9,57m/s, com média de 6,79m/s. As direções dominantes e reinantes foram: E (46,3% das medidas), ENE (22,3% das medidas) e ESE (16,0 % das ocorrências).

Os ventos que sopraram do quadrante norte (NNW, N e NNE) correspondem a 5,1 % do total das ocorrências registradas no período. Foram em sua grande maioria de baixa intensidade e de pouca duração, não caracterizando, portanto, um gerador de ondas locais (INPH, 2001).

### **2.4.2 Correntes**

As correntes costeiras são responsáveis pelo transporte de sedimentos, atingindo a costa em um determinado ângulo. A angulosidade de incidência dessas correntes é muito importante no transporte de sedimentos e na deposição, pois este setor determina sua velocidade e, portanto, a trajetória dos sedimentos (SILVA, 2005).

De acordo com Freire (1985), durante a realização da operação GEOMAR XVIII foram realizadas quatro estações de correntometria. Uma delas, localizada na plataforma interna próxima a foz do rio Coreaú, apresenta uma corrente geral com velocidade na ordem de 0,24 m/s e direção 238°N na superfície e 0,21 m/s com direção de 87°N no fundo.

### **2.4.3 Marés**

As marés, que ocorrem num levantamento e um abaixamento rítmico sobre um intervalo de tempo de várias horas, são importantes ondas dos oceanos, em que

se traduzem pela oscilação periódica do nível do mar, com período e amplitude variáveis no tempo e no espaço devido à atração gravitacional da Terra, Lua e Sol sobre as águas. Esta oscilação é acompanhada por correntes de marés (horizontais), nas quais seu limite e sua intensidade variam igualmente no tempo e no espaço observado (CHAVES, 1999 *apud* SILVA, 2005).

Segundo Freire (1985), as marés do Estado do Ceará podem ser classificadas como semi-diurnas com desigualdade de amplitude e com período médio de 12,4 horas.

#### **2.4.4 Salinidade**

A água do mar nada mais é do que água pura na qual estão dissolvidos diversos tipos de sólidos e gases, elementos que podem ser divididos em quatro classes: conservativos, que ocorrem em altas concentrações (maiores que um miligrama por quilo); nutrientes, essenciais para o crescimento dos vegetais marinhos; elementos-traço, que ocorrem em concentrações muito pequenas; e gases dissolvidos. Em 1 (um) quilograma de água do mar, há em média, há 35 gramas de compostos dissolvidos chamados de sais inorgânicos, ou seja, 96,5% da água do mar é constituída de água pura e 3,5% de sais dissolvidos (SCHMIEGELOW, 2004).

A salinidade das águas superficiais da Plataforma Continental do Ceará, segundo Freire (1985), apresentou-se geralmente em torno de 37 a 38. Medições efetuadas em Fortaleza, nas proximidades do emissário, variaram de 35 e 36, devido à descarga do mesmo.

#### **2.4.5 Clima de Ondas**

A distribuição de sedimentos que modificam o contorno das praias é principalmente influenciada pelo movimento das ondas que atuam como o principal agente modelador das zonas costeiras (SILVA, 2005).

A análise das ondas para o período de 1997 a 2001, conforme INPH (2002), para as classes de  $1,9 \text{ m} \leq H_{\text{max}} \leq 2,0 \text{ m}$  foi a mais frequente, com 7,2 %; segue-se a classe de  $1,8 \text{ m} \leq H_{\text{máx}} < 1,9 \text{ m}$ , com 7,10%. A classe de  $4,6 \text{ m} \leq H_{\text{máx}} \leq 4,7 \text{ m}$  ocorreu com 0,02%, o que indica que ocorreram 4 tipos ondas em 1705 dias.

Ondas máximas de 4,0m ocorreram com frequência de 0,2% o que representa 34 dias em 1705 dias; ondas máximas acima de 3,0m ocorreram com 9,83% e ondas máximas acima de 2,0 ocorreram com 61,66% (INPH, 2002).

## **2.5 Recursos hídricos**

### **2.5.1 Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú**

A Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú está localizada a oeste da capital cearense (Fortaleza) e abrange parte de mais de vinte municípios (Acaraú, Bela Cruz, Marco, Morrinhos, Santana do Acaraú, Massapé, Meruoca, Sobral, Groaíras, Cariré, Santa Quitéria, Ipueiras, Nova Russas, Tamboril, Hidrolândia, Reriutaba, Ipu, Forquilha, Pacujá, Graça, Varjota, Pires Ferreira, Catunda e Monsenhor Tabosa). Considerada a segunda maior bacia hidrográfica do Ceará, ocupa uma área equivalente a 14.500 km<sup>2</sup> (Figura 2.6). Seu principal rio, o Acaraú, nasce na Serra das Matas, nas proximidades de Monsenhor Tabosa, e percorre aproximadamente 373km até sua foz, no Oceano Atlântico no município de Acaraú. A bacia limita-se ao norte com o Oceano Atlântico, ao sul com a Serra do Calogi, a sudeste com a Serra do Machado, a sudoeste com a linha de *front* da cuesta da Ibiapaba e a noroeste com o Maciço da Carnutim/Meruoca/Rosário (IPECE, 2007).

Essa bacia hidrográfica divide-se em quatro sub-bacias: a Sub-bacia do rio Acaraú, a Sub-bacia Jaibaras, a Sub-bacia do rio Groaíras e a Sub-bacia do rio dos Macacos, seus principais tributários.

O relevo da bacia do Rio Acaraú, apresenta características dependentes do conjunto de interferências de ordem geológica, paleoclimáticas e de processos morfoclimáticos passados e atuais. Na bacia apresentam-se, ao norte, sedimentos

recentes Cenozóicos do período Quaternário e do período Terciário da Formação Barreiras. Ocorre, também, a presença do Aluvião (solos Aluviais) marginal ao Rio Acaraú, no médio e baixo curso. A geologia regional apresenta uma estrutura predominantemente cristalina e possui como principais aquíferos o Aluvionar, Jaibaras e Barreiras, sendo o primeiro responsável por cerca de 50% da reserva explorável em um ano normal. Na região do médio e alto curso, a litologia compõe-se de rochas do embasamento cristalino Pré-Cambriano, onde predominam os solos medianamente profundos e moderadamente ácidos, porém pedregosos e susceptíveis à erosão (DINIZ; JIMÉNEZ-RUEDA, 2010).

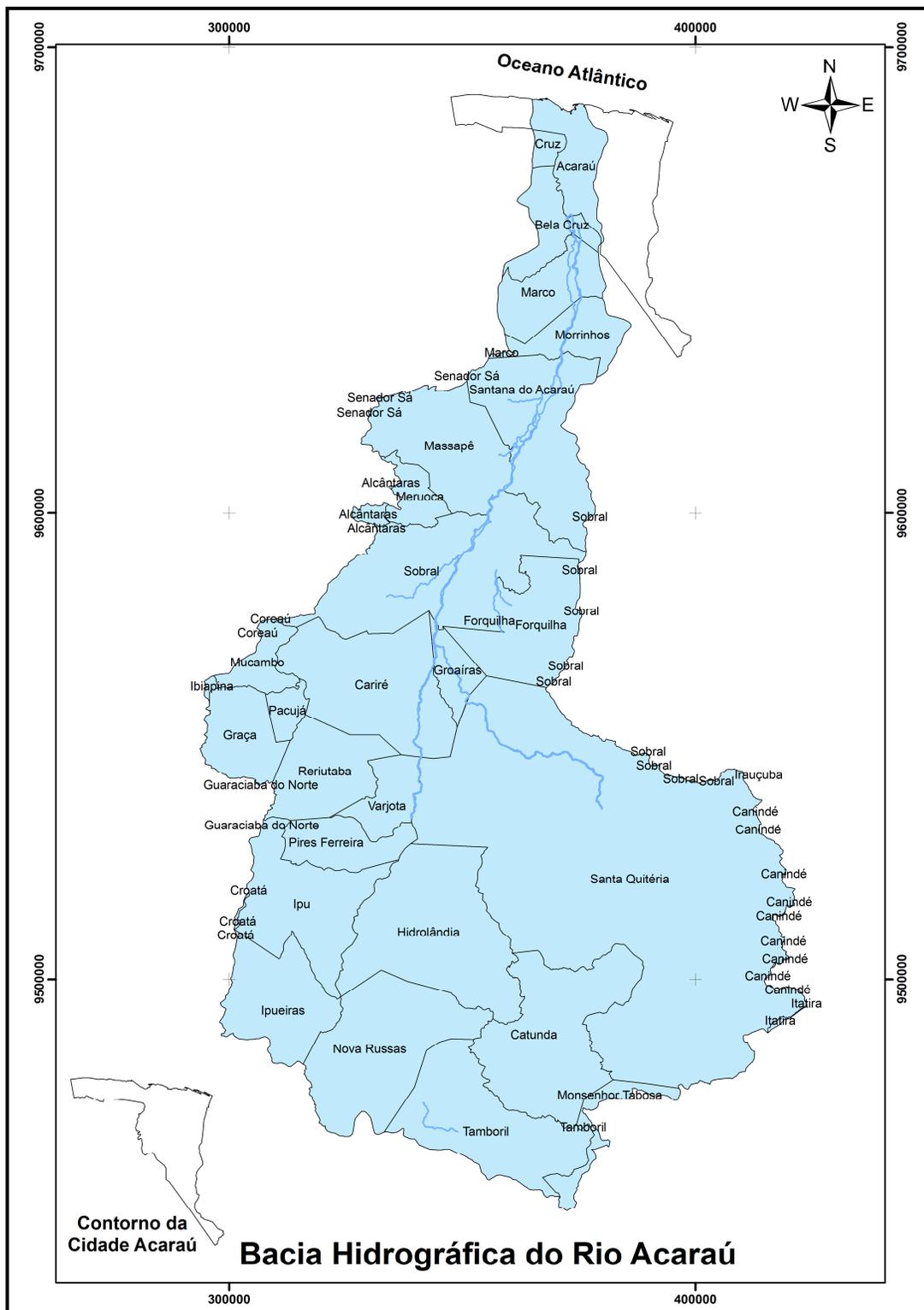


Figura 2.6 – Bacia Hidrográfica do rio Acaraú – CE.

As regiões naturais da bacia do Acaraú comportam quatro unidades principais: a planície litorânea (área correspondente ao presente estudo), a planície fluvial, a depressão sertaneja e os maciços residuais.

As bacias hidrográficas adjacentes (Coreaú e Litoral) do rio Acaraú são áreas similares de fundamental importância para o estudo da caracterização da planície litorânea do município de Acaraú - CE (Figura 2.7). Por serem áreas limites e por fazerem parte do processo evolutivo do vale que recebe carga detrítica e recarga fluvial originária das mesmas.

A cobertura vegetal encontra-se atualmente bastante modificada, devido ao antropismo, o qual se evidencia através do acionamento de processos de transformação e de degradação, rompendo o equilíbrio espontâneo da natureza. (SOUZA, 1993). Tem como predominância a caatinga, tipo de vegetação xerófila que ocorre no domínio do semiárido nordestino, atinge a maior parte da área destas bacias hidrográficas (Figura 2.7). Ao longo do curso do rio ocorre a mata ciliar da carnaúba, a qual se encontra bastante degradada e no litoral encontra-se a vegetação de tabuleiros e os manguezais.

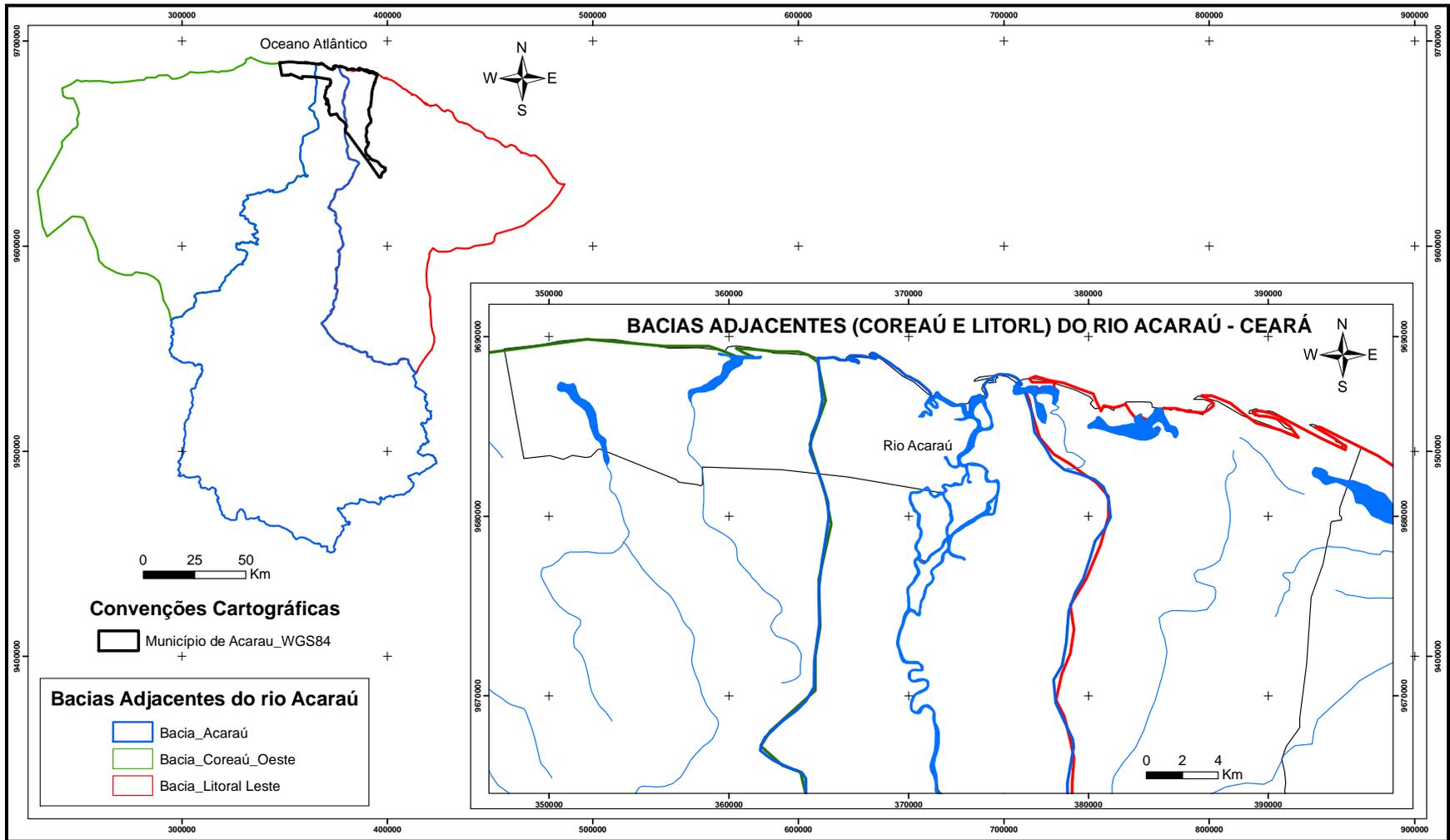


Figura 2.7 – Bacias hidrográficas dos rios Coreaú, Acaraú e Litoral com destaque para a região litorânea do município de Acaraú.

## CAPÍTULO 3 – ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS

### 3.1 Contexto Geológico

#### 3.1.1 Margem Continental

A contextualização sobre a Bacia Sedimentar do Ceará foi baseada conforme (FARIAS *et al.*, 1998; BELTRAMI, 1990, BELTRAMI, *et al.*, 1995 e RIBEIRO *et al.*, 1990 *apud* DOMINGUETI; DOMINGUETI, 2002).

A área estudada está inserida no contexto geológico regional da Bacia Sedimentar do Ceará, no qual está localizada na plataforma continental da margem equatorial brasileira, abrangendo uma área de aproximadamente 34.000 km<sup>2</sup>, com uma lâmina d'água de até 200 metros, possuindo uma espessura máxima de sedimentos de cerca de 10.000 metros. Limita-se a sudeste pelo Alto de Fortaleza (com a Bacia Potiguar), a noroeste pelo Alto de Tutóia (com a Bacia de Barreirinhas), a norte pela Falha Transformante do Ceará (que inclui a cadeia de Fernando de Noronha), e a Sul pela faixa de afloramento do embasamento cristalino, junto à linha de costa no estado do Ceará. Devido a características tectônicas distintas, a Bacia Sedimentar do Ceará foi compartimentada por Beltrami (1990) em quatro sub-bacias: Piauí-Camocim, Acaraú, Icarai e Mundaú, de oeste para leste (Figura 3.1), as quais apresentam histórias deposicionais e deformacionais ligeiramente distintas.

A origem da Bacia do Ceará está relacionada à separação dos continentes africano e Sul-Americano e ela estaria enquadrada como uma bacia do tipo *rift*, em margem divergente. Sua evolução tectono-sedimentar teve início provavelmente no

Eo-Aptiano (o Aptiano é a idade do período Cretáceo da era Mesozóica, compreendida entre 125 milhões e 112 milhões de anos atrás, aproximadamente). O preenchimento da Bacia Sedimentar do Ceará compreende sedimentos cujas idades variam desde o Eo-Aptiano (Alagoas) até o Quaternário (BELTRAMI, 1990; DOMINGUETI, 2002).

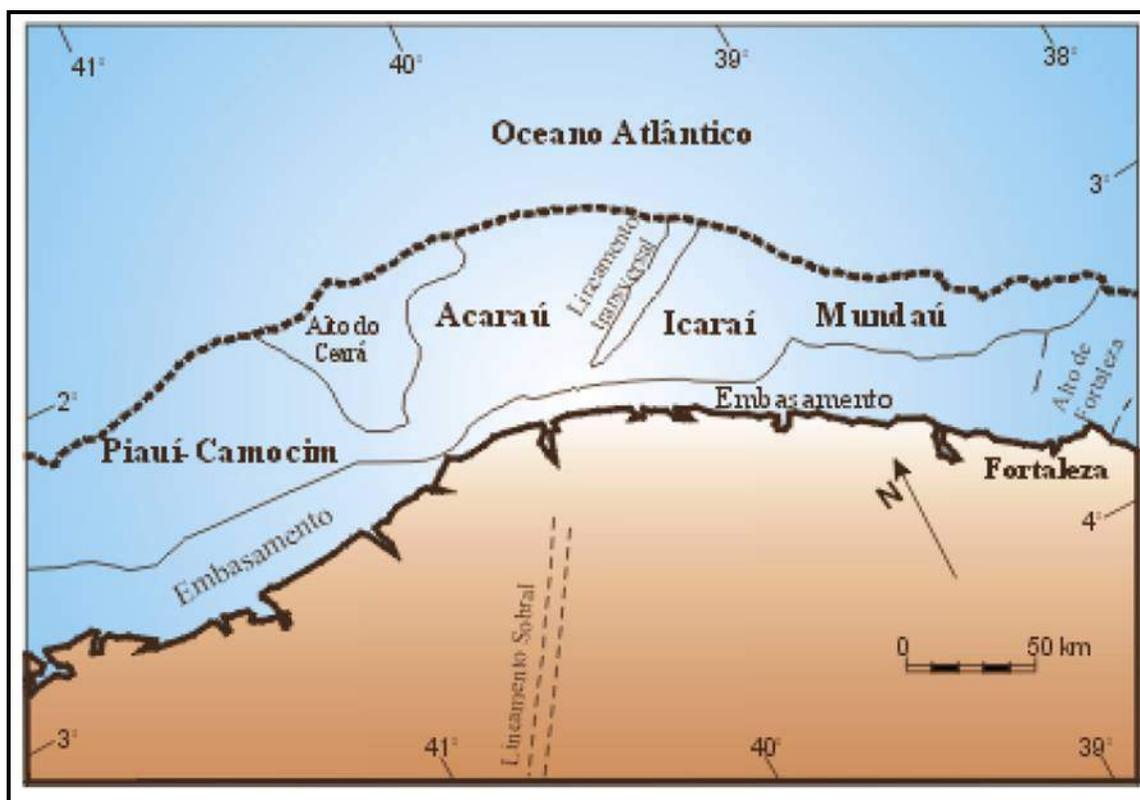


Figura 3.1 - Subdivisão da Bacia do Ceará (BELTRAMI, 1990).

As rochas sedimentares do Meso-Cenozóico que preenchem a bacia sedimentar do Ceará não afloram. Até o momento não foram amostrados sedimentos mais antigos que o Eo-Aptiano, datados através de palinóforos continentais. No entanto, acredita-se que depósitos mais antigos possam estar presentes nas porções mais profundas da bacia, como indicado pelo espesso pacote imageado por dados sísmicos, que sugere a possibilidade de seção *sin-rift* de idade barremiana (?) ou de um substrato sedimentar *pré-rift* (Jurássico?/Paleozóico?), assim como pela preservação comprovada de sedimentos de idade paleozóica-mesozóica na bacia *offshore* de Ketha (Gana), sua contraparte africana. Estima-se

que o embasamento da bacia, na sua porção mais profunda, possa atingir mais de 15 km de profundidade. As datações e interpretações paleoambientais atualmente disponíveis originam-se de diversos estudos do conteúdo microfossilífero de poços perfurados pela PETROBRÁS na sub-bacia de Mundaú. Esses microfósseis incluem ostracodes lacustres, grãos de pólen e esporos, dinoflagelados, foraminíferos bentônicos e planctônicos, nanofósseis calcários e macroforaminíferos, estes últimos na seção terciária da bacia (MORAIS NETO *et al.*, 1996).

As sub-bacias de Icarai e Acaraú estão separadas pelo prolongamento norte do Lineamento Sobral-Pedro II (Lineamento Transbrasiliano), sendo que a última está separada da sub-bacia de Piauí-Camocim pelo Alto do Ceará, feição positiva de provável origem magmática. A sub-bacia de Mundaú limita-se com a sub-bacia de Icarai por uma importante inflexão da falha de borda no prolongamento nordeste da falha Forquilha (ZALÁN & WARME, 1985).

Nas sub-bacias de Icarai, Acaraú e Piauí-Camocim, situadas em domínio transpressivo, os principais traços estruturais alinham-se na direção E-W e NE-SW, claramente influenciados pela movimentação direcional associada à tectônica transcorrente ao longo daquele mega-corredor de cisalhamento dextral. Tal deformação foi responsável pela geração de uma notável gama de estruturas, como falhas de cavalgamento, falhas reversas, falhas normais e oblíquas, estruturas-em-flor positivas e negativas, enxames de falhas direcionais e dobras gigantes, além da inversão de depocentros (ZALÁN & WARME, 1985; CASTRO JR., 1994; CASTRO, 1993; SAUERBRONN *et al.*, 1995).

Embora com diferenças genéticas em relação à evolução das bacias da margem leste, o registro sedimentar da bacia do Ceará pode ser agrupado em função das sucessivas fases evolutivas da bacia, as quais compreendem os estágios *rift*, transicional e de franca deriva continental.

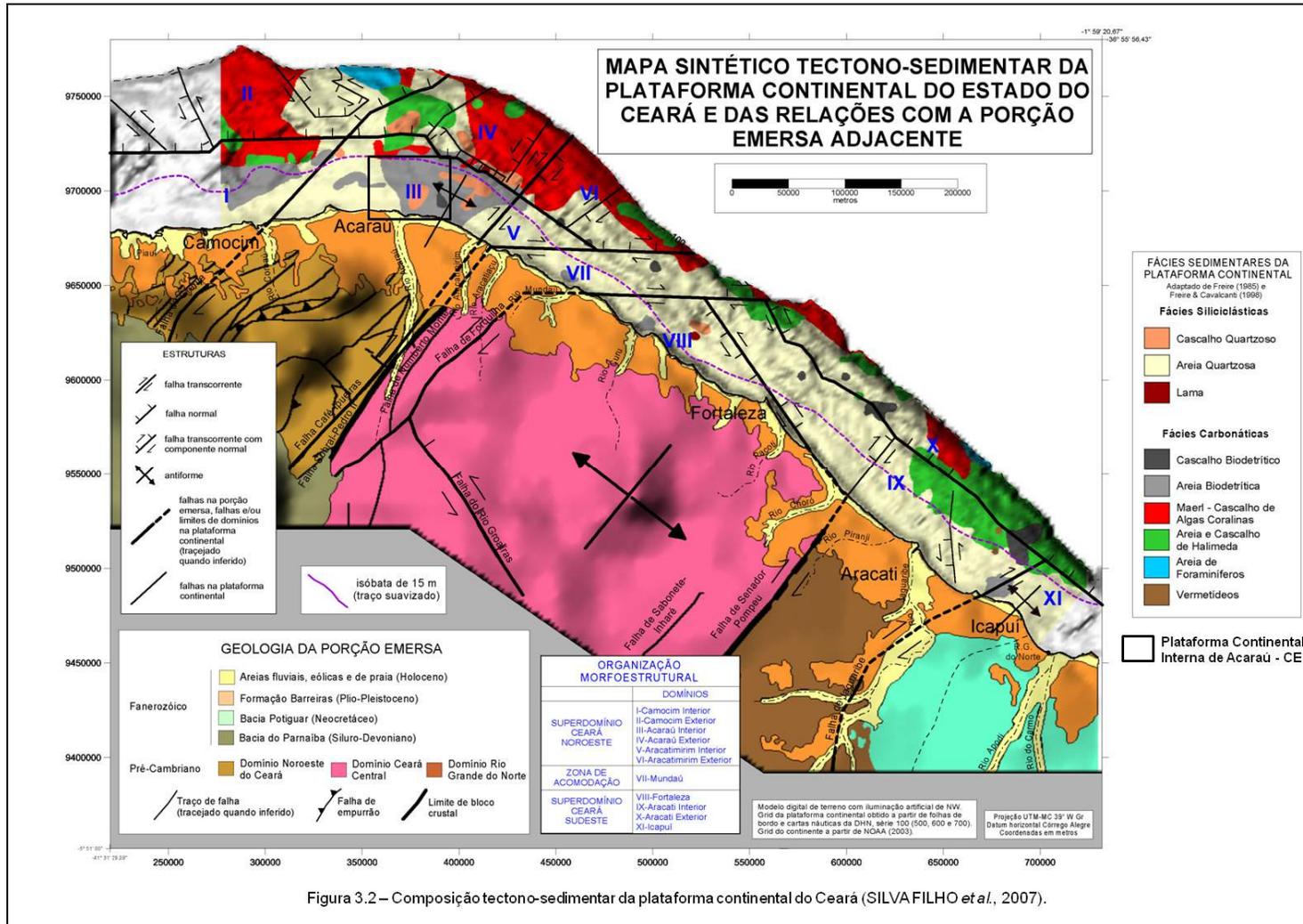
Segundo Moraes Neto *et al.* (1996) o estágio de deriva é litologicamente representado pelas formações Tibau-Guamaré-Ubarana, cuja preservação é discrepante entre as sub-bacias, em função de suas histórias geológicas diferenciadas. Esta fase, caracterizada pela deposição da megassequência marinha (Beltrami *et al.*, 1995; Lana *et al.*, 2001) e pode ser dividida em duas sequências de segunda ordem: uma basal mais delgada, tipicamente transgressiva, representada

pelos pelitos bacinais do Membro Uruburetama da Formação Ubarana; e uma progradação/agradacional mais espessa, regressiva, representada pelos sedimentos de talude do Membro Itapagé da Formação Ubarana e pelos sedimentos plataformais das Formações Tibau e Guamaré.

### **3.1.2 Depósitos Quaternários da Margem Continental**

#### **3.1.2.1 A plataforma continental do Ceará**

Freire *et al.* (2007) baseando-se em vários parâmetros, entre eles, textura, teor de  $\text{CaCO}_3$ , associações carbonáticas, grau de retrabalhamento dos componentes bióticos, proporção relativa de feldspato e composição mineralógica dos componentes litoclásticos, definiram duas províncias sedimentares, carbonática e siliciclástica, de acordo com o teor de  $\text{CaCO}_3$ , maior ou menor que 50%, respectivamente (Figura 3.2).



### 3.1.2.1.1 Província Carbonática

Encontra-se distribuída numa faixa quase contínua, limitando-se, principalmente, à plataforma externa (a partir de 20 metros de profundidade) e as porções mais profundas da plataforma interna, sendo constituída somente por componentes esqueletais (FREIRE & CAVALCANTI, 1998).

A concentração de  $\text{CaCO}_3$  nos sedimentos carbonáticos, principalmente nas fácies de areias e/ou cascalhos de *halimeda* e *maerl*, é superior a 75%. Os valores mais elevados são observados a oeste de Fortaleza, com teores da ordem de 95% nas fácies de *maerl* (cascalho de algas coralinas) (FREIRE & CAVALCANTI, 1998).

São cinco as principais fácies de sedimentos carbonáticos que ocorrem na plataforma continental do Ceará (FREIRE, 1985; FREIRE & CAVALCANTI, 1998).

- Areias de foraminíferos: Ocorrem isoladamente na borda externa da plataforma continental, defronte a Acaraú e a Aracati. De hábito planctônico, predominam testas de globigerina, pterópodos, etc.

- Areia e cascalho de halimeda: Esta fácies ocorre preferencialmente na extremidade sudeste da área estudada, embora algumas “manchas” isoladas se distribuam dentro do domínio das algas coralinas. A textura dos depósitos varia de areia a cascalho, sendo formados por segmentos de *H. incrassata*, por vezes *H. tuna*. Ocorrem foraminíferos planctônicos, moluscos e algas coralinas, de maneira subordinada.

- Areia e cascalho biodetríticos: Esta fácies, de maneira anômala às demais da província carbonática, ocorre na plataforma interna, principalmente defronte a Acaraú e Icapuí. É formada por uma mistura de fragmentos de moluscos, briozoários, foraminíferos, algas coralinas e/ou halimeda, em que não há o predomínio de algas calcárias. Caracteristicamente, apresenta um grau apreciável de retrabalhamento.

- Maerl (cascalho de algas coralinas): Ocorre principalmente no segmento E-W da plataforma continental e estende-se para leste, até mais ou menos a altura da desembocadura do rio Curu. Ocorrências mais restritas à borda externa da plataforma são observadas também no segmento NW-SE. Predomina o cascalho de

formas livres ramificadas, por vezes sob forma de rodolitos, possivelmente do gênero *Lithothamnium*. Ocorre a contribuição subordinada de fragmentos de moluscos, segmentos de halimeda, briozoários e foraminíferos planctônicos.

- Vermetídeos: Ocorrendo em áreas reduzidas, foram encontradas apenas na extremidade sudeste do segmento NW-SE da plataforma, nas proximidades da desembocadura do rio Jaguaribe.

#### 3.1.2.1.2 Província Siliciclástica

Na plataforma continental do Ceará, encontra-se a maior distribuição de sedimentos da província siliciclástica do Nordeste brasileiro, a qual predomina em toda plataforma interna (profundidades menores que 20 metros).

A província siliciclástica é composta por areias e componentes bióticos retrabalhados (fragmentos de moluscos, algas calcárias e foraminíferos). A fração arenosa é composta de grãos de quartzo arredondados com superfície brilhante e por vezes foscas e picotadas. O grau de seleção varia de pobremente a moderadamente selecionado. A pequena concentração de lama deve-se a não existência de uma drenagem importante e a presença dos cordões de dunas litorâneas, que barram o pequeno aporte que possa ocorrer (FREIRE, 1985).

Segundo Freire (1985) e Freire & Cavalcanti (1998), as principais fácies siliciclásticas da plataforma continental do Ceará são as seguintes:

- Cascalho quartzoso: Ocorre em manchas, principalmente ao largo de Acaraú, na zona onde a plataforma muda de direção E-W para NW-SE. Os grãos são subangulares, recobertos por películas de óxido de ferro. Associa-se a areia grossa quartzosa.

- Areia quartzosa: É a fácies predominante na província siliciclástica, especialmente na plataforma interna e no segmento de tendência NW-SE, defronte a Fortaleza.

- Lama: Ocorre em manchas localizadas, principalmente defronte a Acaraú e a noroeste de Fortaleza.

### 3.1.3 Depósitos Tércio - Quaternários da Planície Litorânea

A planície litorânea do Ceará foi originada pelo suprimento de areias, principalmente da erosão das falésias da Formação Barreiras, bem como a variação do nível do mar durante o Quaternário (FREIRE, 1985). As feições sedimentares do Neógeno estão representadas na área pelos depósitos Holocênicos de ambientes praias e da Formação Barreiras (Plio-Pleistoceno), eólicos, fluviomarinhos e fluviais.

Os depósitos da Formação Barreiras ocorrem distribuídos continuamente ao longo de toda a faixa costeira estudada, constituindo uma das unidades mais representativas. Sua extensão ou limite externo prolonga-se além da linha de costa sobre a plataforma continental. Afloram na faixa costeira na forma de falésias ativas e inativas e em zonas interdunares. De uma forma geral, estes depósitos são em grande parte recobertos por sedimentos eólicos e seu limite interno é de difícil delimitação, em virtude do contato que desenvolvem com as coberturas colúvio-eluvionares terci-quaternárias (CARVALHO, 2003).

A Formação Barreiras é litologicamente formada por sedimentos finos, de coloração avermelhada, creme ou amarelada, de aspecto mosqueado, com granulação variando de fina pra média e contendo intercalações de níveis conglomeráticos.

A Formação Barreiras de idade miocênica superior a pleistocênica, distribui-se como uma faixa de largura variável acompanhando a linha de costa e à retaguarda dos sedimentos eólicos antigos e atuais. Sua espessura é bastante variável, em função do seu relacionamento com a superfície irregular do embasamento, sobre o qual repousa em discordância erosiva angular (BRANDÃO, 1998).

A Formação Barreiras ocorre na área como pacote de material areno-argiloso de coloração vermelha a creme amarelada, níveis caulínicos, com acamamento não distinto e intercalações de leito de granulometria mais grossa conglomerática. Trata-se de sedimentos que foram transportados do interior do continente e depositados em direção ao mar durante o final do Período Terciário (Plioceno) e início do Quaternário (Pleistoceno). (Figura 3.3).

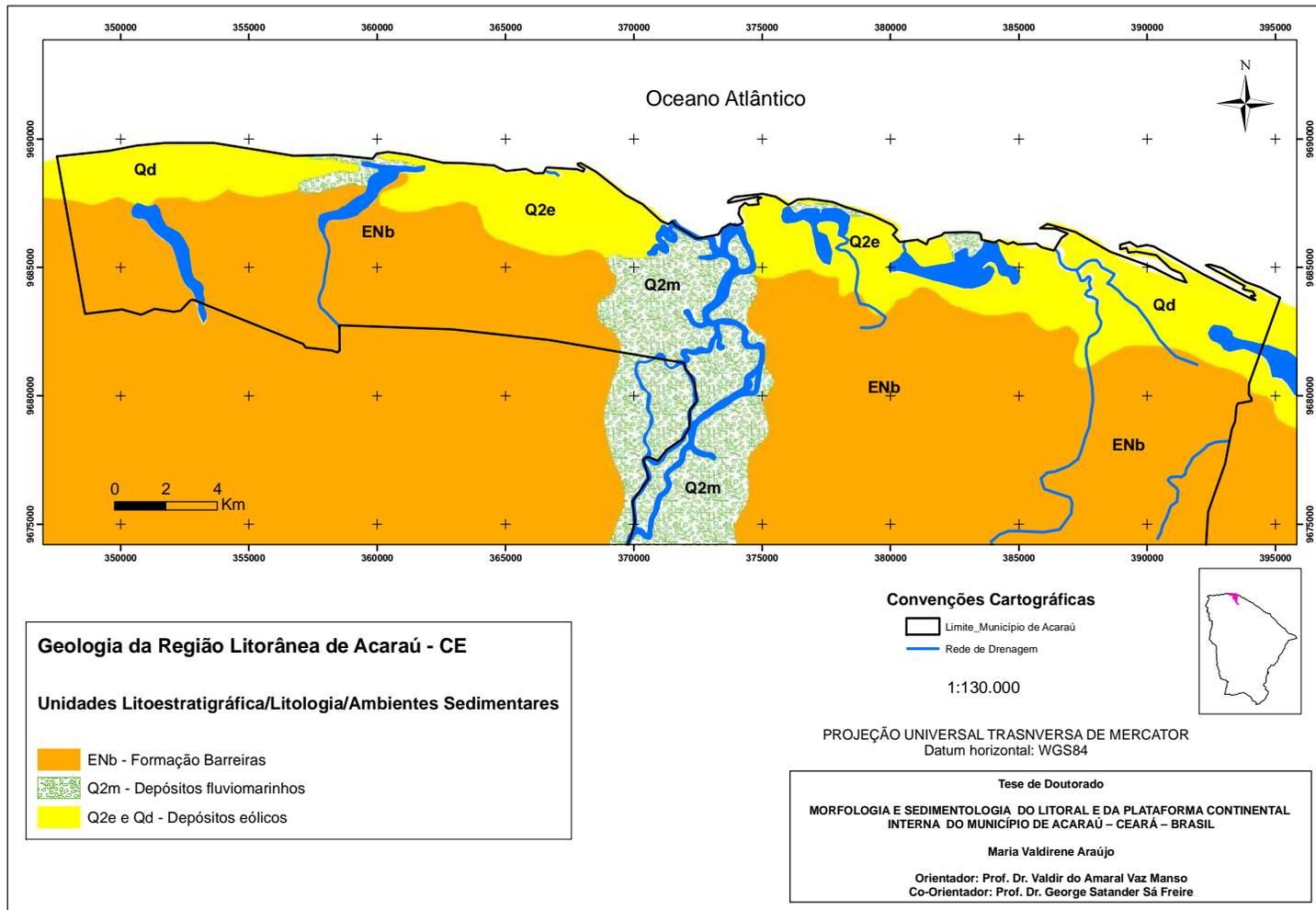


Figura 3.3 – Geologia da área. Modificado (CPRM, 2003).

### 3.1.3.1 Depósitos fluviomarinhos

Próximo aos estuários a ação fluvial se combina com a marinha contribuindo para a formação de planícies fluviomarinhas que agrupam ecossistemas de manguezais e vales fluviais subordinados às oscilações das marés. De acordo com Pinheiro (2006) a evolução desses sistemas, em larga escala, está diretamente associada às flutuações do nível médio do mar ao longo do Período Neógeno.

Os depósitos fluviomarinhos são representados, essencialmente, por sedimentos siltico-argilosos, por vezes, ricos em matéria orgânica, podendo desenvolver vegetação de mangue.

A redução do manguezal na região está relacionada ao uso de técnicas rudimentares, organizacionais ou produtivas, a exemplo da carcinicultura, que se desenvolve de forma acelerada degradando extensas áreas desta vegetação. Isto altera significativamente a biodiversidade estuarina, promovendo a deterioração dos recursos naturais, sobretudo, os renováveis de vegetação e solos, desencadeando uma série de consequências ambientais, sociais e econômicas de grandes proporções (PINHEIRO, 2006).

A área estuarina do rio Acaraú corresponde a um sistema complexo com drenagens de padrões anastomosados, se destaca pela sua planície fluviomarinha e de maré (Figura 3.4). Essa planície concentra uma das maiores áreas de manguezais do estado do Ceará. São feições bastante impactadas, pois a ocupação dessa região teve início com o povoado de Acaraú. Atualmente, os impactos são maiores devido à expansão urbana de atividades econômicas, principalmente, a carcinicultura (ARAÚJO, 2007).



Figura 3.4 – planície de maré. (Julho/2007).

### 3.1.3.2 Depósitos eólicos

A planície litorânea caracteriza-se pela presença de dunas fixas e móveis que formam extensos cordões (flechas de areia) paralelos a linha de costa e estão dispostas ora sobre os tabuleiros, ora sobre Terraços marinhos holocênicos, sendo essas feições bastante vulneráveis à ação do homem.

Os depósitos de sedimentos eólicos estão representados na área por cordões litorâneos, que foram modelados e retrabalhados pela ação dos ventos (Figura 3.5).



Figura 3.5 – Depósitos eólicos de dunas móveis e fixas (Praia de Espraido - Nov/2008).

### **3.2 Caracterização Geomorfológica da Planície Litorânea de Acaraú**

A dinâmica ambiental da planície litorânea de Acaraú é caracterizada por processos geodinâmicos e hidrológicos, a ecodinâmica e a interação dos fluxos de matéria e energia com as peculiaridades locais.

De acordo com Meireles e Vicente da Silva (2003) o estuário do rio Acaraú, representa um importante sistema geoambiental e ecodinâmico do litoral noroeste cearense. A presença de um delta de maré em sua desembocadura evidenciou uma complexa evolução, relacionada diretamente com as variações no nível relativo do mar e aportação de sedimentos para o desenvolvimento de flechas de areia e de bancos areno-argilosos que em parte foram colonizados pelo manguezal. A presença de prováveis sequências de flechas de areia (ilha-barreira) desde a zona de plataforma continental proximal está atualmente representada pela linha de praia atual, entre o ambiente tipicamente estuarino e o delta de maré.

A Figura 3.6 mostra a região litorânea de Acaraú e seus diversos ambientes (ambiente marinho, sistema fluviomarinho e fluvial e a região de tabuleiros).

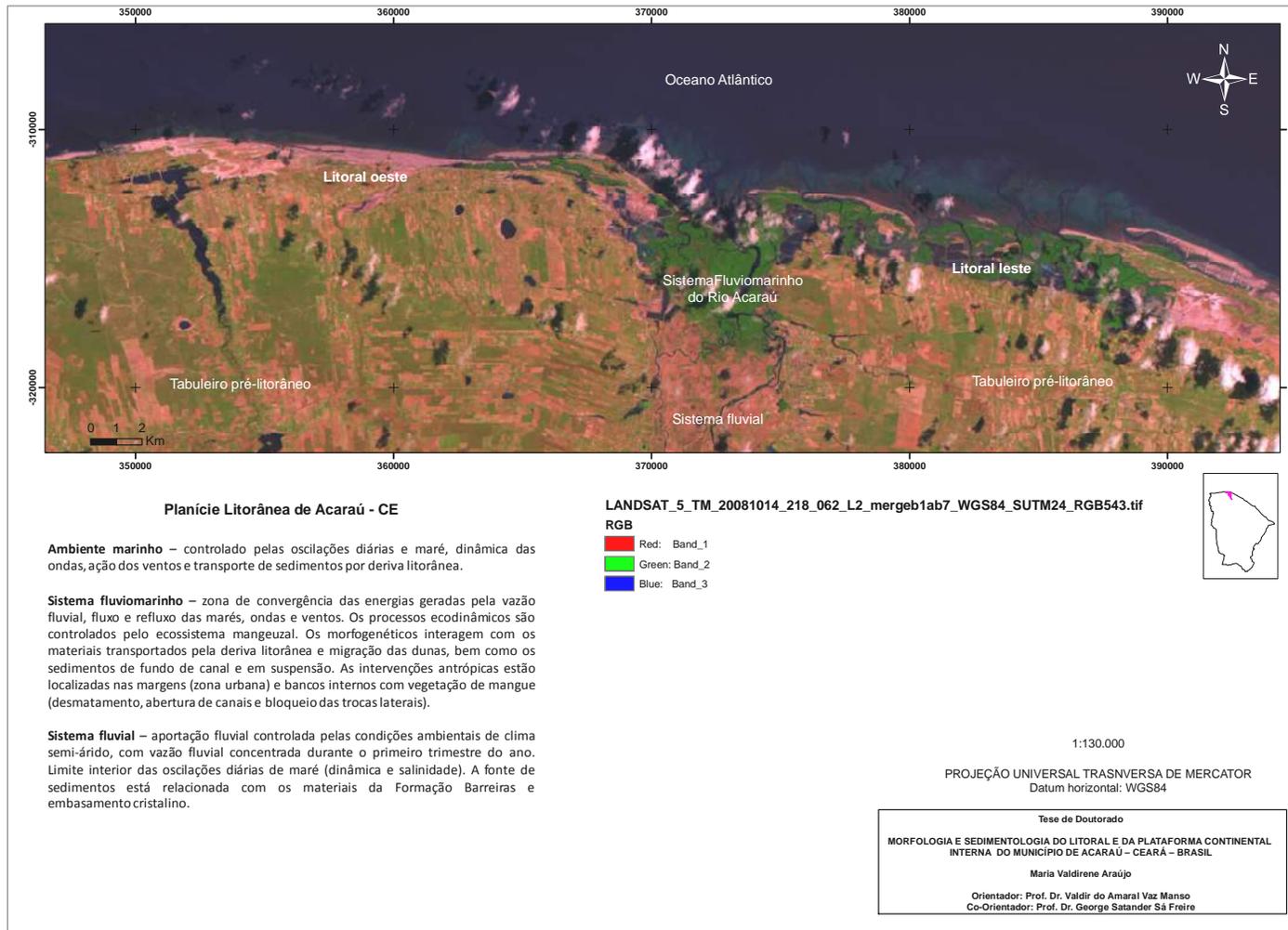


Figura 3.6 – Estão representados os principais sistemas que definem os processos morfogenéticos e ecodinâmicos locais da região litorânea do município de Acaraú - CE (Modificado de Meireles, 2002).

Os estudos geomorfológicos em ambientes fluviomarinhos abordam a análise das formas de relevo resultantes dos processos controladores da interação entre os agentes dinâmicos (hidrodinâmicos, erosão, transporte e deposição de sedimentos).

Verifica-se que a dinâmica morfológica do estuário é influenciada pela alternância dos fluxos de água fluvial e das marés, além dos efeitos da ação eólica no transporte e acúmulo de sedimentos. O clima vai, portanto influenciar significativamente na dinâmica do relevo, predominando a ação de agentes hídricos no período chuvoso.

No período de estiagem, quando a ação das águas pluviais se faz menos presentes nos processos de erosão, sedimentação e reações ecodinâmicas locais, o vento assume o papel de principal agente modificador, onde pela ação da deriva litorânea (E-W) adquire um desempenho atuante nas formações eólicas e na deposição e sedimentos na planície fluviomarinha e de maré.

Este sistema ambiental guarda em suas margens e leito uma sequência de morfologias representadas por mangues atuais e antigos, bancos areno-argilosos internos ao leito principal, planícies de maré circundadas por vegetação de mangue e entre o contato erosivo com o leito do estuário e o interflúvio tabular (com morfologias localmente denominadas de apicum e salgado) e terraços marinhos (Figura 3.7). Seu limite fluviomarinho interior foi marcado pela presença de terraços fluviais e vegetação característica de mata de tabuleiro, com a presença marcante de carnaubais (MEIRELES e VICENTE da SILVA, 2003).

A Figura 3.7 mostra a integração dos fluxos de matéria e energia ao longo da planície litorânea de Acaraú. As fazendas de camarão (detectadas em imagens Landsat de 2002 e 2008) encontram-se inseridas no ecossistema manguezal, em setores de apicum e de vegetação de manguezal.

O ecossistema manguezal do rio Acaraú é um conjunto de unidades ambientais originadas a partir da dinâmica associada às flutuações do nível relativo do mar. As unidades definidas como delta de maré, flechas de areia e terraço marinho holocênico, gradam lateralmente para os depósitos de mangue e apicum (MEIRELES E VICENTE DA SILVA, 2003).

Para Meireles e Vicente da Silva (2003) os impactos ambientais causados pelas fazendas de camarão ao longo do estuário do rio Acaraú, estão relacionados principalmente com a descaracterização geoambiental e ecodinâmica do ecossistema manguezal por desmatamento da vegetação do carnaubal que se associa lateralmente com as áreas de apicum e manguezal; impermeabilização do solo nas proximidades das áreas urbanas e vilas de pescadores e o bloqueio da maré, impedindo o acesso da água em áreas com vegetação de mangue e em setores de apicum (Figura 3.8).

Com a ocupação dos setores de apicum e bancos de areia, foram extintos setores utilizados pelas comunidades tradicionais para o desenvolvimento da mariscagem e a captura de caranguejos. Promoveu-se a redução do habitat de numerosas espécies utilizadas para a sustentação alimentar de várias famílias, mais de 500 famílias em Curral Velho de Cima, localizado na região litorânea de Acaraú – CE (MEIRELES E VICENTE DA SILVA, 2003).

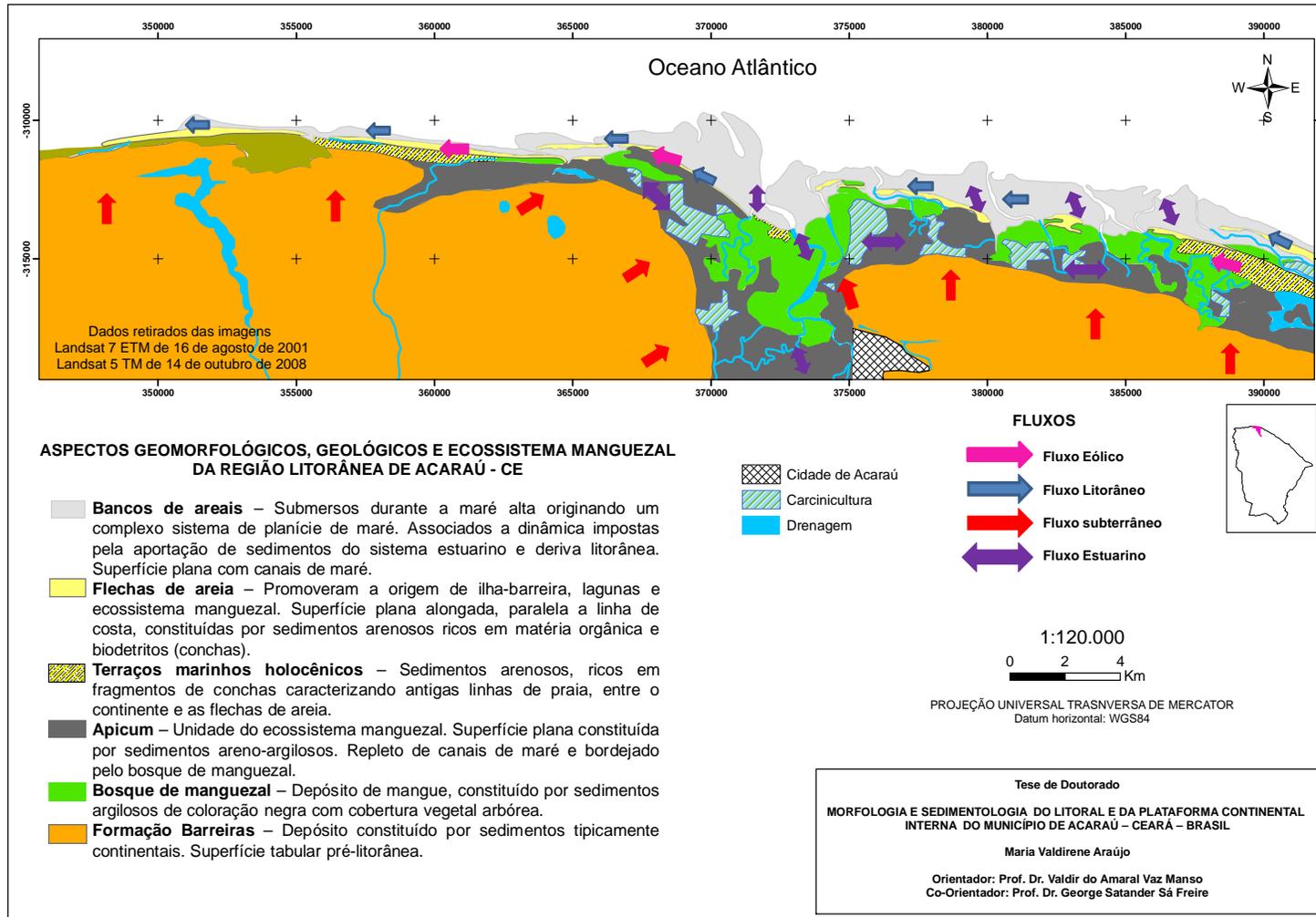


Figura 3.7 – Aspectos geomorfológicos e integração entre as diversas unidades do sistema fluviomarinho. Modificado de Meireles, 2002; IBAMA, 2005

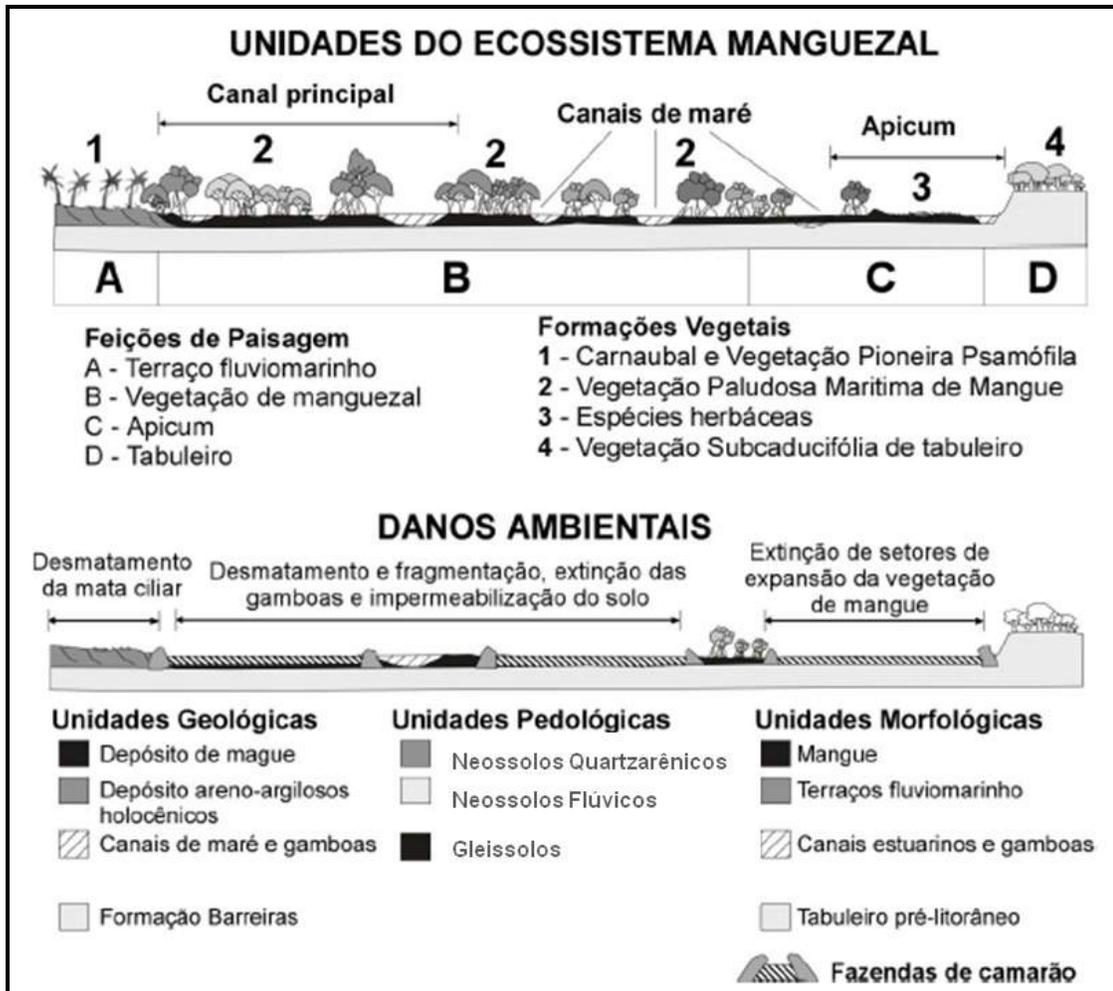


Figura 3.8 – Impactos ambientais ao longo do ecossistema manguezal provocados pela carcinicultura (Adaptado de MEIRELES e VICENTE da SILVA, 2003).

### 3.2.1 Descrição das feições geomorfológicas

A deriva litorânea são correntes induzidas por ondas que se aproximam obliquamente do litoral. Estas correntes movimentam enorme quantidade de sedimento (silte, argila, areia e biodetritos) que são transportados ao longo do litoral. O estuário do rio Acaraú e grande parte do bosque de manguezal estão vinculados ao um extenso delta de maré e às flechas de areia ao longo da linha de costa. Foi através da deriva litorânea dos sedimentos e dos eventos eustáticos (mudanças do nível relativo do mar) no holoceno, que se processou um acumulo diferenciado de sedimentos a partir das flechas de areia (MEIRELES e VICENTE da SILVA, 2003).

A costa do Estado do Ceará quanto à deriva litorânea (Figura 3.9), está orientado NW-SE entre o Rio Grande do Norte e Fortaleza, WNW-ESE entre Fortaleza e a foz do rio Acaraú e E-W entre Acaraú e a fronteira do Piauí.

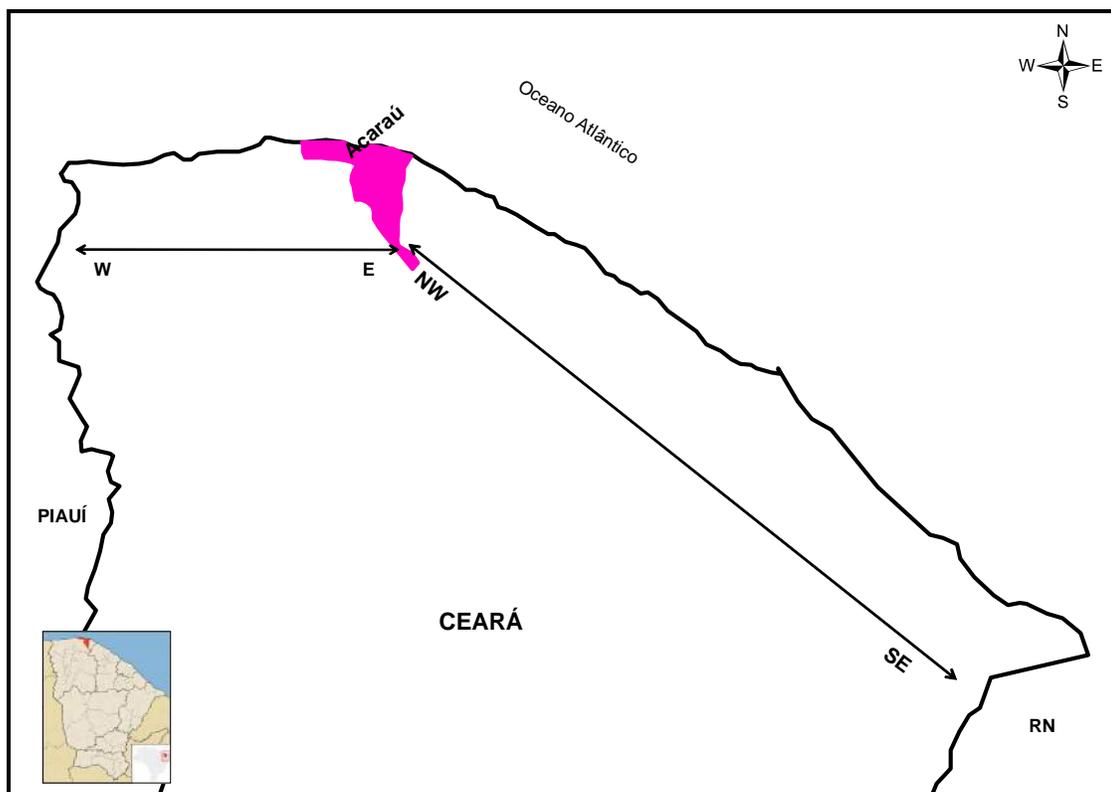


Figura 3.9 – Sentido da deriva litorânea.

### 3.2.1.1 Feições de praia (Flechas litorâneas)

As flechas e bancos de areia, estruturas que evoluíram a partir da dinâmica litorânea, proporcionaram as condições ambientais para a ampliação do ecossistema manguezal a leste e oeste da desembocadura. Toda faixa de apicum definida ao longo do sistema estuarino é frequentemente acessada pelas oscilações da maré. O fluxo subterrâneo fornece água doce para o ecossistema manguezal, regulando parte das propriedades geoambientais e ecodinâmicas do estuário (IBAMA, 2005).

As flechas litorâneas (*barriers, barrier, spits, spits*) são marcantes no litoral leste de Acaraú, onde a linha de costa é marcada por essas feições (flechas de Cacimbas, Boqueirão, Espraiado e Volta do Rio). No litoral oeste de Acaraú observa-se uma morfodinâmica bem diferenciada (flechas de Aranaú e Barrinha) da observada no litoral leste, caracterizada principalmente pelo complexo estuarino de Acaraú (Figura 3.10).

As flechas litorâneas de Acaraú são feições que estão em constante mudança ao longo do tempo devido aos aspectos ecodinâmicos. A variação morfológica dessas feições de praia foi analisada através de imagens de satélites multitemporais no período entre os anos de 1981 a 2008 e podem ser verificadas no capítulo 5.

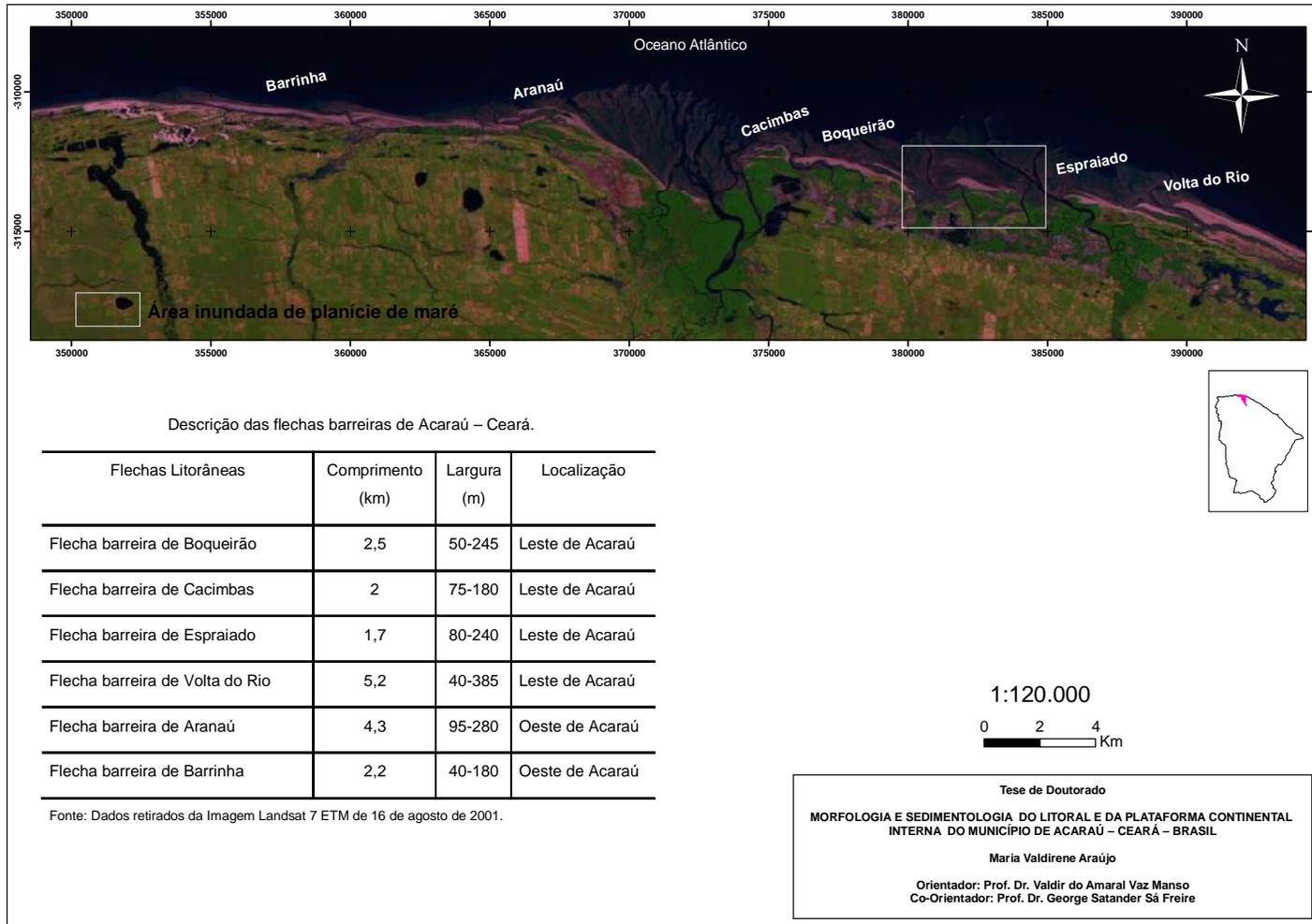


Figura 3.10 – Localização e descrição das flechas litorâneas da costa de Acaraú – CE.

### *Campo de dunas*

O fluxo eólico atua de forma preponderante na evolução dos baixos cursos dos rios do litoral oeste e está relacionado com a sazonalidade climática regional (ventos mais intensos, maiores índices de insolação e baixa pluviosidade no segundo semestre). No rio Acaraú, parte da sedimentação do ecossistema manguezal procedeu-se a partir do aporte de sedimentos transportados pelo vento. Sobre os terraços marinhos e as flechas de areia, os sedimentos eólicos alcançam setores interno do canal principal, atuando como aporte de areia para a origem do apicum e banco de areia ao longo dos canais de maré. A existência de dunas interiores desvinculadas da faixa de praia pela franja de manguezal paralela à linha de costa evidencia uma sequência regressiva do nível relativo do mar (MEIRELES e VICENTE da SILVA, 2003).

As dunas apresentam três tipos; móveis, semifixas e fixas, que estão relacionadas a variações relativas de nível do mar e mudanças climáticas durante o período geológico mais recente. Na área pode-se observar esses tipos de dunas citadas acima, nos diversos ambientes do campo de dunas do litoral de Acaraú (Figura 3.11).



Figura 3.11 – Dunas semifixas na flecha litorânea de Volta do rio.

### 3.2.1.2 Planície de maré

O ambiente de planície de maré é peculiar a regiões costeiras muito planas e de baixa energia. As condições necessárias a sua formação incluem amplitudes de maré mensuráveis e ausência da ação de ondas mais fortes. Grande parte dos sedimentos recém-depositados nesse ambiente é submetida à exposição subaérea nas fases de refluxo de maré ou maré baixa (SUGUIO, 2003).

As planícies de maré são subdivididas em três diferentes zonas, são: zona de supramaré, zona de intermaré e inframaré.

A planície de maré de Acaraú possui declividade suave (considerando a inclinação dos perfis topográficos realizados na área, onde a inclinação variou de 1:16 a 1:97) e grande aporte de sedimentos, que fica quase integralmente coberta pelas águas na preamar (maré alta ou maré cheia) e exposta na baixa-mar, que em geral é pouco inclinada, essa área é chamada de zona intermarés (Figura 3.12). Conforme Suguio (2003) a zona supramaré fica mais internamente, continente adentro e mais externamente, mar adentro, ocorre a zona inframaré, onde se desenvolve canais de maré e baixios areno-argilosos.



Figura 3.12 – Planície de maré exposta na baixa-mar a oeste da foz do rio Acaraú.

Ainda de acordo com Suguio (2003) a velocidade das correntes de maré (*tidal currents*) atinge de 30 a 50 cm/s que é o suficiente para formar marcas onduladas de pequena escala em sedimentos arenosos. Entretanto, nos canais de maré, pode ser superior a 150 cm/s, podendo gerar marcas onduladas de grande escala até antidunas.

Os animais e as plantas são representados por relativamente poucas espécies, mas com elevado número de indivíduos e desempenham um importante papel no ambiente de planície de maré. Os animais consistem em caranguejos, bivalves, gastrópodes, etc. A vegetação típica é de manguezais, que ocorrem na zona intermarés, próxima a desembocaduras fluviais, como mostra a Figura 3.13.



Figura 3.13 – Vegetação de mangue antigo na planície de maré e marcas onduladas indicando direção de corrente.

### 3.2.1.2.1 Estruturas sedimentares na planície de maré de Acaraú

As marcas onduladas são definidas como feições de ondulação que aparecem nas superfícies dos sedimentos, geralmente arenosos e depositados por correntes de tração sob condições de regime de fluxo inferior (SUGUIO, 2003). A figura 3.14 mostra marcas onduladas tipo linguóide na superfície de areia misturada com lama em sedimentos recentes na planície de maré de Acaraú. A seta mostra a direção da corrente e observa-se também a quebra de composição (argilosa e arenosa).

De acordo com Suguio (2003) as marcas onduladas de corrente (*current ripples*) exibem uma encosta mais suave a montante (ou a barlavento) e uma encosta mais abrupta a jusante (ou a sotavento), definindo, portanto, um perfil geralmente assimétrico. Chamley (1990) definiu as marcas onduladas de corrente como *lenticular-bedding*, resultado da direção de corrente de baixa energia (Figura 3.15).



Figura 3.14 – Marca ondulada linguóide.

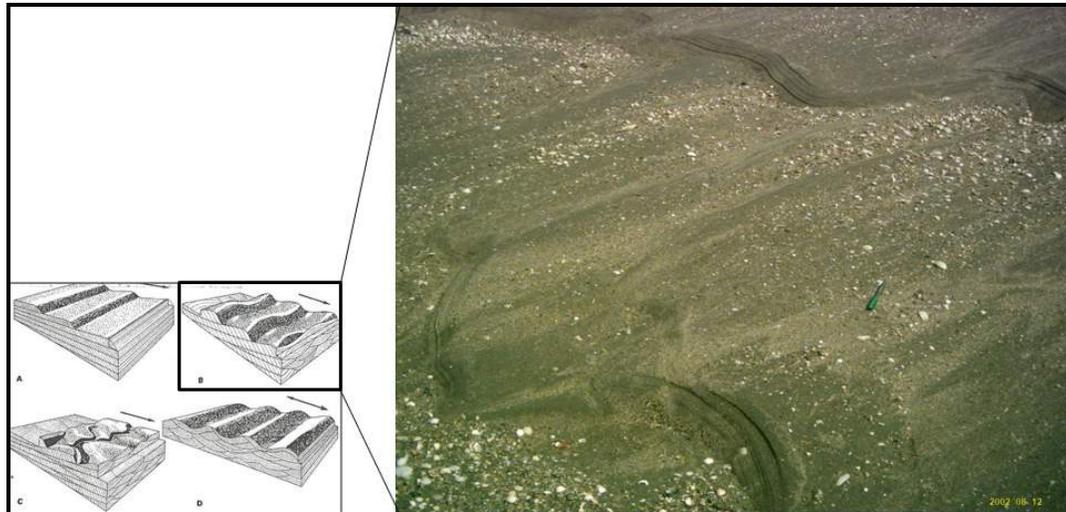


Figura 3.15 – Área de intermarés, detalhe para as marcas onduladas de corrente assimétricas.

As marcas onduladas que apresentam um perfil mais simétrico, são as marcas onduladas de oscilações (*oscillation ripples*), dispõem-se paralelamente à superfície e as marcas onduladas simétricas por movimentos oscilatórios (Figura 3.16).



Figura 3.16 – Marcas onduladas a simétricas, a seta mostra a direção da corrente.

### 3.2.1.3 Planície Fluvio-marinha

A unidade geomorfológica, planície fluvio-marinha, recebe influência mútua da dinâmica marinha e de processos fluviais, em que a capacidade de colmatagem venceu os efeitos erosivos, em terrenos de declividade praticamente nula (0% - 3%) de faixas alongadas, estreitas e sinuosas, onde o fluxo fluvial não tem capacidade de escavar os vales. É promovida através de acumulação de sedimentos lamacentos (siltico-argilosos de textura fina e escuros), ricos em argila e matéria orgânica. Nestas condições, é proporcionado o desenvolvimento do manguezal em ambiente palustre, onde o balanço das marés especifica as condições físico-químicas relacionadas com a temperatura da água, oxigênio do solo e cunha salina. (NASCIMENTO, 2006).

Acaba por gerar uma importante conectividade entre as bacias hidrográficas, a partir de sistemas estuarinos intermediários e de pequeno porte. Nos estuários onde os campos de dunas fornecem sedimentos para a origem de flechas e bancos de areia em suas desembocaduras e canais, respectivamente, o fluxo litorâneo é em grande parte o responsável pela dinâmica morfológica destes importantes setores do ecossistema manguezal. Os sedimentos transportados pela ação das ondas e marés acabam por fornecerem suporte para a origem do apicum e áreas de expansão da vegetação de mangue. Atua na hidrodinâmica dos canais internos, interferindo na batimetria e na complexa evolução de suas margens (com setores destinados à deposição e outros vinculados à erosão), provocando mudanças morfológicas relacionadas com a migração lateral das gamboas e o soterramento de setores com vegetação de mangue (MEIRELES e VICENTE da SILVA, 2003).

O estuário do rio Acaraú, com uma elevada densidade de setores de apicum associado ao bosque de manguezal, demonstrou que a evolução espaço-temporal foi em grande parte regulada pela dinâmica imposta pelas reações ambientais diretamente vinculadas ao fluxo estuarino. Verificou-se também a dependência direta da fauna à produtividade bioquímica e física de nutriente que emana da conectividade entre os setores de apicum e bosque de manguezal (Figura 3.17).

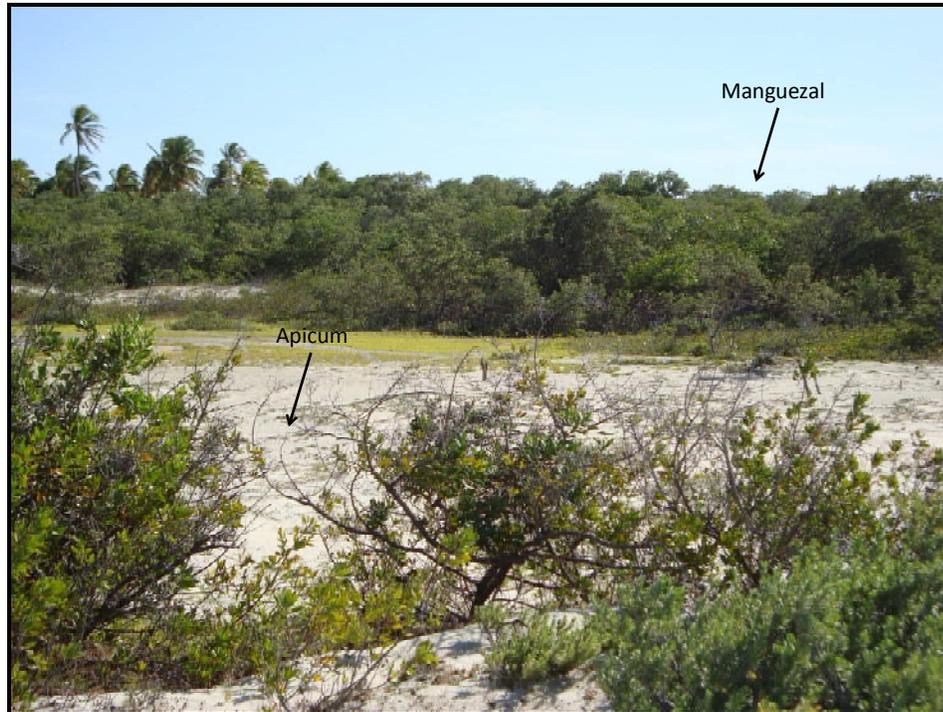


Figura 3.17 – Vegetação de mangue.

Constitui, assim, o ecossistema estuarino, até que a influência da cunha salina se faça sentir, demarcando o estuário dinâmico. No litoral cearense predominam duas principais formas estuarinas: a) a frente de barreira (formando lagunas) e b) o vale de rio inundado. O tipo “a” é o mais característico, a exemplo dos rios Pirangi e Coreaú. O tipo “b”, que constitui outra forma estuarina, é representado pelos estuários dos rios Acaraú e Timonha (NASCIMENTO, 2006).

#### 3.2.1.4 Tabuleiros Litorâneos

Os tabuleiros costeiros formam amplas planuras de deposição, constituindo depósitos correlativos, relacionados à erosão diferencial processada no semiárido, constituindo típicos glaciais de deposição pré-litorâneos. Situam-se à retaguarda do campo de dunas em contato não ruptural com as depressões sertanejas em até 40 km a montante. Estes depósitos compreendem uma faixa de terras entre a planície litorânea e a depressão sertaneja, com altimetria variável entre 20m a 90m.

Apresentam leques colúvio-aluviais coalescentes, mostrando que o nível do mar era mais baixo que o atual, com camada de sedimentos sotopostos da Formação Barreiras (NASCIMENTO, 2006).

Conforme Souza (1993) a cerca de 5-10 km da costa de Acaraú, desenvolvem-se os baixos tabuleiros fracamente sulcados pela drenagem, com coberturas arenosas espessas e revestidos por uma vegetação de médio porte e elevada densidade.

## **CAPÍTULO 4 – MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 Introdução**

Os procedimentos metodológicos adotados neste trabalho visam um melhor entendimento da morfologia e sedimentologia do litoral leste, a morfologia da plataforma interna e a análise multitemporal de toda costa litorânea de Acaraú.

A metodologia está dividida em três etapas distintas: descrição da morfologia e da sedimentologia do litoral leste de Acaraú; descrição da morfologia da plataforma interna de Acaraú e análise multitemporal da linha de costa do município de Acaraú.

### **4.2 Morfologia do litoral leste de Acaraú**

#### **4.2.1 Perfis Topográficos**

Os estudos morfológicos cujo monitoramento ocorreu durante o ano de 2008, nos meses de junho (após a quadra chuvosa que ocorre de fevereiro a maio) e novembro (período de estiagem), foram realizados através de nivelamentos topográficos para a confecção de perfis de praia e coleta de sedimentos. Os nivelamentos topográficos, por sua vez, foram realizados em seis perfis, sendo assim distribuídos: 1 (um) na Praia de Volta do Rio, 2 (dois) na praia de Espriado, 1 (um) na Praia de Arpoeiras e 2 (dois) na Praia de Coroa grande (Figura 4.1).

Os perfis foram posicionados perpendicularmente à linha de praia em direção ao mar, ocorreram com distâncias diferenciadas por se tratar de uma

planície de maré, onde a distância entre a linha de praia e a linha d'água durante maré de sizígia é aproximadamente 2 ou 3 km. Desse modo, a coleta de sedimento ocorreu no pós-praia, estirâncio e planície de maré não sendo possível coletar na antepraia.

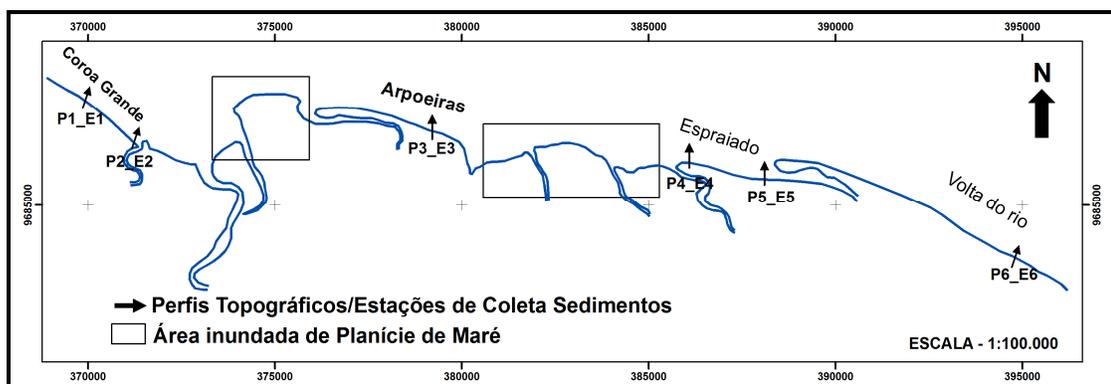


Figura 4.1 – Localização dos perfis topográficos e coleta de sedimentos.

Para a realização dos perfis topográficos, foi utilizado um receptor DGPS (*differential GPS*) (Figura 4.2) do tipo Promark2, em que o referencial de nível (RN) mais próximo da área foi localizado no município de Itarema com coordenadas UTM 397916/ 9677348. O plano para o levantamento da linha de praia com DGPS consiste em medir a posição do perfil longitudinal da linha da água, tomando-o como perfil representativo da posição da linha de praia.



Figura 4.2 – Receptor DGPS para realização dos perfis topográficos.

#### 4.2.2 Coleta de Sedimentos

Com o objetivo de caracterizar os sedimentos praias do litoral leste de Acaraú, realizaram-se amostragens nos três setores dos perfis de praia (pós-praia e estirâncio/planície de maré), cuja coleta realizou-se sempre nos 5 cm superficiais (Figura 4.3), sendo acondicionadas em sacos plásticos, etiquetadas para identificação das mesmas, totalizando 36 amostras.



Figura 4.3 – Amostragem de sedimentos/observa-se marcas onduladas na planície de maré.

Como forma de classificar a sedimentologia do estirâncio ao longo do litoral leste do município de Acaraú, foi realizada a coleta de sedimentos a cada 1km nas praias de Coroa Grande, Arpoeiras, Espraiado e Volta do rio, perfazendo um total de 19 amostras, considerando a amostra coletada nos perfis topográficos. Na figura 4.4 verificam-se os pontos de amostragem.

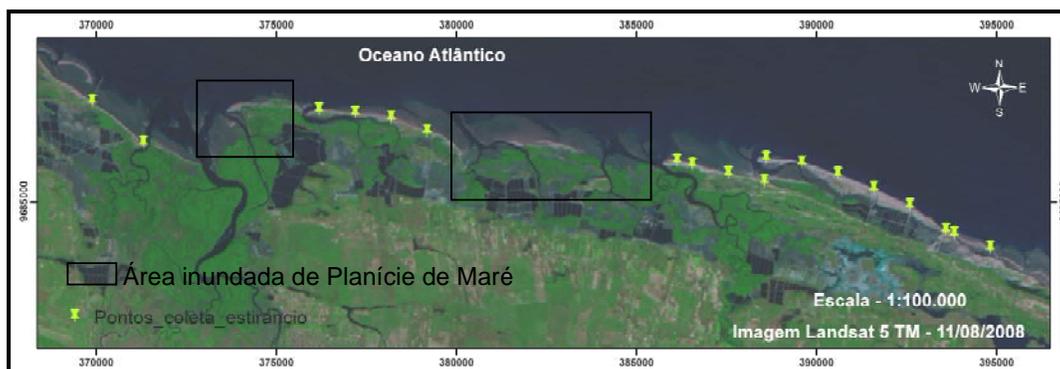


Figura 4.4 – Pontos de coleta realizada no estirâncio em Junho/2008.

### 4.2.3 Análise sedimentológica

A análise granulométrica das amostras de sedimentos foi realizada no Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada (LGMA) da Universidade Federal do Ceará (UFC), realizada de acordo com sua metodologia (Figura 4.5).

As amostras coletadas em campo foram conduzidas ao laboratório onde, inicialmente, passaram pela estufa com uma temperatura de 60° para retirar a umidade. Em seguida, as amostras foram quarteadas com o intuito de obter uma maior homogeneidade. Dessas amostras, retirou-se 100g para o peneiramento úmido, para a separação da fração menor que 0,062mm e para a eliminação dos sais solúveis. Da fração arenosa (granulometria >0,062mm a 2mm), foi realizado o peneiramento seco (Figura 4.6), utilizando um “rot up” tipo Granutest (duração de 10 minutos para cada amostra) com um jogo de peneiras com malha variando de -2,5 ø a 4,0 ø. Por fim, através de uma balança de alta precisão, foram pesadas as frações correspondentes ao tratamento de dados.

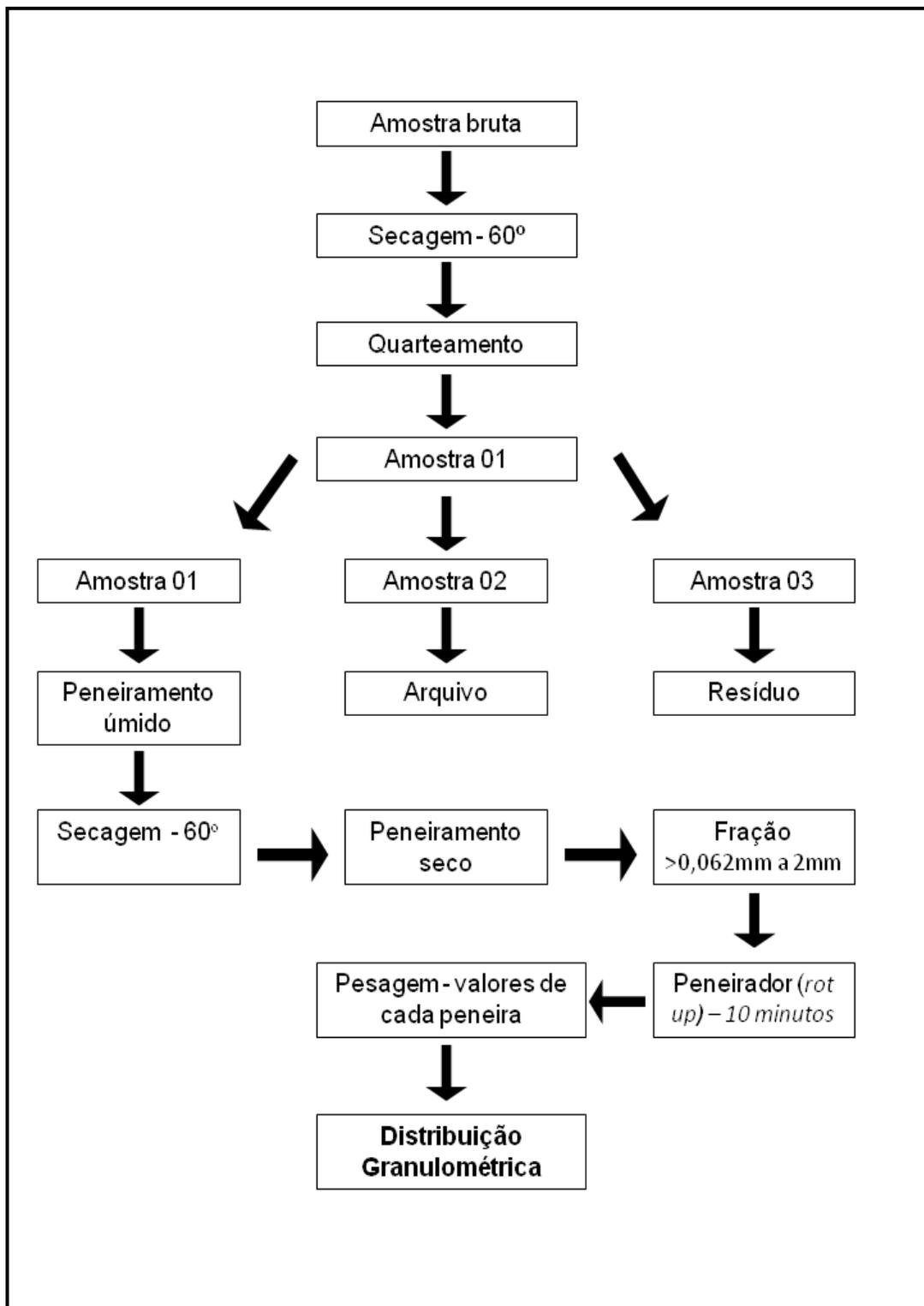


Figura 4.5 – Fluxograma da análise granulométrica dos sedimentos praias.



Figura 4.6 – “Rot up” com jogo de peneiras.

#### 4.2.4 Análise estatística dos dados

A partir dos dados obtidos nos perfis topográficos em campo, foram confeccionados os gráficos referentes à morfologia praial e, através do *software Surfer* (Versão 8), foi calculado o volume sedimentar entre os diferentes levantamentos, sendo o mês de junho/2008 utilizado como referencial. Os resultados foram expressos em metro cúbico por metro linear ( $m^3/m$ ).

As amostras foram classificadas de acordo com suas proporções de cascalho, areia e lama (silte e argila), segundo o diagrama triangular de classificação de Shepard (1954). Nesse diagrama (Figura 4.7), os vértices correspondem à areia, cascalho e lama a 100%, os lados correspondem às misturas binárias e os pontos no interior do diagrama às misturas ternárias. Como a maioria das amostras foi classificada como areia elaborou-se um novo diagrama ternário para a fração areia dessas amostras nos quais os vértices representam: areia grossa (2mm a 0,50mm), areia média (0,50mm a 0,25mm) e areia fina (0,25mm a 0,075mm) (LIMA, 2004).

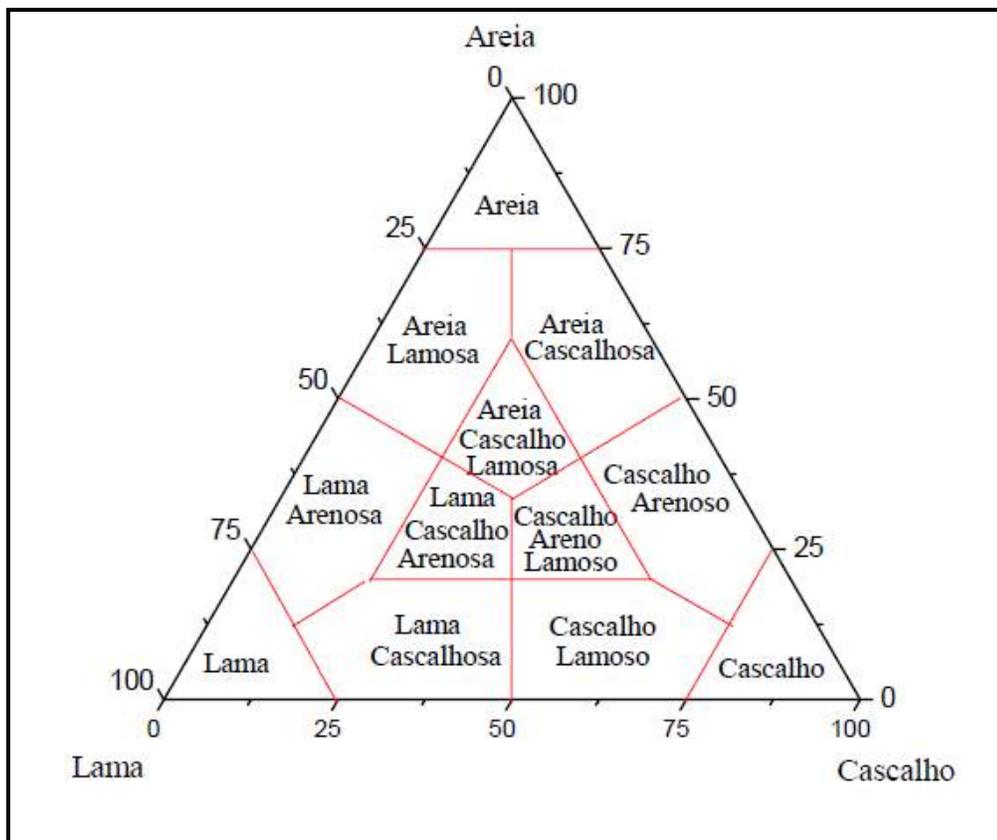


Figura 4.7 – Diagrama triangular de classificação de sedimentos Shepard (1954).

Os diagramas triangulares e os parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957), além da classificação das amostras (média, desvio padrão, assimetria e curtose), foram calculados utilizando-se o *software* ANASED – Análise Sedimentológica (LIMA *et. al.*, 2001).

Os limites de classificação para a média em valores de  $\phi$  são: cascalho ( $-1 \phi$ ), areia muito grossa ( $-1 \phi$  a  $0 \phi$ ), areia média ( $1 \phi$  a  $2 \phi$ ), areia fina ( $2 \phi$  a  $3 \phi$ ) e areia muito fina ( $3 \phi$  a  $4 \phi$ ).

O desvio padrão fornece o grau de seleção das amostras, possibilitando descobrir quão constantes e irregulares são os níveis energéticos do ambiente estudado. É também indicador do grau de maturidade textural dos sedimentos, estando relacionado ao retrabalhamento dos depósitos e reflete as variações de fluxo (velocidade e turbulência).

Este desvio, do ponto de vista geológico, pode ainda significar variações na dinâmica do fluxo de transporte de grãos. Em uma curva normal, cerca de 2/3 da amostra ficam situados dentro dos valores pelo desvio padrão. Esse valor tem sua importância porque indica o grau de seleção das amostras. A Tabela 4.1 mostra os limites de classificação do grau de seleção pelo desvio padrão, gráfico em valores de phi ( $\phi$ ).

Tabela 4.1 – Parâmetros de grau de seleção das amostras.

<b>Limites (Phi)</b>	<b>Grau de Seleção</b>
< 0,35	Muito bem selecionado
0,35 a 0,50	Bem selecionado
0,50 a 0,71	Moderadamente bem selecionado
0,71 a 1,00	Moderadamente selecionado
1,00 a 2,00	Pobremente selecionado
2,00 a 4,00	Muito pobremente selecionado
> 4,00	Extremamente mal selecionado

Fonte: Dados de Folk e Ward (1957).

Através das medidas de diferenças centrais (média, moda e mediana), é possível saber se as partículas de uma distribuição são mais ou são menos grossas do que as de outra distribuição. Geralmente, isso tem correlação com os níveis de energias do ambiente e com a intensidade do agente de transporte. Quanto menor o diâmetro médio mais bem selecionado será o sedimento, ou seja, o grau de seleção é inversamente proporcional ao diâmetro médio.

Os sedimentos da plataforma continental são polimodais, isto significa que existem várias porções de sedimentos na área com diâmetros médios diferentes.

Isto se deve ao fato de as partículas terem diferentes idades de deposição, sofrendo atuação de diferentes processos sedimentares ao longo do tempo.

Numa distribuição estatística, a assimetria representa a curva de frequência de desvio ou afastamento da posição simétrica. Podemos caracterizar as distribuições de frequência em: assimétrica à direita ou positiva; assimétrica à esquerda ou negativa; assimetria nula ou simétrica (Figura 4.8). Quando há um deslocamento para a esquerda, o desvio tende para os grãos grossos e a assimetria é negativa e quando há um deslocamento para a direita, o desvio tende para os grãos finos e a assimetria é positiva.

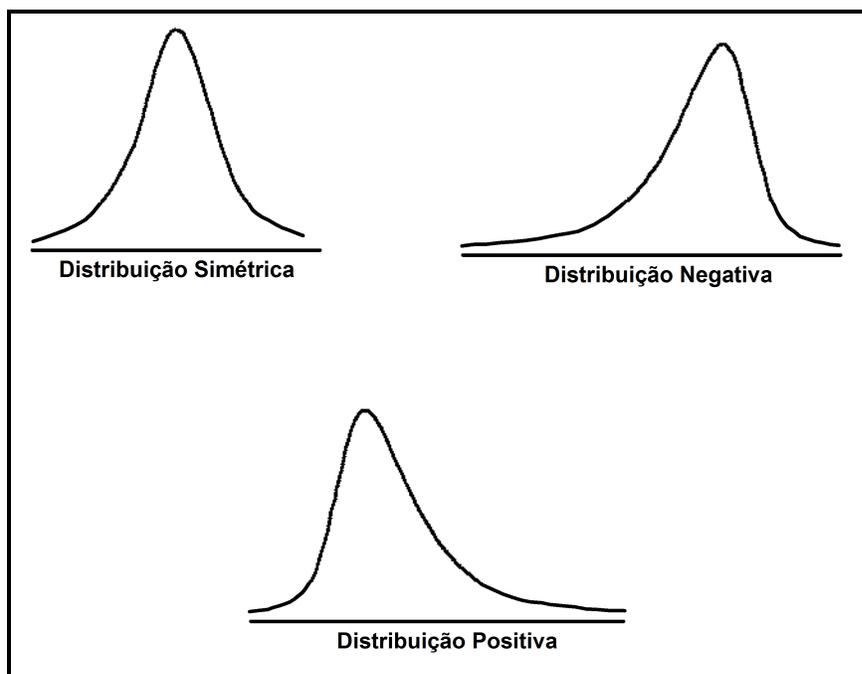


Figura 4.8 – Curvas de frequência da assimetria.

Dois curvas podem ter a mesma granulometria média e o mesmo grau de dispersão, mas podem ter os graus de assimetria diferentes. Desse modo, é necessário se ter uma medida de tendência dos dados ao se dispersarem de um ou outro lado da média. Esse parâmetro é denominado grau de assimetria que pode assumir valores negativos ou positivos. O grau de assimetria é indicado pelo afastamento do diâmetro médio da mediana, e que demonstra a tendência dos

dados se dispersarem de um lado ou do outro da média. Numa distribuição simétrica, quando o diâmetro médio e a mediana coincidem, não há assimetria. A assimetria é controlada pelo processo de deposição do que pelas condições de transporte. Portanto, se houver um desvio para maiores em  $\phi$  (partículas mais finas) a assimetria será positiva, se houver um desvio para menores  $\phi$  (partículas mais grossas) a assimetria será negativa (SILVA, 2004). A classificação do grau de assimetria está de acordo com a Tabela 4.2.

Os valores de assimetria quando representados como negativos, verifica-se a tendência para um material mais grosso, e quando se apresenta como positivo, ocorre uma tendência para sedimentos mais finos. Este parâmetro estatístico caracteriza ambientes de sedimentação, correlacionando ao regime energético atuante.

Tabela 4.2 – Relação entre o intervalo da assimetria e o grau de assimetria correspondente.

<b>Intervalo de Assimetria</b>	<b>Remoção seletiva</b>
>-1	Fortemente assimétrica no sentido dos grossos
-1,00 e -0,30	Assimetria muito negativa
-0,30 e -0,10	Assimetria negativa
-0,10 e +0,10	Aproximadamente simétrica
+0,10 e +0,30	Assimetria positiva
+0,30 e +1,00	Assimetria muito positiva
>+1	Fortemente assimétrica no sentido dos finos

Fonte: Dados de Folk e Ward (1957).

Define-se curtose como o grau de achatamento de uma distribuição em relação a um padrão. No que se refere aos seus tipos de curvas de distribuição, podemos classificá-las em: Leptocúrtica, Mesocúrtica e Platicúrtica (Figura 4.9). Com

relação a seus intervalos, muito platicúrtica ( $<0,67$ ), platicúrtica ( $0,67 - 0,90$ ), mesocúrtica ( $0,90 - 1,11$ ), leptocúrtica ( $1,11 - 1,50$ ), muito leptocúrtica ( $1,50 - 3,00$ ) e extremamente leptocúrtica ( $>3,00$ ). Por outro lado, a curtose, grau de agudez dos picos, representa a diferença entre a altura de uma classe granulométrica em relação às outras. Quanto maior for essa diferença maior será o grau de agudez da mesma.

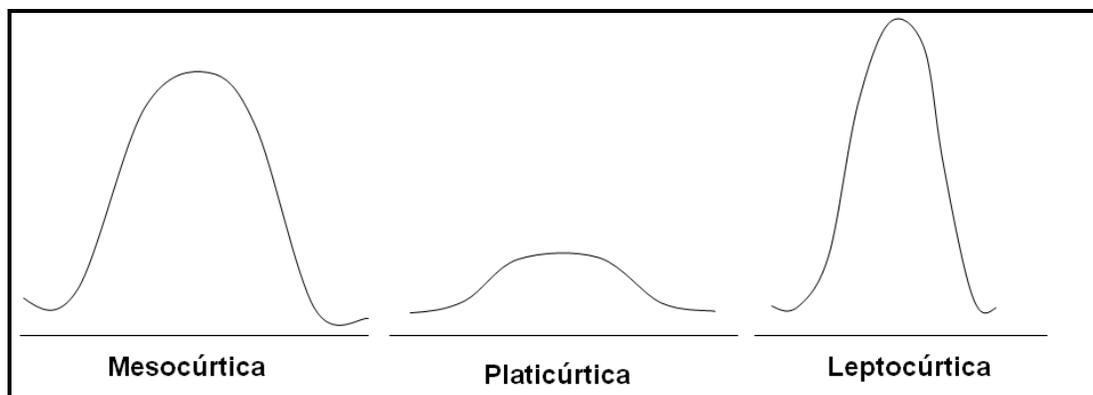


Figura 4.9 - Tipos curvas de distribuição no que se refere à curtose.

Quando a curtose se apresenta como platicúrtica sugere uma tendência deposicional e quando se apresenta como leptocúrtica sugere transporte, podendo indicar remoção da fração fina por meio de correntes de fundo, fato que caracteriza o grau de energia existente em uma determinada área.

### **4.3 Morfologia da plataforma interna de Acaraú**

#### **4.3.1 Levantamento de dados batimétricos**

Os dados da batimetria da área em estudo foram obtidos através de dados pré-existentes junto ao Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada (LGMA/UFC). A partir de então, foi organizado o banco de dados para confecção do Mapa Batimétrico.

#### **4.3.2 Modelagem Batimétrica**

##### **4.3.2.1 Aquisição de Dados**

A batimetria é expressa cartograficamente por curvas batimétricas que são curvas que unem pontos de mesma profundidade com equidistâncias verticais à semelhança das curvas de nível topográfico.

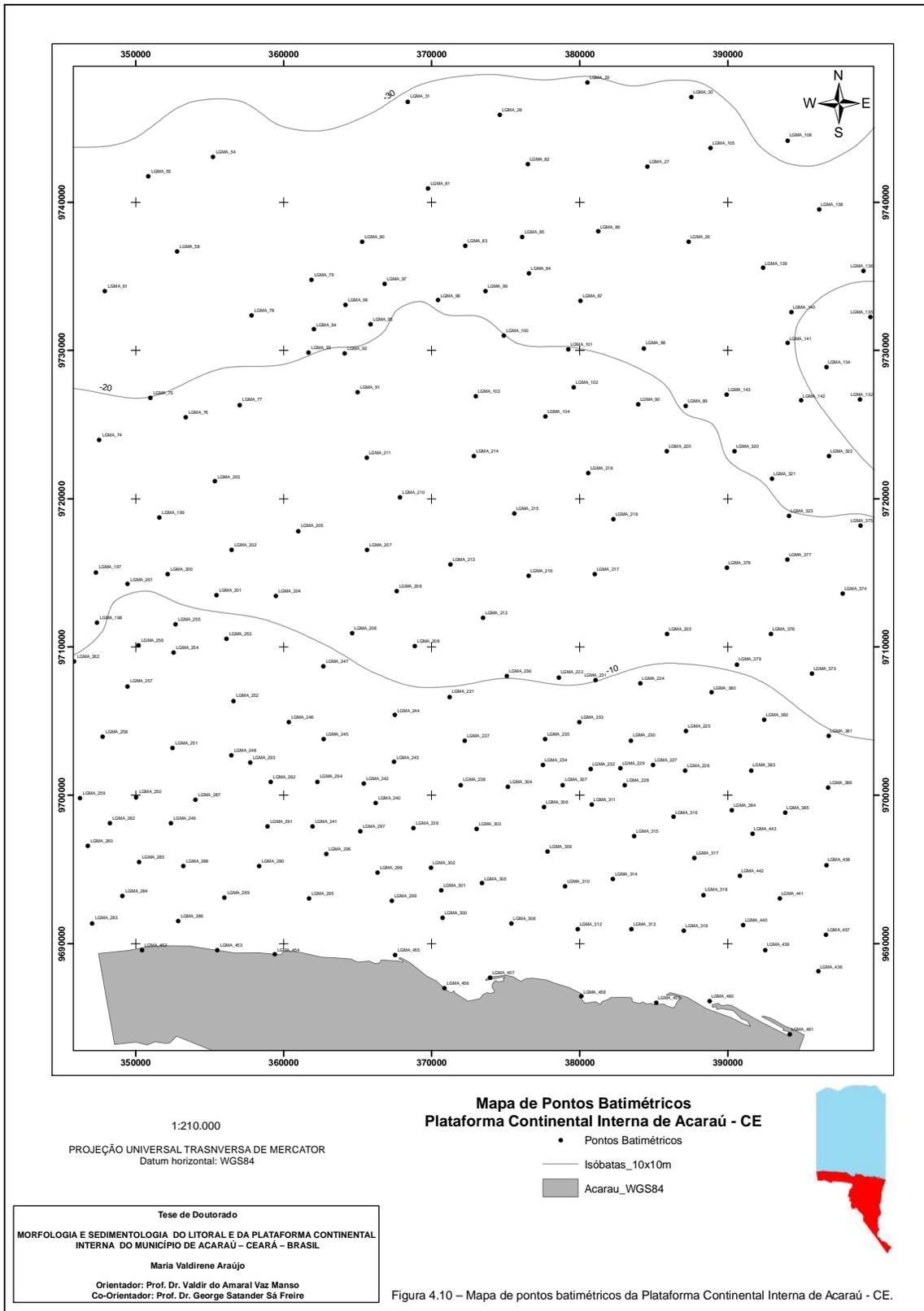
Os dados batimétricos aqui apresentados foram processados para a confecção do modelo batimétrico e obtidos através das Cartas Náuticas 600 e 700 em escala 1:316.000, cedidas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (DHN) ao Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada (LGMA).

Inicialmente, realizou-se a seleção dos dados X, Y e Z até a profundidade de 30 metros (Figura 4.10). Os parâmetros X e Y correspondem às coordenadas dos pontos existentes, Z corresponde à profundidade em metros já corrigida a diferença produzida pela maré. As coordenadas geográficas referenciadas estavam em *Datum* Córrego Alegre, sendo importados para ambiente SIG. Utilizando o software ArcGis 9.2, foi transformado para o *Datum* WGS84 SUTM 24.

Segundo Felgueiras (1999), um Modelo Digital de Terreno (MDT) representa o comportamento de um fenômeno que ocorre em uma região da superfície terrestre. Seus dados são de fundamental importância em aplicações de

geoprocessamento desenvolvidas no ambiente de um Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Os modelos são obtidos a partir de uma *amostragem do fenômeno* dentro da região de interesse. As amostras são processadas de forma a criar *modelos digitais* que vão representar a variabilidade do fenômeno nessa região. Os modelos digitais são disponibilizados a uma série de *procedimentos de análises* (qualitativas ou quantitativas) úteis para aplicações de geoprocessamento. As análises são importantes para fins de simulações e tomadas de decisão no contexto de desenvolvimento de aplicações ou modelagens que utilizam SIGs.



#### 4.3.2.2 Confeção do modelo batimétrico e métodos de interpolação dos dados

Atualmente, a geoestatística tem sido aplicada nas mais diversas áreas do conhecimento como hidrogeologia, meio ambiente, geotécnica e oceanografia. Nesta pesquisa, ela serve como modelo à superfície da plataforma continental do município de Acaraú a partir de dados batimétricos.

O modelo batimétrico foi elaborado utilizando o método geoestatístico de krigagem (mais eficaz por apresentar melhores parâmetros estatísticos), escolhido por ser o método de interpolação que apresenta melhores resultados dentre os interpoladores estatísticos que são: mínimo curvatura, o inverso da distância e a krigagem (LANDIM, 2002).

A Krigagem é considerada um bom método de interpolação de dados, pois utiliza o dado tabular e sua posição geográfica para calcular as interpolações. As unidades de análises mais próximas entre si são mais parecidas do que unidades mais afastadas. Esse método utiliza funções matemáticas para acrescentar pesos maiores nas posições mais próximas aos pontos amostrais e pesos menores nas posições mais distantes, e criar assim os novos pontos interpolados com base nessas combinações lineares de dados (JAKOB, 2002).

A geoestatística define um conjunto de procedimentos matemáticos que permite o reconhecimento e a descrição de relacionamentos espaciais existentes. Nesse processo, admite-se que a posição de uma amostra é tão importante quanto o valor medido.

Os modelos estatísticos adotados para a análise espacial fundamentaram-se na utilização de semivariogramas pelo interpolador geoestatístico *Kriging Ordinary*. O Variograma é o instrumento que descreve quantitativamente a variação no espaço de um fenômeno regionalizado. Se os pontos são muito correlacionados, a variância das diferenças será menor. Quando esta é representada em função da distância (h) fica demonstrada a correlação espacial (covariância) de um fenômeno regionalizado e torna-se possível a construção de um variograma.

Os parâmetros do semivariograma podem ser observados diretamente da figura 4.11.

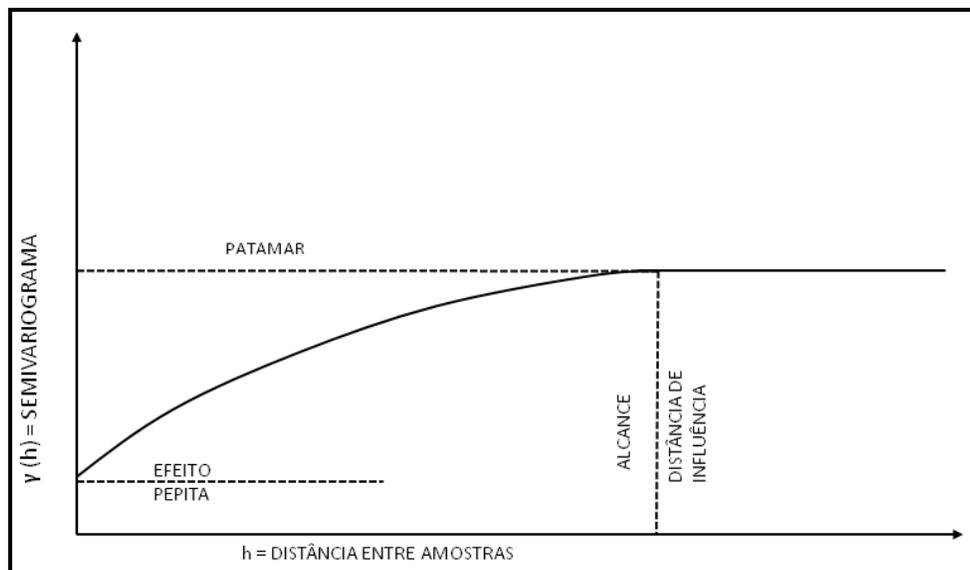


Figura 4.11 – Principais feições do semivariograma.

*Alcance (a)*: distância dentro da qual as amostras apresentam-se correlacionadas espacialmente. Na Figura 5.3, o alcance ocorre próximo de 25m.

*Patamar (C)*: é o valor do semivariograma correspondente a seu *alcance (a)*. Deste ponto em diante, considera-se que não existe mais dependência espacial entre as amostras, porque a variância da diferença entre pares de amostras ( $\text{Var}[Z(x) - Z(x+h)]$ ) torna-se invariante com a distância.

*Efeito Pepita (C0)*: idealmente  $(0)=0$ . Entretanto, na prática, à medida que  $(h)$  tende para 0 (zero), aproxima-se de um valor positivo chamado *Efeito Pepita (C0)*, o qual revela a descontinuidade do semivariograma para distâncias menores do que a menor distância entre as amostras. Parte desta descontinuidade pode ser também devida a erros de medição, porém é impossível quantificar se a maior contribuição provém dos erros de medição ou da variabilidade de pequena escala não captada pela amostragem (CAMARGO, 2010).

Para o cálculo e ajuste do semivariograma dentro dos parâmetros descritos acima, foi utilizado o *software* geoestatístico VARIOWIN® 2.21, em que se pode obter o MDT através do método de interpolação da krigagem.

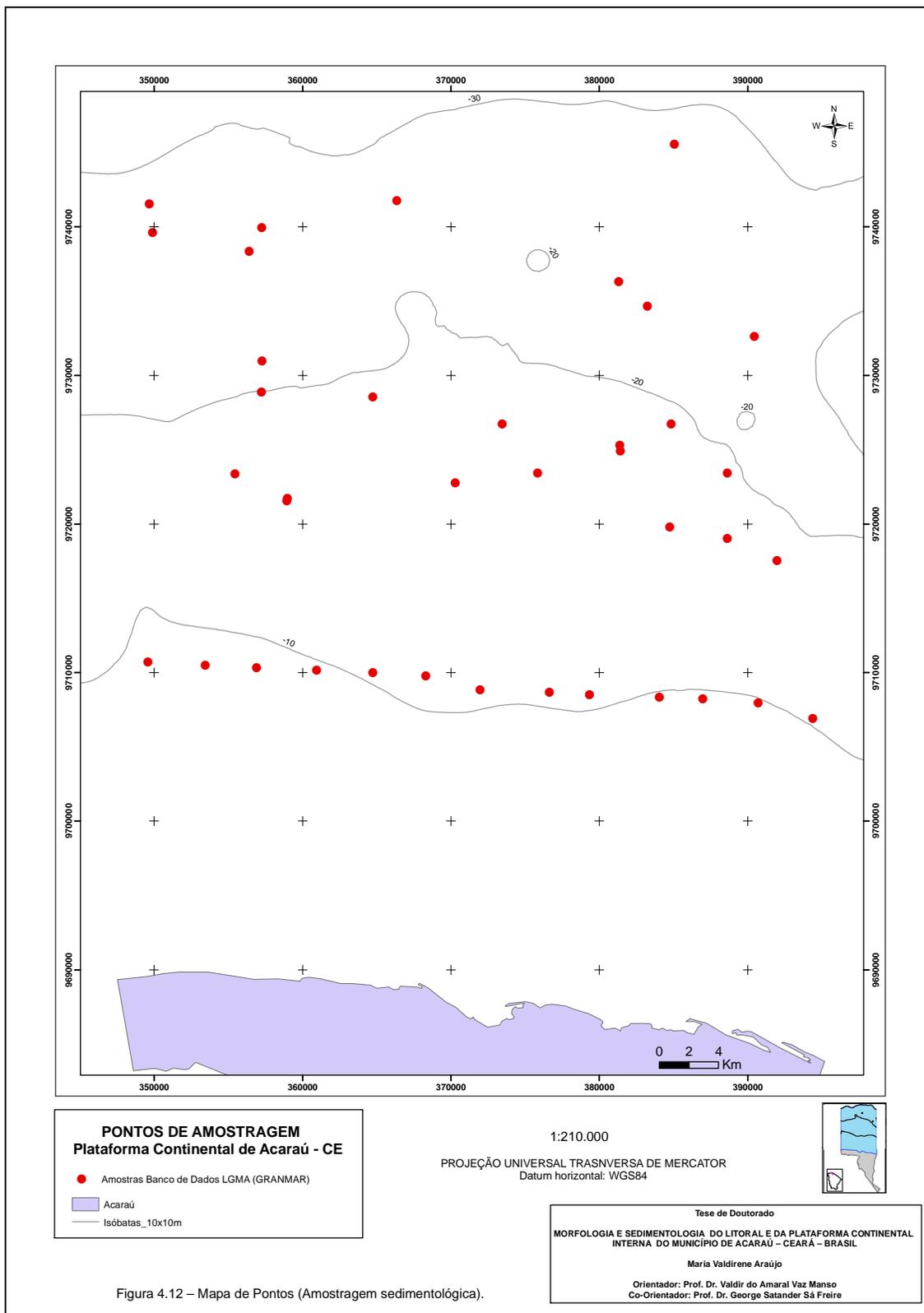
O modelo batimétrico foi confeccionado a partir dos dados da batimetria e do semivariograma ajustado através do *software* SURFER 8.0.

### 4.3.3 Sedimentologia da Plataforma Continental Interna de Acaraú

#### 4.3.3.1 Amostras Sedimentológicas e Determinação dos Teores de Carbonato de Cálcio ( $\text{CaCO}_3$ )

As amostras sedimentológicas foram fornecidas pelo LGMA/UFC e obtidas a partir dos cruzeiros GEOCOSTA II, GEOMAR XVIII e REMAC. Essas amostras foram coletadas em perfis perpendiculares a linha de costa, utilizando amostradores pontuais do tipo *Van Veen* e dragas do tipo *Gibbs*, totalizando 37 amostras para os limites da plataforma interna de Acaraú até a isóbata de 30m (Figura 4.12).

O processo de análise sedimentológica dos dados estatísticos das amostras da plataforma continental obedece ao mesmo processo aplicado nos sedimentos coletados ao longo da costa leste de Acaraú já descritos no subitem 4.2.4. No entanto, as amostras da plataforma interna da área foram fornecidas pelo LGMA com os resultados num banco de dados, sendo, portanto organizado a fim de se obter os resultados pretendidos nesta pesquisa. Para o teor de  $\text{CaCO}_3$  foi determinado na amostra bruta usando o método do Calcímetro de Bernard Modificado.



#### 4.3.3.2 Confeção do Mapa Faciológico

Para determinação das fácies existentes, utilizou-se a classificação de Shepard (1954), a qual leva em consideração a relação entre a quantidade de cascalho, areia e lama e a classificação de Larssoneur modificada de Freire *et al.* (1997), a qual se baseia nos parâmetros texturais e teores de carbonato de cálcio. Essas duas classificações resultaram em um esquema classificatório apresentado na figura 4.13 proposto pelo LGMA, considerando o caráter misto dessa plataforma e as ocorrências irrisórias de lama (FREIRE *et al.*, 2007).

Na confecção do mapa Faciológico, foram utilizados os resultados da classificação granulométrica dos sedimentos de fundo, fato que está de acordo com a classificação proposta pelo LGMA e os dados batimétricos. O tratamento das informações para a cartografia, em meio computacional, foi executado manualmente com a utilização do *software* ArcGIS 9.2, delimitando as fácies sedimentares.

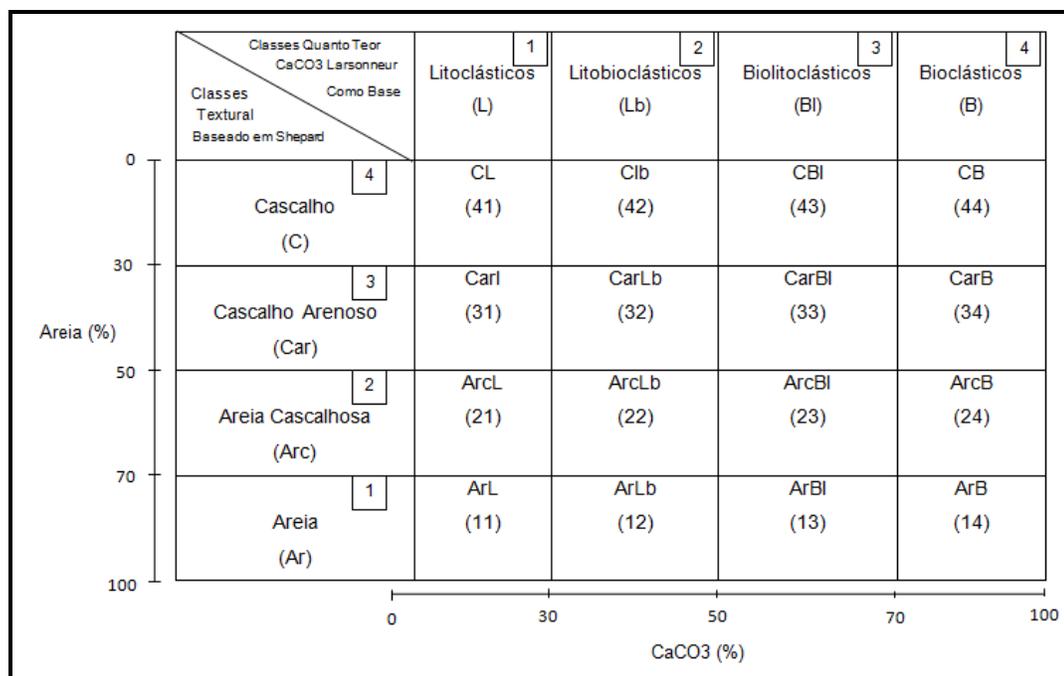


Figura 4.13 - Classificação de fácies sedimentares adotadas pelo LGMA, adaptadas de Sheppard (1954) Larssoneur (1977, *in* Freire *et al.*, 1997).

## 4.4 Sensoriamento Remoto

### 4.4.1 Levantamento bibliográfico

Nos procedimentos metodológicos foram coletados dados bibliográficos e cartográficos, com enfoque na temática do trabalho, que abordassem assuntos específicos sobre SIG e PDI, enfocando metodologias de integração de dados *raster*, vetoriais e alfanuméricos.

Para a análise multitemporal da evolução da linha de costa foram utilizadas imagens orbitais Landsat 5 TM com quatro datas distintas (obtidas gratuitamente no site do INPE) através de técnicas de realce no PDI. Essa análise permitiu o levantamento da linha de costa em diferentes anos, cujos intervalos variaram de 4 a 9 anos (Tabela 4.3).

Tabela 4.3 – Lista das imagens digitais com suas respectivas datas e resolução espacial.

<b>DATA</b>	<b>TIPO DO SENSOR</b>	<b>Resolução Espacial</b>
17/07/1987	Landsat 5 TM	30m
10/06/1991	Landsat 5 TM	30m
02/07/1999	Landsat 5 TM	30m
11/08/2008	Landsat 5 TM	30m

Fonte: INPE

Complementando a metodologia citada anteriormente, as imagens de satélite Landsat passaram pelas seguintes etapas (Figura 4.14).

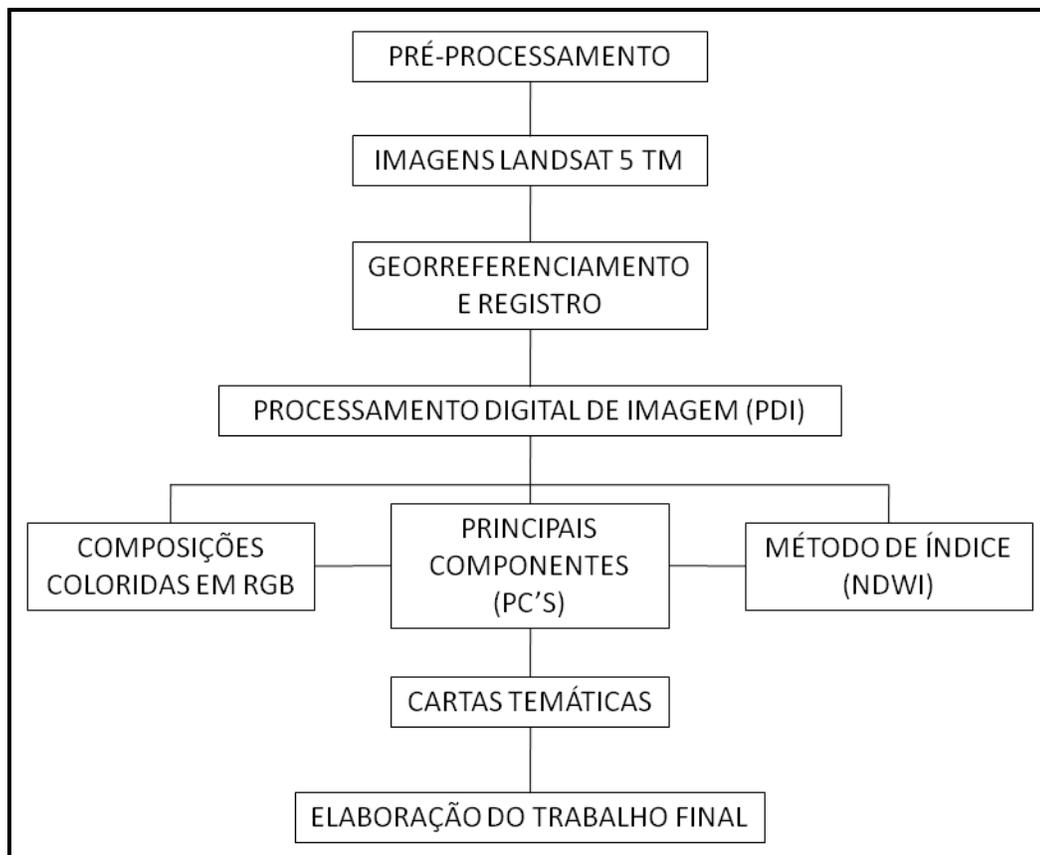


Figura 4.14 – Etapas do processamento digital das imagens de satélites Landsat.

#### 4.4.2 Pré-processamento das imagens

Conforme Crósta (1992), as imagens geradas por sensores remotos estão sujeitas a uma série de distorções espaciais (rotação da terra, curvatura da terra, variações de altitude, posição e velocidade da plataforma, dentre outras), não tendo, portanto, precisão cartográfica quanto ao posicionamento dos objetos, superfícies ou fenômenos representados. Torna-se necessário aplicar correções (georreferenciamento) que vão reorganizar essas informações em relação a um sistema de projeção cartográfica.

O pré-processamento das imagens de satélites consta do processo de georreferenciamento, o qual foi realizado no *Software* ER Mapper v.6.4. Inicialmente, as imagens de satélites passam pelo processo *merging*, ou seja, todas as bandas

espectrais são fundidas para, posteriormente, serem georreferenciadas. Uma forma frequentemente aplicada de dados fundidos é a combinação de multi-resoluções de dados adquiridos pelo mesmo sensor. A aplicação desse processo para imagens LANDSAT 5 TM são 30m de resolução espacial para as bandas 1, 2, 3, 4, 5, 7 e 120m de resolução espacial para a banda 6 (banda termal).

Após o georreferenciamento dos dados brutos, com base na imagem LANDSAT Mr. SID (2000), foi realizado o georreferenciamento da carta planialtimétrica da SUDENE (SA. 24-Y-B-IV) em escala de 1:100.000, através do *Datum* fornecido por esta carta (Córrego Alegre). No entanto, após se concluir este processo o *Datum* da carta foi modificado para WGS84.

#### **4.4.3 Processamento Digital de Imagens – PDI**

Esta etapa consiste na aplicação de técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI), tais como: Composições Coloridas e Método de Índice (*NDVI – Normalized Difference Vegetation Index*).

A elaboração das composições coloridas consistiu na associação de três bandas espectrais, cada uma inserida num canal de cor dentro do sistema RGB (*Red, Green e Blue*). Esta técnica de PDI possibilita seu emprego em bandas espectrais realçando feições superficiais.

A propriedade mais importante da razão de bandas, e o motivo pelo qual ela é bastante utilizada, é a sua capacidade de realçar imensamente determinadas feições da curva de assinatura espectral de alguns materiais naturais. Um exemplo simples é a vegetação, que é caracterizada por uma intensa absorção devido à clorofila na região do vermelho e por uma intensa reflexão no infravermelho próximo. A razão de bandas mais conhecida é o chamado Índice Normalizado de Diferença de Vegetação (NDVI) (CRÓSTA, 1992).

A elaboração das composições coloridas consistiu na associação de três bandas espectrais, ou da combinação de três razões de bandas, cada uma inserida num canal de cor dentro do sistema RGB (*Red, Green e Blue*). Esse é um produto básico do PDI, porém seu emprego em bandas espectrais possibilita o realce de

feições superficiais que consiste na elaboração de falsas cores, uma vez que emprega bandas com comprimentos de ondas no visível, infravermelho próximo. (ARAÚJO, 2006).

As composições coloridas em RGB 543 são submetidas às mudanças no histograma por meio de técnicas de PDI para o realce do limite entre áreas emersas e áreas submersas. Pode-se observar na Figura 4.15.

A etapa de campo foi realizada a fim de verificar a situação da morfologia costeira da área estudada, identificando as feições em campo.

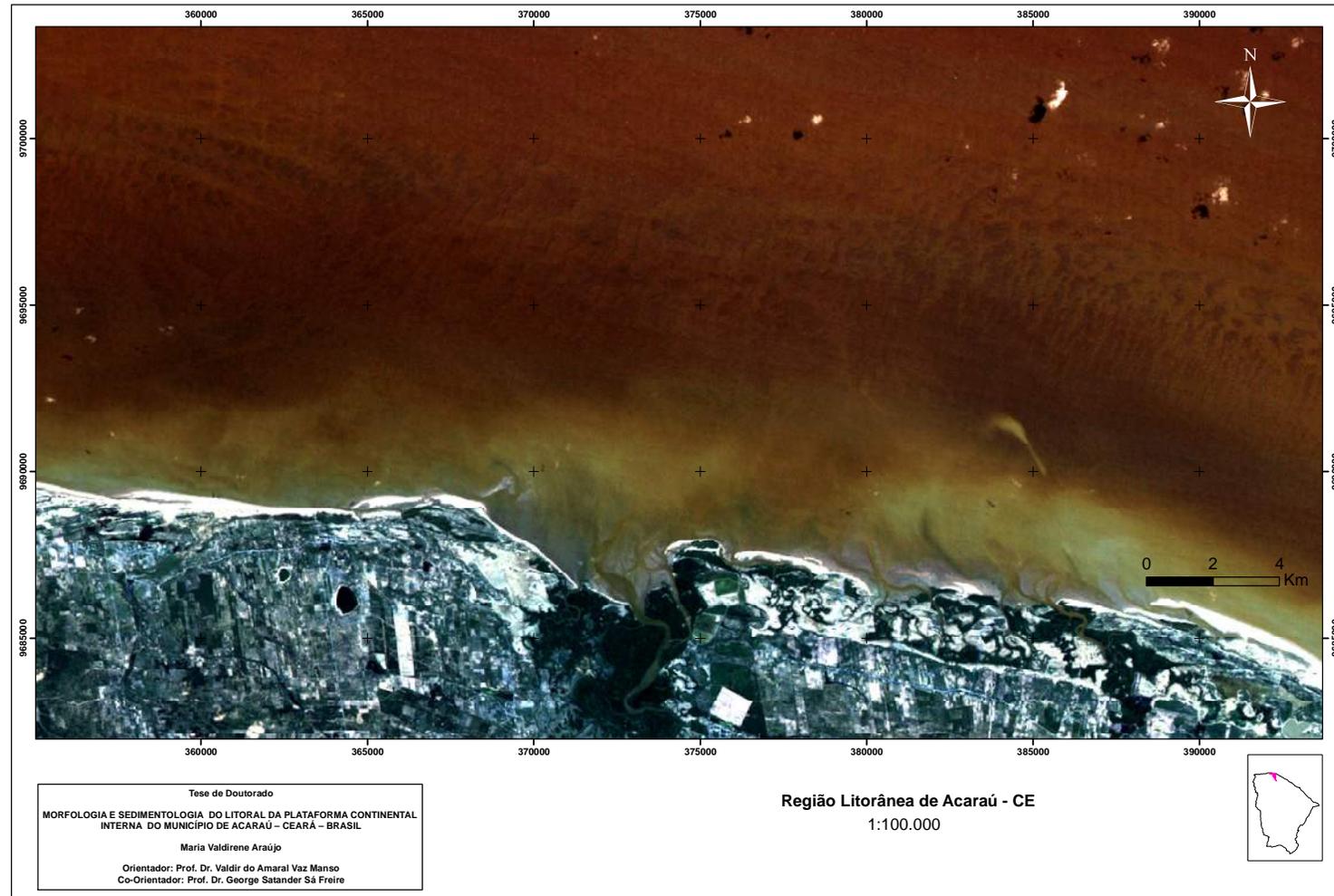


Figura 4.15 – Imagem Landsat 5 TM de 02 de Julho de 1999, composição RGB 321, visualizando as áreas emersas e submersas da Região litorânea de Acaraú – CE.

#### **4.4.4 Integração dos dados para a confecção dos mapas multitemporais da linha de costa do município de Acaraú**

A partir das interpretações das imagens de satélites em PDI, esses produtos foram integrados num ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas). Em geral, um software de SIG é composto por quatro componentes: captura de dados, armazenamento de dados (banco de dados), análise dos dados armazenados e apresentação dos dados. Estes são analisados e manipulados e a apresentação dos mesmos referenciados geograficamente.

O pré-processamento, o processamento digital e a integração das imagens foram feitas no *software* ER Mapper v.6.4 (*Earth Resource Mapping Pty Ltd.*) e a vetorização da linha de costa foi digitalizada no *software* ArcGIS 9.2. Os cruzamentos das linhas de costa foram feitos para o intervalo de duas datas, caracterizando-as em áreas de erosão, acresção (ou deposição) e sem modificação.

A integração dos dados e confecção dos mapas foi feito a partir do cruzamento entre a linha de costa das quatro datas distintas pré-definidas (1987, 1991, 1999 e 2008), onde foi possível observar a evolução da linha de costa em três escalas de tempo, 1987-1991; 1991-1999 e 1999- 2008.

Na Figura 4.16 observa-se o cruzamento da linha de costa para as datas de 1987, 1991, 1999 e 2008, podendo observar também um *zoom* nos trechos onde ocorreram maiores modificações ao longo do tempo da linha de costa do município de Acaraú.

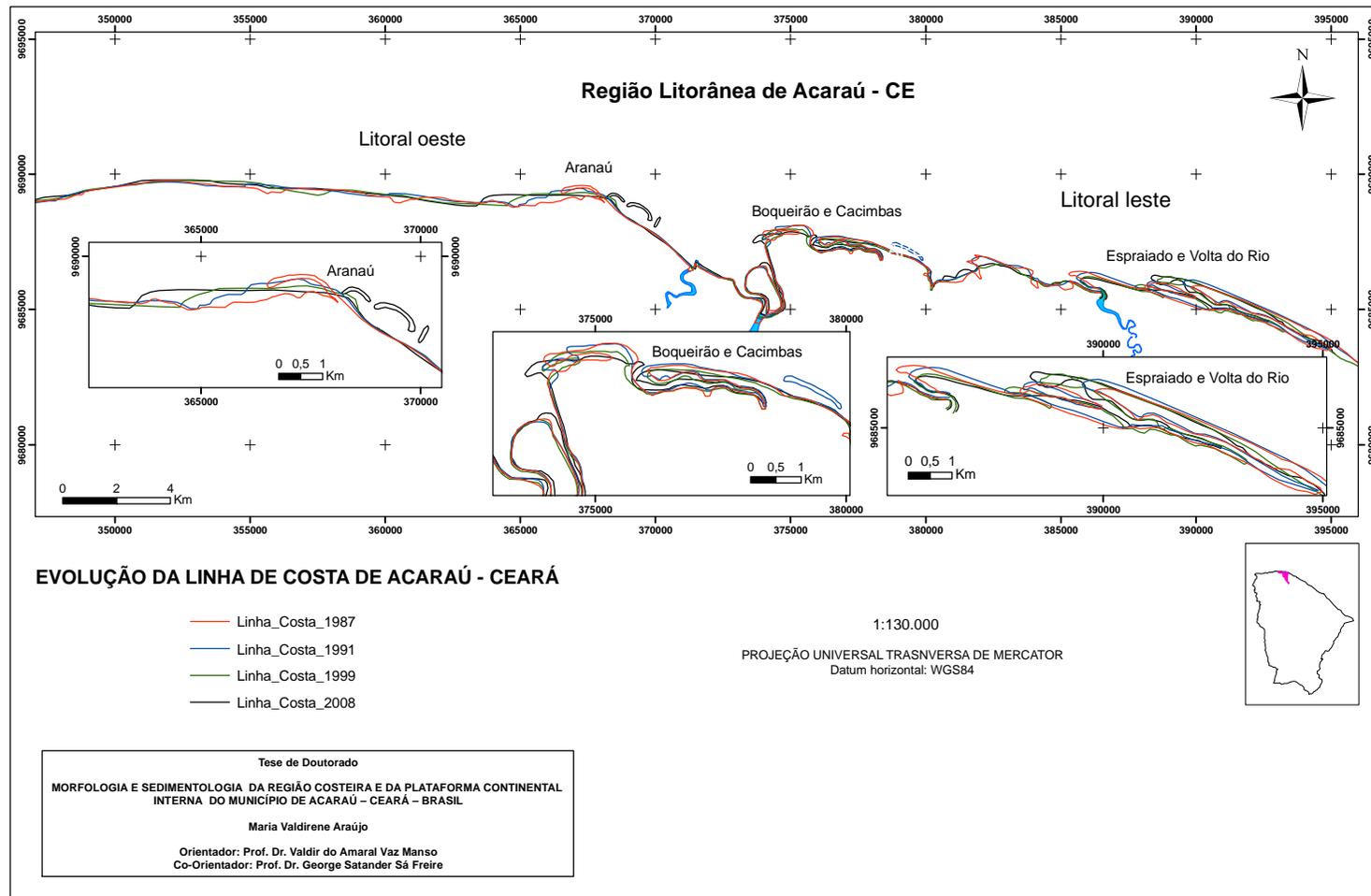


Figura 4.16 – Linha de costa de Acaraú de acordo com as imagens Landsat em datas distintas, com destaque para as áreas de flechas arenosas, onde sofreram maiores modificações na sua morfologia.

## **CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 Ambiente Praial**

#### **5.1.1 Caracterização Praial do litoral leste de Acaraú**

A caracterização das praias (Coroa Grande, Arpoeiras, Espriado e Volta do rio), que compõem a área em estudo, foi realizada concomitantemente aos monitoramentos topográficos e amostragem de sedimentos, nos perfis 1 e 2 em Coroa Grande, 3 em Arpoeiras, 4 e 5 em Espriado e o 6 na praia Volta do rio, realizados sempre na maré de sizígia, na hora de maré mais baixa.

Para um melhor entendimento, as informações foram agrupadas de acordo com a morfologia praial (pós-praia, estirâncio e planície de maré), cuja morfologia predominante é observada na figura 5.1.

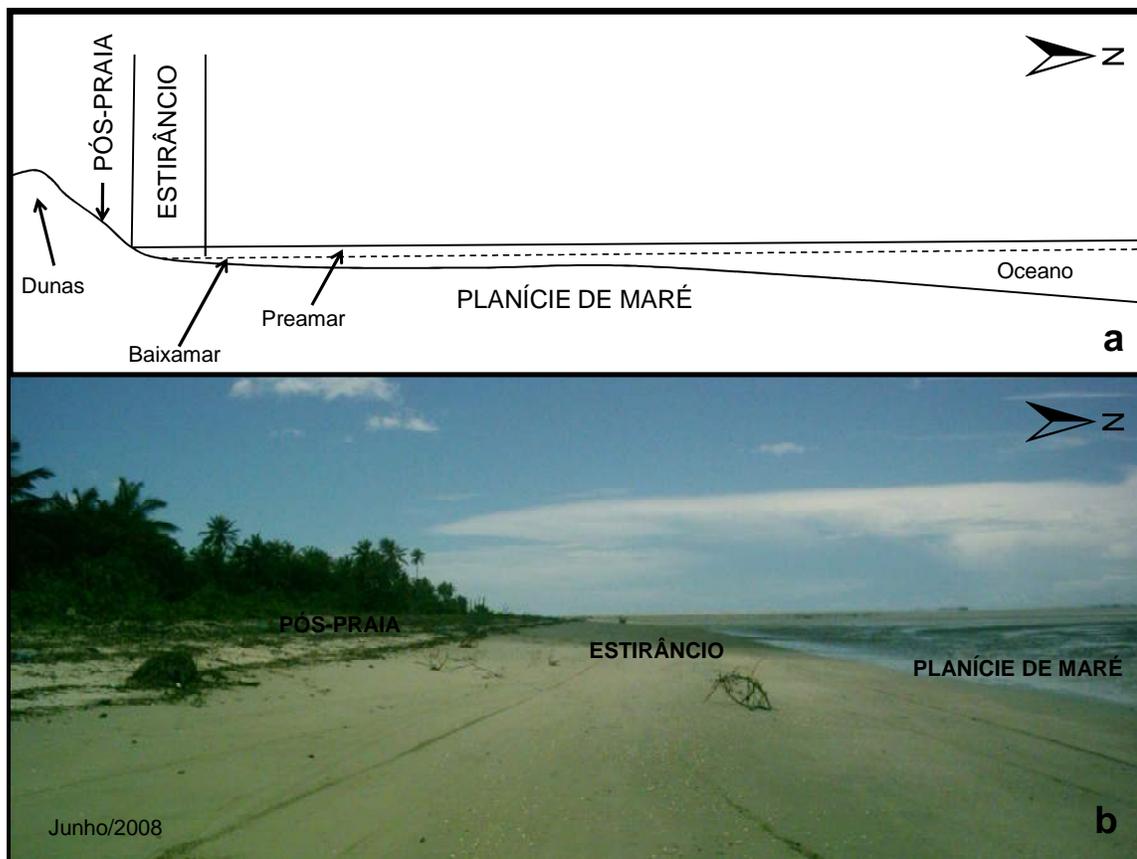


Figura 5.1 – a) Perfil praial predominante na região estudada; b) Esta imagem corresponde à praia de Coroa Grande próximo a desembocadura de um dos tributários do rio Acaraú.

### Pós-praia

Na zona de pós-praia ocorreu erosão nos perfis 1, 2 e 3, enquanto foi observado deposição nos perfis 4, 5 e 6. A interferência antrópica ocorreu apenas no perfil 6 que verifica-se alterações no ambiente praial com o início das obras da construção da Estação Eólica Volta do rio.

Este perfil está localizado na praia Volta do rio, caracterizado como pontal arenoso que, segundo Baptista Neto *et. al.* (2004), estão ligados ao continente por uma das extremidades, sendo bastante afetados pelas variações do nível do mar. Essa feição costeira pode ser observada nos distritos de Arpoeiros, Espreado e

Volta do rio. Neste último, observa-se grandes impactos ambientais devido às intervenções já citadas (Figura 5.2 e Figura 5.3).

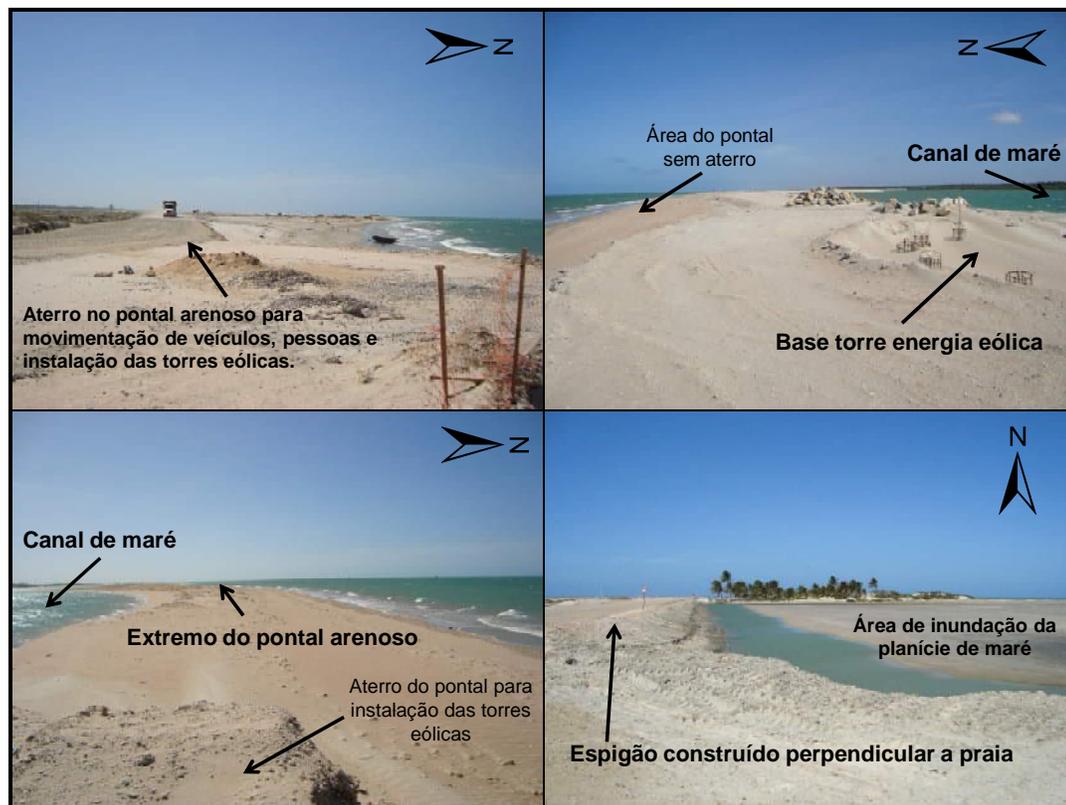


Figura 5.2 – Descaracterização do pontal arenoso em Volta do rio (Nov/2008).



Figura 5.3 – Na imagem do Google Earth nas setas vermelhas indica a localização onde foram instaladas as torres da Estação Eólica de Volta do Rio em Acaraú.

## Estirâncio

O estirâncio da área estudada apresentou-se sempre com pouca declividade. Suas características sedimentológicas foram de areia fina nos perfis 1 e 2 e areia grossa nos demais perfis. A presença de minerais pesados foi observada em todos os perfis (Figura 5.4).



Figura 5.4 – Observa-se a presença de minerais pesados na praia de Arpoeirás, perfil 3.

## Planície de maré

A planície de maré apresentou diferenciação em sua sedimentologia. Enquanto que os perfis 1 e 2 caracterizaram-se como região lamosa, os perfis 3, 4, 5 e 6 caracterizaram-se como área arenosa. Foram observadas algumas estruturas sedimentares como marcas onduladas, marcas de correntes, etc. (Figura 5.5).



Figura 5.5 – Estruturas sedimentares (já descritas no Cap. 3 subitem 3.3.1.2) da planície de maré de Acaraú. Observa-se marcas onduladas a simétricas nos perfis 6, 2 e 3 e marcas onduladas do tipo linguóide no perfil 1.

### 5.1.2 Morfologia da planície costeira

Para a área em estudo foram realizados 6 (seis) perfis topográficos com coleta de sedimentos em três segmentos de cada perfil (pós-praia, estirâncio e planície de maré) ao longo do litoral leste do município de Acaraú (Tabela 5.1 e Figura 5.6).

Os perfis realizados foram interpretados de acordo com o comportamento morfológico praiar em período chuvoso e de estiagem nos meses de Junho e Novembro de 2008, respectivamente. O cálculo do volume sedimentar para todos os perfis topográficos foram obtidos através do *software* Surfer 8.0.

Tabela 5.1 – Localização dos perfis topográficos do litoral Leste de Acaraú/CE.

PERFIL 1	369892 E; 9687798 N
PERFIL 2	371310 E; 9686651 N
PERFIL 3	379189 E; 9686978 N
PERFIL 4	386131 E; 9686154 N
PERFIL 5	388555 E; 9685583 N
PERFIL 6	394828 E; 9683731 N

Fonte: Dados coletados em campo 2008.

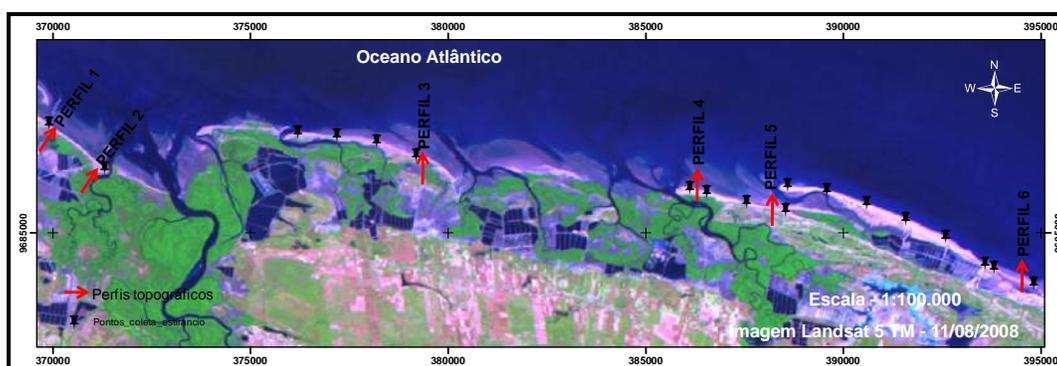


Figura 5.6 – Localização dos perfis topográficos.

### Perfil 01

Este perfil está localizado no distrito de Coroa Grande a oeste do estuário do rio Acaraú, localizado nas coordenadas UTM WSG84 369892 E; 9687798 N (Figura 5.7). Sua análise (conforme monitoramento nos meses acima mencionados) mostrou que no pós-praia (intervalo de 0 a 23m) ocorreu erosão, na zona de estirâncio (intervalo entre 23 a 69m) verificou-se sedimentação e na planície de maré (intervalo de 69 a 138m) ocorreu deposição e erosão (Figura 5.8). A inclinação média calculada para o perfil 1 foi de 1:46.



Figura 5.7 – Distrito de Coroa Grande (Nov/2008).

Tabela 5.2 – Balanço sedimentar do perfil 01 – litoral leste de Acaraú.

MESES	JUN	NOV
Volume	617	694
Balanço vol.	-	+ 77
Situação	-	Deposição
Balanço total	+ 77 m <sup>3</sup> /m	

Fonte: Dados coletados em campo 2008.

Os resultados quantitativos do volume sedimentar para o perfil 01 está na tabela 5.2. Este perfil para o período monitorado mostrou uma taxa de deposição média de  $77 \text{ m}^3/\text{m}$ , sendo que a maior taxa de deposição ocorreu na zona de estirâncio.

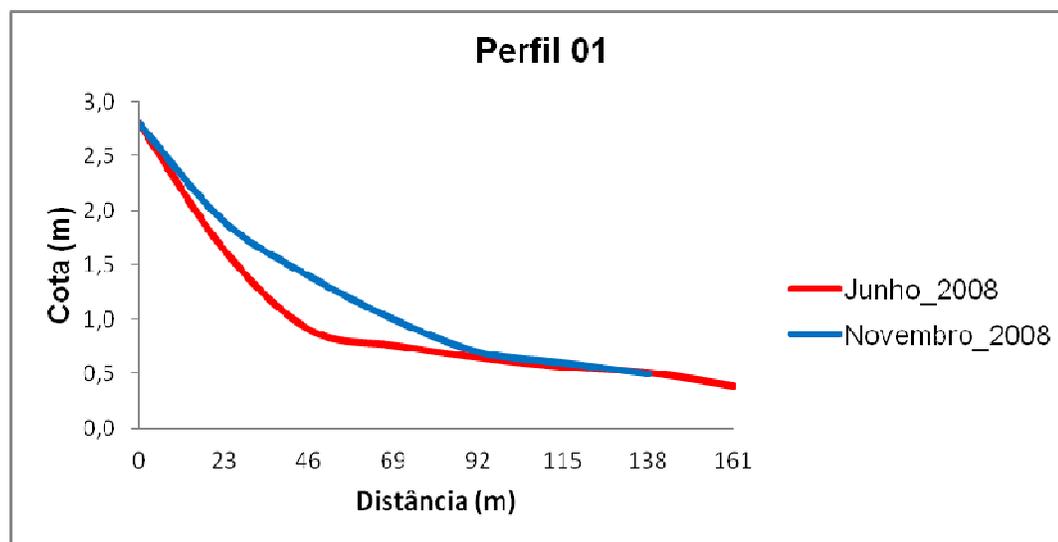


Figura 5.8 – Morfologia praial representada a partir do perfil topográfico.

## Perfil 02

Este perfil está localizado próximo a desembocadura do canal de Coroa Grande (tributário do rio Acaraú) a oeste do estuário do rio Acaraú, localizado nas coordenadas UTM WSG84 371310 E; 9686651 N (Figura 5.9).



Figura 5.9 – Praia de Coroa Grande (Nov/2008).

A análise do perfil 2 apresentou importantes mudanças, verificando-se erosão no pós-praia; deposição no setor do estirâncio, erosão e deposição na planície de maré (Figura 5.10). A inclinação média para este perfil foi de 1:37.

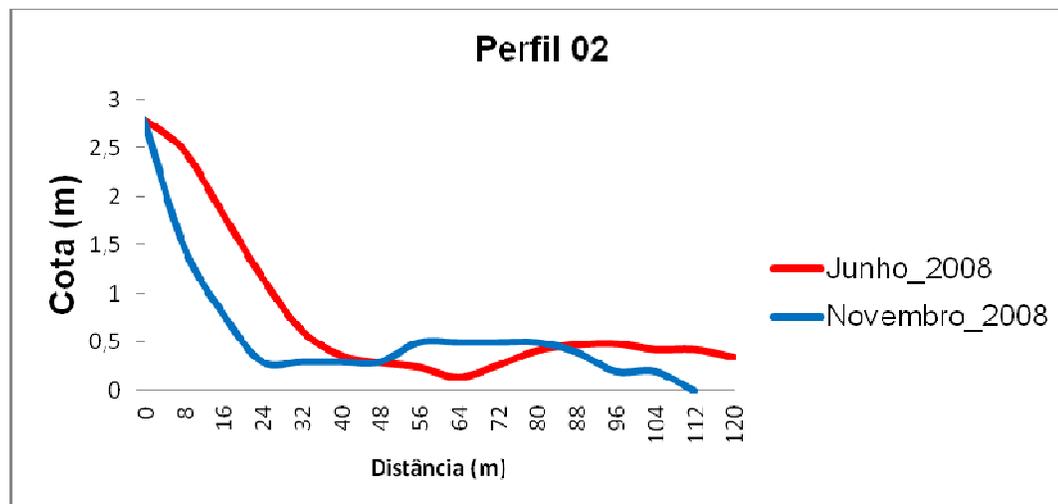


Figura 5.10 – Morfologia praial do perfil 2.

Tabela 5.3 – Balanço sedimentar do perfil 02 – litoral leste de Acaraú.

MESES	JUN	NOV
Volume	297	198
Balanço vol.	-	- 99
Situação	-	Erosão
Balanço total	- 99 m <sup>3</sup> /m	

Fonte: Dados coletados em campo 2008.

Os resultados quantitativos, obtidos neste perfil, mostraram uma taxa de erosão média de 99 m<sup>3</sup>/m. Verificou-se maior taxa de erosão no setor do pós-praia. Foi adotado para o cálculo sedimentar um comprimento de 112m (Tabela 5.3).

### Perfil 03

O perfil topográfico 3 foi realizado na praia de Arpoeirras nos meses de Junho e Novembro de 2008, localizado nas coordenadas UTM WSG84 379189 E; 9686978 N (Figura 5.11).



Figura 5.11 – Praia de Arpoeirras (Nov/2008).

Esse perfil apresentou algumas alterações morfológicas, a saber: erosão no pós-praia e no setor do estirâncio (com inclinação média de 1:67), deposição na planície de maré, localizada no canal de maré (com declividade significativa, conforme se observa na figura 5.12).

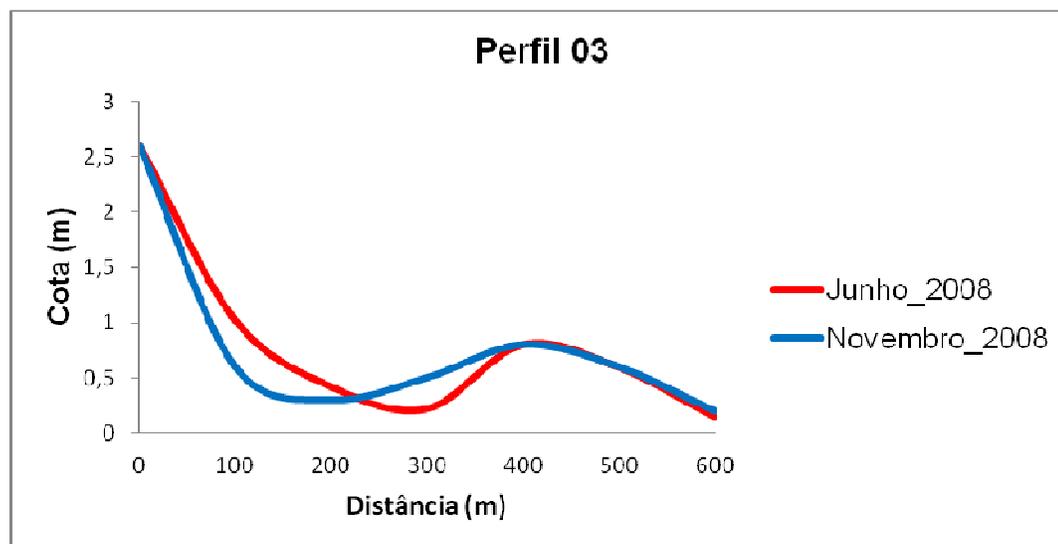


Figura 5.12 – Morfologia do perfil 3.

Tabela 5.4 – Balanço sedimentar do perfil 03 – litoral leste de Acaraú.

MESES	JUN	NOV
Volume	8.577	7.642
Balanço vol.	-	- 935
Situação	-	Erosão
Balanço total	- 935 m <sup>3</sup> /m	

Fonte: Dados coletados em campo 2008.

A Tabela 5.4 mostra o cálculo volumétrico para o perfil 03, o qual apresentou um processo de erosão para o mês de novembro, uma taxa equivalente de 935 m<sup>3</sup>/m, sendo mais significativo no pós-praia.

## Perfil 04

Este perfil está localizado no pontal arenoso (W) no distrito de Espraiado no litoral leste do município de Acaraú, localizado nas coordenadas UTM WSG84 386131 E; 9686154 N (Figura 5.13).



Figura 5.13 – Praia localizada na ponta (W) do pontal arenoso do Espraiado. Verifica-se um extenso estirâncio apresentando canais de maré (Nov/2008).

Sua análise mostrou deposição em toda a extensão do perfil (Figura 5.14). Nota-se maior deposição no setor do pós-praia e estirâncio, tendo uma menor sedimentação no setor da planície de maré, onde observa-se um canal de maré. A inclinação média para este perfil até a distância do canal de maré foi de 1:97.

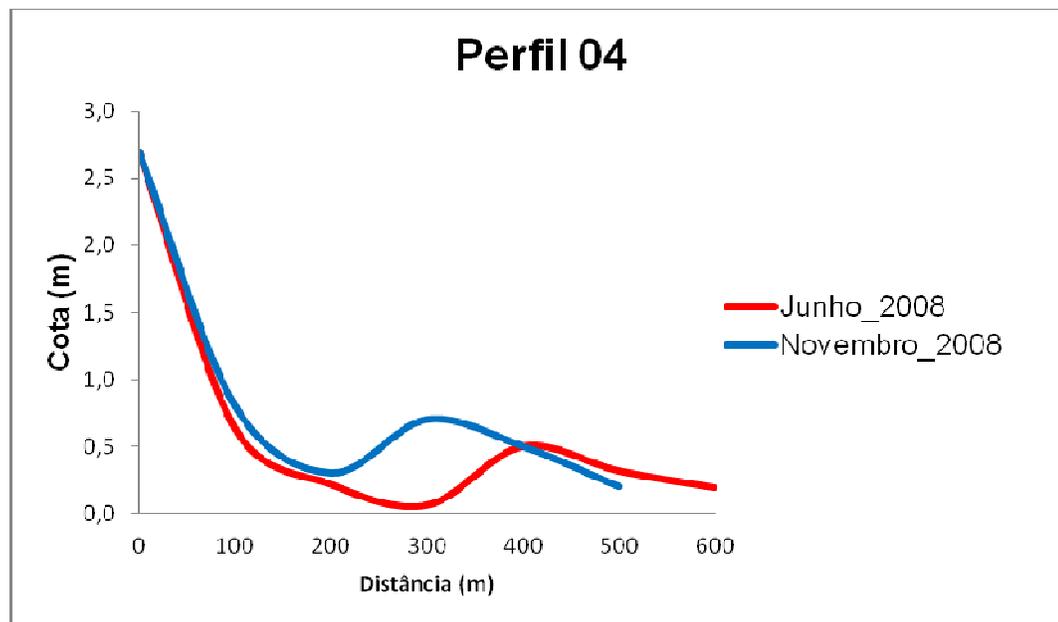


Figura 5.14 – Perfil topográfico no qual verifica-se a morfologia do perfil 4.

Tabela 5.5 – Balanço sedimentar do perfil 04 – litoral leste de Acaraú.

MESES	JUN	NOV
Volume	5.805	11.900
Balanço vol.	-	+ 6.094
Situação	-	Deposição
Balanço total	+ 6.094 m <sup>3</sup> /m	

Fonte: Dados coletados em campo 2008.

Para o cálculo do volume sedimentar, foi adotado para este perfil um comprimento de 500m. Os resultados quantitativos obtidos para este perfil no período monitorado mostraram uma taxa de sedimentação de 6.094 m<sup>3</sup>/m (Tabela 5.5).

## Perfil 05

Este perfil está localizado no distrito de Espraiado, localizado nas coordenadas UTM WSG84 388555 E; 9685583 N (Figura 5.15a e Figura 5.15b).

Nele foi observado deposição no pós-praia e na planície de maré, erosão num pequeno trecho do estirâncio, no intervalo de 46 a 69m (Figura 5.16), localizado no canal de drenagem como pode-se observar nas Figura 5.15a. A inclinação média para este perfil até a distância de 46m foi de 1:16.



Figura 5.15 – Distrito de Espraiado. a) Observa-se a planície de maré (cheia) e canal de maré (Nov/2008).



Figura 5.15 – Distrito de Espirito Santo. b) Verifica-se o setor do pós-praia e a planície de maré (cheia) em Nov/2008.

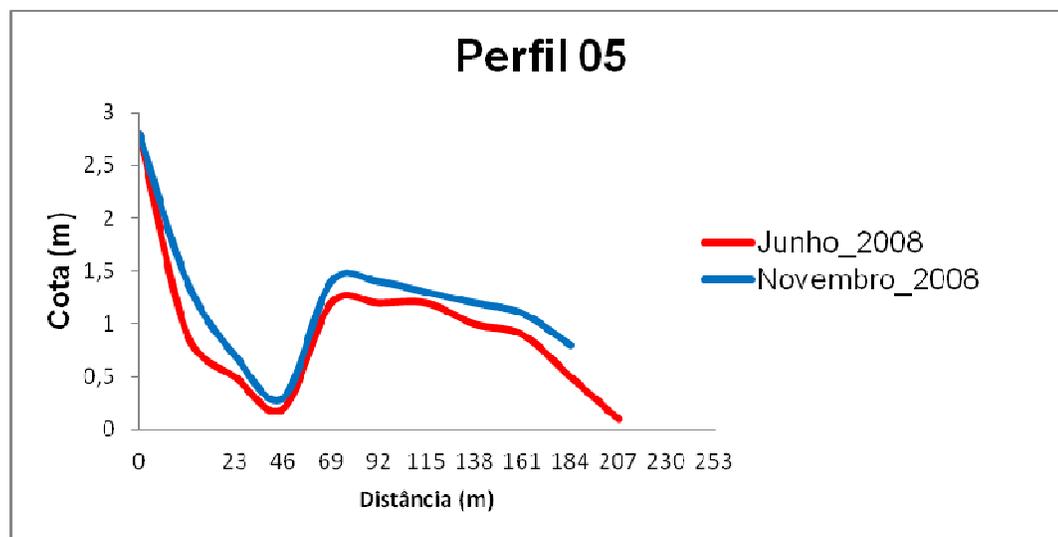


Figura 5.16 – Morfologia praial do perfil 5.

Para o cálculo do volume sedimentar foi adotado um comprimento de 184m. Os resultados quantitativos obtidos para este perfil mostraram uma taxa de sedimentação de 1.281 m<sup>3</sup>/m (Tabela 5.6), ocasionado preferencialmente pela deposição no canal de maré (Figura 5.17).



Figura 5.17 – Observa-se os diferentes ambientes na planície de maré (cheia), dentre eles o canal de maré entre o pontal arenoso e o continente (Nov/2008), praia de Espraiado.

Tabela 5.6 – Balanço sedimentar do perfil 05 – litoral leste de Acaraú.

MESES	JUN	NOV
Volume	818	2.100
Balanço vol.	-	+ 1.281
Situação	-	Deposição
Balanço total	+ 1.281 m <sup>3</sup> /m	

Fonte: Dados coletados em campo 2008.

## Perfil 06

Este perfil está localizado na praia da Volta do rio na divisa do município de Acaraú com o município de Itarema, localizado nas coordenadas UTM WSG84 394828 E; 9683731 N (Figura 5.18).

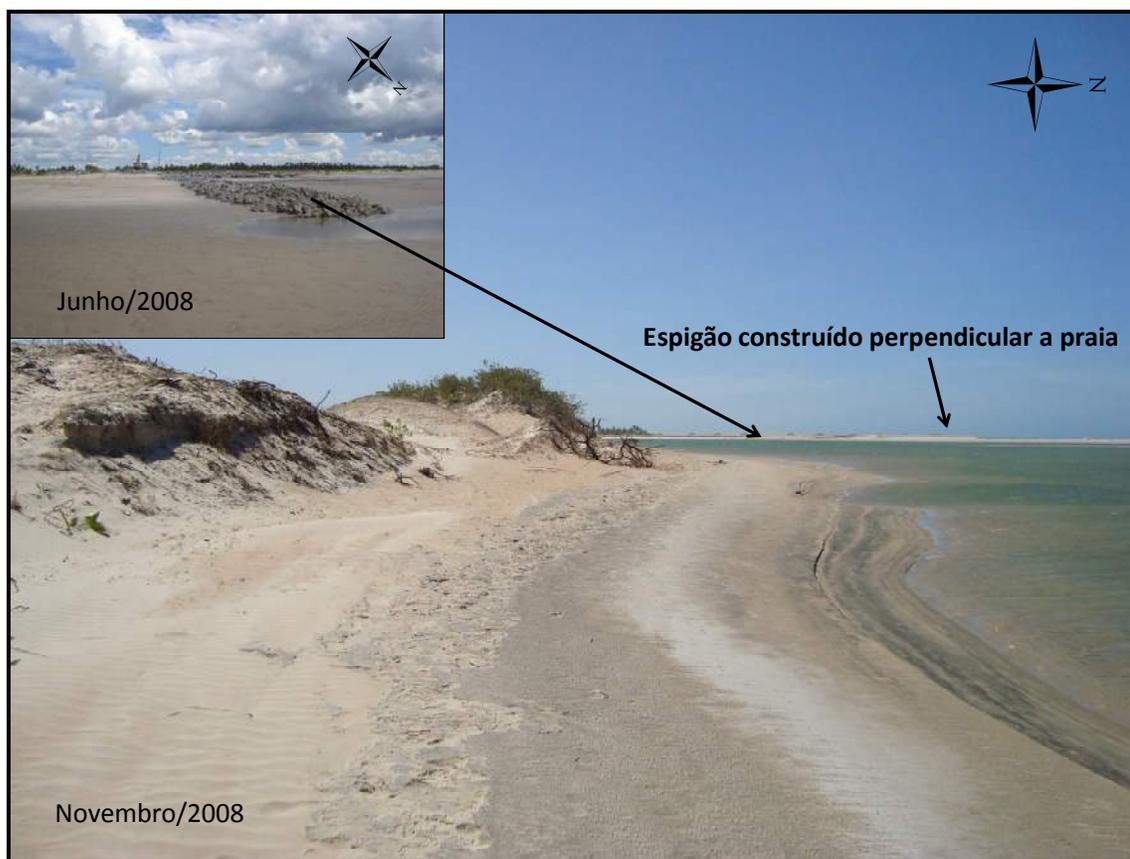


Figura 5.18 – Praia Volta do rio no extremo limite entre os municípios de Acaraú (W) e Itarema (E), no detalhe observa-se o início da construção do espigão em junho/2008.

A análise comportamental do perfil, monitorado nos meses de Junho e Novembro/2008 (Figura 5.19), mostrou deposição em todo seu trecho, verificando-se maior sedimentação na planície de maré no intervalo de 65 a 113m.

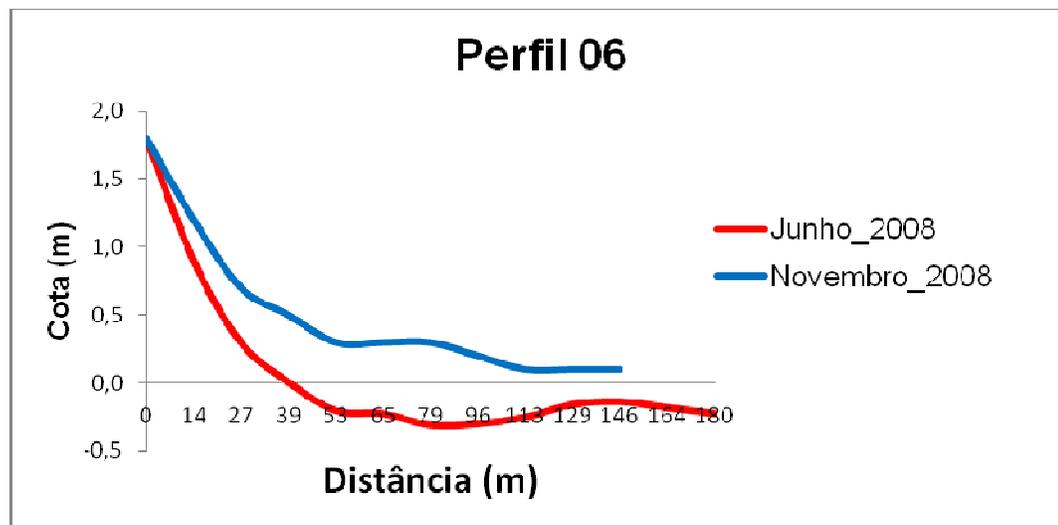


Figura 5.19 – Monitoramento do perfil 6 como mostra a morfologia praial.

Tabela 5.7 – Balanço sedimentar do perfil 06 – litoral leste de Acaraú.

MESES	JUN	NOV
Volume	137	769
Balanço vol.	-	+ 632
Situação	-	Deposição
Balanço total		+ 632 m <sup>3</sup> /m

Fonte: Dados coletados em campo 2008.

O cálculo de seu volume sedimentar (adotando um comprimento de 146m) resultou quantitativamente numa taxa de deposição de 632 m<sup>3</sup>/m (Tabela 5.7). Essa deposição pode estar relacionada com as alterações no ambiente praial devido as obras da Estação Eólica Volta do Rio, no qual este perfil está localizado a leste dessa obra.

### 5.1.3 Sedimentologia da planície costeira leste de Acaraú

As características granulométricas de sedimentos vêm sendo empregadas como ferramenta vantajosa para o entendimento da dinâmica sazonal de ambientes sedimentares costeiros recentes e para a caracterização dos processos deposicionais (SAGAA, 1992). Essas características dizem respeito a um conjunto de parâmetros estatísticos que representam a distribuição granulométrica de sedimentos tais como (Média, Desvio Padrão, Assimetria e Curtose). As transformações ocorridas, construtivas ou erosivas, nos perfis de praia são seguidas de mudanças no padrão textural dos sedimentos ao longo do perfil (LIMA, 2004).

A finalidade dos estudos sedimentológicos realizados na área foi classificar a granulometria através dos parâmetros estatísticos (Mediana, Média, Selecionamento, Assimetria e Curtose) os sedimentos que representam o ambiente praial, obtendo-se as seguintes classificações: classificação pela frequência simples; classificação pela média; classificação textural de Folk & Ward (1957). A partir desses dados, obtiveram-se recursos para uma correlação entre as características texturais dos sedimentos e os vários ambientes que compõe a dinâmica deposicional.

#### Perfil 01

O pós-praia é apresentado por granulação de areia média e pobremente selecionada e o transporte mostrou-se predominantemente por saltação com cerca de 20% por rolamento (Figura 5.20). A assimetria apresentou-se como muito positiva, onde mostra que o ambiente não apresentou grandes variações de energia, mostrando um enriquecimento de material fino e a curtose apresentou-se como muito platicúrtica no período chuvoso e platicúrtica no período de estiagem, indicando um ambiente deposicional. A média das frações granulométricas das amostras foi de 0% de cascalho, 99,01% de areia e 0,99% de lama. O teor de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) para o pós-praia deste perfil foi de 42,3%.

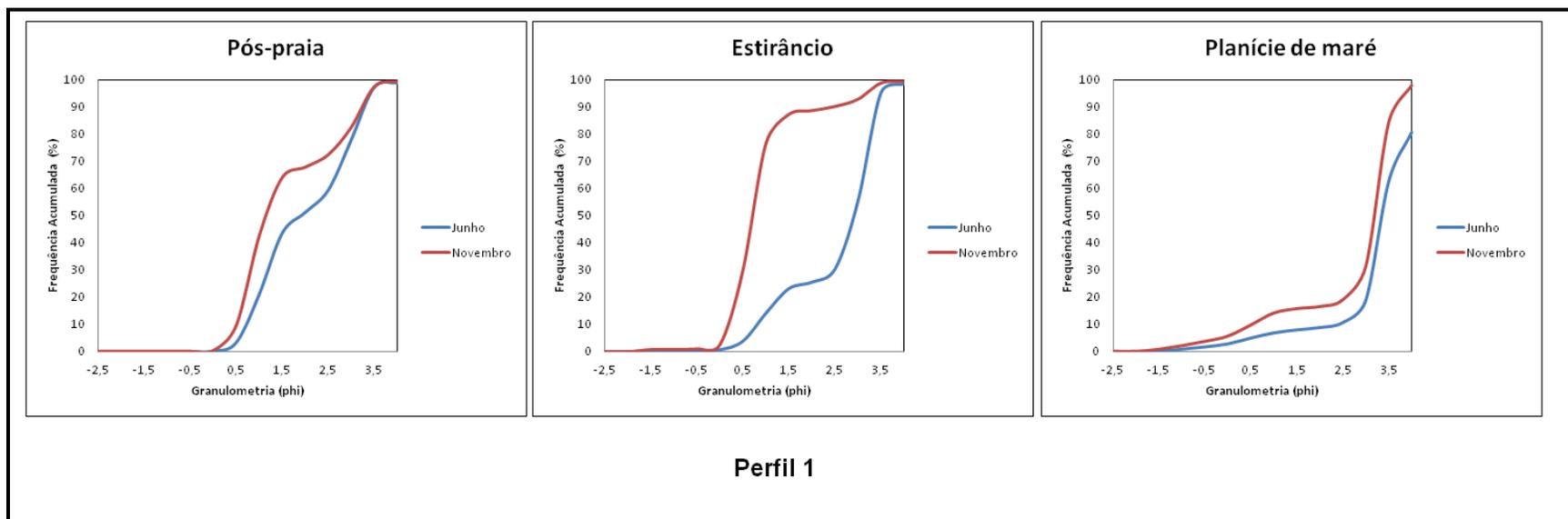


Figura 5.20 – Curvas acumulativas das amostras coletadas no perfil 01.

No estirâncio, os sedimentos foram classificados granulometricamente como areia fina e pobremente selecionada no período chuvoso. No período de estiagem, os mesmos foram classificados como areia grossa e moderadamente selecionada. O transporte foi realizado predominantemente por saltação (Figura 5.20). A assimetria apresentou-se muito negativa em Junho, indicando a remoção de partículas finas e muito positiva em Novembro, indicando deposição de partículas finas. Os valores de curtose apresentaram-se como platicúrtica no monitoramento de Junho, o que indica deposição e muito leptocúrtica em Novembro, indicando nesse período um ambiente com predomínio de transporte. As frações granulométricas mostraram valores de 0,59% de cascalho, 98,31% de areia e 1,10% de lama. O teor de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) para o estirâncio deste perfil foi de 54,8%.

A planície de maré apresentou sedimentos de tamanho muito fino (lama), grau de selecionamento muito pobremente selecionado e o principal transporte foi feito por saltação com influência do transporte por rolamento e suspensão (Figura 5.20). A assimetria variou de muito positiva em Junho a muito negativa em Novembro. Os valores de curtose apresentaram-se como extremamente leptocúrtica, indicando ambiente com predomínio de transporte. Quanto às frações granulométricas das amostras, foram de 1,50% de cascalho, 87,80% de areia e 10,70% de lama. O teor de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) para a planície de maré deste perfil foi de 59,8. A Figura 5.21 mostra a granulometria para o perfil 1.

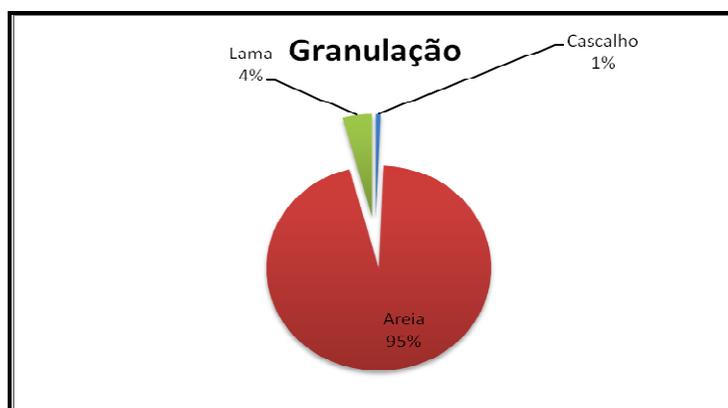


Figura 5.21 – Distribuição granulométrica do perfil 1.

## Perfil 02

O pós-praia é apresentado por granulação de areia média e pobremente selecionado e o transporte é predominantemente por saltação com cerca de 20% por rolamento (Figura 5.22). A assimetria apresentou-se como muito positiva, demonstrando que o ambiente não apresentou variações de energia em função de um enriquecimento de material fino. A curtose mostrou-se como leptocúrtica no período chuvoso, que indica remoção de material e como muito platicúrtica no período de estiagem, mostrando que houve deposição nesse período. A média das frações granulométricas das amostras foi de 0,17% de cascalho, 99,39% de areia e 0,44% de lama.

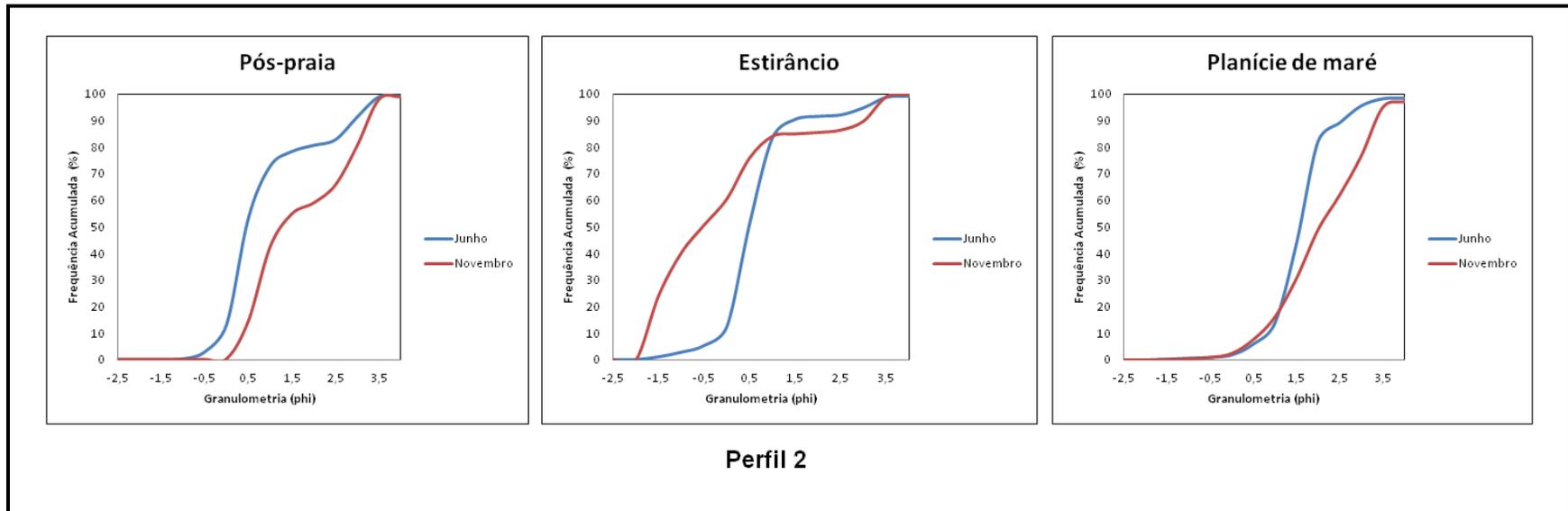


Figura 5.22 – Curvas acumulativas das amostras coletadas no perfil 02.

No estirâncio a granulação foi classificada como areia grossa e moderadamente selecionada e areia muito grossa pobremente selecionada em Junho e Novembro, respectivamente. O transporte foi realizado predominantemente por saltação com cerca de 30% por suspensão (Figura 5.22) e a assimetria variou de positiva a muito positiva, indicando a deposição de partículas finas. Os valores de curtose apresentaram-se como muito leptocúrtica em Junho, que indica remoção de material e como mesocúrtica no monitoramento de Novembro, indicando ambiente de transição relacionado ao processo de deposição. As frações granulométricas mostraram valores de 21,55% de cascalho, 77,84% de areia e 0,61% de lama.

A planície de maré apresentou sedimentos cujos tamanhos variaram de areia média a areia fina nos período chuvoso e estiagem, respectivamente. O grau de selecionamento variou de moderadamente selecionado a pobremente selecionado e o principal tipo de transporte foi realizado por saltação e com influência do transporte por rolamento (Figura 5.22). A assimetria apresentou-se energia aproximadamente simétrica, indicando a deposição de material fino e a curtose foi apresentada como leptocúrtica (ambientes de transporte) em junho e platicúrtica (indica deposição) em novembro, respectivamente. Quanto às frações granulométricas das amostras, os valores foram de 0,51% de cascalho, 97,35% de areia e 2,14% de lama. A Figura 5.23 mostra a granulometria para o perfil 2.

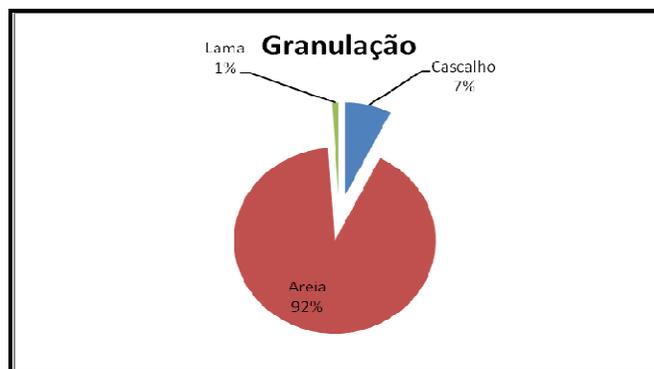


Figura 5.23 – Distribuição granulométrica para o perfil 2.

### Perfil 03

No perfil 3 os sedimentos foram classificados granulometricamente como areia fina bem selecionada e o transporte ocorreu predominantemente por rolamento com pequeno percentual por saltação e suspensão (Figura 5.24). A assimetria apresentou-se como negativa, demonstra que o ambiente não apresentou variações de energia, evidenciando a remoção de partículas finas do ambiente e a curtose foi classificada como platicúrtica (indicando deposição) e leptocúrtica (indicando um ambiente de transporte), junho e novembro, respectivamente. A média das frações granulométricas das amostras foi de 0% de cascalho, 98,96% de areia e 1,04% de lama. O teor de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) para o pós-praia deste perfil foi de 42,3%.

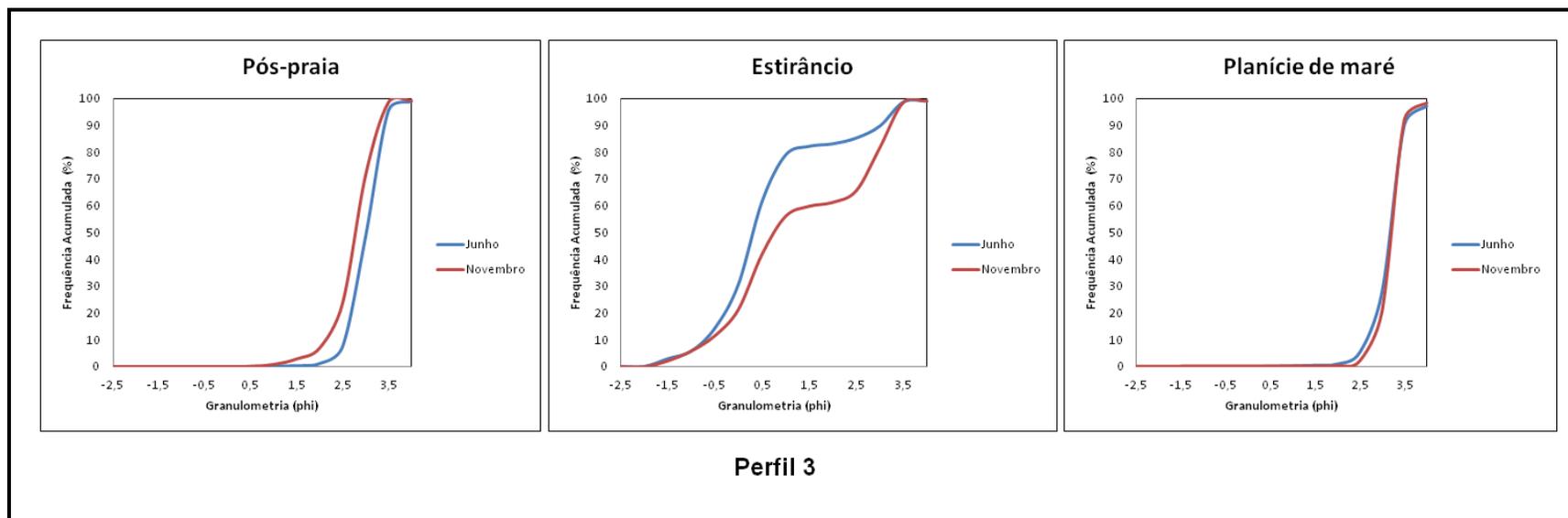


Figura 5.24 - Curvas acumulativas das amostras coletadas no perfil 03.

Os sedimentos do estirâncio mostraram granulação classificada entre areia grossa à média pobremente selecionada e seu transporte foi realizado principalmente por saltação (Figura 5.24). A assimetria apresentou-se como muito negativa a positiva, indicando a remoção e deposição de material fino. A curtose mostrou-se como muito leptocúrtica (ambiente de transporte) e platicúrtica (ambiente deposicional) nos períodos, chuvoso e estiagem, respectivamente. As frações granulométricas mostraram valores de 5,84% de cascalho, 93,25% de areia e 0,91% de lama.

Na planície de maré apresentou sedimentos selecionados como areia muito fina muito bem selecionada, onde o principal tipo de transporte foi realizado por rolamento, com pequeno percentual de transporte por saltação e suspensão (Figura 5.24). A assimetria apresentou-se como negativa, indicando a remoção de sedimentos finos e a curtose foi apresentada como leptocúrtica, indicando um ambiente de transporte. Quanto às frações granulométricas das amostras, os valores foram de 0,05% de cascalho, 97,62% de areia e 2,33% de lama. A Figura 5.25 mostra a granulação para o perfil 3.

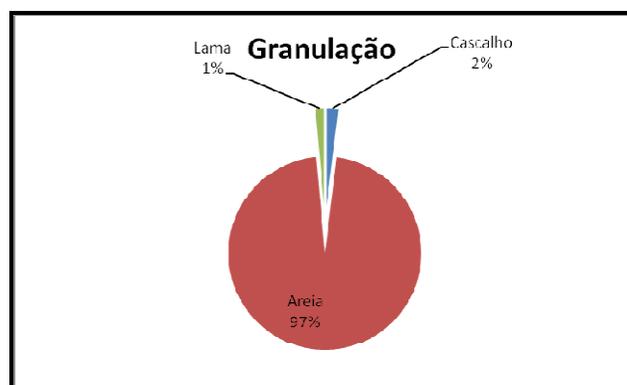


Figura 5.25 – Distribuição granulométrica para o perfil 3.

#### Perfil 04

No pós-praia os sedimentos foram classificados granulometricamente em areia muito fina bem selecionada e o transporte ocorreu predominantemente por rolamento com pequeno percentual de transporte por saltação e suspensão (Figura 5.26). A assimetria apresentou-se como aproximadamente simétrica, demonstrando um ambiente sem variações de energia com remoção de partículas finas e a curtose foi classificada como mesocúrtica, indicando ambientes de transição. A média das frações granulométricas das amostras foi de 0% de cascalho, 99,78% de areia e 0,22% de lama.

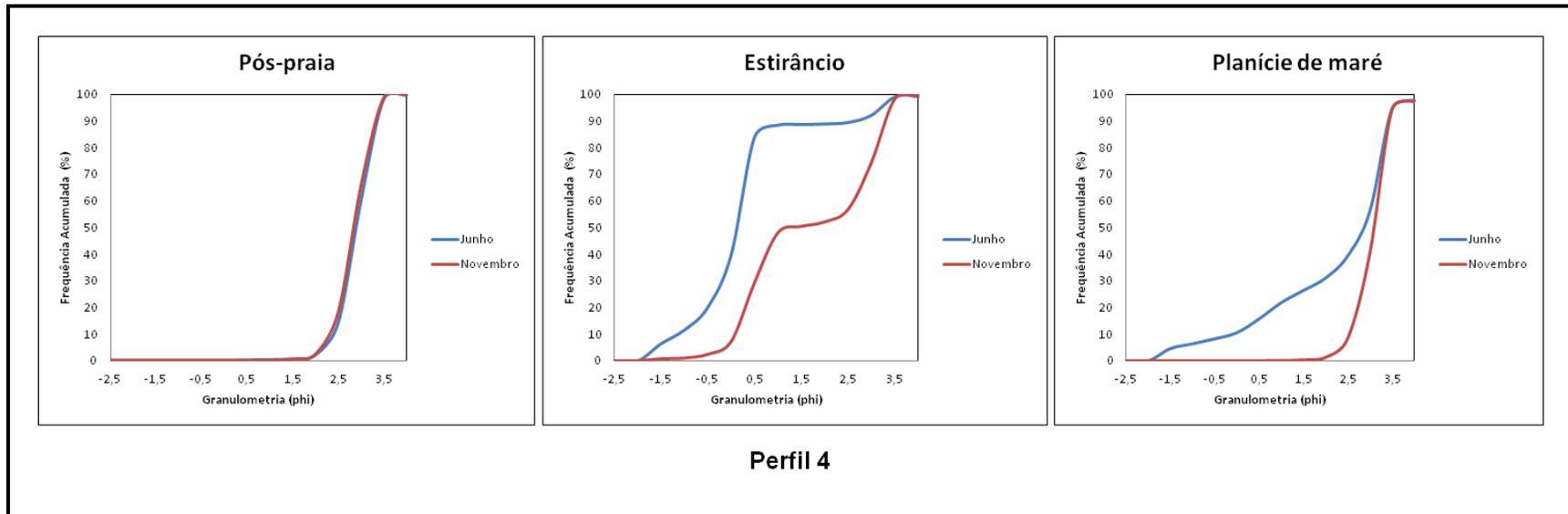


Figura 5.26 - Curvas acumulativas das amostras coletadas no perfil 04.

Os sedimentos do estirâncio mostraram granulção classificada desde areia grossa (junho) a areia média (novembro) com grau de seleção pobremente selecionado e o principal tipo de transporte ocorreu por saltação (Figura 5.26). A assimetria apresentou-se como aproximadamente simétrica no período chuvoso com indicativo de remoção de partículas finas e como positiva no período de estiagem, indicando a sedimentação de material fino. A curtose variou de muito leptocúrtica, indicando um ambiente de transporte a muito platicúrtica (mostrando um ambiente deposicional nesse período), junho e novembro, respectivamente. As frações granulométricas mostraram valores de 6,29% de cascalho, 93,07% de areia e 0,64% de lama.

A sedimentologia da planície de maré é apresentada por granulação de areia muito fina com grau de selecionamento variando de pobremente selecionada a bem selecionada e o transporte ocorreu predominantemente por saltação no mês de junho e por rolamento no mês de novembro (Figura 5.26). A assimetria apresentou-se como muito negativa a negativa, mostrando que houve a remoção de sedimentos finos e a curtose apresentou-se como mesocúrtica, indicando um ambiente de transição. A média das frações granulométricas das amostras foi de 3,2% de cascalho, 94,36% de areia e 2,44% de lama. A Figura 5.27 mostra a granulação para o perfil 4.

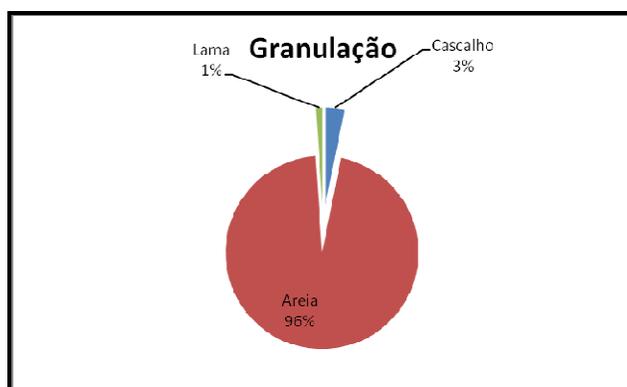


Figura 5.27 – Distribuição granulométrica para o perfil 4.

### Perfil 05

No pós-praia os sedimentos foram classificados granulometricamente em areia fina bem selecionada a moderadamente selecionado, o transporte ocorreu predominantemente por rolamento com pequeno percentual por saltação e suspensão (Figura 5.28). A assimetria mostrou-se como muito negativa a aproximadamente simétrica, evidenciando a remoção de partículas finas e a curtose foi classificada como leptocúrtica (indicando um ambiente de transporte) no período chuvoso e como mesocúrtica (indicando um ambiente de transição) no período de estiagem. A média das frações granulométricas das amostras foi de 0,4% de cascalho, 98,46% de areia e 1,14% de lama.

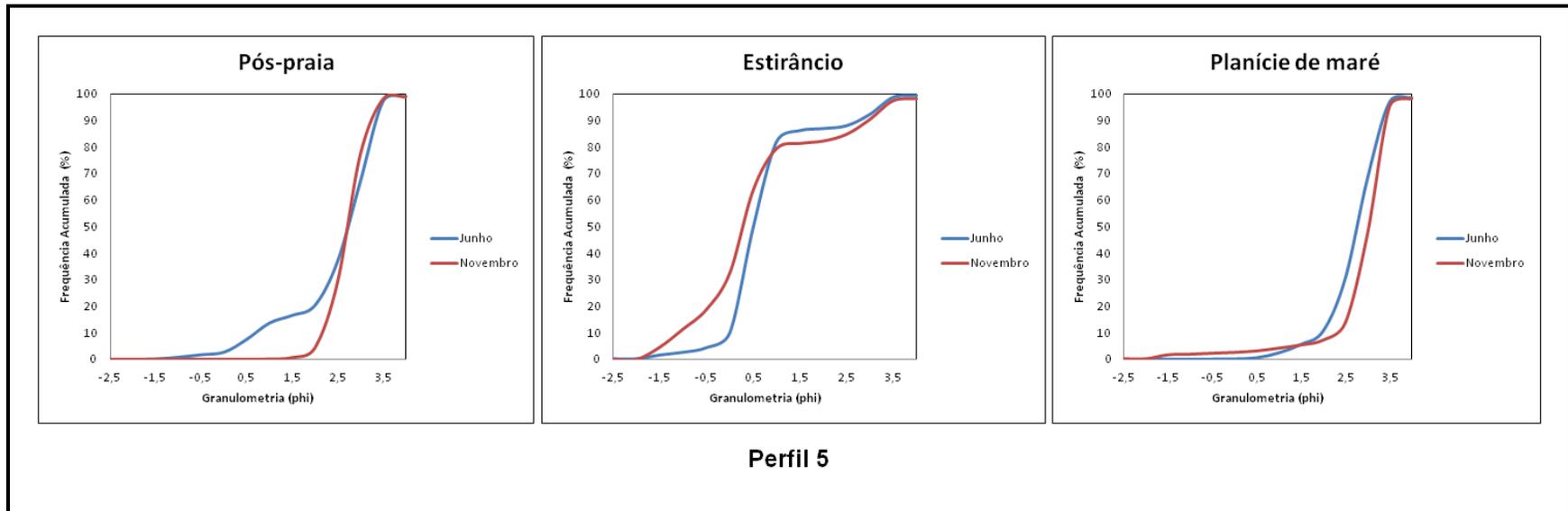


Figura 5.28 - Curvas acumulativas das amostras coletadas no perfil 05.

No estirâncio os sedimentos foram classificados granulometricamente como areia grossa e o grau de seleção variou de moderadamente selecionada a pobremente selecionada nos meses de Junho e Novembro, evidenciando os efeitos das estações de chuva e estiagem na granulometria do referido perfil topográfico, respectivamente. O transporte apresentou-se predominantemente por saltação (Figura 5.28). A assimetria foi classificada como muito positiva, indicando a deposição de sedimentos finos e a curtose como muito leptocúrtica, indicando a remoção/transporte de sedimentos. As frações granulométricas mostraram valores de 6,95% de cascalho, 91,79% de areia e 1,26% de lama.

A sedimentologia da planície de maré apresentou granulação de areia fina moderadamente selecionada e o transporte predominante ocorreu por rolamento com pequeno percentual por suspensão e saltação (Figura 5.28). A assimetria apresentou-se como negativa a muito positiva, ocorrendo a remoção e deposição de sedimentos finos e a curtose apresentou-se como leptocúrtica, indicando um ambiente de transporte. A média das frações granulométricas das amostras foi de 0,88% de cascalho, 97,55% de areia e 1,57% de lama. A Figura 5.29 mostra a granulação para o perfil 5.

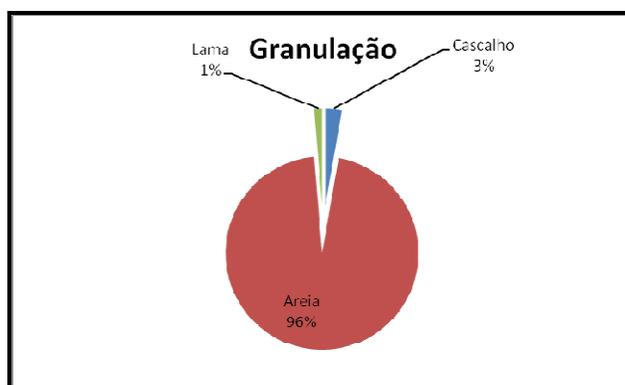


Figura 5.29 – Distribuição granulométrica para o perfil 5.

### Perfil 06

O pós-praia apresentou granulação de areia fina bem selecionada, onde o transporte apresentou-se com percentual significativo por rolamento e saltação com pequeno percentual por suspensão (Figura 5.30). A assimetria apresentou-se como aproximadamente simétrica e a curtose variou de leptocúrtica (indicando um ambiente de transporte) a mesocúrtica (mostrando um ambiente de transição) nos meses de junho e novembro, respectivamente. A média das frações granulométricas das amostras foi de 0% de cascalho, 100% de areia e 0% de lama.

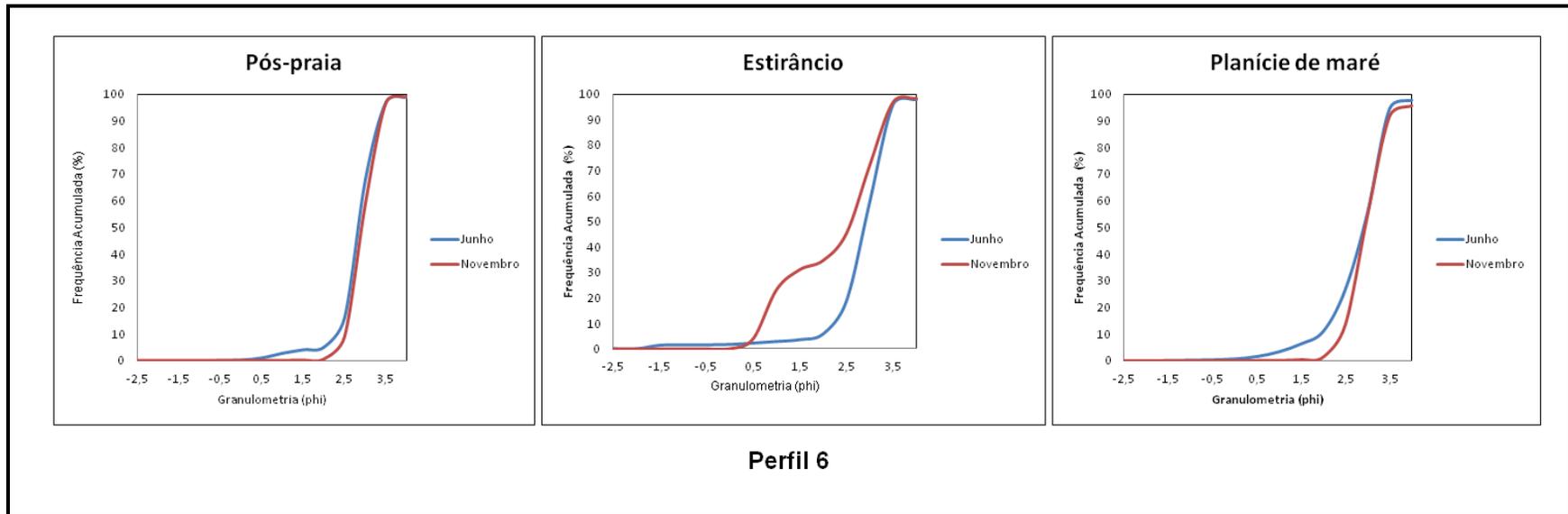


Figura 5.30 - Curvas acumulativas das amostras coletadas no perfil 06.

No estirâncio os sedimentos foram classificados granulometricamente como areia fina bem selecionada no período chuvoso e no período de estiagem pobremente selecionada. O transporte foi realizado predominantemente por saltação e rolamento (Figura 5.30) e a assimetria apresentou-se como negativa a muito negativa, onde indica a não deposição de partículas finas. Os valores de curtose variaram de mesocúrtica (indicando um ambiente de transição) a muito leptocúrtica (indicando um ambiente de transporte). As frações granulométricas mostraram valores de 0,75% de cascalho, 97,39% de areia e 1,86% de lama.

A planície de maré apresentou sedimentos de tamanho muito fino. Quanto ao grau de selecionamento variou de moderadamente selecionado a bem selecionado, nos meses de junho e novembro, respectivamente, e o principal transporte foi feito por rolamento e saltação com pequeno percentual por suspensão (Figura 5.30). A assimetria variou de muito negativa a aproximadamente simétrica e os valores de curtose apresentaram-se como leptocúrtica, indicando ambientes de transporte. Quanto às frações granulométricas das amostras, os valores foram de 0,1% de cascalho, 96,64% de areia e 3,26% de lama. A Figura 5.31 mostra a granulação para o perfil 6.

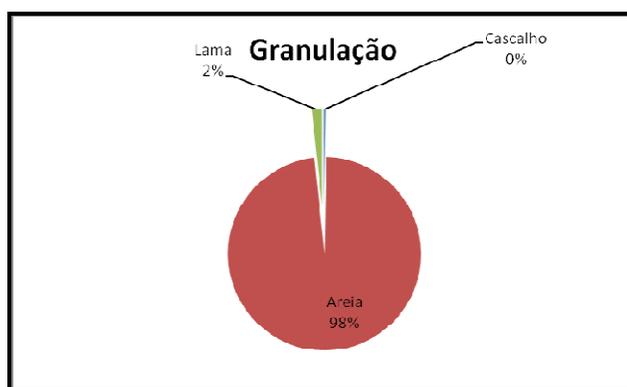


Figura 5.31 – Distribuição granulométrica para o perfil 6.

#### 5.1.4 Sedimentologia do estirâncio

A amostragem sedimentológica foi realizada ao longo do litoral leste de Acaraú, sendo que a distância dos pontos de coletas foi de 1km, realizado no mês de Junho/2008 (período chuvoso). Foi considerada a coleta realizada nos perfis topográficos (P1-E1; P2-E2; P3-E7; P4-E8; P5-E11 e P6-E19) nos quais já foram descritos acima, portanto, as demais estações de amostragem serão posteriormente descritas de acordo com a Tabela 5.8.

Tabela 5.8 – Pontos de amostragem realizada no estirâncio no mês de Jun/2008.

Ponto de Coleta	EW	NS
P1-E1	369892	9687798
P2-E2	371310	9686650
E3	375876	9687435
E4	376189	9687570
E5	377189	9687480
E6	378189	9687350
P3-E7	379189	9686978
P4-E8	386131	9686154
E9	386555	9686040
E10	387555	9685795
P5-E11	388555	9685582
E12	388604	9686218
E13	389595	9686100
E14	390595	9685780
E15	391595	9685382
E16	392595	9684900
E17	393595	9684225
E18	393828	9684125
P6-E19	394828	9683730

#### 5.1.4.1 Pontos de amostragem do litoral leste de Acaraú

##### Ponto de Coleta – E3

Nesta área do estirâncio os sedimentos foram classificados granulometricamente como areia grossa moderadamente selecionada e o transporte apresentou-se predominantemente por rolamento e saltação (Figura 5.32).

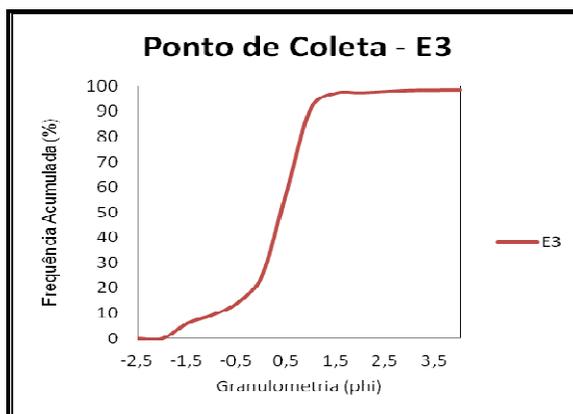


Figura 5.32 – Curva acumulativa do ponto de amostragem E3.

A assimetria foi classificada como muito negativa, indicando a remoção de sedimentos finos e a curtose como muito leptocúrtica, indicando ambiente de transporte. As frações granulométricas mostraram valores de 9,21% de cascalho, 89,31% de areia e 1,48% de lama (Figura 5.33).

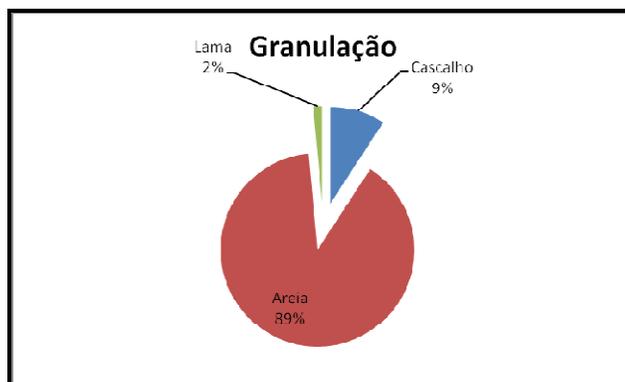


Figura 5.33 – Distribuição granulométrica para o ponto E3 do estirâncio.

### Ponto de Coleta – E4

Os sedimentos neste setor foram classificados com granulometria de areia muito fina bem selecionada e o transporte apresentou-se predominantemente por rolamento (Figura 5.34).

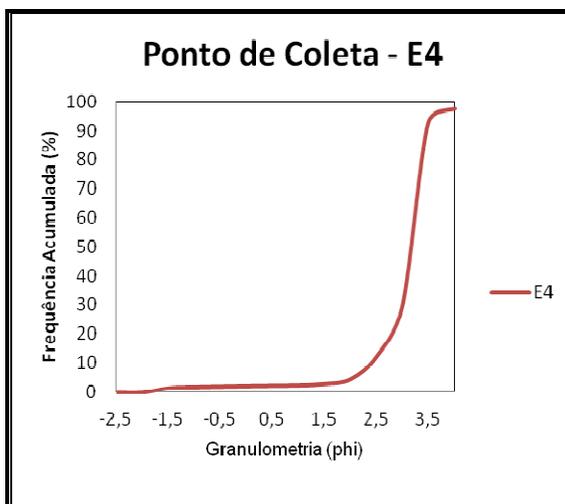


Figura 5.34 – Curva acumulativa do ponto de amostragem E4.

A assimetria foi classificada como muito negativa e a curtose mostrou-se como leptocúrtica, indicando ambiente de transporte. As frações granulométricas mostraram valores de 1,88% de cascalho, 95,58% de areia e 2,54% de lama (Figura 5.35).

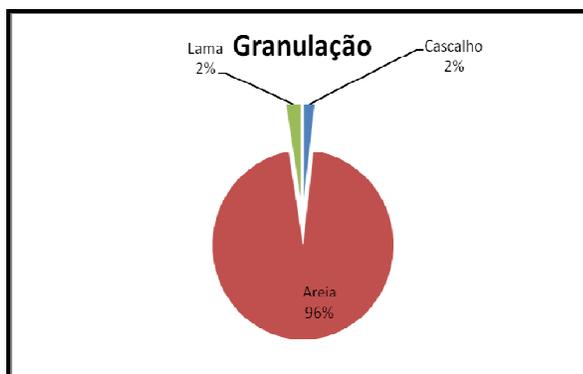


Figura 5.35 – Distribuição granulométrica para o ponto E4 do estirâncio.

### Ponto de Coleta – E5

Os sedimentos mostraram granulação classificada como areia fina bem selecionada e o seu transporte foi realizado preferencialmente por rolamento (Figura 5.36).

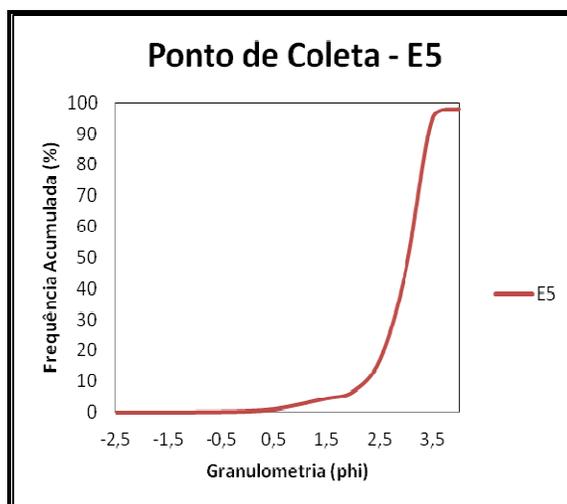


Figura 5.36 – Curva acumulativa do ponto de amostragem E5.

A assimetria apresentou-se como negativa (remoção de sedimentos finos) e a curtose mostrou-se como leptocúrtica, indicando ambiente de transporte. As frações granulométricas mostraram valores de 0,08% de cascalho, 98,00% de areia e 1,92% de lama (Figura 3.37).



Figura 5.37 – Distribuição granulométrica para o ponto E5 do estirâncio.

### Ponto de Coleta – E6

Nesta área a granulação do estirâncio foi classificada como areia muito fina e muito bem selecionada. O transporte foi realizado predominantemente por rolamento com um pequeno percentual por saltação (Figura 5.38).

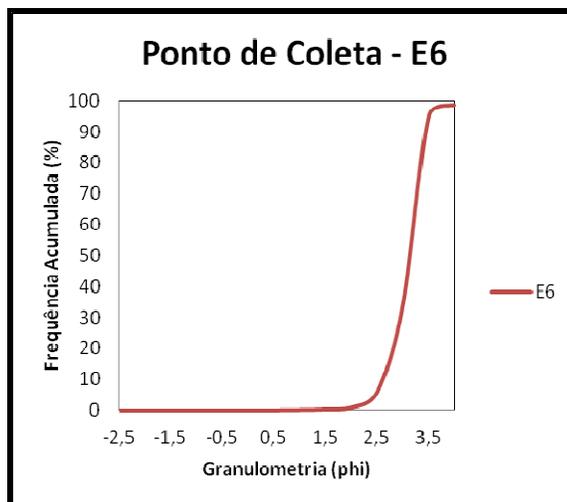


Figura 5.38 – Curva acumulativa do ponto de amostragem E6.

A assimetria apresentou-se como muito negativa e os valores de curtose apresentaram-se como platicúrtica, indicando ambiente deposicional. As frações granulométricas mostraram valores de 0% de cascalho, 98,66% de areia e 1,34% de lama (Figura 5.39).



Figura 5.39 – Distribuição granulométrica para o ponto E6 do estirâncio.

### Ponto de Coleta – E9

A granulação do estirâncio foi classificada como areia fina bem selecionada. O transporte foi realizado predominantemente por rolamento (Figura 5.40).

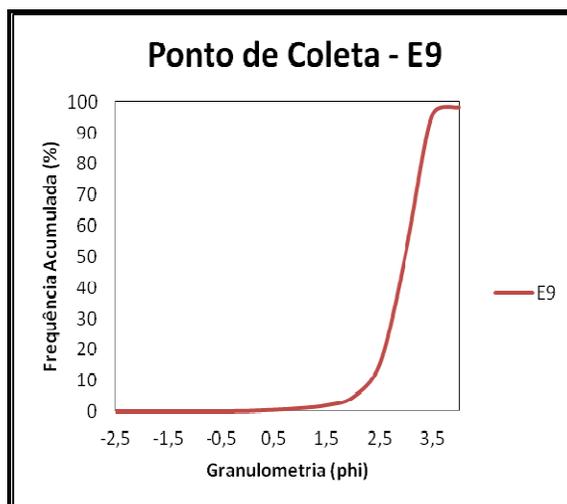


Figura 5.40 – Curva acumulativa do ponto de amostragem E9.

A assimetria apresentou-se como negativa e os valores de curtose apresentaram-se como mesocúrtica, indicando ambientes de transição. As frações granulométricas mostraram valores de 0,03% de cascalho, 98,58% de areia e 1,39% de lama (Figura 5.41).

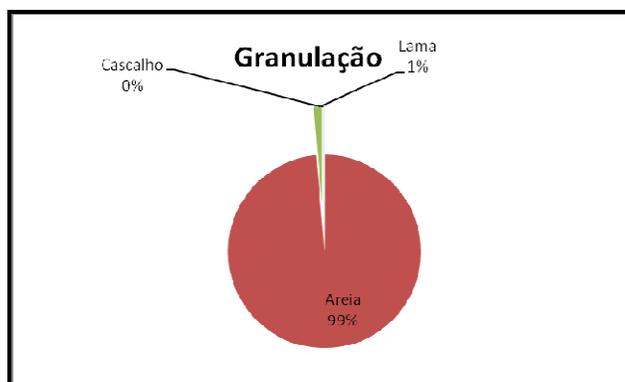


Figura 5.41 – Distribuição granulométrica para o ponto E9 do estirâncio.

### Ponto de Coleta – E10

Os sedimentos foram classificados, quanto à granulação, como areia grossa moderadamente selecionada; o transporte ocorreu predominantemente por saltação (Figura 5.42).

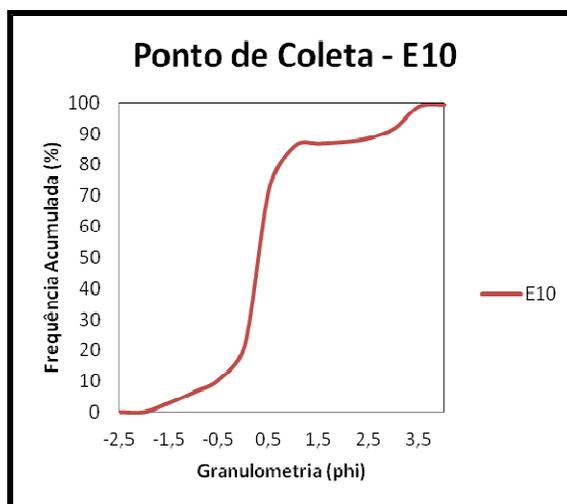


Figura 5.42 – Curva acumulativa do ponto de amostragem E10.

A assimetria apresentou-se como positiva indicando a deposição de sedimentos finos. Os valores de curtose apresentaram-se como extremamente leptocúrtica, ou seja, indica ambiente de transporte. As frações granulométricas mostraram valores de 6,47% de cascalho, 92,95% de areia e 0,58% de lama (Figura 5.43).

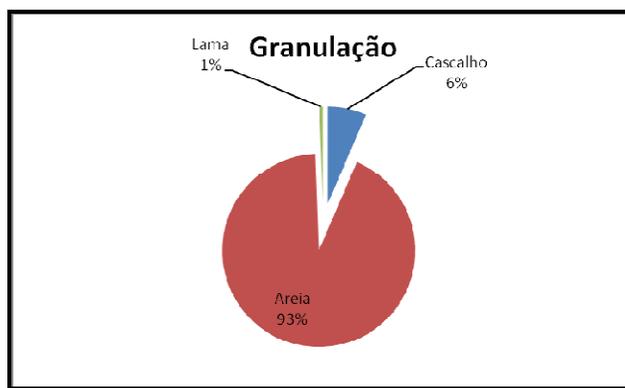


Figura 5.43 – Distribuição granulométrica para o ponto E10 do estirão.

## Ponto de Coleta – E12

Nesta área a granulometria do estirâncio foi classificada como areia muito fina bem selecionada. O transporte foi realizado predominantemente por rolamento com um pequeno percentual por saltação (Figura 5.44).

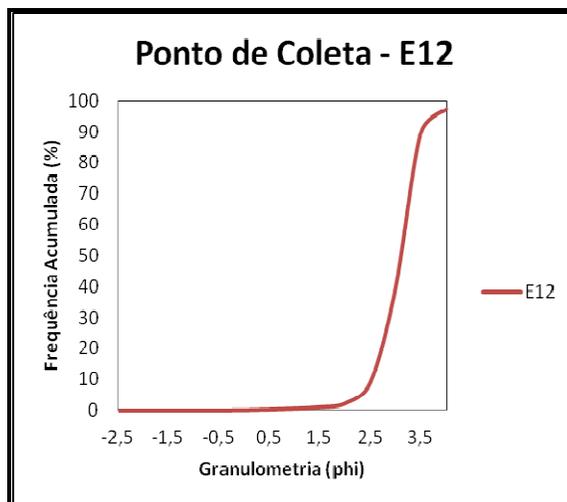


Figura 5.44 – Curva acumulada do ponto de amostragem E12.

A assimetria apresentou-se como negativa e os valores de curtose apresentaram-se como muito leptocúrtica, indicando ambiente de transporte. As frações granulométricas mostraram valores de 0,03% de cascalho, 97,36% de areia e 2,61% de lama (Figura 5.45).

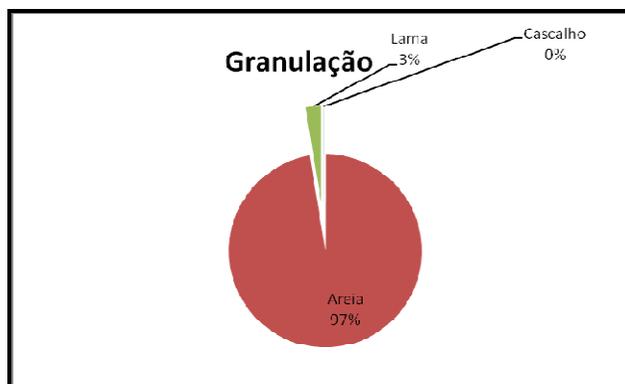


Figura 5.45 – Distribuição granulométrica para o ponto E12 do estirâncio.

### Ponto de Coleta – E13

Os sedimentos foram classificados como areia média pobremente selecionada. O transporte foi realizado predominantemente por saltação com percentuais significativos por rolamento e suspensão (Figura 5.46).

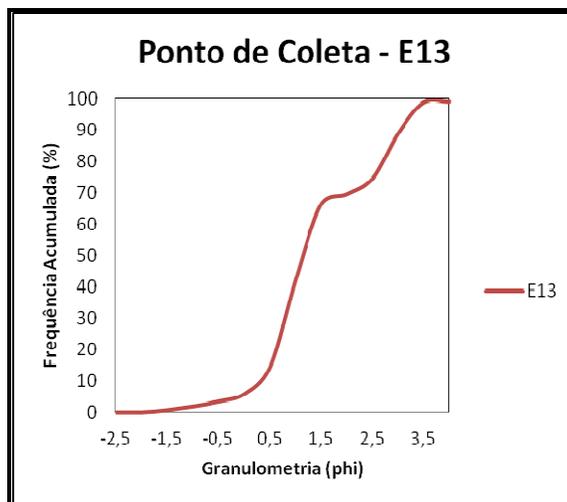


Figura 5.46 – Curva acumulada do ponto de amostragem E13.

A assimetria apresentou-se como muito positiva e os valores de curtose apresentaram-se como platicúrtica. As frações granulométricas mostraram valores de 1,85% de cascalho, 97,20% de areia e 0,95% de lama (Figura 5.47).

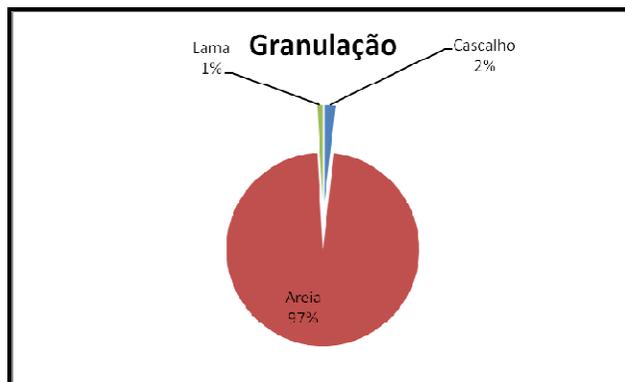


Figura 5.47 – Distribuição granulométrica para o ponto E13 do estirâncio.

### Ponto de Coleta – E14

A granulação do estirâncio dessa área foi classificada como areia muito grossa pobremente selecionada. O transporte foi realizado preferencialmente por saltação e suspensão (Figura 5.48).

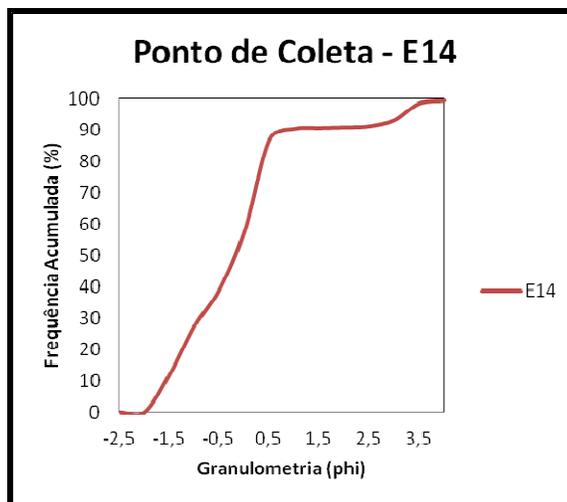


Figura 5.48 – Curva acumulada do ponto de amostragem E14.

A assimetria apresentou-se como aproximadamente simétrica. Os valores de curtose apresentaram-se como muito leptocúrtica. As frações granulométricas mostraram valores de 27,39% de cascalho, 71,91% de areia e 0,70% de lama (Figura 5.49).

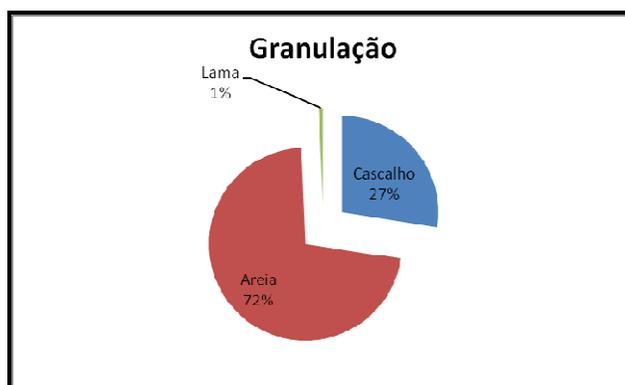


Figura 5.49 – Distribuição granulométrica para o ponto E14 do estirâncio.

### Ponto de Coleta – E15

Os sedimentos foram classificados como areia muito fina e bem selecionada e o transporte foi realizado predominantemente por rolamento com pequeno percentual por saltação (Figura 5.50).

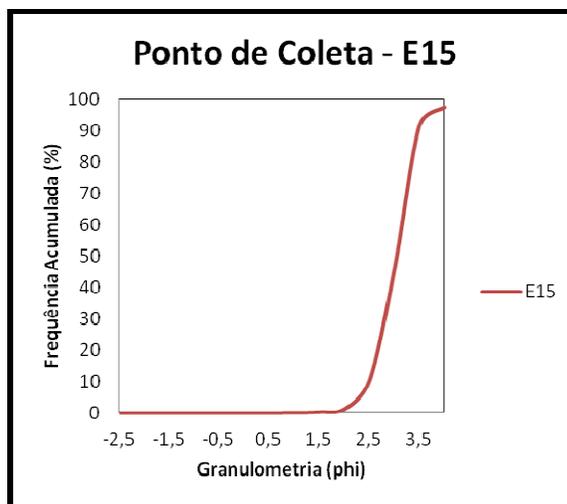


Figura 5.50 – Curva acumulativa do ponto de amostragem E15.

A assimetria apresentou-se como aproximadamente simétrica, sugerindo assim um estágio deposicional de sedimentos finos e os valores de curtose apresentou-se como mesocúrtica, indicando ambiente de transição. As frações granulométricas mostraram valores de 0,00% de cascalho, 97,32% de areia e 2,68% de lama (Figura 5.51).

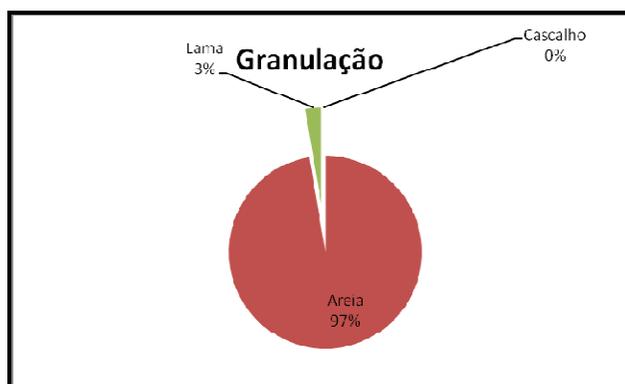


Figura 5.51 – Distribuição granulométrica para o ponto E15 do estirâncio.

### Ponto de Coleta – E16

Os sedimentos foram classificados como areia muito fina bem selecionada, o transporte foi realizado predominantemente por rolamento (Figura 5.52).

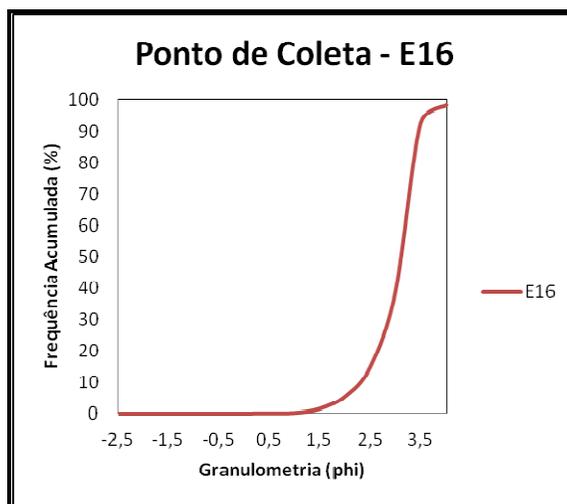


Figura 5.52 – Curva acumulativa do ponto de amostragem E16.

A assimetria apresentou-se como muito negativa, ocorrendo remoção de sedimento fino. Os valores de curtose apresentaram-se como leptocúrtica (indicando ambiente de transporte), enquanto as frações granulométricas mostraram valores de 0,00% de cascalho, 98,22% de areia e 1,78% de lama (Figura 5.53).



Figura 5.53 – Distribuição granulométrica para o ponto E16 do estirâncio.

### Ponto de Coleta – E17

Nesta área do estirâncio os sedimentos foram classificados granulometricamente como areia muito grossa moderadamente selecionada e o transporte apresentou-se predominantemente por saltação e suspensão (Figura 5.54).

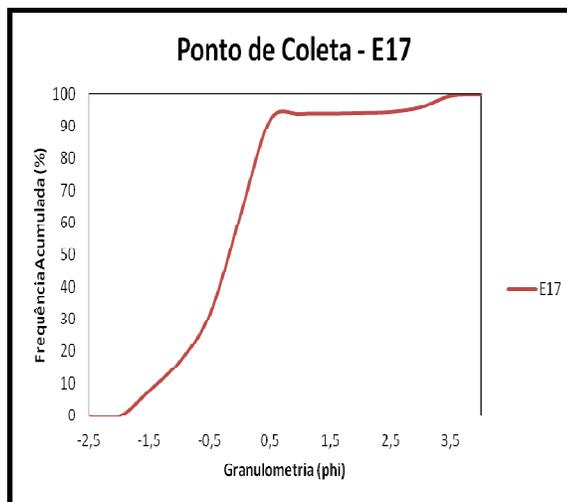


Figura 5.54 – Curva acumulativa do ponto de amostragem E17.

A assimetria foi classificada como aproximadamente simétrica, indicando a deposição de sedimentos finos e a curtose como muito leptocúrtica, indicando ambiente de transporte. As frações granulométricas mostraram valores de 16,92% de cascalho, 82,93% de areia e 0,15% de lama (Figura 5.55).

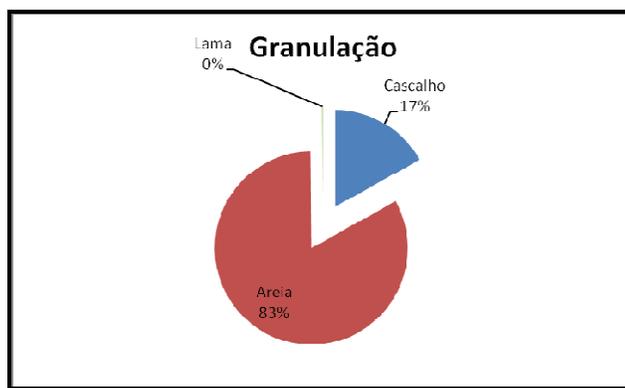


Figura 5.55 – Distribuição granulométrica para o ponto E17 do estirâncio.

### Ponto de Coleta – E18

Os sedimentos foram classificados granulometricamente como areia fina moderadamente selecionada e o transporte apresentou-se predominantemente por rolamento (Figura 5.56).

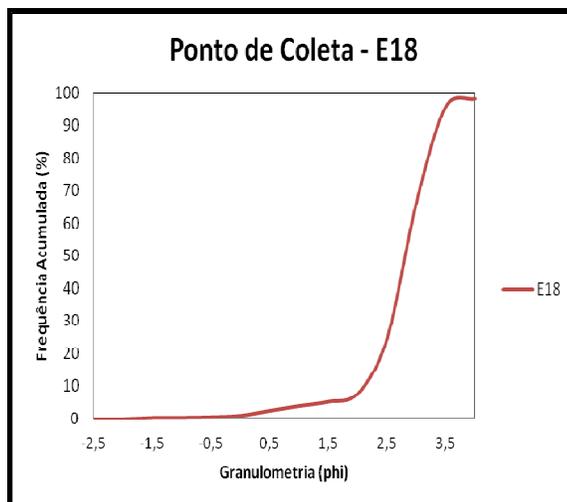


Figura 5.56 – Curva acumulativa do ponto de amostragem E18.

A assimetria foi classificada como negativa, indicando a remoção de sedimentos finos e a curtose como leptocúrtica, indicando ambiente de transporte. As frações granulométricas mostraram valores de 0,42% de cascalho, 97,91% de areia e 1,67% de lama (Figura 5.57).

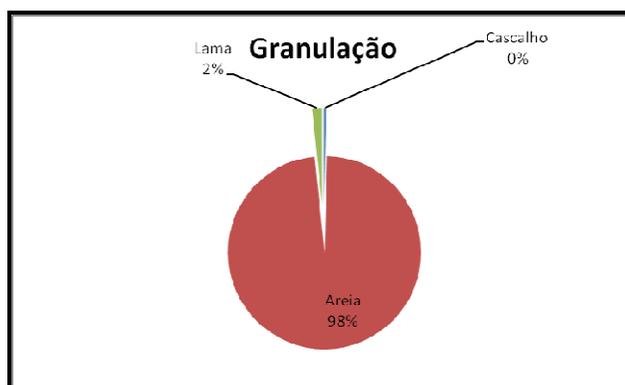


Figura 5.57 – Distribuição granulométrica para o ponto E18 do estirâncio.

A distribuição sedimentológica no estirâncio apresentou-se como arenosa, tendo percentuais pequenos entre 0 a 30% de cascalho, nos pontos de amostragens E2, E3, E4, E7, E8, E10, E11, E13, E14 e E17 e percentuais mínimos de lama, com percentuais menos que 5%, como mostra a Figura 5.58.

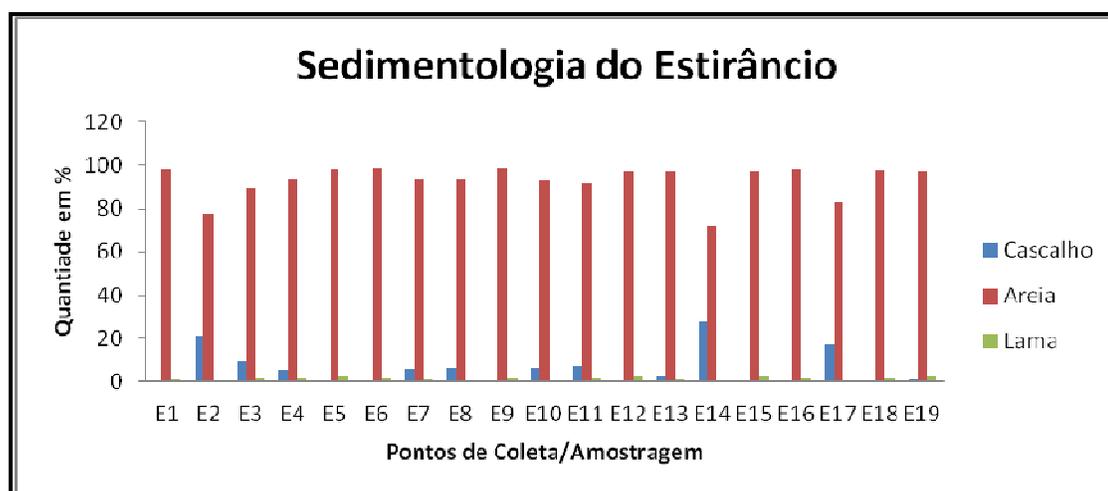


Figura 5.58 – Distribuição sedimentológica do setor de estirâncio do litoral leste de Acaraú – Ceará.

## 5.2 Plataforma Continental do Ceará

### 5.2.1 Aspectos Gerais

A plataforma continental representa a extensão submersa dos continentes e normalmente apresenta gradientes suaves desde a linha de costa na qual atinge um aumento da declividade denominado de quebra da plataforma, com profundidade média de 100m. Segundo Freire (1985), a morfologia das plataformas, em geral suave, é causada pela irregularidade da erosão e deposição, resultante das flutuações do nível do mar, formando as feições erosivas, construtivas ou estruturais.

O quadro morfológico e fisiográfico do fundo oceânico atual é resultado da evolução tectônica global atuante desde a fragmentação do supercontinente Pangea e dos agentes modificadores, associados aos processos de erosão e sedimentação. Através de levantamentos ecobatimétricos, em associação com métodos mais precisos de posicionamento no mar, foi permitido traçar um quadro mais detalhado da morfologia do fundo oceânico (BAPTISTA NETO *et. al.*, 2004).

Ainda, descrevendo a morfologia do fundo oceânico, conforme (ESKINAZI-LEÇA *et al.*, 2004), uma das formas de visualizar o fundo submarino é através de mapas fisiográficos. Estes são uma representação plana das unidades topográficas e da forma da superfície do piso marinho, associadas a outras características que marcam formas e tendências altimétricas do relevo. A construção de mapas fisiográficos exige a interpretação de mapas e perfis batimétricos, a fim de delinear as diversas feições do relevo submerso.

### 5.2.2 Morfologia

Tendo como base a morfologia e a distribuição dos tipos de sedimentos (Coutinho, 1976), a plataforma do Nordeste está dividida em três segmentos: plataforma interna correspondente à área entre a linha de praia e a isóbata de 20m;

plataforma média, situada entre as isóbatas de 20 e 40m, com relevo bem mais regular e a plataforma externa, a partir de 40m até a borda da plataforma.

Freire (1985), a partir de análises das classificações da plataforma continental do Nordeste (KEMPF, 1970 e COUTINHO, 1976), classificou a plataforma do Ceará em plataforma interna, variando de 0 a 20m, em que predomina fácies arenosa quartzosa e plataforma externa que vai de 20m até a quebra da plataforma numa profundidade média de 60m.

A plataforma mencionada tem uma largura máxima na altura de Camocim de 101 km de extensão e a mínima em Tremembé de 41 km. Pode-se dizer que na plataforma continental do Ceará a largura predominante é em torno de 63km (FREIRE, 1985). A área em estudo corresponde à plataforma continental de Acaraú até a isóbata de 30m, com uma área aproximada de 2.826,27 km<sup>2</sup> e possui uma largura máxima de 62 km (Figura 5.59).

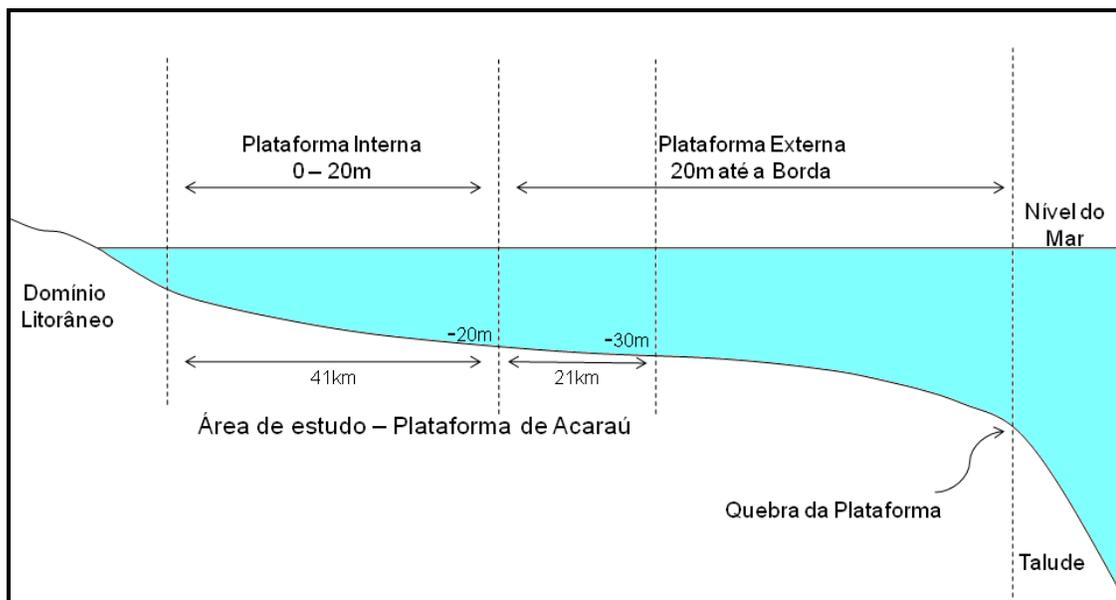


Figura 5.59 – Diagrama esquemático do perfil da plataforma continental do Ceará e da área em estudo.

### 5.3 Modelo Batimétrico

Os pontos batimétricos foram obtidos através das Cartas Náuticas 600 e 700 em escala 1:316.000, cedidas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (DHN) ao Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada (LGMA). Esses dados foram filtrados até a isóbata de 30m e estruturados em coordenadas UTM no *Datum* WGS84 24S, sendo (x e y) as coordenadas geográficas e (z) a profundidade em metros (Apêndice C).

No *software* geoestatístico VARIOWIN® 2.21 foi realizado o cálculo e o ajuste do semivariograma, dos dados batimétricos X, Y e Z filtrados até a profundidade de 30 metros.

Os resultados do ajuste mostram que o modelo mais adequado é o modelo gaussiano, por melhor representar os parâmetros estatísticos (alcance, patamar, efeito pepita e o modelo ajustado) da variável estudada (Figura 5.60).

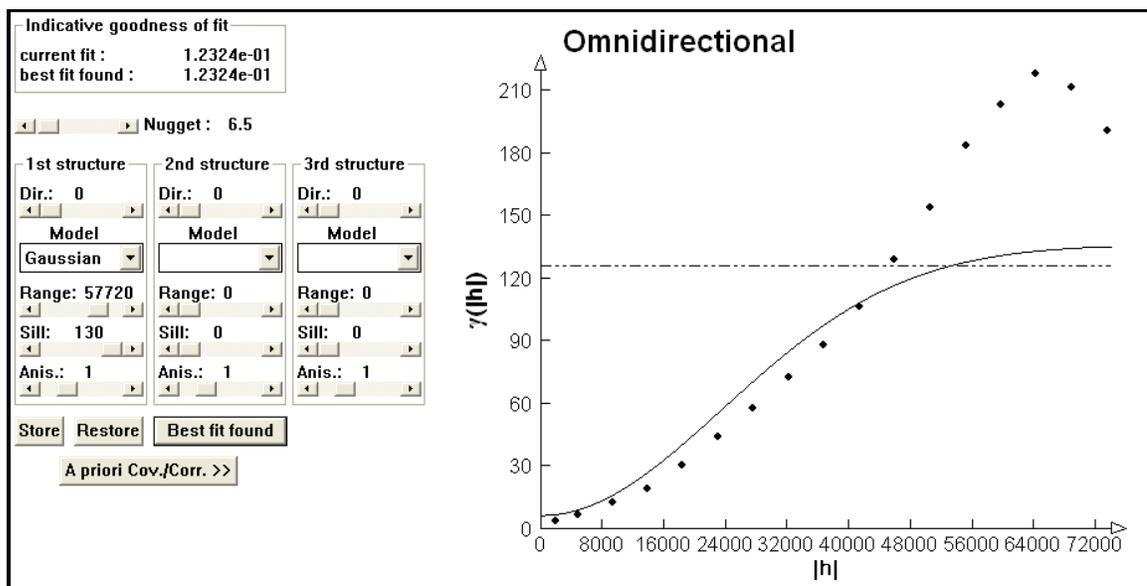
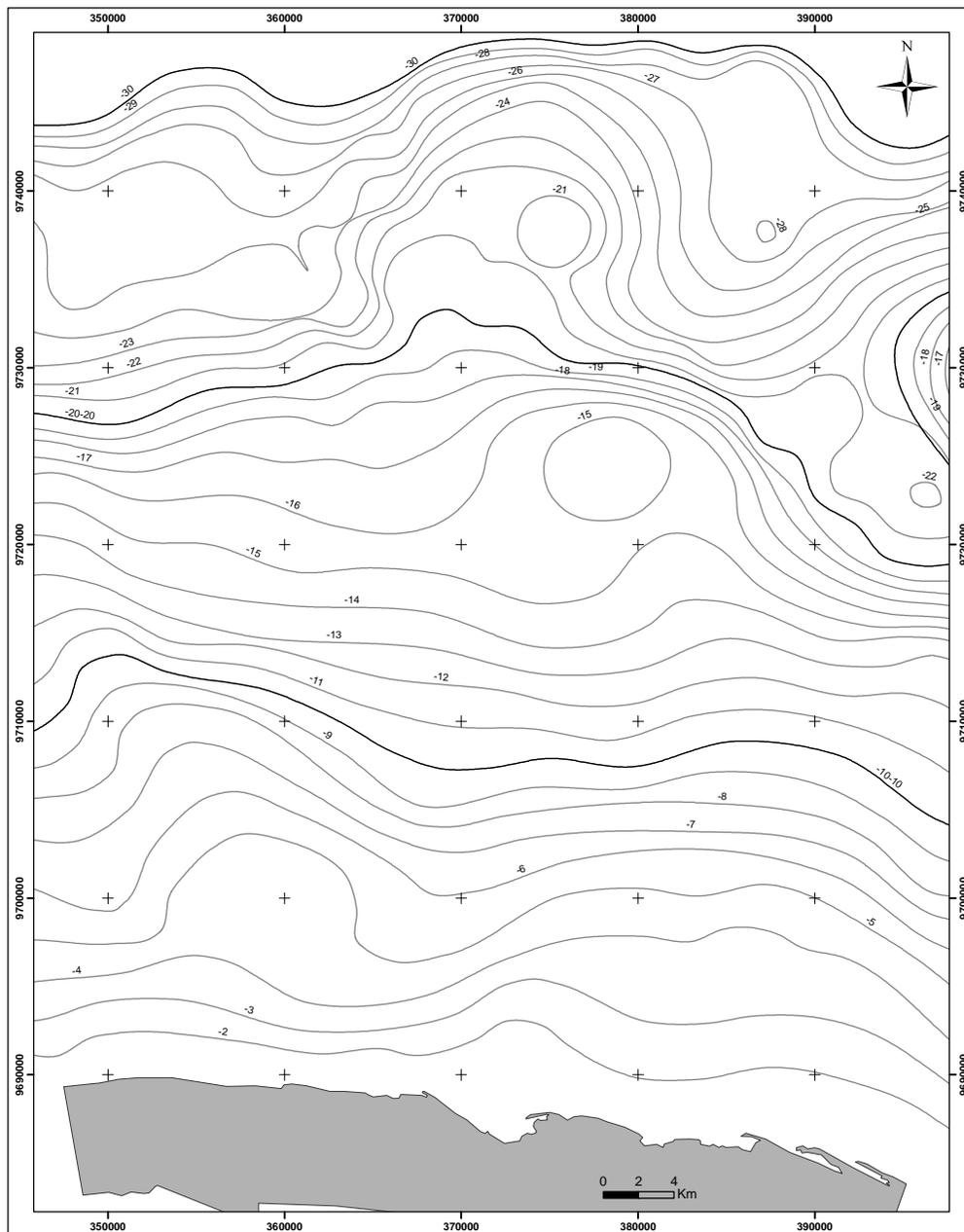


Figura 5.60 – Modelo gaussiano ajustado ao variograma experimental dos dados batimétricos.

### 5.3.1 Descrição do Relevo

O resultado batimétrico apresentou para a área pesquisada uma morfologia de fundo homogênea da isóbata 0 a 12, devido se tratar de uma planície de maré. O relevo apresentou-se com declividade suave e com poucas irregularidades, como colinas, e com uma declividade suave que varia de 1:1900 a 1:2066 (Figura 5.61).

O MDT foi confeccionado a partir dos dados acima, utilizando o *software* SURFER 8.0 ajustado com o semivariograma (Figura 5.62). Esse modelo mostra a forma numérica de representação do relevo a partir dos dados vetoriais tratados.



1:210.000

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRASVERSA DE MERCATOR  
Datum horizontal: WGS84

Tese de Doutorado  
**MORFOLOGIA E SEDIMENTOLOGIA DO LITORAL DA PLATAFORMA CONTINENTAL INTERNA DO MUNICÍPIO DE ACARAU – CEARÁ – BRASIL**  
María Valdirene Araújo  
Orientador: Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso  
Co-Orientador: Prof. Dr. George Satander Sá Freire

**MAPA BATIMÉTRICO**  
**Plataforma Continental Interna de Acaraú - CE**  
— Isóbatas\_10x10m  
— Isóbatas\_1x1m  
■ Acaraú



Figura 5.61 – Mapa Batimétrico da Plataforma Continental Interna de Acaraú.

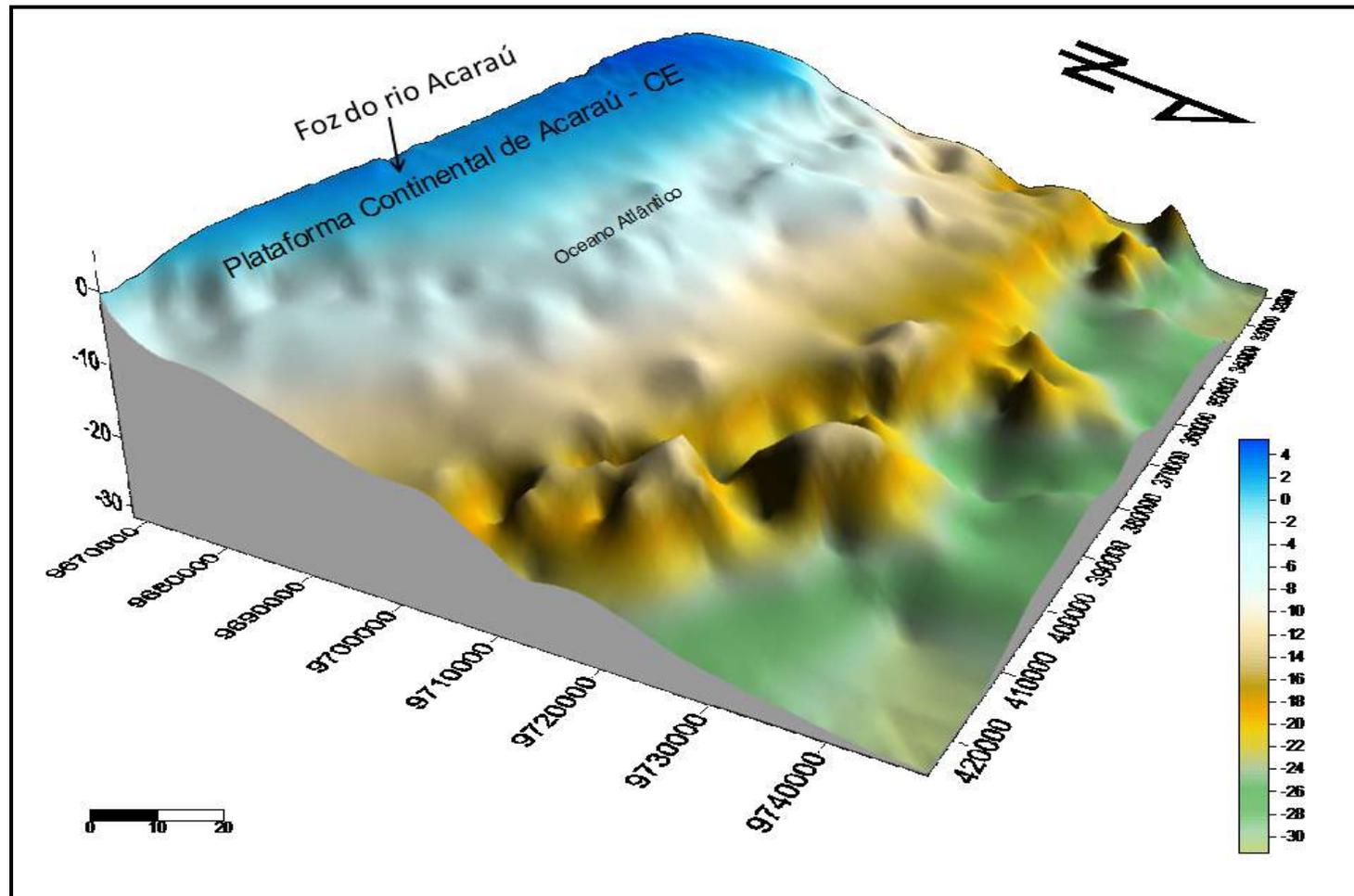


Figura 5.62 – Modelo Digital de Terreno (MDT) da Plataforma Continental de Acaraú até a isóbata de 30m.

### 5.3.2 Perfis Batimétricos

A partir do Modelo Batimétrico, obteve-se as linhas de contornos que correspondem às isóbatas do relevo submerso, no qual se pode observar a declividade do terreno disposta paralelamente à costa. Foram traçados perfis batimétricos transversais e longitudinais, utilizados na descrição da morfologia da plataforma continental interna do município de Acaraú que podem ser observados na Figura 5.63.

#### 5.3.2.1 Perfis Batimétricos Transversais

Na figura 5.65 verificam-se os valores mais significativos da declividade dos perfis batimétricos transversais. A declividade variou de 1:1666 a 2:500 nos primeiros 5 km mar a dentro. E observa-se uma declividade suave nos primeiros 30 km de 1:2.000 e profundidade média de -15m. Após 30.000 metros mar adentro até a isóbata de 30m o relevo se apresenta com suaves declives, intercalados por relevos positivos e negativos.

Os maiores declives são observados nos perfis 3 3', 4 4' e mais acentuados formando pequenas colinas no perfil 5 5'.

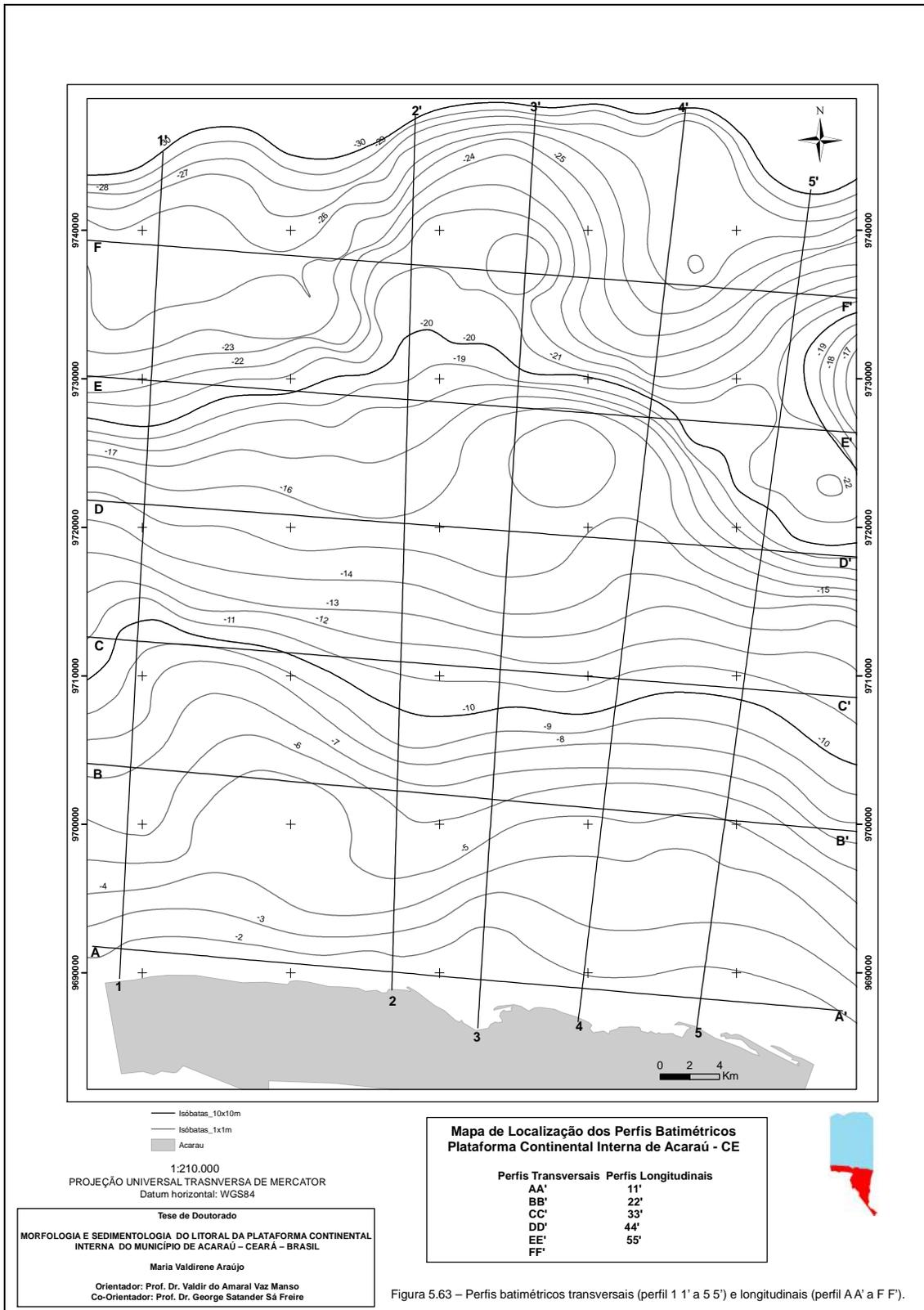


Figura 5.63 – Perfis batimétricos transversais (perfil 1 1' a 5 5') e longitudinais (perfil AA' a F F').

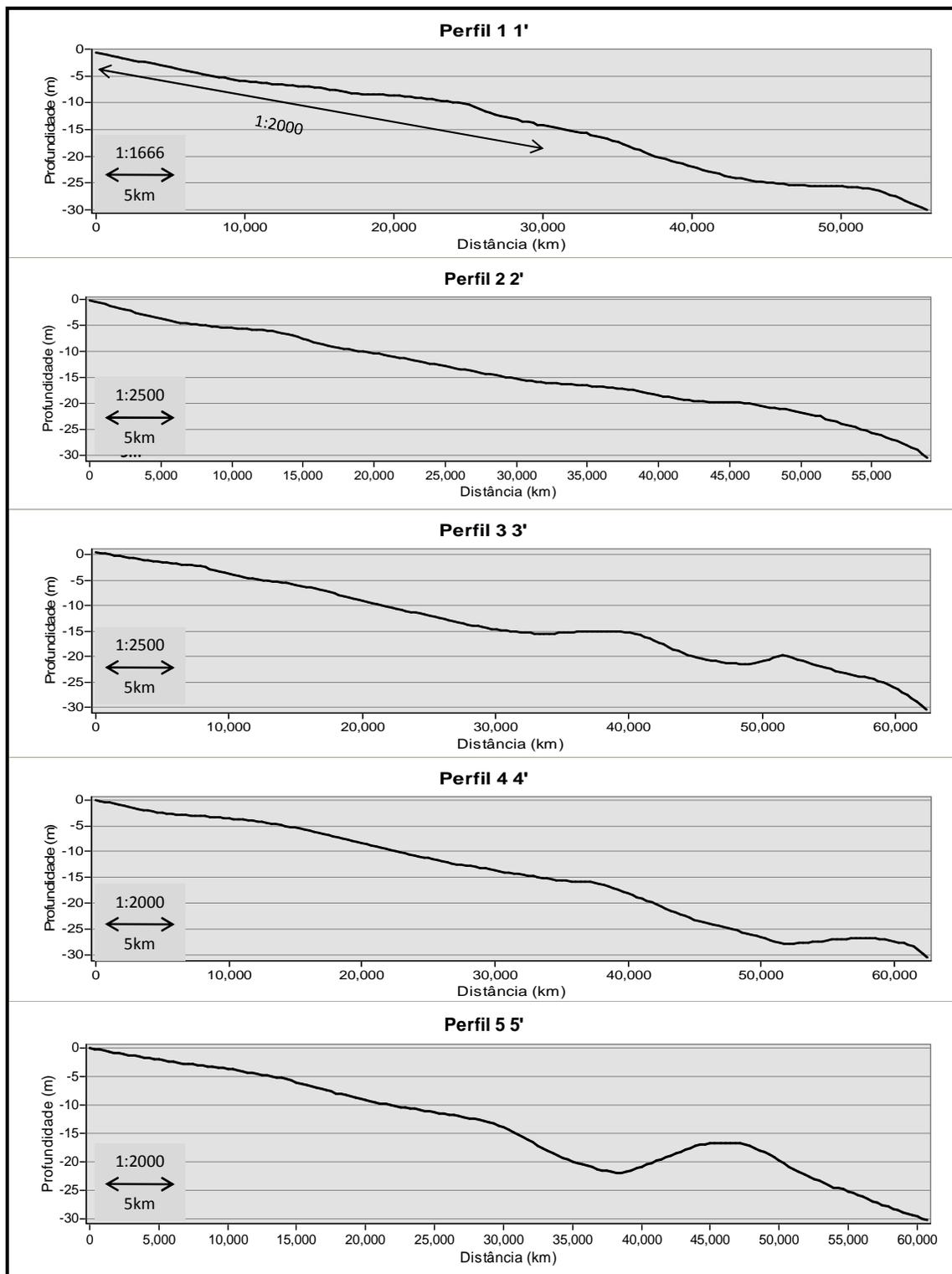


Figura 5.64 – Perfis batimétricos transversais.

### 5.3.2.2 Perfis Batimétricos Longitudinais

A figura 5.65 mostra o resultado dos perfis longitudinais traçados paralelamente à linha de costa, atingindo um comprimento de cerca de 50 km, com o intuito de observar o comportamento do relevo de fundo da área. Nos perfis A A', B B' e C C' verifica-se o paleocanal do rio Acaraú, que se estende cerca de no máximo 12.000 metros de distância da linha de costa.

Nos perfis D D', E E' e F F' observou-se um relevo mais acidentado com presença de colinas e canais, sendo estes modificados predominantemente por processos marinhos.

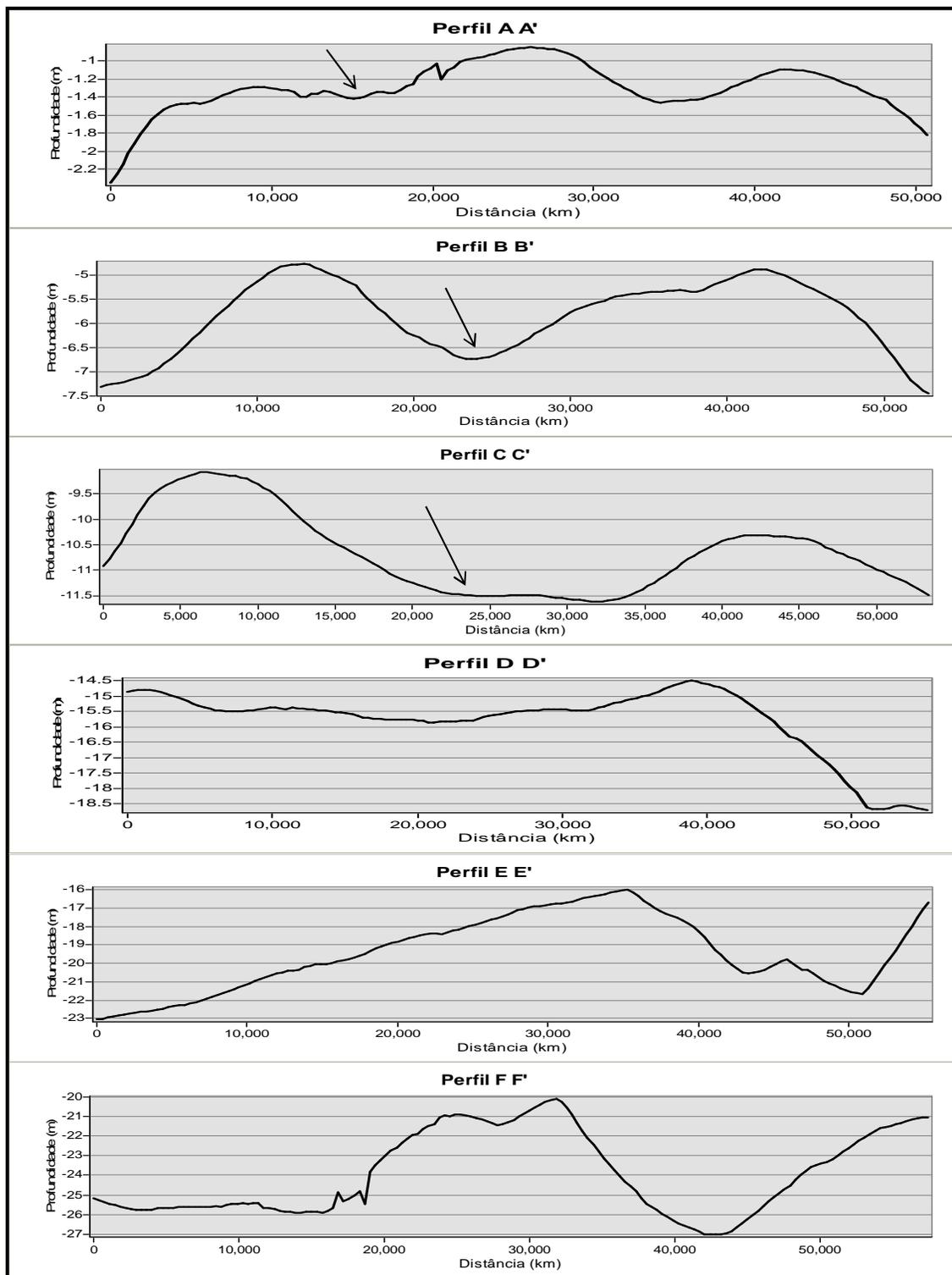


Figura 5.65 – Perfis batimétricos longitudinais.

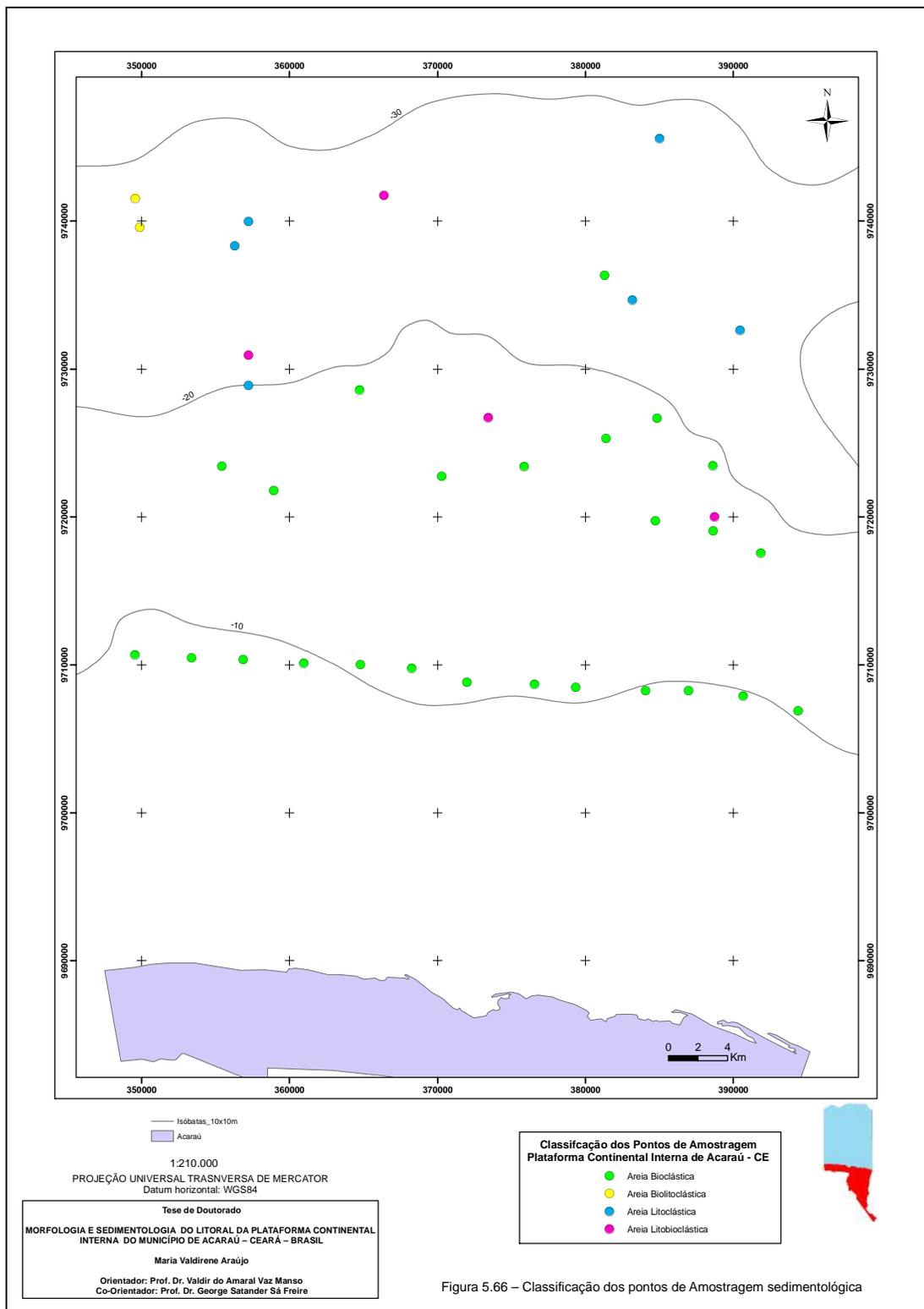
## **5.4 Sedimentologia da Plataforma Continental de Acaraú**

### **5.4.1 Classificação dos pontos de amostragem**

O mapa Faciológico até a isóbata de 30m foi confeccionado a partir da correlação entre os resultados de análise dos pontos de amostragem e a influência da batimetria. As amostras foram classificadas de acordo com a classificação proposta pelo LGMA.

As amostras sedimentológicas pré-existentes (LGMA) da área em estudo somaram um total de 37, sendo: 25 (67,57 %) classificadas como Areia Bioclástica, 6 (16,22 %) classificadas como Areia Litoclástica, 4 como Areia Litobioclástico (10,80 %) e 2 como Areia Biolitoclástica (5,40 %) (Figura 5.66).

De acordo com Freire *et al* (2007), a classificação mais indicada para os sedimentos da Plataforma Continental do Estado do Ceará, seria subdividi-los em duas associações faciológicas; uma carbonática e outra litoclástica. Essa subdivisão se deve a parâmetros condicionantes como textura, teor de  $\text{CaCO}_3$ , biocenose, retrabalhamento dos grãos e composição mineralógica.



## 5.4.2 Mapa Faciológico

Na plataforma estudada as fácies sedimentares delimitadas foram subdivididas em duas associações faciológicas: uma litoclástica e outra carbonática (Figura 5.67).

### 5.4.2.1 Associação Litoclástica

A associação litoclástica divide-se em duas fácies: Areia Litoclástica e Areia Litobioclástica.

A fácies Areia Litoclástica apresenta de 70% a 100% areia de origem continental e no Máximo 30% de  $\text{CaCO}_3$ . Ocorre de forma isolada em três pontos da plataforma, entre a isóbata 19m a 27m, com uma área de aproximadamente 458,42  $\text{km}^2$ . Esta fácies é composta por areia fina moderadamente selecionada.

A fácies Areia Litobioclástica apresenta de 50% a 70% de areia de origem continental e entre 30% a 50% de  $\text{CaCO}_3$ . Aparece em quatro pequenas porções isoladas, entre as isóbatas de 15 a 25 metros, cobrindo uma área de aproximadamente 305,23  $\text{km}^2$ .

### 5.4.2.2 Associação Carbonática

A Associação Carbonática apresenta duas fácies: Areia Bioclástica e Areia Biolitoclástica (Figura 5.67).

A fácies Areia Bioclástica é predominante na área estudada, cobre uma área de aproximadamente 1.909,71  $\text{km}^2$ , estendendo-se da isóbata 0 até a isóbata de 30 metros. Caracteriza-se por apresentar de 70% a 100% de areia e entre 70% a 100% de  $\text{CaCO}_3$ .

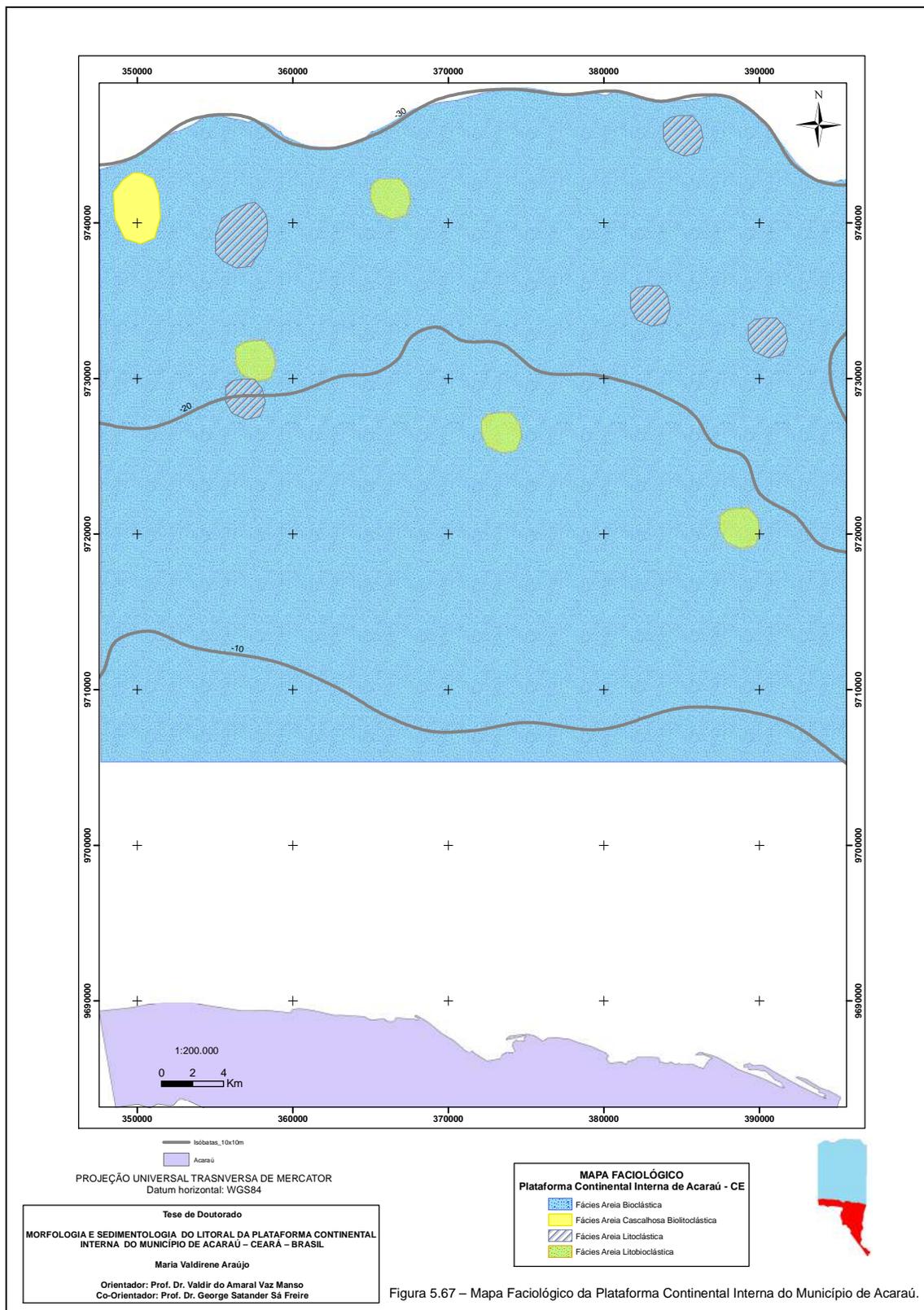


Figura 5.67 – Mapa Faciológico da Plataforma Continental Interna do Município de Acaraú.



Figura 5.68 – Amostra da fácies Bioclástica.

A fácies Areia Cascalhosa Biolitoclástica foi encontrada em duas ocorrências entre a isóbata de 25 a 28m a noroeste da plataforma interna, com área aproximada de 153,35 km<sup>2</sup>. Caracteriza-se por apresentar entre 50% e 70% de areia cascalhosa e entre 50% e 70% de CaCO<sub>3</sub>.

### 5.4.3 Mapa de Teores de Carbonato de Cálcio

Em relação ao teor de carbonato de cálcio presente em cada amostra, foi possível a confecção de um mapa de teores de  $\text{CaCO}_3$  (Figura 5.69) para a plataforma continental estudada.

Os teores de Carbonato de Cálcio foram divididos em 9 (nove) classes, variando no intervalo de 10%. Para a maior parte das amostras analisadas (21 amostras) o percentual de  $\text{CaCO}_3$  foi de 90 a 99,9%, enquanto que o menor percentual de apenas 10 a 20% foi para 4 amostras localizadas acima das isóbatas de 20 metros. Para as 12 amostras restantes a distribuição ficou: 4 amostras com percentual de 80 a 90%; 2 amostras com percentual de 70 a 80%; 1 amostra com percentual de 50 a 60%; 5 amostras com percentual de 30 a 40% (Figura 5.69).

A concentração predominante de carbonato de cálcio na plataforma continental estudada é superior a 70%, já as menores concentrações ocorrem em pontos isolados.

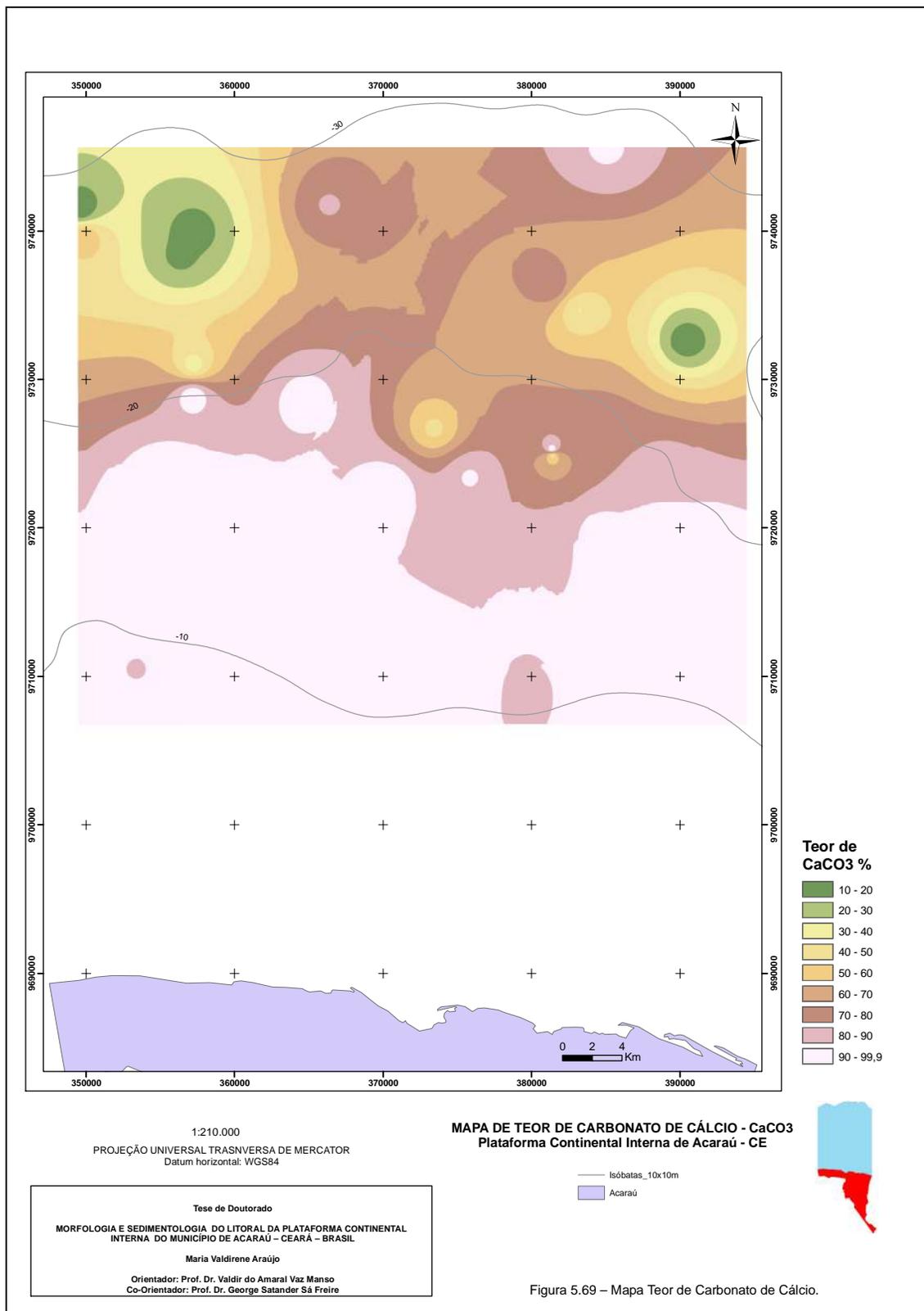


Figura 5.69 – Mapa Teor de Carbonato de Cálcio.

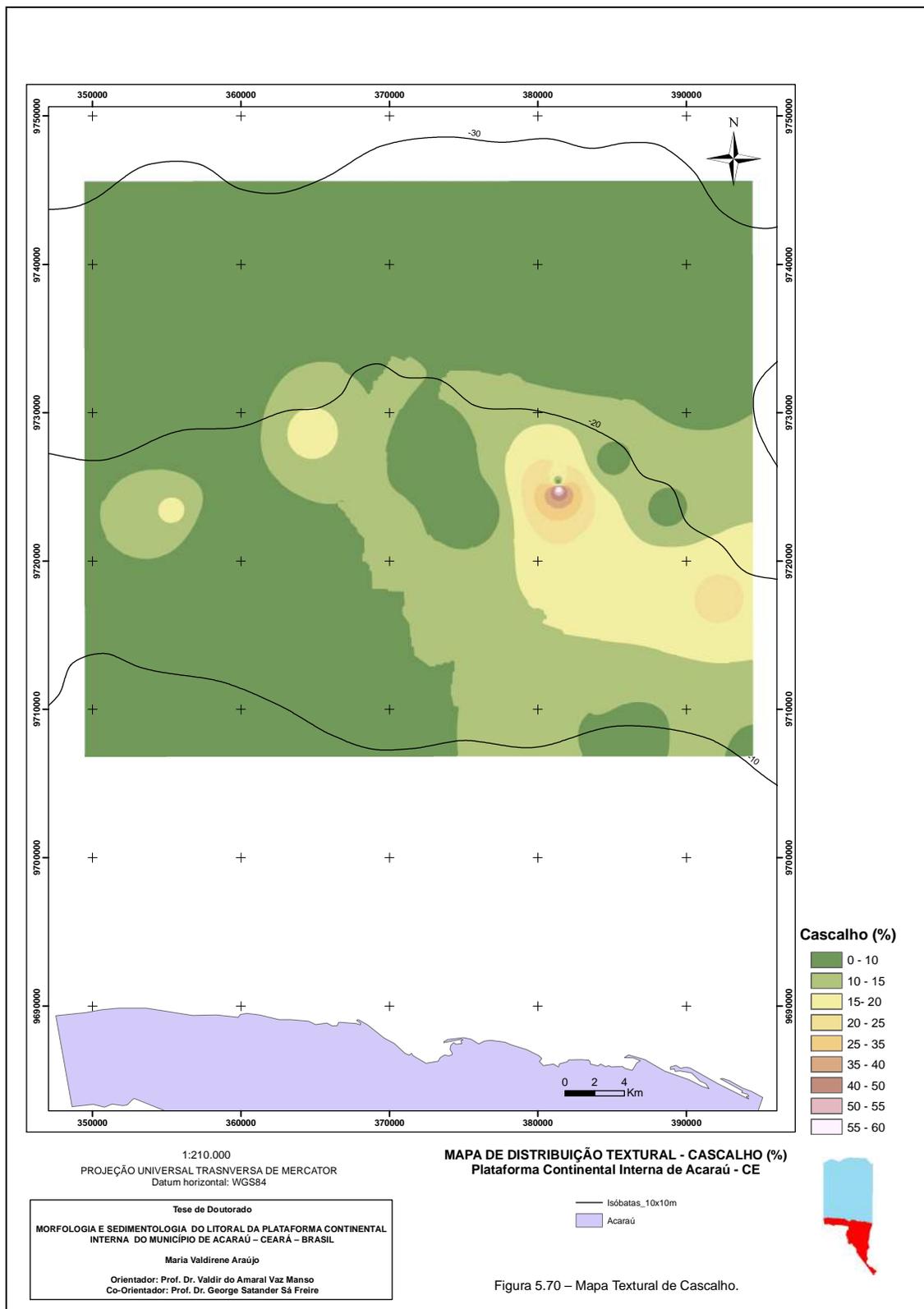
### 5.4.3 Mapas de Distribuição Textural

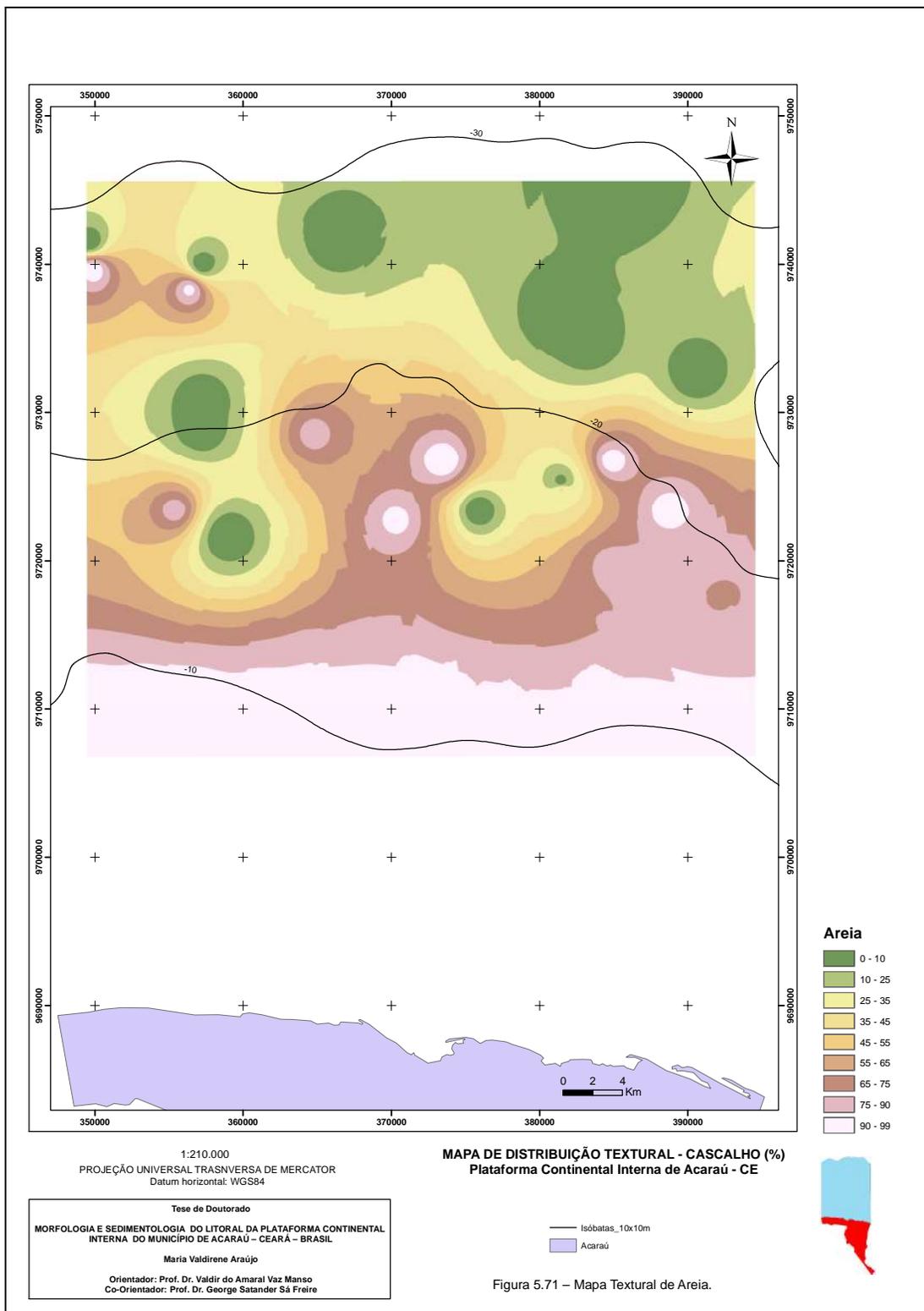
A distribuição textural dos sedimentos da plataforma continental interna de Acaraú foi classificada em percentuais de Cascalho (Figura 5.70); Areia (Figura 5.71) e Lama (Figura 5.72).

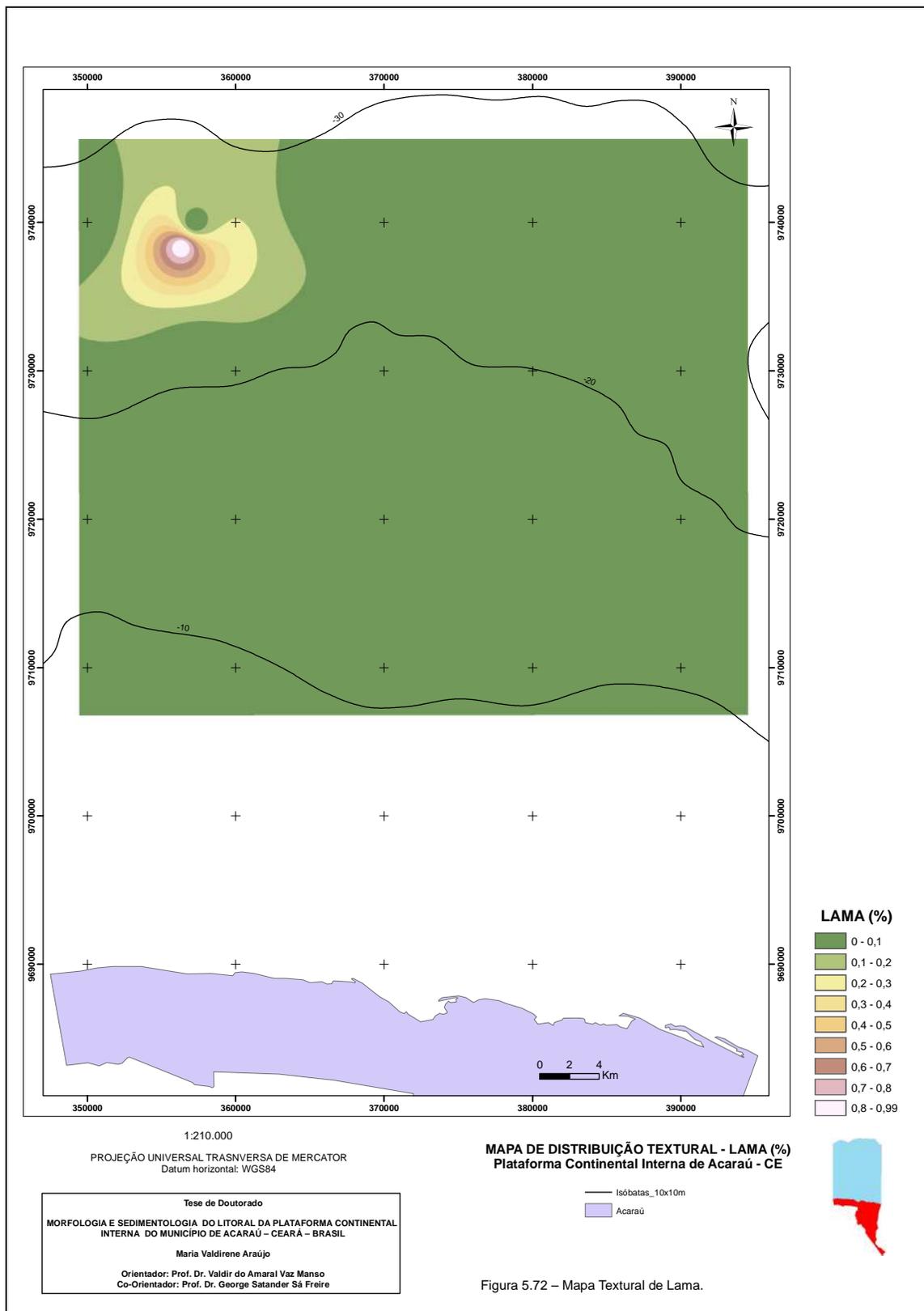
A distribuição de Cascalho (Figura 5.70) na área em estudo foi dividida em 9 (nove) classes, variando no intervalo de 5% a 60%. Para a maior parte das amostras analisadas (30 amostras) o percentual de cascalho foi de 0% a 15%, enquanto que para 8 (oito) amostras apresentaram percentuais de 20% a 60% de cascalho.

A distribuição de Areia (Figura 5.71) na área foi dividida em 9 (nove) classes, variando no intervalo de 10% a 30%. Para a maior parte das amostras analisadas (19 amostras) o percentual de Areia foi de 90% a 99,9%, enquanto que para 4 (quatro) amostras apresentaram percentuais de 75% a 90% de areia. Para 15 (quinze) amostras apresentaram percentuais bem menores, entre os intervalos de 0% a 55%.

A distribuição de Lama na área foi dividida em 9 (nove) classes, variando no intervalo de 0% a 0,99%, não chegando nem a 1% de áreas lamosas. Como se observa na Figura 5.72 ocorreu apenas um ponto de lama no setor noroeste da área entre as isóbatas de 20m a 30m.







## 5 Evolução da Linha de Costa de Acaraú

Para a análise multitemporal da evolução da linha de costa de Acaraú foram utilizadas imagens de satélite LANDSAT 5 de 1987, 1991, 1999 e 2008, numa escala de tempo de 21 anos. A posição da linha de costa sofreu ao longo desses anos muitas variações, desde erosão à acresção de sedimentos, como constatado nas análises temporais. As três principais escalas de tempo foram: 1987-1991; 1991-1999 e 1999-2008. Veja a Tabela 4.3 no Capítulo 4.

As composições coloridas em RGB escolhidas para mapear a interface terra-mar foram as seguintes: sensor TM do Landsat-5. Estão representadas pelas composições coloridas R(4)G(3)B(2), R(1)G(2)B(3), R(3)G(4)B(1) em quatro datas distintas (Figura 5.73 a 5.76).

Estes produtos possibilitaram a delimitação nítida entre as áreas emersas e submersas, o que permitiu o traçado da evolução da linha de costa e flechas litorâneas ao longo de duas décadas estudadas, possibilitando assim a análise das áreas submetidas a processos de erosão e acresção.

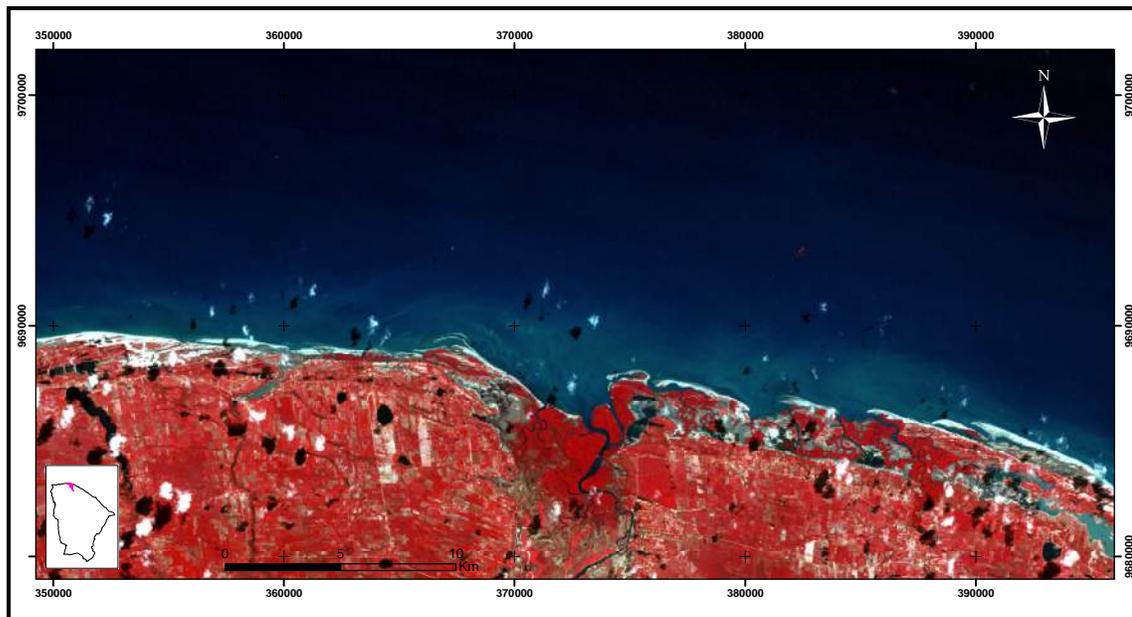


Figura 5.73 – Imagem da região litorânea de Acaraú, do sensor TM Landsat-5, obtida em 17 de julho de 1987, na composição R(4)G(3)B(2).

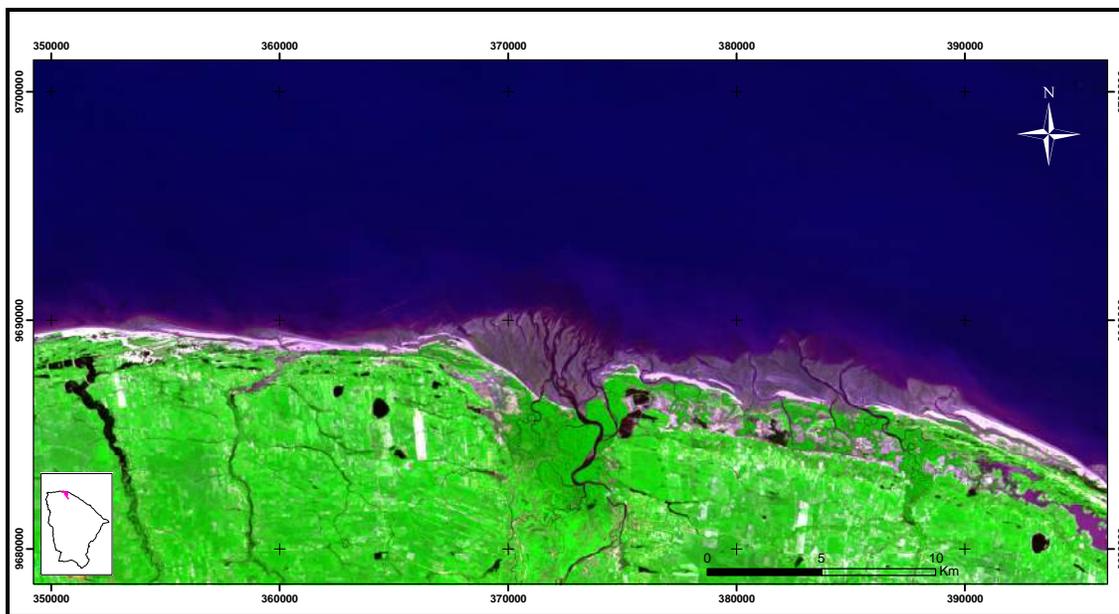


Figura 5.74 – Imagem do litoral de Acaraú, do sensor TM Landsat-5, obtida em 10 de Junho de 1991, na composição R(3)G(4)B(1). Nesta composição RGB a imagem mostra nitidamente o banco de areia que forma a planície de maré de Acaraú.

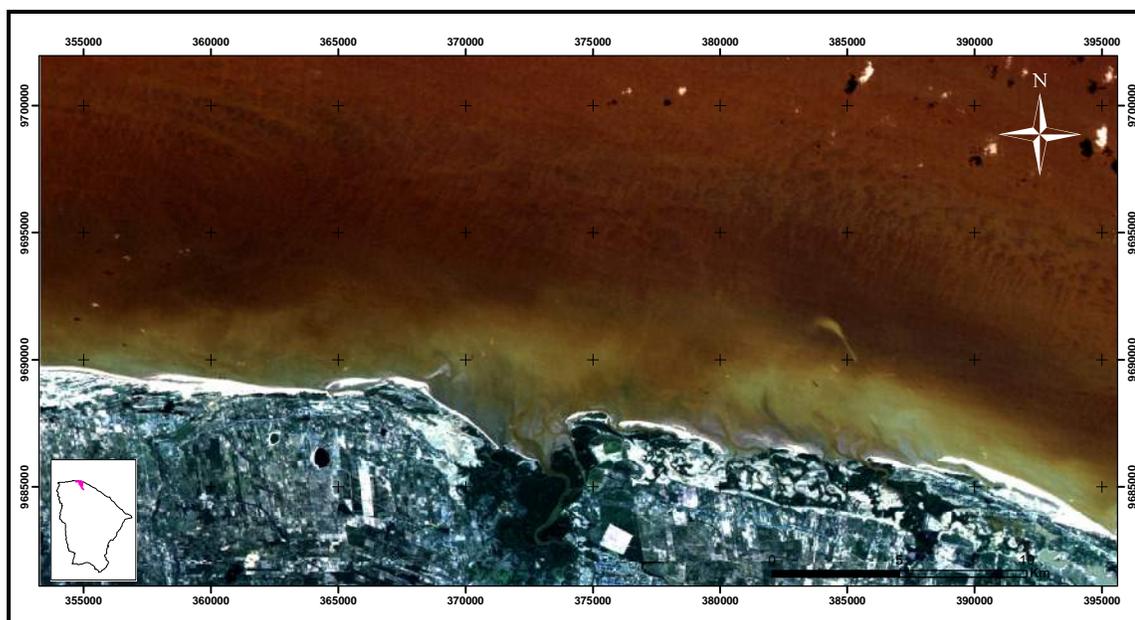


Figura 5.75 – Imagem do litoral de Acaraú, do sensor TM Landsat-5, obtida em 02 de julho de 1999, na composição R(1)G(2)B(3).

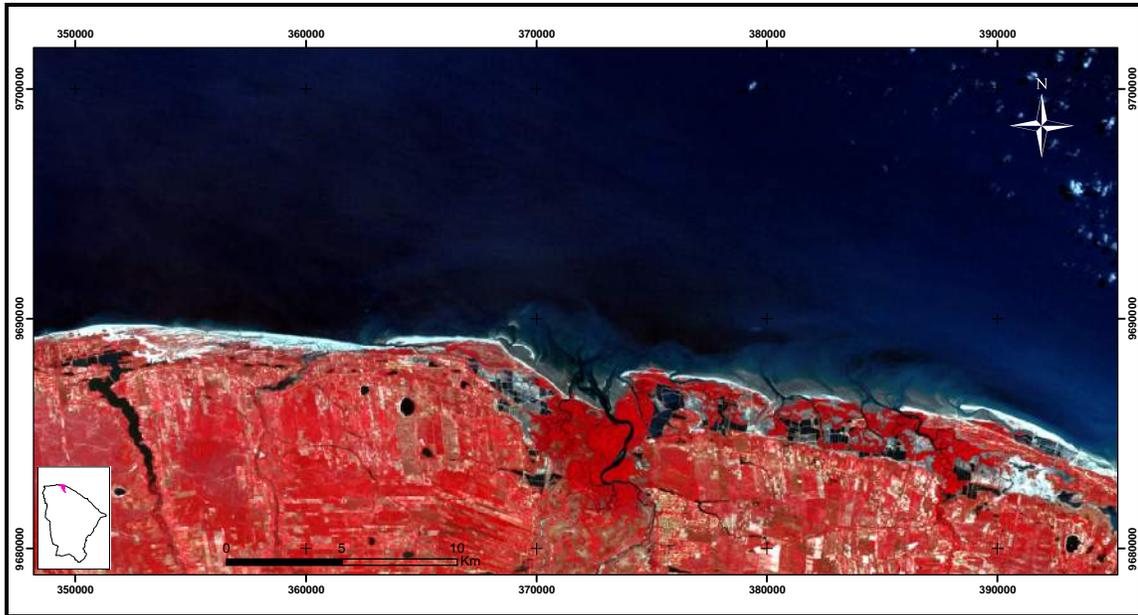


Figura 5.76 – Imagem do litoral de Acaraú, do sensor TM Landsat-5, obtida em 11 de Agosto de 2008, na composição R(4)G(3)B(2).

A região litorânea do município de Acaraú possui cerca de 50 km de extensão e para facilitar a interpretação e análise da evolução da linha de costa, a área foi dividida em litoral leste e oeste, apenas para efeito de interpretação nesta etapa do trabalho (Figura 5.77).

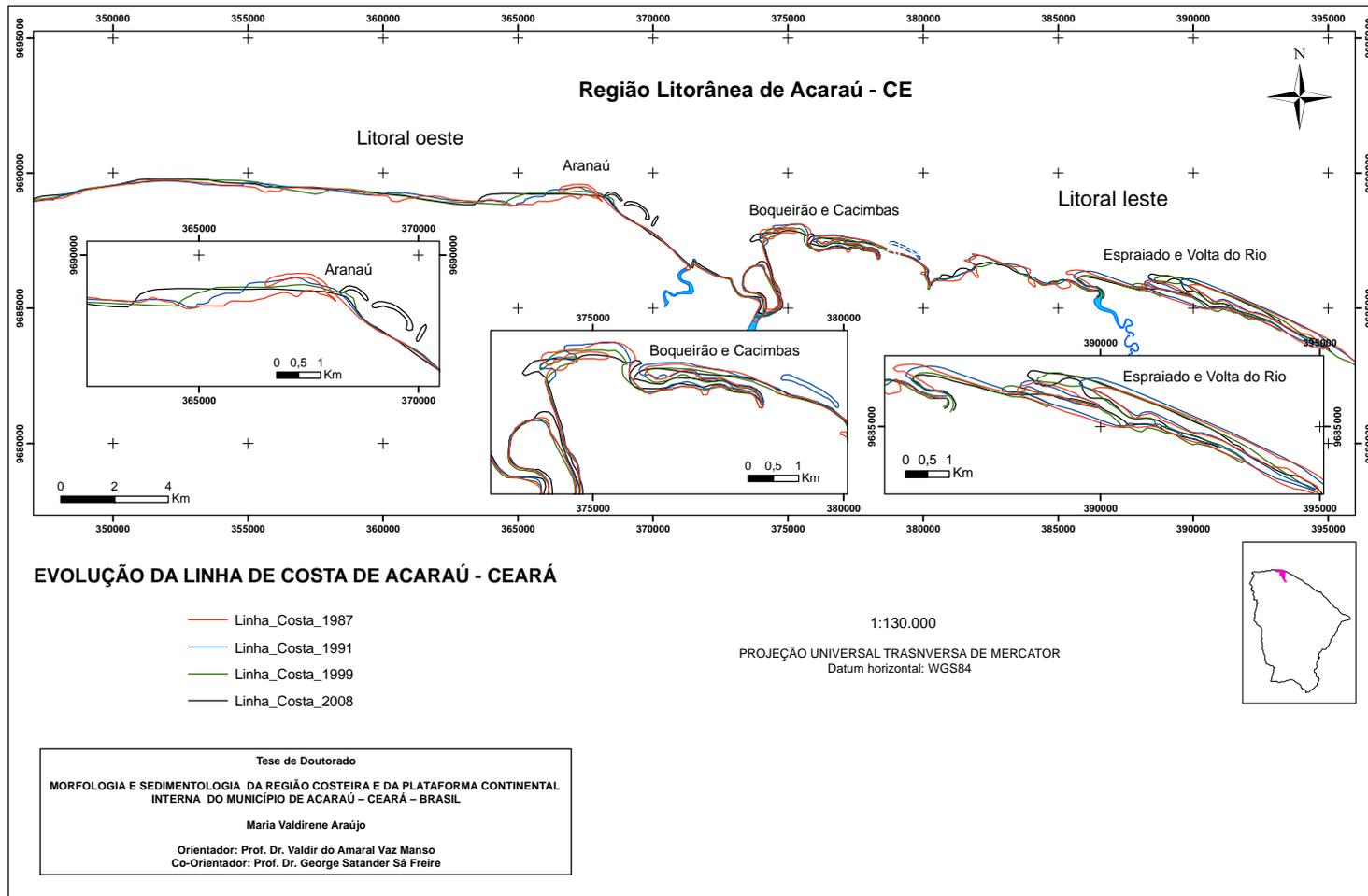


Figura 4.16 – Linha de costa de Acaraú de acordo com as imagens Landsat em datas distintas, com destaque para as áreas de flechas arenosas, onde sofreram maiores modificações na sua morfologia.

## 5.5.1 Evolução da Linha de Costa do Litoral Oeste de Acaraú

### 5.5.1.1 Período 1987 – 1991

Nesta escala temporal pode-se constatar o movimento de transporte de sedimentos com intercalação de áreas de erosão e acresção, essa migração está relacionada às correntes litorâneas no sentido W que acaba gerando o transporte de sedimentos.

#### **Acreção**

Portanto, houve predominantemente áreas de deposição ao longo da costa oeste, com uma área de acresção aproximadamente de 1.822,7 m<sup>2</sup>, com destaque para 4 setores com maior aporte de deposição de sedimentos (Figura 5.78).

Analisando a Figura 5.78, no Setor 1 ocorreu uma área de deposição de 94,3 m<sup>2</sup> numa barra arenosa no extremo oeste da área, feição característica encontrada ao longo do litoral de Acaraú. Para o Setor 2 (flecha litorânea de Barrinha) e Setor 3 a área de deposição foi de 329,3 m<sup>2</sup> e 296,5 m<sup>2</sup> respectivamente, e trata-se de áreas de pontais arenosos que durante os 4 anos se alongaram no sentido W. O setor 4 (flecha litorânea de Aranaú) foi onde ocorreu maior deposição nesse período de análise, ocorrendo uma área de acresção de aproximadamente de 818,2 m<sup>2</sup>. Ao longo dos 21 anos de análise, o setor 4 foi o que mais sofreu intercalações de erosão e deposição de maior escala.

#### **Erosão**

Para o processo erosivo no período de 1987-1991, houve significativo recuo de costa para a área estudada, totalizando uma área aproximada de 368 m<sup>2</sup>. Para uma melhor visualização, a área foi dividida em 3 setores onde ocorreram as maiores taxas de erosão (Figura 5.79).

No setor 1 houve uma área de erosão de 105,3 m<sup>2</sup> ao longo de 3 km de linha de costa, enquanto que no Setor 2 a área erodida num espaço de 4 anos foi de 129,8 m<sup>2</sup> para apenas 2km de extensão. O Setor 3 foi a área de maior volume erodido equivalente a 132,9 m<sup>2</sup>, estando o mesmo na região mais afetada pelos processos dinâmicos costeiros de erosão e deposição (Figura 5.79).

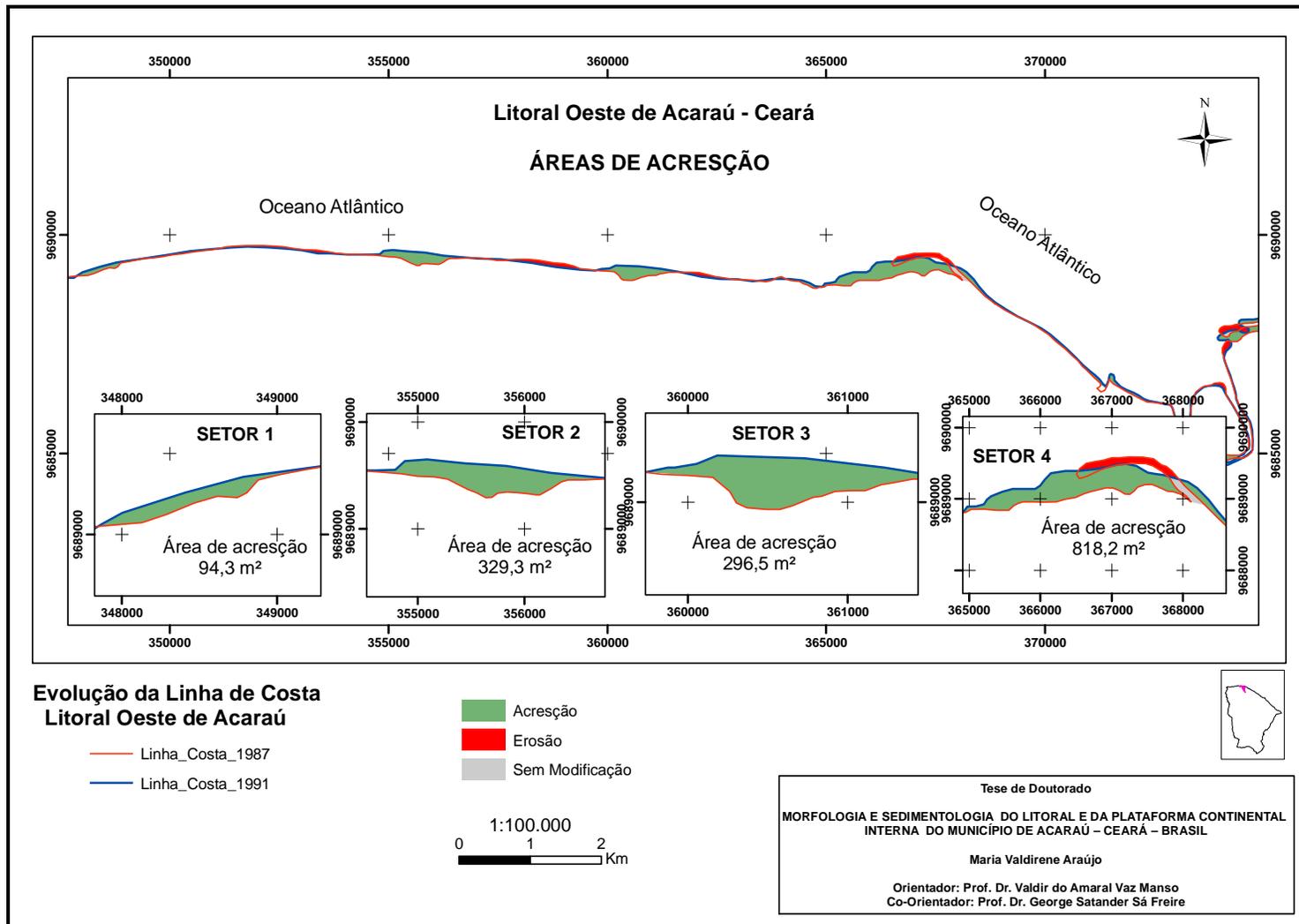


Figura 5.78 – Áreas de acresção de sedimentos para o período de 1987-1991.

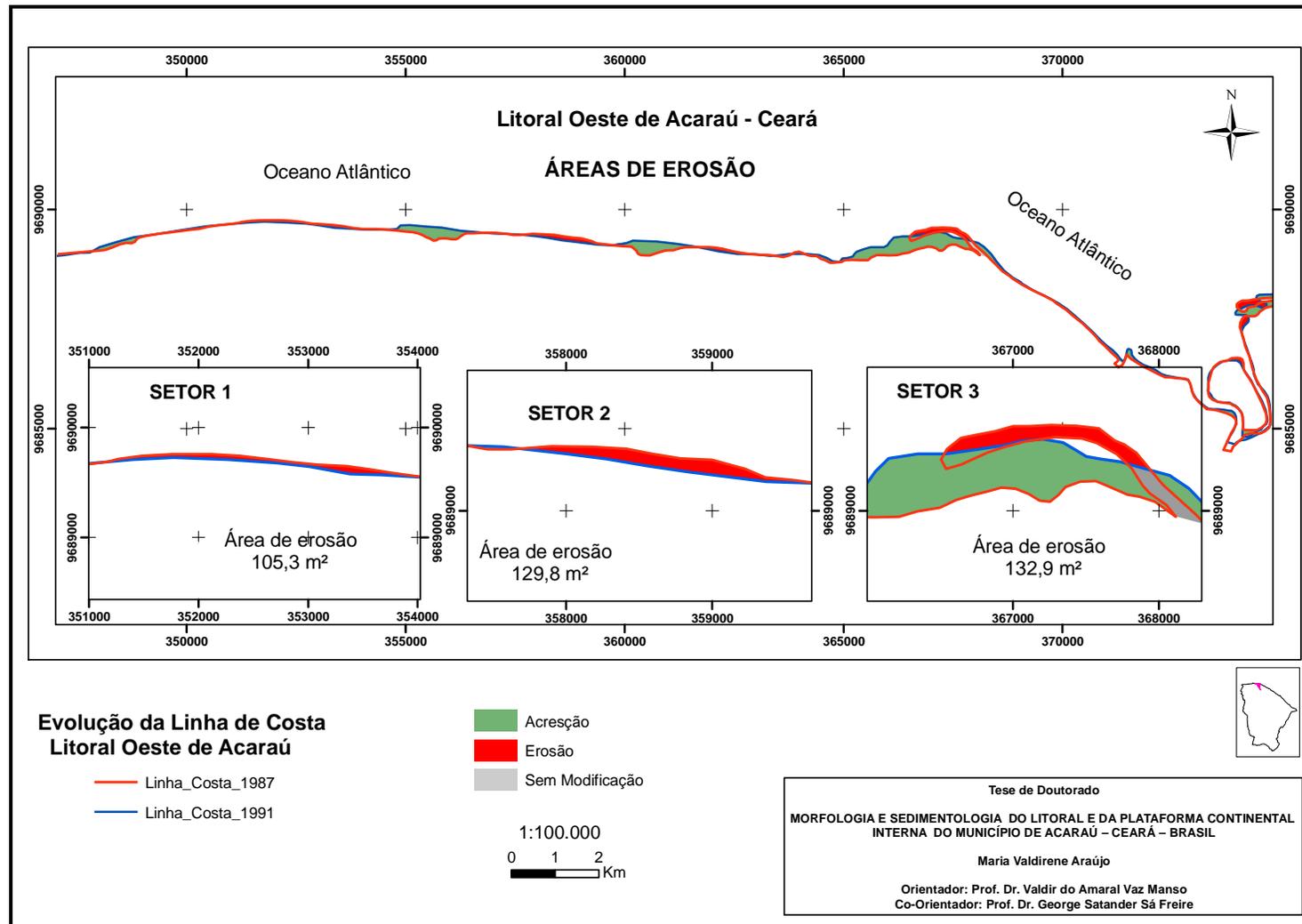


Figura 5.79 – Áreas de erosão de sedimentos para o período de 1987-1991.

### 5.5.1.2 Período 1991 – 1999

O segundo período analisado foi numa escala temporal de 8 anos, onde pode-se observar praticamente os mesmos valores, tanto para áreas de erosão, como para de deposição.

Na comparação feita entre as linhas de costa para os anos de 1991-1999, as áreas onde houve um maior processo erosivo alcançaram 1.078,9 m<sup>2</sup> de recuo de costa, enquanto que para as áreas de acresção foram 1.072 m<sup>2</sup> de sedimentação.

#### **Acreção**

Para as áreas de deposição nesta escala de tempo, foram observadas 3 regiões com áreas significativas de acresção, divididos em setores como mostra a Figura 5.80.

Para o primeiro setor, a taxa de deposição no litoral foi de 430,3 m<sup>2</sup>, a maior observada para essa escala de tempo, ocorre numa barra arenosa intercalada por um canal de maré. O mesmo ocorre para o setor 2, onde observou-se uma taxa aproximada de 211,1 m<sup>2</sup> de deposição. O setor 3 é uma área de intensa dinâmica litorânea, intercalada ao longo dos anos por processos de erosão e deposição. Para esta área, ao longo de 8 anos houve 284,1 m<sup>2</sup> de sedimentação.

#### **Erosão**

Para o período analisado houve 1.078,9 m<sup>2</sup> de área erodida ao longo do litoral oeste de Acaraú, cerca de 26 km de extensão. As áreas de erosão mais significativas foram divididas em 3 setores, onde totalizam 941,1 m<sup>2</sup>.

Para o Setor 1 ocorreu 288,4 m<sup>2</sup> de erosão em cerca de 2,5 km, já para o Setor 2, maior volume de área erodida, de 426,6 m<sup>2</sup> em 4,5 km. No Setor 3 obteve-se a menor área dentre os três setores de apenas 226,1 m<sup>2</sup> (Figura 5.81).

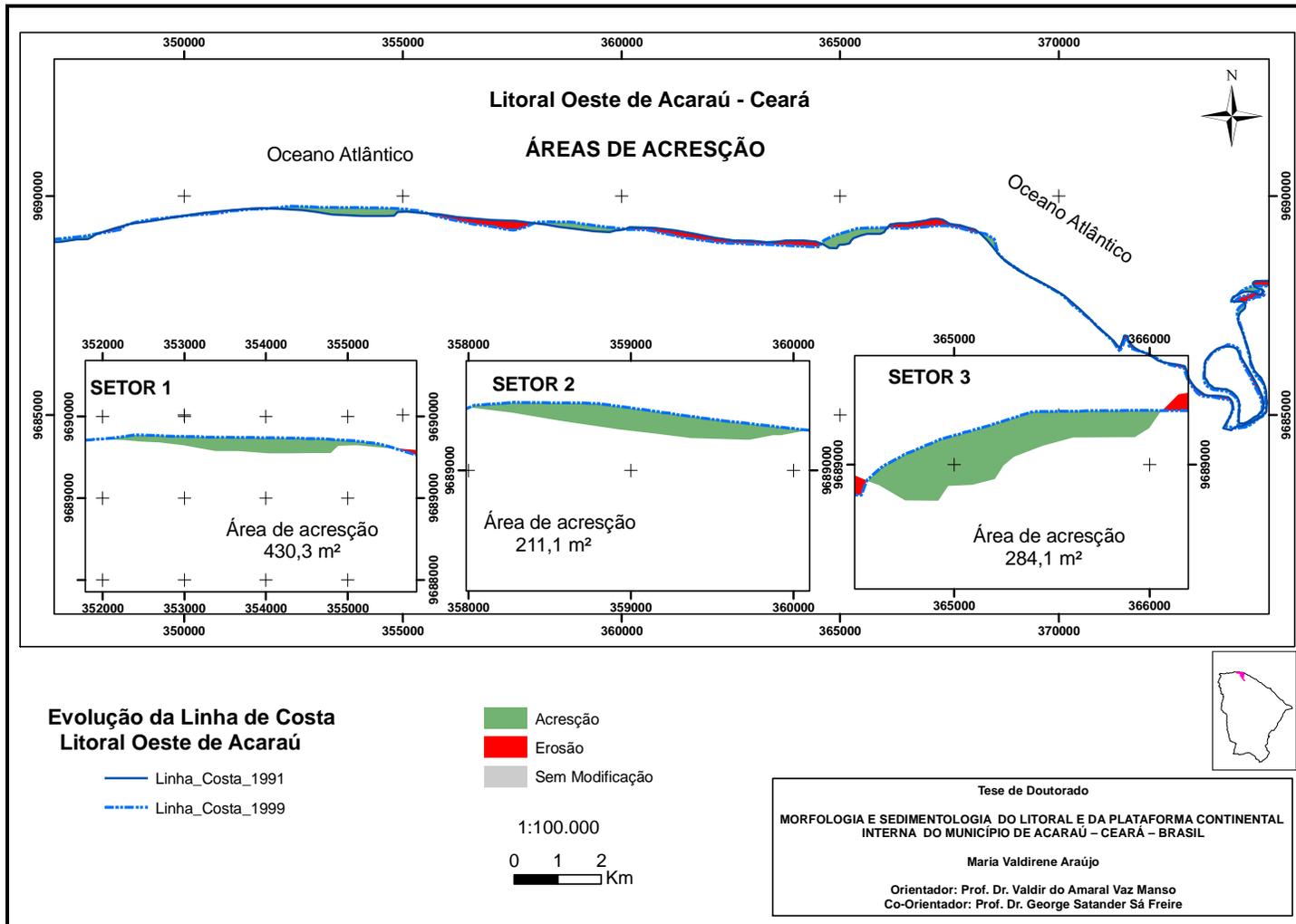


Figura 5.80 – Áreas de acresção de sedimentos para o período de 1991-1999.

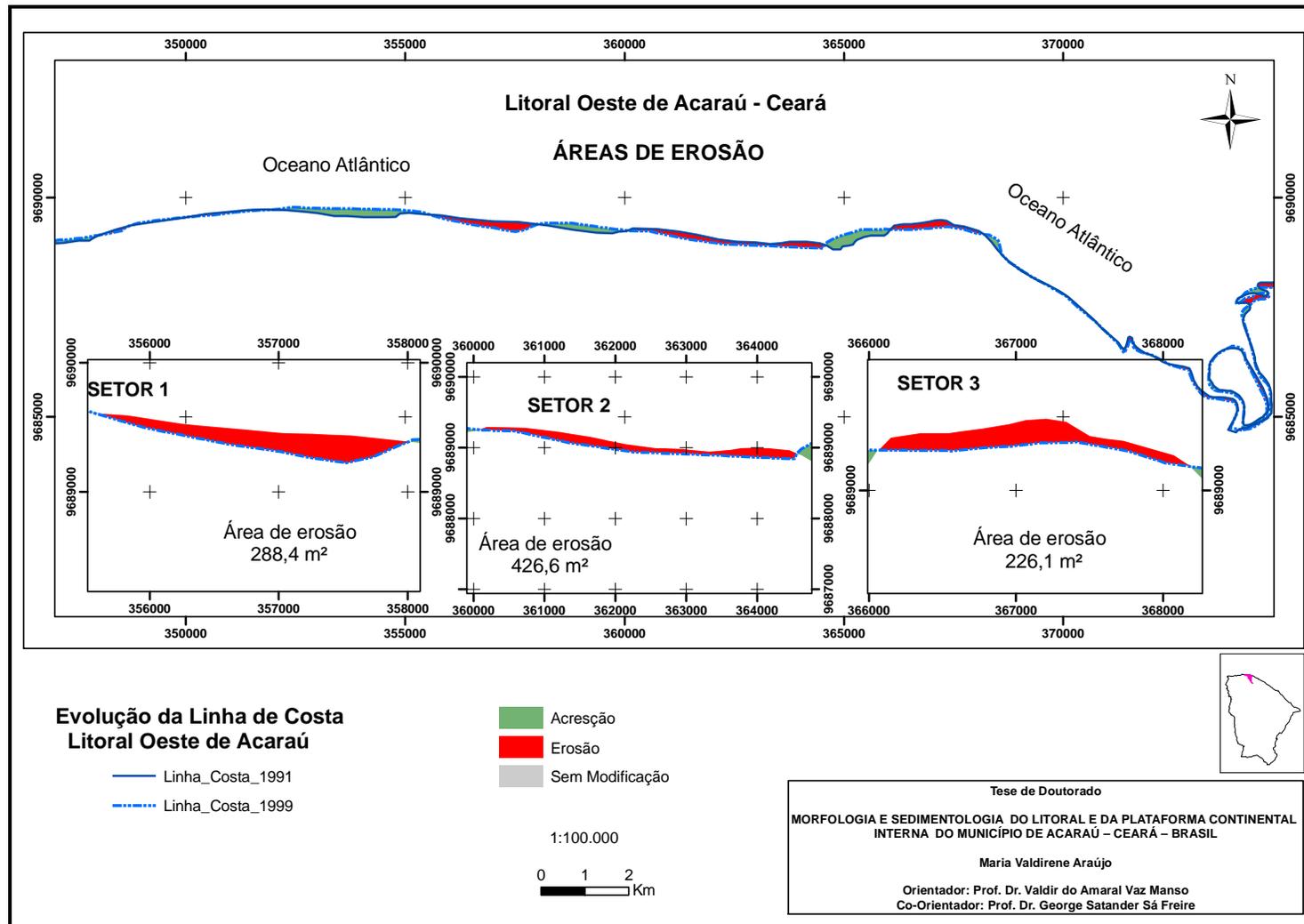


Figura 5.81 – Áreas de erosão de sedimentos para o período de 1991-1999.

### 5.5.1.3 Período 1999 – 2008

Nesse período de 9 anos (1999-2008) houve significativas alterações ao longo da costa oeste de Acaraú, com regiões alternadas de erosão e sedimentação. Outra alteração na paisagem litorânea dessa região foram as instalações de viveiros de camarão (carcinicultura), localizada próximo a desembocadura do canal de Coroa Grande, em áreas de manguezais, possuindo uma área aproximada de 1.759,2 m<sup>2</sup>.

Nessa escala de tempo o processo de deposição (acresção) foi duplamente maior que o processo erosivo em toda costa oeste.

#### **Acresção**

As áreas de acresção sedimentológica ficaram divididas em 4 setores para melhor visualizar as regiões de maiores deposições ao longo desses 9 anos. Nos Setores 1, 2 e 4 ocorreram 203,3 m<sup>2</sup>, 288,1 m<sup>2</sup> e 209,5 m<sup>2</sup> (nessa área a sedimentação ocorreu em barras arenosas desligadas do continente) respectivamente. O setor com maior área de sedimentação foi o 3, alcançando uma área aproximada de 437,4 m<sup>2</sup> (Figura 5.82).

#### **Erosão**

A erosão também foi significativa para o período de 1999 a 2008, sendo as maiores áreas erosivas divididas em setores, como mostra a Figura 5.83.

No Setor 1 teve um recuo da linha de costa, com erosão de cerca de 176,8 m<sup>2</sup>, enquanto no Setor 2 a erosão foi cerca de 206,1 m<sup>2</sup> ao longo de 5,2 km de costa. No setor 3 a linha de costa recuou 136 m entre as coordenadas geográficas UTM 367000 (N) e 368000 (N), alcançando cerca de 231,6 m<sup>2</sup>, maior área de erosão para esse período. A menor área de erosão está representada no Setor 4, com cerca de 47,1 m<sup>2</sup> de recuo de linha de costa.

O setor 4 na escala de tempo 1999-2008, representa o setor mais afetado pelos processos ecodinâmicos litorâneos. São flechas de areia que mudam constantemente ao longo do tempo pela ação dos agentes transformadores (águas, ventos, marés e correntes) (Figura 5.84).

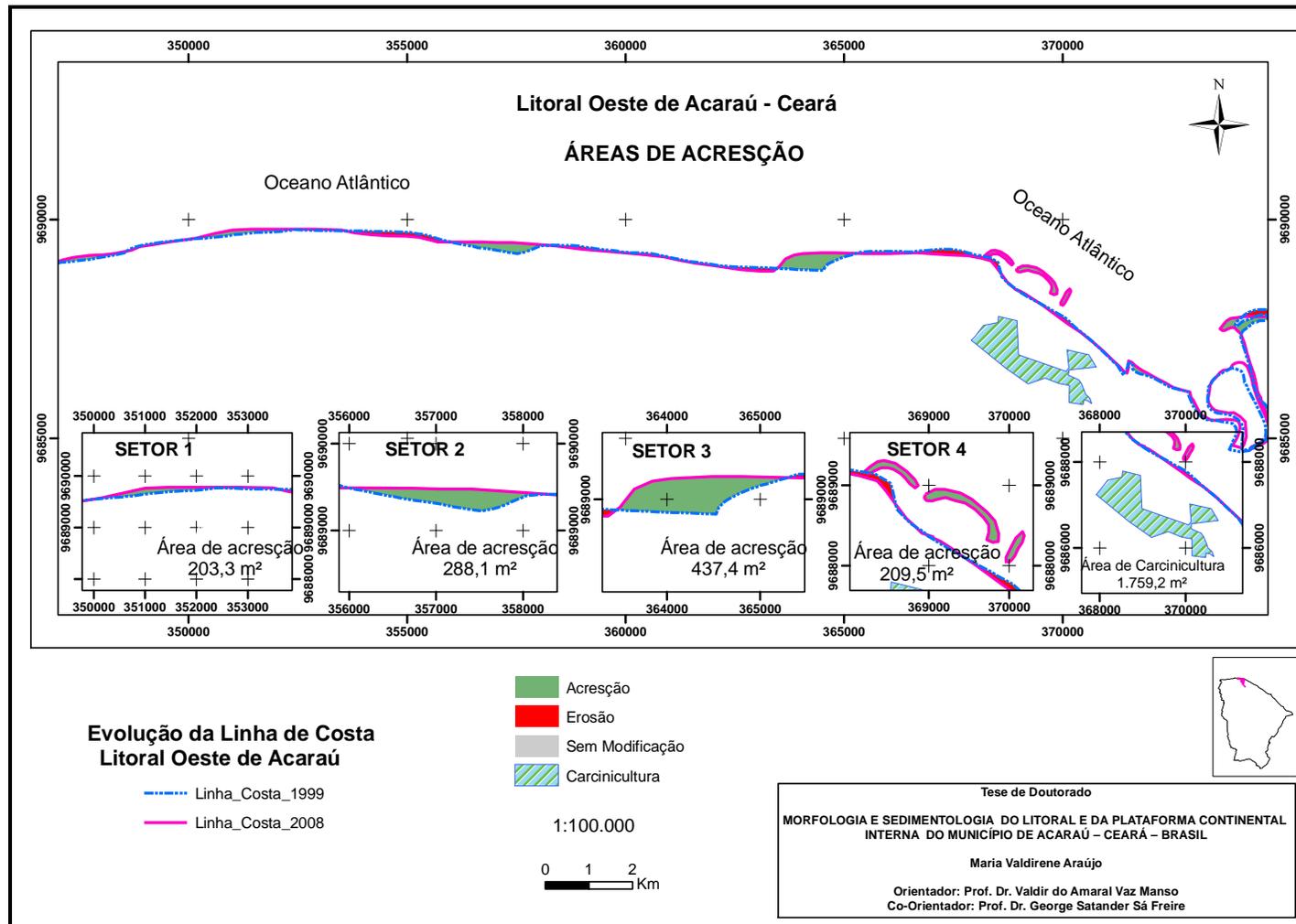


Figura 5.82 – Áreas de acreção de sedimentos para o período de 1999-2008.

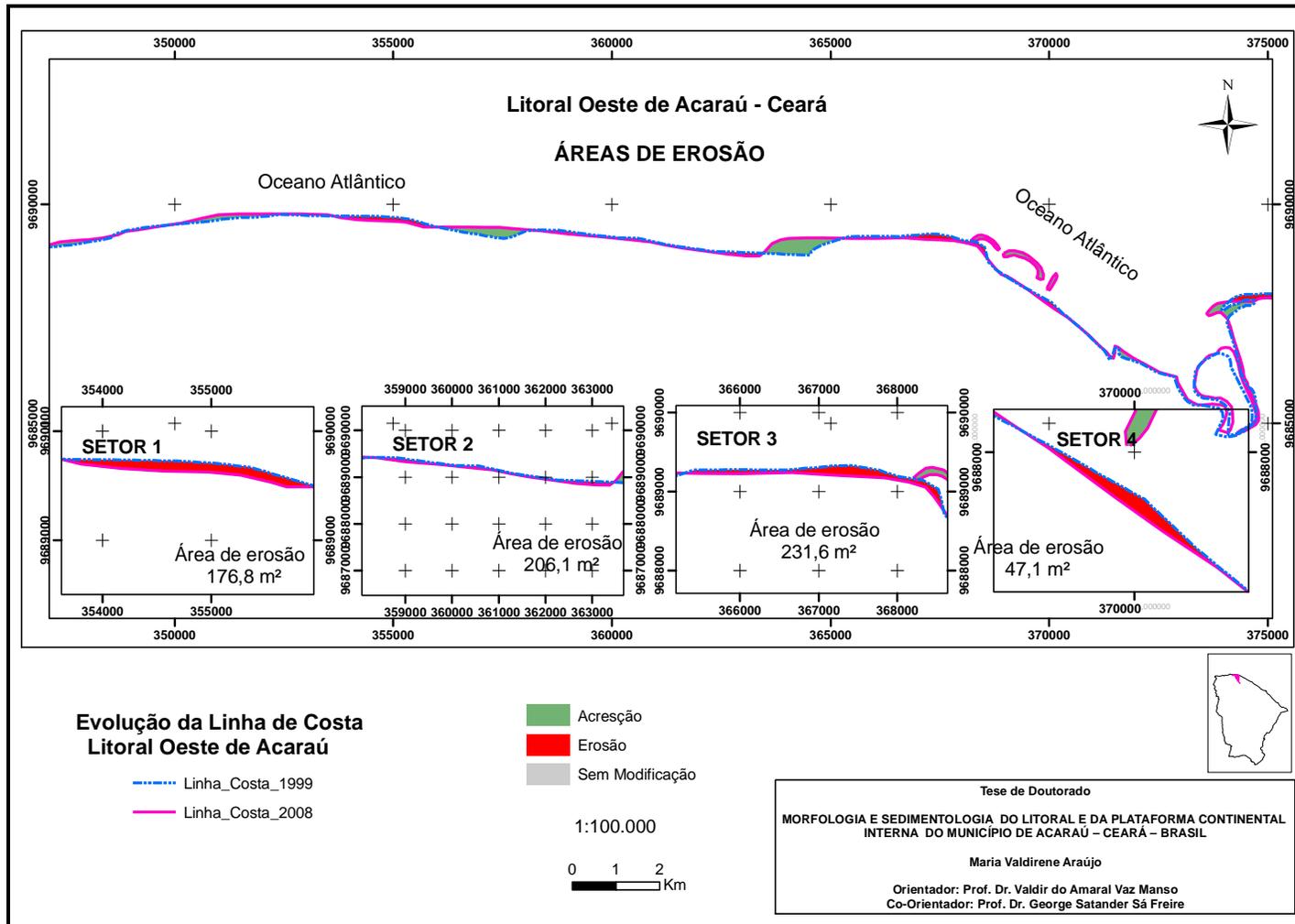


Figura 5.83 – Áreas de erosão de sedimentos para o período de 1999-2008.

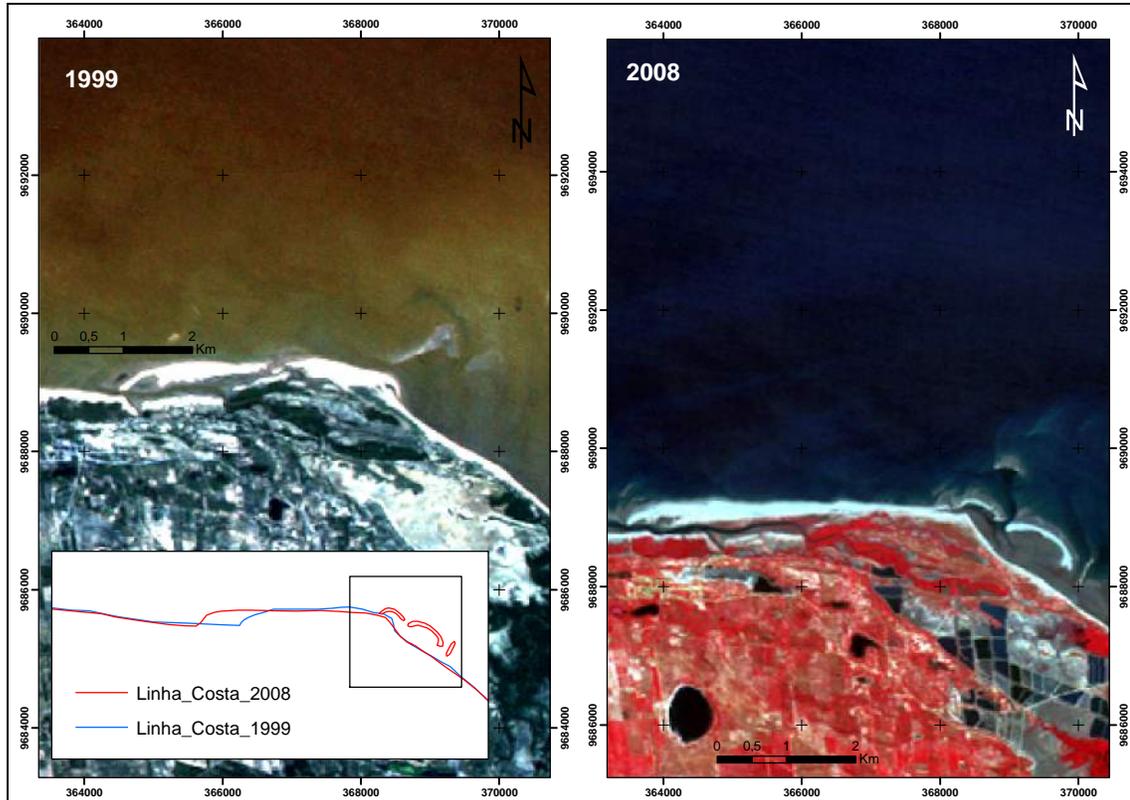


Figura 5.84 – Representa o setor 4 (flecha litorânea de Aranaú) na análise de tempo 1999-2008 nas imagens de satélites (TM Landsat-5, obtida em 02 de julho de 1999, na composição R(1)G(2)B(3) e TM Landsat-5, obtida em 11 de Agosto de 2008, na composição R(4)G(3)B(2)). Observa-se a mudança de morfologia nas flechas de areia e formação da barra arenosa como mostra a imagem de 2008.

## 5.5.2 Evolução da Linha de Costa do Litoral Leste de Acaraú

O litoral leste de Acaraú apresenta uma morfodinâmica bem diferenciada da que foi observada no litoral oeste, é uma área caracterizada por flechas arenosas, ora ligados ao continente em uma das extremidades, ora formam barras arenosas paralelas à costa.

### 5.5.2.1 Período 1987 – 1991

Nesta escala temporal pode-se constatar o movimento de transporte de sedimentos com intercalação de áreas de erosão e acresção, essa migração está relacionada às correntes litorâneas no sentido W que acaba gerando o transporte de sedimentos. A comparação feita entre as linhas de costa para os anos de 1987-1991 (intervalo de 4 anos) foi dividida em 4 setores para melhor acompanhar a variação ocorrida nesse intervalo de tempo.

#### **Acreção e erosão**

A Figura 5.85 mostra a evolução da linha de costa onde houve sedimentação e erosão. Para o Setor 1, flecha arenosa de Cacimbas a leste da foz do rio Acaraú, apresentou 225,8 m<sup>2</sup> de acresção de sedimentos e 176,3 m<sup>2</sup> de erosão, enquanto no Setor 2 (flecha arenosa de Boqueirão) a área de deposição foi menor com 194,8 m<sup>2</sup>, onde o pontal teve migração de 121 m no sentido W. A taxa de erosão também foi bem menor com relação ao Setor 1, de apenas 74,5 m<sup>2</sup>.

O setor 3 representa uma área inundada de planície de maré e para o período analisado de 4 anos, houve 428,6 m<sup>2</sup> de acresção de sedimentos e apenas 75,7 m<sup>2</sup> de área erodida.

O Setor 4 (flecha litorânea de Espreado e Volta do Rio) foi a área que mais sofreu modificações alternadas de erosão e acresção. No entanto, a região erodida

não passou de 381 m<sup>2</sup>, enquanto que a deposição de sedimentos foi muito significativa em termos de volume, com cerca de 1.333,6 m<sup>2</sup> de acresção (valores referentes aos dois pontais desse Setor, como se observa na Figura 5.85).

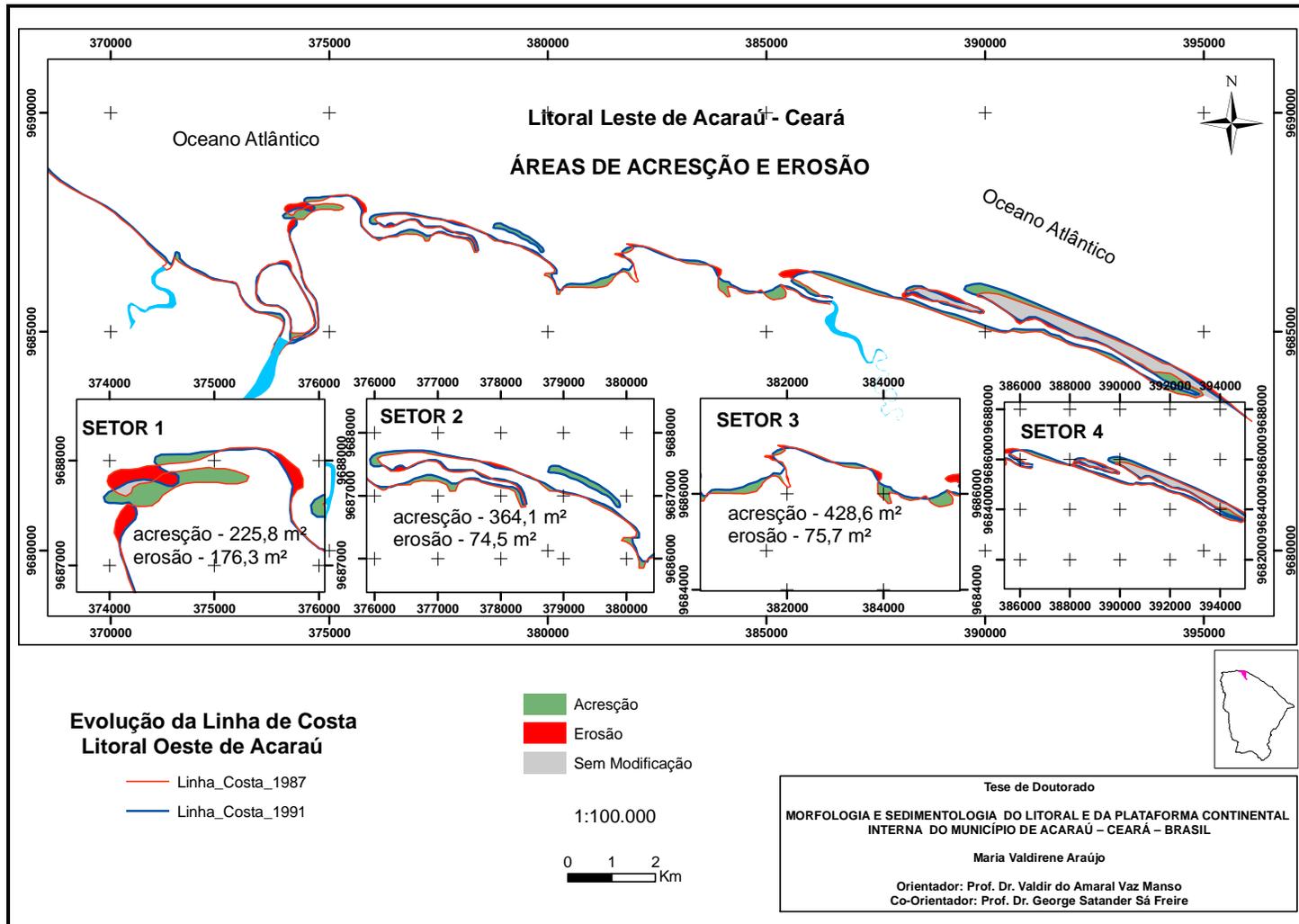


Figura 5.85 – Áreas de acresção e erosão de sedimentos para o período de 1987-1991.

Nessa escala de tempo 1987-1991, houve significativas mudanças na morfologia da linha de costa e principalmente na formação das flechas de areia. Os setores com maiores modificações foram o 1 e 2 (Figura 5.86) e o setor 4 (Figura 5.87).

A Figura 5.86 mostra a evolução das flechas arenosas de Cacimbas e Boqueirão, no qual tiveram significativas mudanças em sua morfologia. Observa-se também o surgimento de uma barra arenosa paralela a costa (imagem de satélite de 1991) na praia de Arpoeiras.

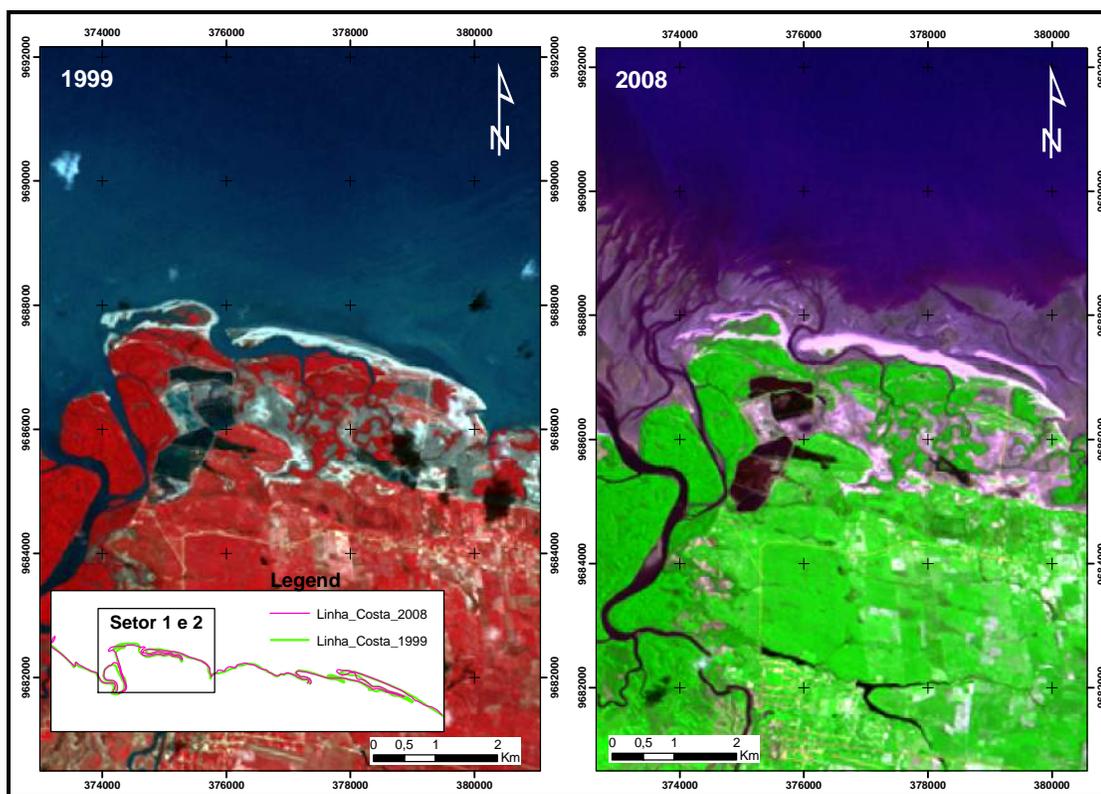


Figura 5.86 – Evolução dos setores 1 e 2 nas imagens de satélites (TM Landsat-5, obtida em 17 de julho de 1987, na composição R(4)G(3)B(2) e TM Landsat-5, obtida em 10 de Junho de 1991, na composição R(3)G(4)B(1)).

A Figura 5.87 mostra a evolução das flechas litorâneas de Espreado e Volta do Rio, no qual sofreram modificações na sua morfologia ao longo desses quatro anos. Observa-se também mudança na morfologia da barra arenosa paralela a costa, entre as duas flechas arenosas.

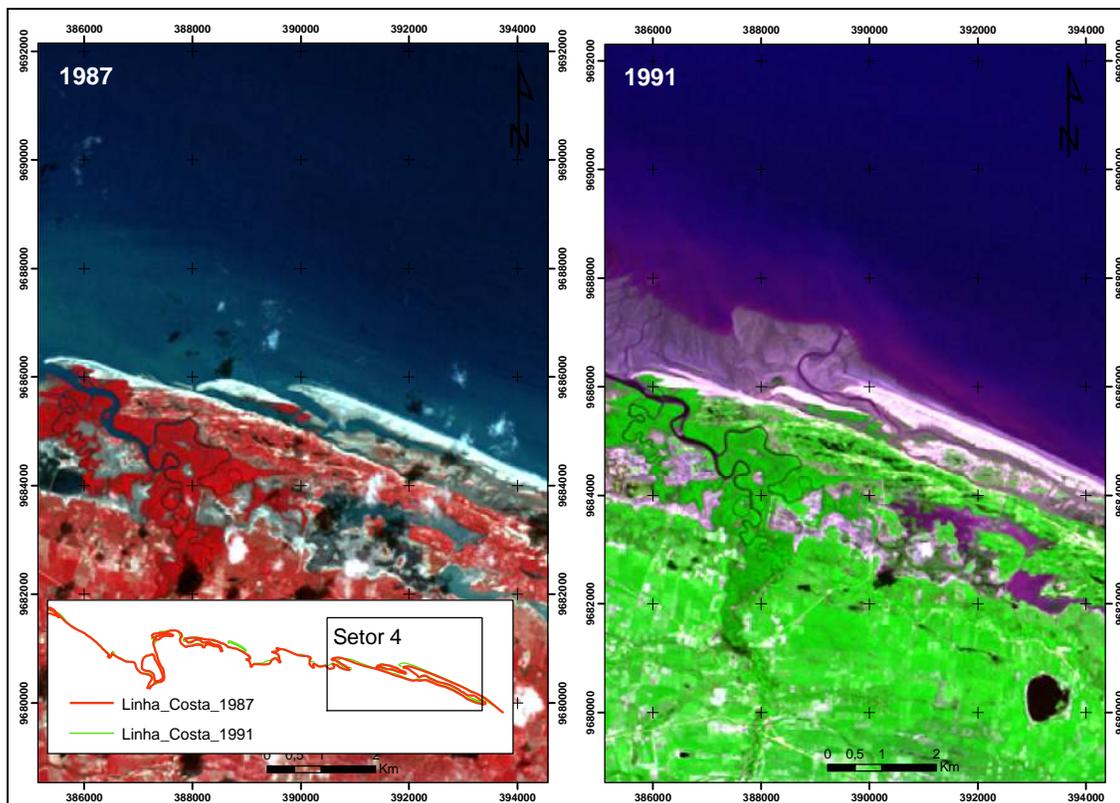


Figura 5.87 – Evolução do setor 4 nas imagens de satélites (TM Landsat-5, obtida em 17 de julho de 1987, na composição R(4)G(3)B(2) e TM Landsat-5, obtida em 10 de Junho de 1991, na composição R(3)G(4)B(1)).

#### 5.5.2.2 Período 1991 – 1999

Ao longo dos 8 anos ocorreram grandes modificações em toda a costa leste de Acaraú. A comparação feita entre as linhas de costa para os anos de 1991-1999 foi dividida em 4 setores, para melhor compreensão da variação ocorrida nesse período.

#### **Acresção e erosão**

Os setores nos quais ocorreram modificações significativas foram o 1 e o 4, ambos representados por flechas arenosas, onde predominaram processos

erosivos. As taxas de erosão no setor 1 foram de 324,5 m<sup>2</sup>, enquanto que no setor 4 foi de 2.184,8 m<sup>2</sup> (Figura 5.88).

As áreas de sedimentação ocorreram em resposta aos processos erosivos, sendo bem menos significativas. As maiores taxas de deposição foram nos setores 2 com 184,4 m<sup>2</sup> e 4 com 1.327,6 m<sup>2</sup>. As mudanças na linha de costa e principalmente nas flechas arenosas mudaram a fisionomia deste ambiente onde atuam os processos dinâmicos costeiros (Figura 5.89).

A figura seguinte mostra a evolução das flechas litorâneas de Espreado e Volta do Rio e a barra arenosa localizada entre essas duas flechas, no qual houve alongamento em direção W da flecha arenosa de Volta do rio, onde está o círculo na imagem (Figura 5.88 e Figura 5.89).

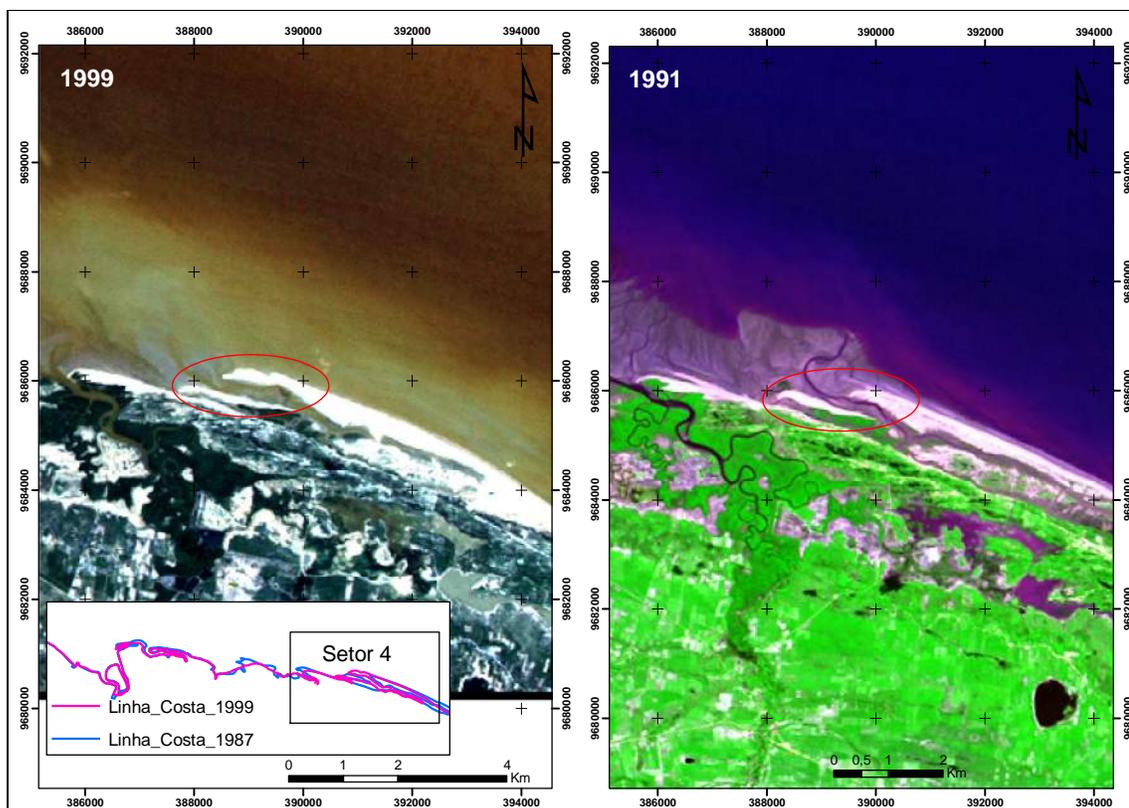


Figura 5.88 – Evolução do setor 4 observada nas imagens de satélites (TM Landsat-5, obtida em 02 de julho de 1999, na composição R(1)G(2)B(3) e TM Landsat-5, obtida em 10 de Junho de 1991, na composição R(3)G(4)B(1)).

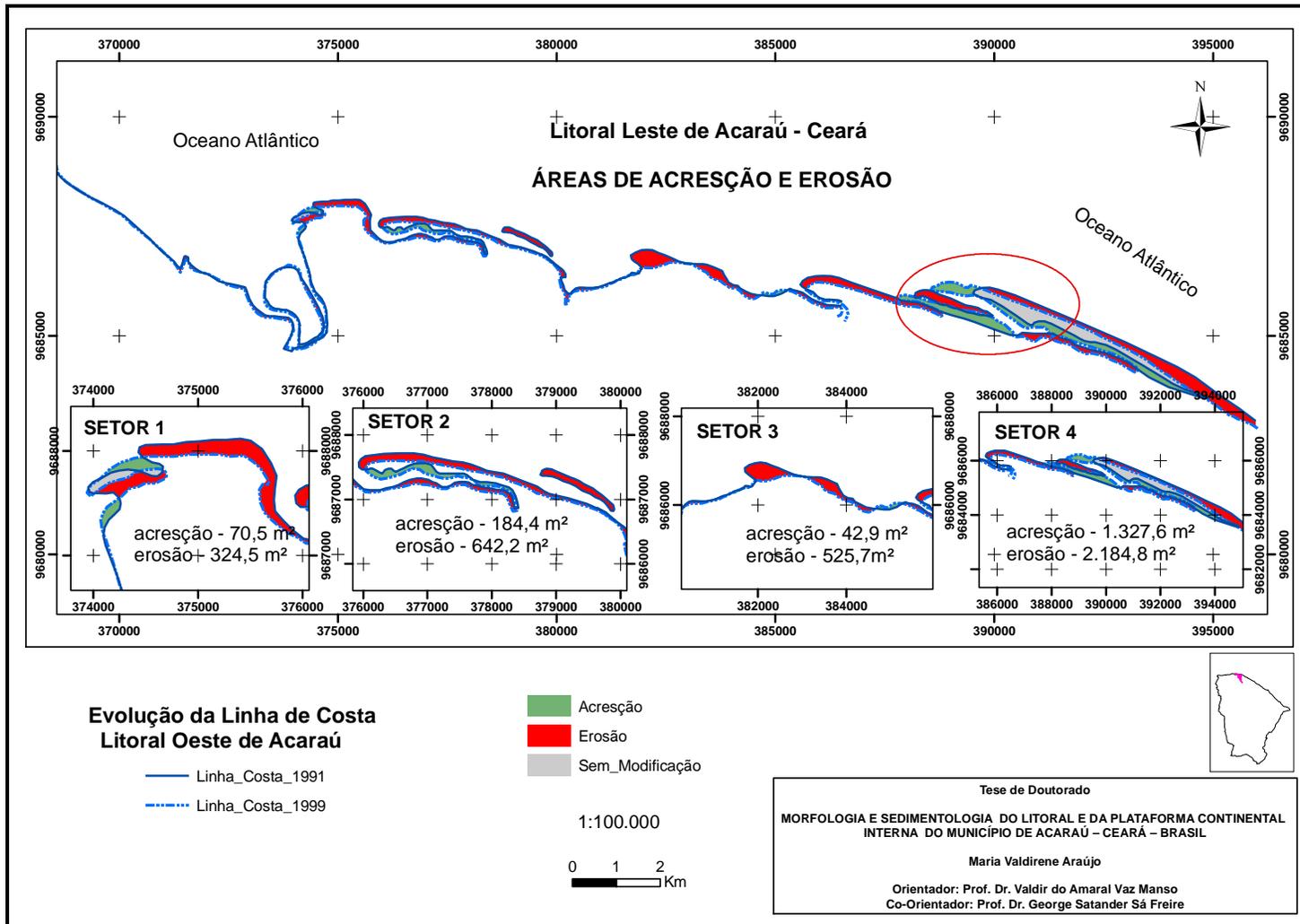


Figura 5.89 – Áreas de acresção e erosão de sedimentos para o período de 1991-1999.

### 5.5.2.3 Período 1999 – 2008

No período analisado, as grandes transformações ocorreram não apenas processos naturais como também por intervenções antrópicas através da instalação de indústrias de carcinicultura em áreas litorâneas, principalmente em áreas de manguezal, apicum e salgado, como se observa nas figuras (Figura 5.90a, Figura 5.90b e Figura 5.91).

Os processos erosivos e de deposição puderam ser observados ao longo de toda costa leste de Acaraú, ocorrendo à predominância da deposição nos quatro setores analisados nessa escala de tempo. As taxas para os setores 1, 2, 3 e 4 corresponderam respectivamente a; 178,7 m<sup>2</sup>, 91,5 m<sup>2</sup>, 55 m<sup>2</sup> e 415,9 m<sup>2</sup>.

As áreas de sedimentação ocorreram em resposta aos processos erosivos, sendo bem mais significativas. As maiores taxas de deposição foi nos setores 1 com 207,5 m<sup>2</sup>, 2 com 323,3 m<sup>2</sup>, 3 com 318,8 m<sup>2</sup> e 4 com 558,5 m<sup>2</sup>. As mudanças na linha de costa e principalmente nas flechas arenosas mudaram a fisionomia deste ambiente onde atuam os processos dinâmicos costeiros (Figura 5.92).

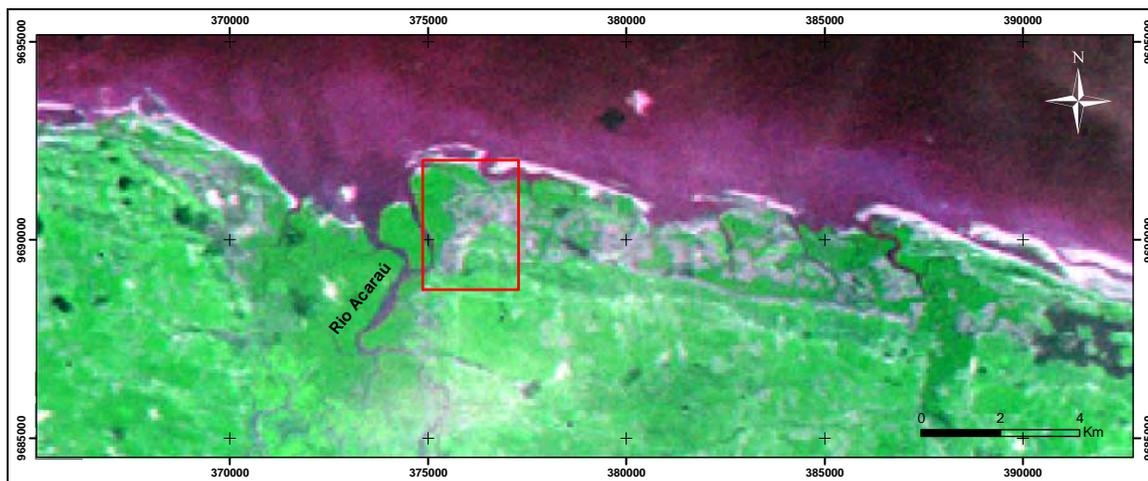


Figura 5.90a – Mostra área de carcinicultura. Imagem do sensor MSS Landsat-2, obtida em 24 de maio de 1977, na composição R(4)G(6)B(5). Ressalta-se para a resolução da imagem que é de 80m, não sendo possível identificar detalhes na imagem.

A Figura 5.90b mostra os setores 1 e 2 com as áreas de manguezais recentes e mais antigas. Os quadrados, verde e branco, indicam as áreas de carcinicultura e diferenciam na data de implantação. Essa região de Acaraú, tudo indica que sejam áreas de interesse para implantação dessas atividades, pois essa área indicada na cor verde, data da década de 1970 (Figura 5.90a) e a área demarcada na cor branca, são implantações recentes.

Esta imagem (Figura 5.90a) foi usada neste trabalho somente para ilustrar essa área de carcinicultura da década de 1970.

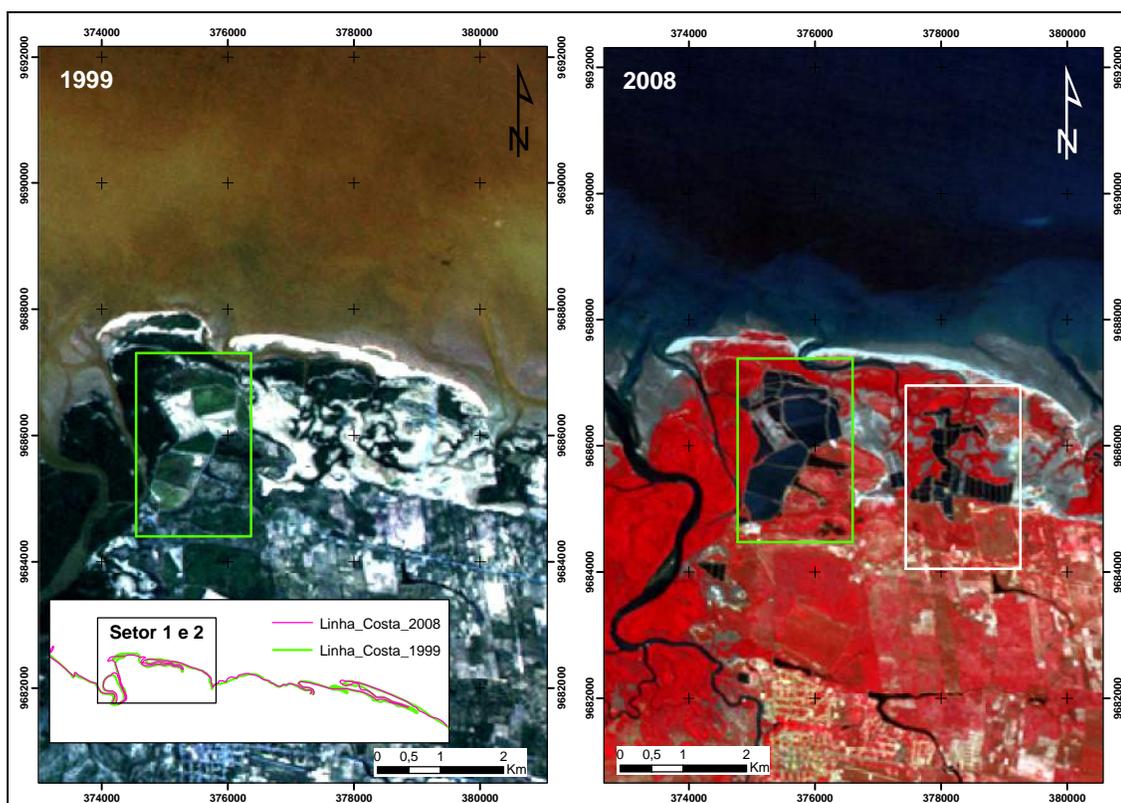


Figura 5.90b – Representa os setores 1 e 2 na análise de tempo 1999-2008 nas imagens de satélites (TM Landsat-5, obtida em 02 de julho de 1999, na composição R(1)G(2)B(3) e TM Landsat-5, obtida em 11 de Agosto de 2008, na composição R(4)G(3)B(2)). Observa-se a presença de indústrias de carcinicultura.

A Figura 5.91 confere uma das mudanças significativas nessa escala de tempo 1999-2008, as instalações de carcinicultura ao longo de toda a costa de Acaraú, ocasionando sérios impactos ambientais ao meio fluviomarinho, afetando principalmente o ecossistema manguezal.

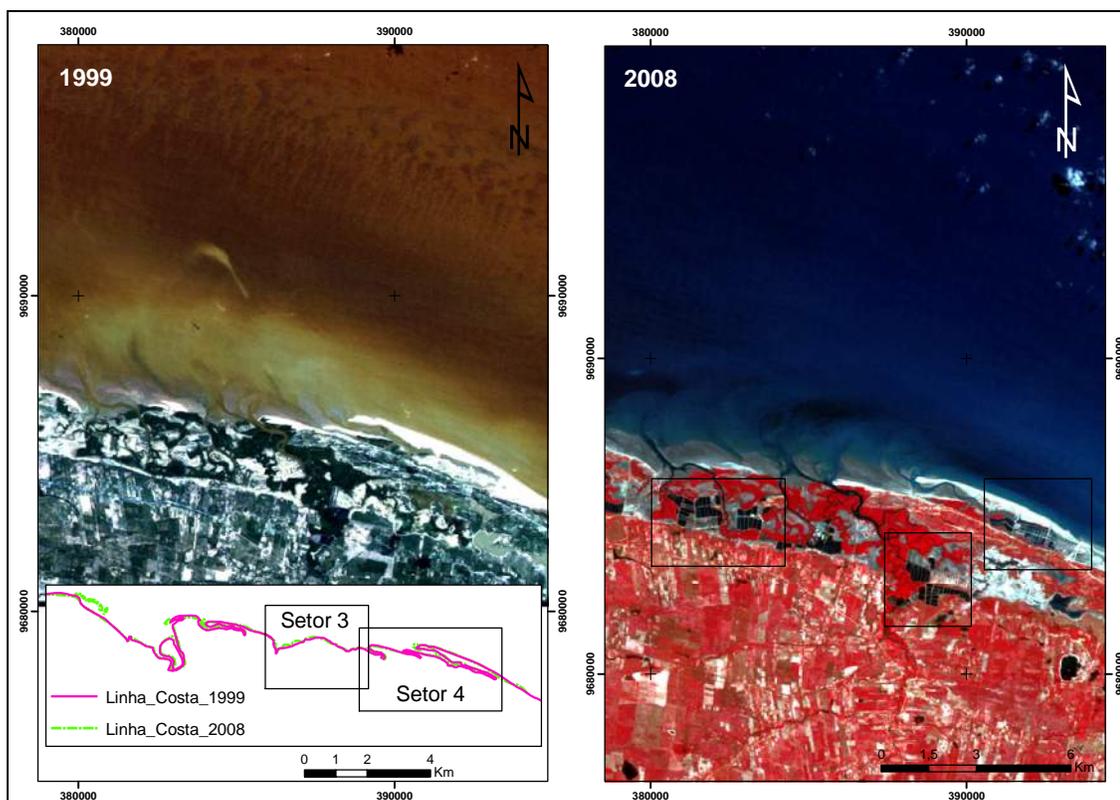


Figura 5.91 – Evolução dos setores 3 e 4, observada nas imagens de satélites (TM Landsat-5, obtida em 02 de julho de 1999, na composição R(1)G(2)B(3) e TM Landsat-5, obtida em 11 de Agosto de 2008, na composição R(4)G(3)B(2)).  
 Observa-se a crescente presença de indústrias de carcinicultura.

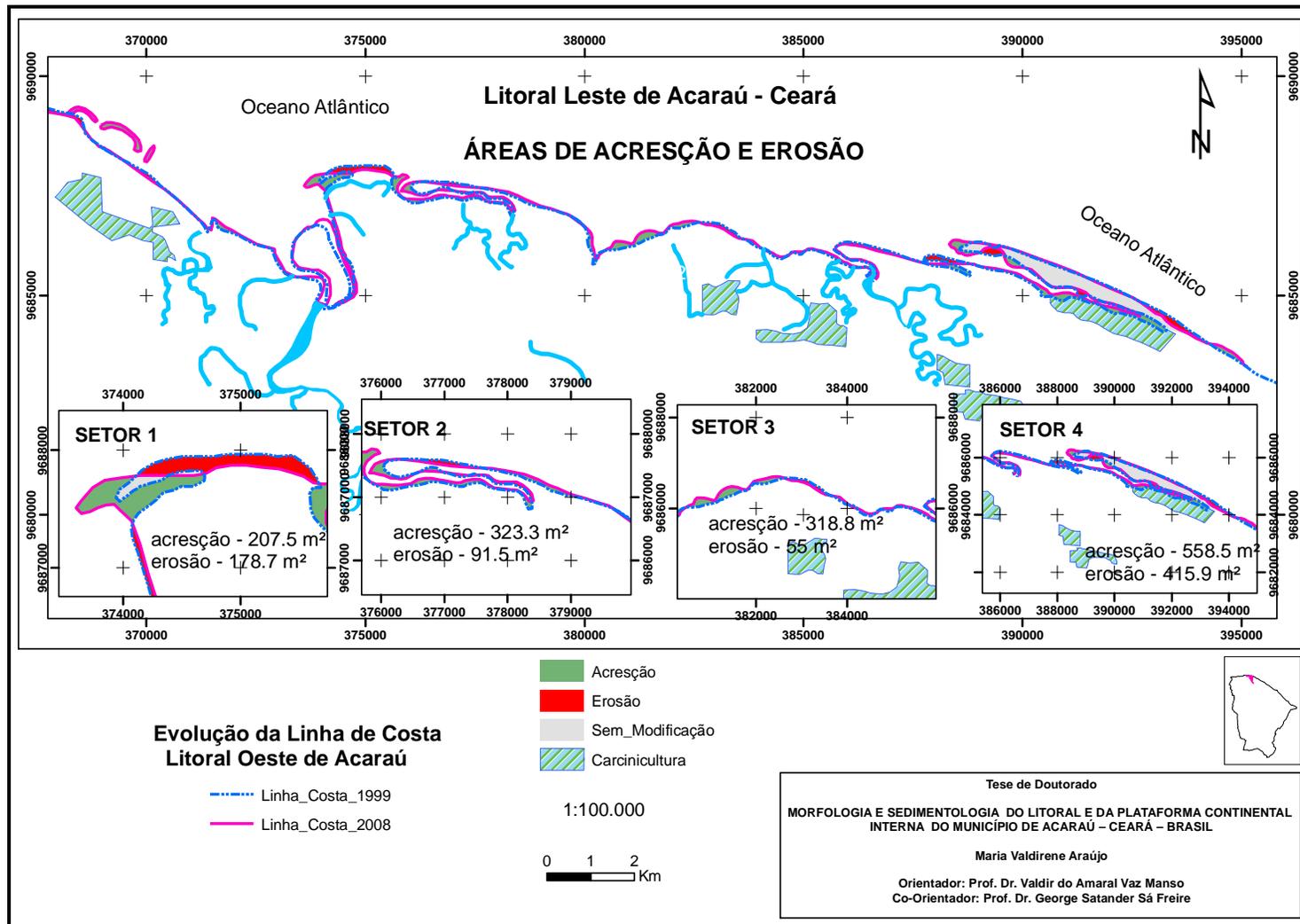


Figura 5.92 – Áreas de acresção e erosão de sedimentos para o período de 1999-2008.

### 5.5.3 Análise da Evolução da Linha de Costa nos anos de 1987 a 2008

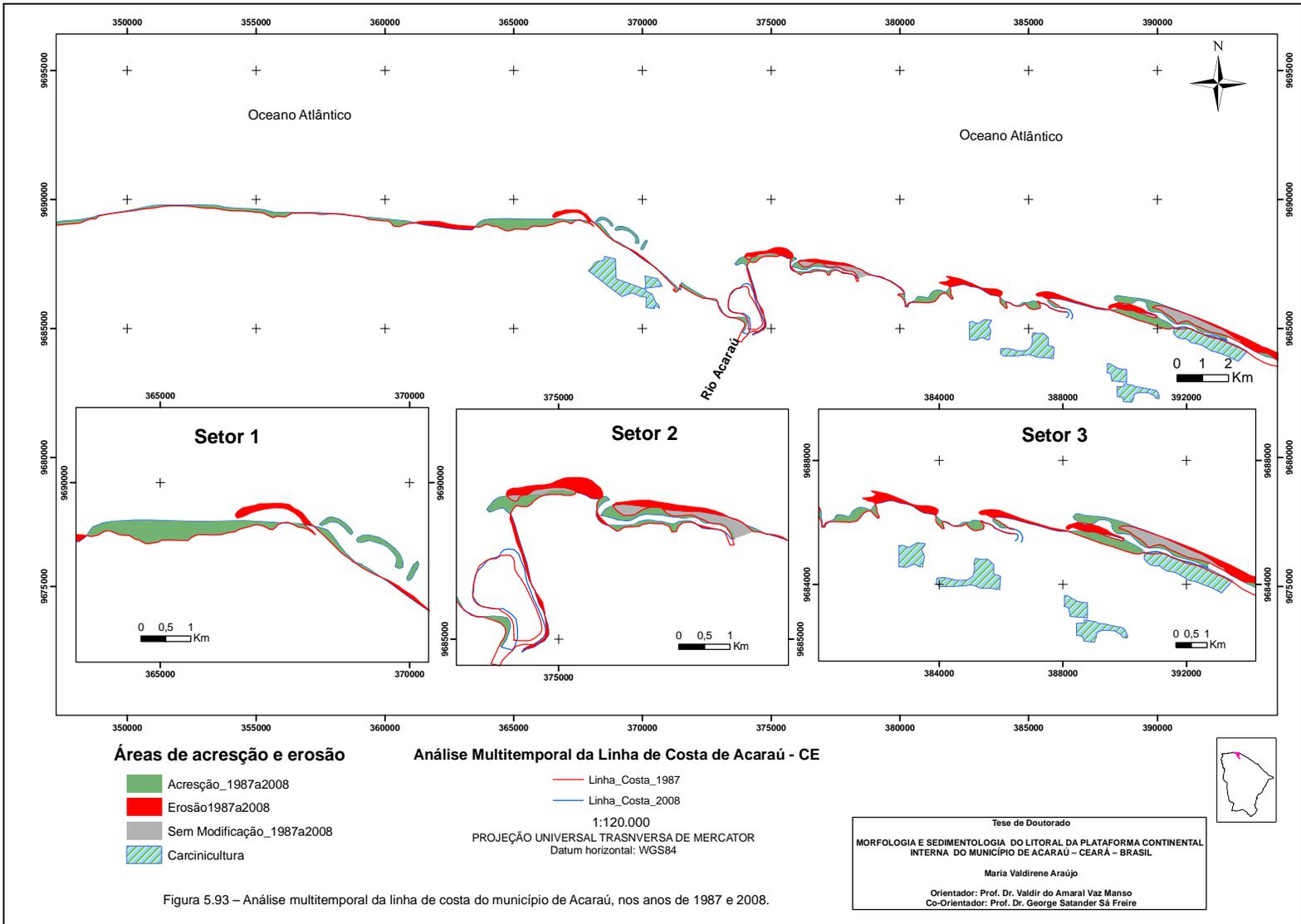
Na análise multitemporal da evolução da linha de costa de Acaraú observou-se na Figura 5.93 as modificações ocorridas nessa escala de tempo de 21 anos, realizada através de imagens de satélite LANDSAT 5, dos anos de 1987 e 2008.

Observando as figuras 5.93, 5.94, 5.95 e 5.96 verifica-se que as principais modificações ao longo da costa de Acaraú, ocorreram na flecha arenosa de Aranaú no litoral oeste (Setor 1), nas flechas arenosas de Boqueirão e Cacimbas (Setor 2) e Espreado e Volta do Rio no litoral leste (Setor 3).

No setor 1 observou o predomínio de deposição, onde a barra arenosa que constituía a linha de costa de 1987 foi migrando em direção ao continente ao longo desses 21 anos, formando bancos de areia a leste dessa área.

No setor 2 verificaram-se áreas de deposição e erosão nas flechas arenosas de Cacimbas e Boqueirão, predominando áreas de erosão na flecha arenosa de Cacimbas.

No setor 3 localiza-se uma área de inundação de manguezais (predominando os processos erosivos nessa área) e as flechas arenosas de Espreado (ocorreu erosão ao longo de sua extensão) e Volta do Rio, onde predominou os processos deposicionais alongando a flecha litorânea em direção a W.



Na Figura 5.94 observa-se a evolução da linha de costa no setor 1 (definido na Figura 5.93), onde verificam-se as principais modificações na flecha arenosa de Aranaú, que onde houve um maior predomínio de deposição nessa área.

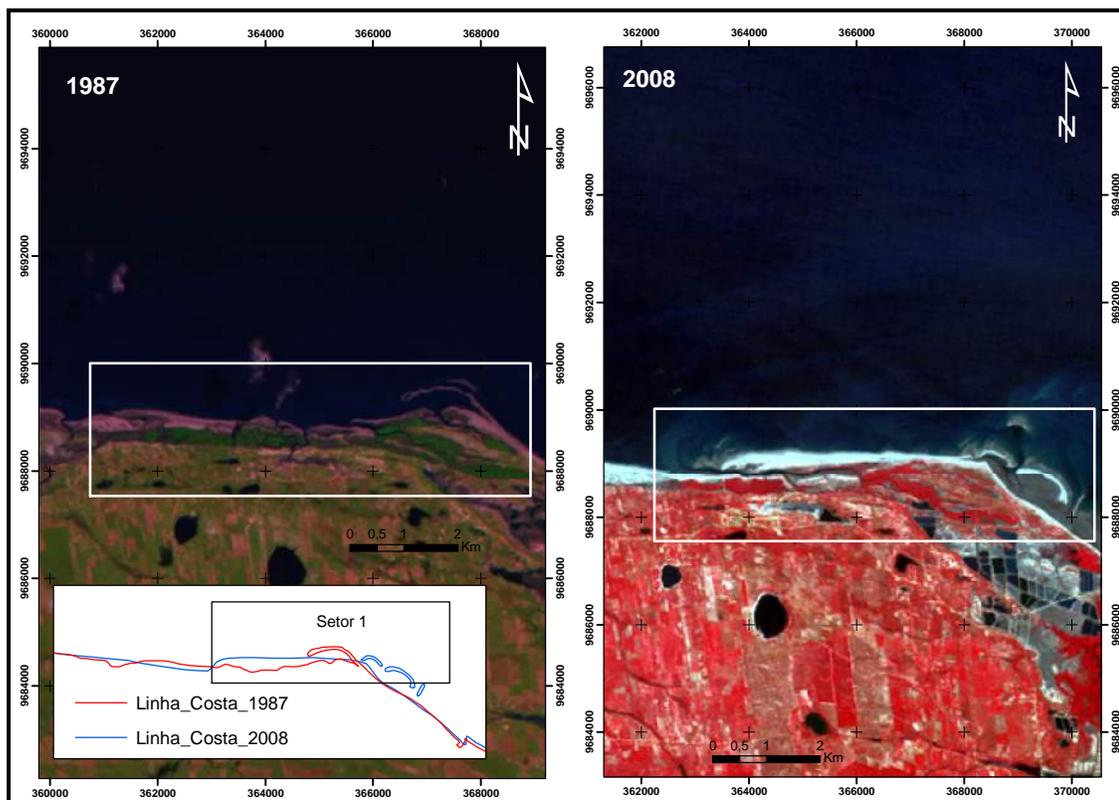


Figura 5.94 – Mostra o setor 1 na análise de tempo 1987-2008 nas imagens de satélites (TM Landsat-5, obtida em 17 de julho de 1987, na composição R(5)G(4)B(3) e TM Landsat-5, obtida em 11 de Agosto de 2008, na composição R(4)G(3)B(2)).

Na Figura 5.95 mostra o setor 1 (definido na Figura 5.93) onde se observa a mudança na morfologia das flechas arenosas de Cacimbas e Boqueirão ao longo de 21 anos, caracterizando a ação de processos erosivos.

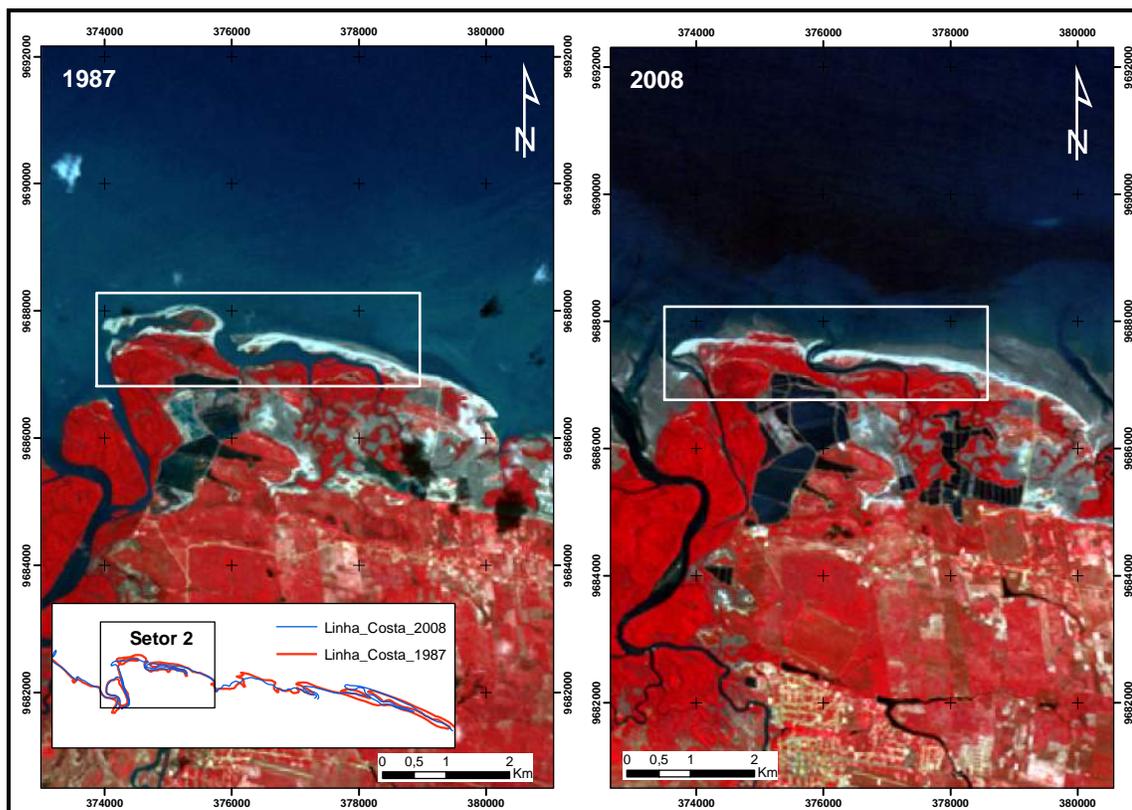


Figura 5.95 – Mostra o setor 2 na análise de tempo 1987-2008 nas imagens de satélites (TM Landsat-5, obtida em 17 de julho de 1987, na composição R(4)G(3)B(2) e TM Landsat-5, obtida em 11 de Agosto de 2008, na composição R(4)G(3)B(2)).

Na Figura 5.96 mostra o setor 3 (definido na Figura 5.93), onde verificamos as mudanças ocorridas ao longo das flechas arenosas de Espreado e Volta do rio. Na imagem de 1987 observamos uma barra arenosa paralela à costa entre as duas flechas arenosas, que ao longo do tempo essa foi migrando em direção à praia de Espreado. Outra mudança ocorrida nesse período foi às intervenções humanas, com as instalações de carcinicultura ao longo de toda a costa de Acaraú, que na figura 5.96 observamos tanques de carcinicultura entre as duas flechas litorâneas.

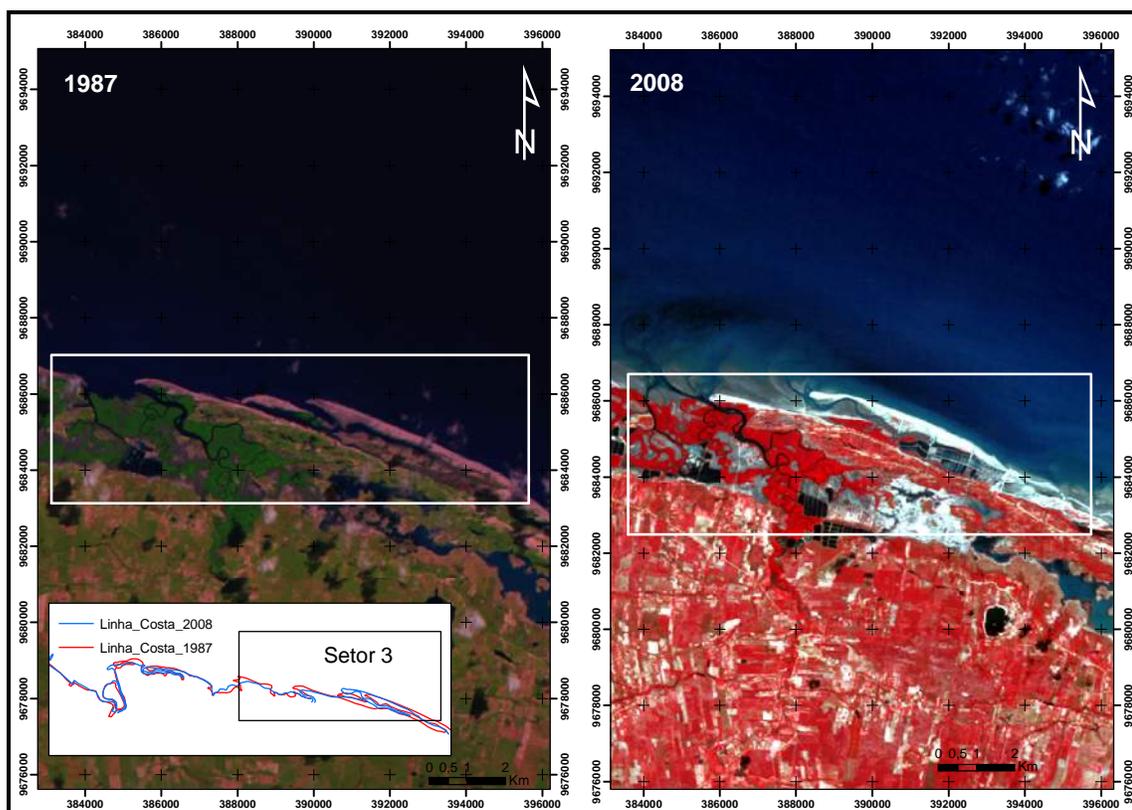


Figura 5.96 – Mostra as modificações na região litorânea do setor 3 (definido na Figura 5.93) na análise de tempo 1987-2008 nas imagens de satélites (TM Landsat-5, obtida em 17 de julho de 1987, na composição R(5)G(4)B(3) e TM Landsat-5, obtida em 11 de Agosto de 2008, na composição R(4)G(3)B(2)).

## CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa foi realizada no município de Acaraú – CE, localizado a noroeste do Estado do Ceará e constitui-se em uma contribuição para o conhecimento morfológico/sedimentológico da região costeira e da plataforma continental interna e variação da linha de costa da área, além de fornecer subsídios para futuros trabalhos sobre o tema estudado.

Apresentou de início a morfologia e sedimentologia do litoral leste de Acaraú, onde foram constatada as diferentes características sedimentológicas quanto à composição, textura e seleção.

O regime hidrodinâmico da região litorânea estudada reflete a complexidade dos diferentes tensores ambientais atuantes nessas áreas. As relações entre os fatores que intervêm neste ambiente, principalmente a influência dos aportes fluviais, marinhos e a ação dos ventos dominantes mostram que as regiões litorâneas são ambientes deposicionais intimamente relacionados aos processos oceânicos, como no aporte de sedimentos da planície de maré de Acaraú; aos processos fluviomarinhos, como por exemplo, a influência do Rio Acaraú e da rede de drenagem das bacias hidrográficas, Litoral e Coreaú, que deságuam na região litorânea do município de Acaraú; e aos processos eólicos atuantes sobre os campos de dunas e flechas arenosas.

Quanto à morfologia praial dos perfis monitorados, nos perfis 1, 4 e 6 ocorreram deposição ao longo de todo o perfil. Para os perfis 2 e 3 houve o predomínio de erosão e no perfil 5 observou-se o processo erosivo na zona de estirâncio e deposição nos setores do pós-praia e planície de maré.

Para a plataforma continental, apresentou-se um mapeamento dos sedimentos superficiais marinhos até a isóbata de 30m através de técnicas de sensoriamento remoto foi confeccionado o modelo batimétrico, o mapa faciológico, o

mapa de teor de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e os mapas de distribuição textural de cascalho, areia e lama.

O modelo batimétrico foi de extrema importância para representar a morfologia de fundo e subsidiar na confecção do mapa faciológico. Através do mesmo, foram traçados perfis transversais e longitudinais para a identificação das feições submersas.

A declividade variou de 1:1666 a 2:500 nos primeiros 5 km mar a dentro, enquanto se observa uma declividade suave nos primeiros 30 km de 1:2000 e profundidade média de -15m. Após 30.000 metros mar adentro até a isóbata de 30m, o relevo se apresenta com suaves declives, intercalados por relevos positivos e negativos. Os maiores declives são observados nos perfis transversais 33', 44' e mais acentuadamente, formando pequenas colinas, no perfil 55'. Nos perfis longitudinais AA', BB' e CC' verificam-se o paleocanal do rio Acaraú, que se estende cerca de no máximo 12.000 metros de distância da linha de costa. Nos perfis D D', E E' e F F' observou-se um relevo mais acidentado, com presença de colinas e canais, sendo estes modificados predominantemente por processos marinhos.

Quanto à composição, foram identificados 4 (quatro) fácies sedimentares, os quais foram subdivididas em: duas associações faciológicas; uma litoclástica e outra carbonática. A associação litoclástica dividiu-se em duas fácies: Areia Litoclástica e Areia Litobioclástica, e a associação carbonática apresentou-se duas fácies: Areia Bioclástica e Areia Biolitoclástica.

Dentre as fácies sedimentares identificadas na área, ocorreram com predominância as Areias Bioclásticas, com uma área de aproximadamente de 1.909,71 km<sup>2</sup>.

Os teores de Carbonato de Cálcio ( $\text{CaCO}_3$  %) confirmam a tendência regional apresentada na literatura para região nordeste, com concentrações predominantemente superiores a 70%.

A distribuição textural dos sedimentos da plataforma continental interna de Acaraú foi classificada em percentuais de Cascalho, Areia e Lama. De acordo com a análise dos mapas texturais, a maior concentração foi de areia (cerca de 19

amostras), sendo a concentração de cascalho bem inferior (apenas 8 amostras) enquanto as áreas de lama se mostraram irrisórias na área estudada.

A evolução da linha de costa do município de Acaraú foi analisada por intermédio de técnicas de sensoriamento remoto através de imagens de satélites dos últimos 20 anos. Os produtos de sensores remotos, juntamente com os recursos disponíveis no SIG, mostraram extrema eficiência no estudo da análise multitemporal da área estudada, provendo informações procedentes da variação da linha de costa e da dinâmica costeira.

Observou-se que os processos erosivos e de deposição são dinâmicos e inter-relacionados com os condicionantes ambientais locais (ventos, ondas, correntes e marés), os quais condicionam a área a susceptíveis e constantes mudanças.

A metodologia adotada para a análise multitemporal da área em estudo, possibilitou a geração de imagens cujas interpretações foram fundamentais para o conhecimento da evolução deste ambiente com alta vulnerabilidade a modificações.

O litoral leste de Acaraú mostrou-se bem mais susceptível a mudanças, em sua morfologia, que o litoral oeste. Este fato se deve predominantemente à sua formação por flechas arenosas, regiões que sofrem constantemente por processos ecodinâmicos costeiros.

Tomando como embasamento o material contido neste trabalho de pesquisa, e para um melhor entendimento dos processos atuantes na Planície Fluvio-marinha e de Maré de Acaraú e Plataforma Continental Interna, torna-se necessário uma continuidade temática a qual sugerimos alguns tópicos:

- Obtenção de dados hidrodinâmicos, visando conhecer sua influência no ambiente nessa área;
- Amostragem sedimentológica da plataforma continental interna mais detalhada, especialmente da planície de maré até a isóbata de 10m (devido à ausência de dados nessa área), para uma melhor caracterização sedimentológica do sistema.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIOTTI, J. L. S. **Fundamentos de Estatística e Geoestatística**. São Leopoldo – RS. 2003.166p.

AQUASIS. **A Zona Costeira do Ceará: Diagnóstico para a Questão Integrada**. Fortaleza, 2003. 293p.

ARAÚJO, R. C. P. **Diagnóstico Socioeconômico da Zona Costeira do Estado do Ceará**. Fortaleza: Instituto de Ciências do Mar (Labomar/UFC). Programa de Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) do Estado do Ceará, 2005. 539p.

ARAÚJO, A. B. **Análise caracterização da dinâmica da foz do rio Apodi, região de Areia Branca/RN, com base na cartografia multitemporal de produtos de sensores remotos**. 2006. 159f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.

ARAÚJO, M. V. **Análise ambiental da área estuarina do rio Acaraú – Ceará – Brasil**. 2007. 130f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Departamento de Geologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

ASSIS, H. M. B. **Sedimentos marinhos da plataforma continental de Pernambuco e critérios estratégicos de gestão**. 2006. 153f. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

BAPTISTA NETO, J. A. *et al.* **Introdução a Geologia Marinha**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2004. 279p.

BELTRAMI, C. V. **Litoestratigrafia da Bacia do Ceará**. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Relatório Interno, Rio de Janeiro, 1990.

BELTRAMI, C. V. *et al.* **Bacia do Ceará**. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 8 (1): 117-125. 1995.

BRANDÃO, R. L. **Sistema de Informações para gestão e administração territorial da Região Metropolitana de Fortaleza**. Fortaleza: Projeto SINFOR. Diagnóstico geoambiental. CPRM. 1998.

BRANDÃO, R. L. **Zoneamento geoambiental da região de Irauçuba – CE**. Texto explicativo. Carta geoambiental. Fortaleza: CPRM, 2003.

CAMARGO, E. C. G. **Geoestatística: Fundamentos e aplicações**. [http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis\\_ambiente/5geoest.pdf](http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/5geoest.pdf). Pesquisa realizada em 14/02/2010.

CALVALCANTI, V. M. M. *et al.* **Depósitos de minerais pesados de interesse econômico na plataforma interna leste do Estado do Ceará**. *Revista de Geologia*, Fortaleza, v6, p.75-91, 1993.

CALVALCANTI, V. M. M. & FREIRE, G.S.S. **Fácies sedimentares e recursos minerais da plataforma interna do Estado do Ceará**. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 38. Balneário de Camburiú, SC. Boletim de Resumos Expandidos. Balneário de Camburiú, SC.: Sociedade Brasileira de Geologia, v.3, 1994. p.313-315.

CARVALHO, A. M. **Dinâmica costeira entre Cumbuco e Matões, costa noroeste do Estado do Ceará. Ênfase nos processos eólicos**. 2003. 194f. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2003.

CASTRO JR., A. C. M. **Aspectos estruturais das bacias de Barreirinhas e do Ceará**. In: **Seminário de Interpretação Exploratória**. Rio de Janeiro, 1994. PETROBRAS/DEPEX, *Anais*, 1994. p.278-281.

CASTRO, A. S. **Arcabouço estrutural e evolução tectônica da sub-bacia de Icaraí, Bacia do Ceará**. 1993. 107f. Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1993.

CEARÁ. Site [www.ceará.com.br](http://www.ceará.com.br). Consultado em 29/01/2010.

CHAMLEY, H. **Sedimentology**. Springer-Verlag. Berlim Heidelberg, Germany, 1990. 285p.

CHAVES, M. S. **Variações do nível do mar e sua relação com a formação das planícies costeiras no nordeste brasileiro do Brasil**. 1999. 115f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1999.

CIRM. **Resolução 004/97 de 03/12/97** - Comissão Interministerial para os Recursos do Mar, 2000.

CPRM. **Atlas de geologia e Recursos minerais do Ceará: Sistemas de Informações Geográficas - SIG**. Mapas na escala 1:500.000. Brasil: CPRM Serviço Geológico do Brasil, Fortaleza: CNPQ, 2003, ICD-Rom.

COUTINHO, P. N. **Geologia Marinha da Plataforma Continental Alagoas-Sergipe**. 1976. 119f. Tese (Docente Livre) - Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1976. 119p.

CRÓSTA, A.P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Editora da Unicamp. Campinas, SP: IG/Unicamp, 170p. 1992.

DINIZ, S. F.; JIMÉNEZ-RUEDA, J. R. **Análise fisiográfica do Vale do Rio Acaraú – CE**. In: VI Seminário Latino Americano de Geografia Física, Coimbra, 2010. 16p.

DOMINGUETI, C. A. **Orientação de falhas presentes em testemunhos de sondagens do campo xaréu/bacia do ceará**. 2002. 47f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) - Universidade Federal do Rio grande do Norte, Natal. 2002.

DUARTE, R. X. **Caracterização do ambiente praias: morfologia, aspectos hidrodinâmicos e sedimentologia**. 1997. 71f. Exame de Qualificação (Mestrado em Geociências) - Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 1997.

DHN. [www.mar.mil.br/dhn](http://www.mar.mil.br/dhn), pesquisa realizada em 23/10/2010.

ESKINAZI-LEÇA, S. *et al.* (Org.). **Oceanografia: Um cenário tropical**. Recife: Bagaço, 2004. 761p.

FARIAS, P.R.C. *et al.* **Litofaciamento do calcário Trairi, Campo de Xaréu, Sub-Bacia de Mundaú**. Natal, Petrobrás. Relatório Interno. 1998.

FELGUEIRAS, C. A. **Análises sobre Modelos Digitais de Terreno em Ambiente de Sistemas de Informações Geográficas**. Disponível em: [http://www.dpi.inpe.br/~carlos/trab\\_cientific/selper8f.pdf](http://www.dpi.inpe.br/~carlos/trab_cientific/selper8f.pdf). 1999.

FOLK, L. R. & WARD, W. C. **Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters**. Journal of Sedimentary Petrology, v. 27 (1), p.3 – 26. 1957.

FREIRE, G. S. S. **Geologia Marinha da Plataforma Continental do Estado do Ceará**. 1985. 162f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 1985.

FREIRE, G.S.de S.; CAVALCANTI, V.M.M.; MAIA, L.P. & LIMA, S.F. **Classificação dos sedimentos da Plataforma Continental do Estado do Ceará**. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 17, Boletim de Resumos Expandidos. Fortaleza, SBG-Núcleo Nordeste, 1997. p 209-211.

FREIRE, G.S.S & CALVALCANTI, V.M.M. **A Cobertura Sedimentar Quaternária da Plataforma Continental do Estado do Ceará**. Fortaleza, 1998. p 42.

FREIRE, G.S.S., *et al.* **Potencial dos granulados marinhos da plataforma continental leste do ceará**. Recife: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2007. 45p.

FUNCEME. **Fundação Cearense de Meteorologia**. Disponível na Internet: [www.funceme.br](http://www.funceme.br).

GRUBER, N. L. S. **A antepraia na região de Tramandaí - RS**. 2002. 221f. Tese Doutorado em Geociências – Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.

GUERRA, A. J. T. **Dicionário Geológico-geomorfológico**. 8. Ed. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1988. 446p.

IBAMA. **Diagnóstico sobre a Carcinicultura no Ceará**. Gerência Executiva do Ceará, Fortaleza, 2005. 240p.

INPE. **Site [www.inpe.br](http://www.inpe.br)**. Consultado em 19/07/2008.

INPH - Instituto de Pesquisas Hidroviárias. **Monitoramento Ambiental – Relatório Final de Medições de Ondas**. Período de Março/1997 a Outubro/2001. Rio de Janeiro, 2002. 60p.

INPH - Instituto de Pesquisas Hidroviárias. **Monitoramento Ambiental – Relatório de Medições de Vento realizadas na Ponta do Pecém/CE**. Período de Setembro/2000 a Janeiro/2001. Rio de Janeiro, 2001. 20p.

IPECE – CEARÁ. **Anuário Estatístico do Ceará**. Fortaleza, 2007.

JAKOB, A. A. E. **A Krigagem como Método de Análise de Dados Demográficos**. XIII Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais. Ouro Preto, Minas Gerais, 2002.

KEMPF, M. 1970. **Notes on the benthic bionomy of the N-NE brasilian shelf**. Mar. Biol., v.5, p.213 -244.

LANA, C. C. *et. al.* **Refinamento biocronoestratigráfico e estratigrafia integrada da seção cretácea pós-Alagoas da sub-bacia de Mundaú, bacia do Ceará**. PETROBRAS/CENPES, Rio de Janeiro, *Relatório interno não publicado*, 2001. 63p.

LANDIM, P. M. B. **Krigagem indicativa aplicada à elaboração de mapas probabilísticos de riscos**. Geomatématica – Texto Didático 6, DGA, IGCE, UNESP, Rio Claro, 2002. 16p.

LANDIM, P. M. B. **Introdução a análise geoestatística**. Geomatématica – Texto Didático 11, DGA, IGCE, UNESP, Rio Claro, 2003. 16p

LANDIM, P.M.B. **Introdução a análise Variográfica com o Variowin**. Laboratório de Geomatématica – Texto Didático 14 – DGA – IGCE – UNESP/Rio Claro, 2004. 25p.

LARSSONEUR, C. **La cartographie des dépôts meubles sur le plateau continental français: méthode miseau point et utilisée em Manche**. *J. Rech.Oceanogra.*, v.2, p.34-39. 1977.

LIMA, S.F. et al. **ANASED - Programa de Análise, Classificação e Arquivamento de Parâmetros sedimentológicos**. In: VIII CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, Mariluz, IMBÉ. Boletim de Resumos. Porto Alegre. ABEQUA, v. 01, 2001.

LIMA, Z. M. C. **Caracterização da dinâmica ambiental da região costeira do município de Galinhos, litoral setentrional do Rio Grande do Norte**. 2004. 157f. Tese (Doutorado em Geodinâmica e Geofísica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - RN, 2004.

MEIRELES, A. J. A. *et al.* **Impactos ambientais de carcinicultura no ecossistema Manguezal do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil**. Revista da Gestão Costeira Integrada. Número Especial 2, Manguezais do Brasil. 2010. 11p.

MEIRELES, A. J. A. e VICENTE da SILVA, E. **Diagnóstico e impactos ambientais associados ao ecossistema manguezal do rio Acaraú/Ce, nas proximidades da comunidade de Curral Velho de Cima**. Parecer Técnico, Procuradoria da República no Estado do Ceará, Ministério Público Federal, 2003. 32p.

MORAIS NETO, J. M. **Mapeamento sísmico regional na Bacia do Ceará/Sub-bacia de Mundaú**: Relatório Parcial. PETROBRAS/E&P-RNCE/GEXP/GEINT. Relatório interno não publicado, Natal, 1996. 37 p.

MUEHE, D. **Aspectos gerais da erosão costeira no Brasil**. Revista de Geografia da UFC (MERCATOR), ano 04, nº07, 2005. 97-110p.

NASCIMENTO, F. R. **DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E DESERTIFICAÇÃO NO NORDESTE BRASILEIRO: o contexto da bacia hidrográfica do rio Acaraú –**

**Ceará.** 2006. 340f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro, 2006.

NATURAL HISTORY MUSEUM - <http://www.nhm.ac.uk/nature-online/science-of-natural-history/expeditions-collecting/hms-challenger-expedition>. Pesquisa realizada no dia 14 de fevereiro de 2011.

PANNATIER, Y. **Varaowin: software for spatial data analysis in 2D**. New York: Springer Verlag, 1996. 91p.

PONTES, P.M. **Morfologia e sedimentologia das praias do litoral sul do município de Olinda – PE**. 2008. 119f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

PINHEIRO, D. R. C. (Org.) **Desenvolvimento Sustentável: desafios e discussões**. ABC Editora. Rio. São Paulo – Fortaleza, 2006. 384p.

PROJETO GRANMAR BRASIL. **Avaliação do Potencial Mineral dos Granulados Marinhos do Litoral do Brasil – PE/CE**. Relatório Técnico. 2004.

RIBEIRO, R. J. L. *et al.* **Aumento da produtividade do Calcário Trairí**. Rio de Janeiro, Petrobrás/DEPRO. Relatório Interno. 1990.

PEULVAST, J.P. ; CLAUDINO SALES, V. **La bande côtière de L'état Du Ceará, Nord-est Du Brésil: Presentation geomorphologique**. Revista de Geografia da UFC (MERCATOR). Ano 3, número 5, 2004. 29p.

SAGAA, A. M. S. **The use of the textural parameters of sand in studying the characteristics and depositional processes of coastal sediments south of Jeddah. Saudi Arabia**. Marine Geology, v.104, p.179-186, 1992.

SAUERBRONN, J. L. B. *et al.* **Crustal transition and tectonic evolution of the transform portion of the Brazilian equatorial margin adjacent to the Barreirinhas and Ceará basins**. In: Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 5, Gramado, Rio Grande do Sul, *Anais...* 1995. p. 314-315. 1995.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. e CINTRÓN, G. **Guia para Estudos de Áreas de manguezal: estrutura, função & flora.** São Paulo, *Caribbean Ecol. Research*, 1986:150 p.

SCHMIEGELOW, J. M. M. **O Planeta azul: uma introdução às ciências marinhas.** Rio de Janeiro. Editora Interciência, 2004.

SEMACE. Site [www.semace.ce.gov.br](http://www.semace.ce.gov.br). Consultado em 25/01/2010.

SHEPARD, F. P. **Nomenclature based on sand– silt –clay ratios.** *Journal of Sedimentary Petrology*, p 24 (3): 151 – 158. 1954.

SILVA, A. M. C. **Relações entre a dinâmica costeira e a meio fauna dos sedimentos praias do litoral da Ilha de Itamaracá – PE.** 2005. 139f. Tese (Doutorado em Geociências) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

SILVA, J. B. *et al.* **Atlas Escolar Ceará: Espaço Geo-Histórico e Cultural.** Grafset, João Pessoa, 2004. 200p.

SILVA, L. A. **Sedimentologia do Canal de Santa Cruz – Ilha de Itamaracá – PE.** 2004. 131f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

SILVA FILHO, W. F. *et al.* **Estruturas rasas na margem equatorial ao largo do nordeste Brasileiro (Estado do Ceará): Análise de relevo e anomalias gravimétricas residuais.** *Revista Brasileira de Geofísica*, 2007. p.65-77

SOUZA, M. J. N. **Bases geoambientais e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará.** In: *Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará.* Fortaleza: Editora FUCEME, 2000. 6 a 98p.

SOUZA, M.J.N. **Cobertura Vegetal e Antropismo no Estado do Ceará: uma abordagem utilizando imagens TM-LANDSAT.** Fortaleza. FUNCEME, 1993. 34p.

SOUZA, M.J.N. Projeto Áridas. In: **Recursos Naturais e meio ambiente.** FUNCEME, v.2, 1994. p. 143-162.

SUDENE. **Carta Geral do Município de Acaraú.** 1972.

SUGUIO, K. **Geologia sedimentar.** Editora Blucher. São Paulo, 2003. 400p.

VASCONCELOS, F.P. **Gestão Integrada da Zona Costeira.** Editora Premium. Fortaleza, 2005. 88p.

VEIGA, F. A. **Sedimentologia, morfologia & dinâmica da face da costa no litoral central do estado do Paraná.** 2004. 127f. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

VITAL, H. *et. al.* **Carta Sedimentológica da Plataforma Continental Brasileira – Área Guamaré a Macau (NE Brasil), utilizando integração de dados geológicos e sensoriamento remoto.** Revista Brasileira de Geofísica. 2005, 233-241p.

ZALÁN, P. V. & WARME, J. E. **Tectonics and sedimentation of the Piauí-Camocim sub-basin, offshore northeastern Brazil.** *Ciência-Técnica-Petróleo*, 17, 71 p. 1985.

ZEE – ZONEAMENTO ECOLÓGICO ECONÔMICO. **Mapeamento das unidades geoambientais da zona costeira do estado do ceara. (Zoneamento Ecológico-Econômico do litoral e ecossistemas associados do estado do ceará – ZEE).** Instituto de Ciências do Mar (Labomar/UFC). Fortaleza, 2005. 226p.

# APÊNDICES

**Apêndice A – Parâmetros estatísticos segundo Folk & Ward (1957) das amostras sedimentológicas coletadas em Junho de 2008 no litoral leste de Acaraú – CE.**

Amostra	Média	Classificação	Mediana	Seleção	Classificação	Assimetria	Classificação	Curtose	Classificação	% Cascalho	% Areia	% Lama
PP1	1,9798	Areia Média	1,9239	1,0148	Pobrememente selecionado	0,0611	Aproximadamente simétrica	0,6472	Muito platicúrtica	0	98,74	1,26
PE1	2,4521	Areia fina	2,8932	1,0092	Pobrememente selecionado	-0,5883	Muito negativa	0,8851	Platicúrtica	0,29	98,19	1,52
PM1	5,7817	Areia muito fina	3,3548	3,7894	Muito pobrememente selecionada	0,682	Muito positiva	5,9879	Extremamente leptocúrtica	0,9	79,90	19,20
PP2	1,009	Areia média	0,4551	1,1728	Pobrememente selecionado	0,5934	Muito positiva	1,4629	Leptocúrtica	0,34	99,66	0
PE2	0,5212	Areia grossa	0,4825	0,7924	Moderadamente selecionado	0,2701	Positiva	2,0825	Muito Leptocúrtica	2,78	96,19	1,03
PM2	1,5798	Areia média	1,5792	0,6615	Moderadamente selecionado	0,0366	Aproximadamente simétrica	1,4619	Leptocúrtica	0,64	97,86	1,50
PP3	2,9997	Areia fina	3,0168	0,3751	Bem selecionado	-0,1324	Negativa	0,861	Platicúrtica	0	98,70	1,3
PE3	0,6967	Areia grossa	0,3132	1,3403	Pobrememente selecionado	0,3886	Muito negativa	1,7077	Muito Leptocúrtica	5,77	93,30	0,93
PM3	3,1213	Areia muito fina	3,1772	0,3857	Bem selecionado	-0,1343	Negativa	1,2779	Leptocúrtica	0	97,17	2,83
PP4	2,5083	Areia fina	2,8905	0,4007	Bem selecionado	-0,0416	Aproximadamente simétrica	0,9481	Mesocúrtica	0	99,85	0,15
PE4	-0,0392	Areia grossa	0,1164	1,0447	Pobrememente selecionado	-0,0439	Aproximadamente simétrica	2,5568	Muito Leptocúrtica	11,60	87,97	0,43
PM4	2,2355	Areia fina	2,8187	1,4638	Pobrememente selecionado	-0,6538	Muito negativa	1,0738	Mesocúrtica	6,40	91,35	2,25
PP5	2,4695	Areia fina	2,7184	0,9588	Moderadamente selecionado	-0,4671	Muito negativa	1,3322	Leptocúrtica	0,80	98,11	1,09
PE5	0,6073	Areia grossa	0,5063	0,8411	Moderadamente selecionado	0,3731	Muito positiva	2,1246	Muito Leptocúrtica	2,46	97,01	0,53

PM5	2,7225	Areia fina	2,7589	0,5882	Moderadamente selecionado	-0,2061	Negativa	1,1193	Leptocúrtica	0,05	98,61	1,34
PP6	2,865	Areia fina	2,8273	0,429	Bem selecionado	-0,0127	Aproximadamente simétrica	1,1706	Leptocúrtica	0,02	98,86	1,12
PE6	2,8785	Areia fina	2,9	0,492	Bem selecionado	-0,184	Negativa	1,0657	Mesocúrtica	1,49	96,33	2,18
PM6	2,8094	Areia fina	2,90	0,6476	Moderadamente selecionado	-0,3323	Muito negativa	1,166	Leptocúrtica	0,20	97,62	2,18

**Apêndice B – Parâmetros estatísticos segundo Folk & Ward (1957) das amostras sedimentológicas coletadas em Novembro de 2008 no litoral leste de Acaraú – CE.**

Amostra	Média	Classificação	Mediana	Seleção	Classificação	Assimetria	Classificação	Curtose	Classificação	% Cascalho	% Areia	% Lama
PP1	1,6098	Areia média	1,1757	1,093	Pobrememente selecionado	0,4743	Muito positiva	0,6845	Platicúrtica	0	99,28	0,72
PE1	0,7697	Areia grossa	0,7155	0,7512	Moderadamente selecionado	0,3598	Muito positiva	2,2429	Muito Leptocúrtica	0,89	98,44	0,67
PM1	2,7846	Areia fina	3,1768	1,07	Pobrememente selecionado	-0,6464	Muito negativa	2,4908	Muito Leptocúrtica	2,11	95,70	2,19
PP2	1,6416	Areia média	1,3017	1,1345	Pobrememente selecionado	0,3483	Muito positiva	0,6265	Muito Platicúrtica	0	99,1	0,87
PE2	-0,4043	Areia muito grossa	-0,5364	1,4508	Pobrememente selecionado	0,3118	Muito positiva	1,093	Mesocúrtica	40,33	59,49	0,18
PM2	2,0744	Areia fina	2,0368	1,0447	Pobrememente selecionado	-0,0254	Aproximadamente simétrica	0,8147	Platicúrtica	0,39	96,83	2,78
PP3	2,7593	Areia fina	2,7759	0,4952	Bem selecionado	-0,1327	Negativa	1,2419	Leptocúrtica	0	99,23	0,77
PE3	1,191	Areia média	0,7825	1,5195	Pobrememente selecionado	0,2613	Positiva	0,6844	Muito Platicúrtica	5,91	93,20	0,89
PM3	3,17	Areia muito fina	3,206	0,3178	Muito Bem selecionado	-0,1182	Negativa	1,3614	Muito Leptocúrtica	0,09	98,07	1,84
PP4	2,8467	Areia fina	2,0344	0,4177	Bem selecionado	-0,0314	Aproximadamente simétrica	0,9806	Mesocúrtica	0	99,72	0,28
PE4	1,6059	Areia média	1,4156	1,3049	Pobrememente selecionado	0,1464	Positiva	0,5745	Muito Platicúrtica	0,99	98,16	0,85
PM4	3,0376	Areia muito fina	3,0893	0,3985	Bem selecionado	-0,2174	Negativa	0,978	Mesocúrtica	0	97,38	2,62
PP5	2,7051	Areia fina	2,7168	0,4463	Bem selecionado	-0,0159	Aproximadamente simétrica	1,032	Mesocúrtica	0	98,82	1,18
PE5	0,6569	Areia grossa	0,2814	1,4963	Pobrememente selecionado	0,3193	Muito positiva	1,7315	Muito Leptocúrtica	11,44	86,57	1,99

PM5	2,9836	Areia fina	3,0307	0,5276	Moderadamente selecionado	-0,3597	Muito positiva	1,3809	Leptocúrtica	1,7	96,49	1,81
PP6	2,9322	Areia fina	2,9072	0,3706	Bem selecionado	0,0117	Aproximadamente simétrica	0,9048	Mesocúrtica	0	100	0
PE6	2,211	Areia fina	2,585	1,0515	Pobrememente selecionado	-0,433	Muito negativa	0,6182	Muito Leptocúrtica	0	98,46	1,54
PM6	2,9585	Areia fina	2,9465	0,4839	Bem selecionado	0,0713	Aproximadamente simétrica	1,1401	Leptocúrtica	0	95,65	4,35

**Apêndice C – Tabela dos Pontos Batimétricos da Plataforma Continental  
Interna do Município de Acaraú – Ceará – Brasil.**

(Coordenadas Geográficas em *Datum* WGS84 SUTM 24)

<b>Identificação</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Profundidade (m)</b>
LGMA_26	387358	9737360	-30
LGMA_27	384574	9742410	-28
LGMA_28	374596	9745896	-23
LGMA_29	380544	9748067	-27
LGMA_30	387551	9747088	-25
LGMA_31	368390	9746808	-27
LGMA_54	355248	9743082	-25
LGMA_55	350868	9741751	-25
LGMA_58	352796	9736667	-26
LGMA_61	347939	9734009	-26
LGMA_74	347538	9723969	-15
LGMA_75	351016	9726837	-21
LGMA_76	353386	9725534	-17
LGMA_77	357032	9726367	-17
LGMA_78	357849	9732371	-24
LGMA_79	361884	9734796	-26
LGMA_80	365329	9737342	-22
LGMA_81	369774	9740939	-21
LGMA_82	376489	9742592	-24
LGMA_83	372268	9737061	-23
LGMA_84	376584	9735218	-24
LGMA_85	376137	9737672	-16
LGMA_86	381252	9738019	-25
LGMA_87	380066	9733375	-25
LGMA_88	384327	9730172	-24
LGMA_89	387177	9726261	-23
LGMA_90	383952	9726391	-14
LGMA_91	364993	9727204	-17
LGMA_92	364123	9729812	-19
LGMA_93	361688	9729898	-21
LGMA_94	362042	9731424	-19
LGMA_95	365879	9731771	-22
LGMA_96	364187	9733107	-26
LGMA_97	366810	9734513	-16
LGMA_98	370448	9733400	-21
LGMA_99	373650	9734033	-19
LGMA_100	374886	9730993	-21

LGMA_101	379246	9730068	-21
LGMA_102	379604	9727526	-14
LGMA_103	372977	9726923	-15
LGMA_104	377682	9725557	-12
LGMA_105	388854	9743684	-25
LGMA_108	394058	9744197	-33
LGMA_111	403753	9747353	-27
LGMA_131	400154	9724369	-18
LGMA_132	398940	9726711	-15
LGMA_133	400662	9729233	-13
LGMA_134	396671	9728876	-17
LGMA_135	399637	9732283	-14
LGMA_136	399157	9735389	-22
LGMA_138	396174	9739522	-27
LGMA_139	392407	9735584	-23
LGMA_140	394300	9732622	-20
LGMA_141	394045	9730500	-21
LGMA_142	394971	9726620	-24
LGMA_143	389923	9727059	-18
LGMA_197	347325	9715069	-12
LGMA_198	347395	9711675	-11
LGMA_199	351602	9718755	-15
LGMA_200	352173	9714941	-13
LGMA_201	355477	9713518	-11
LGMA_202	356497	9716571	-14
LGMA_203	355369	9721180	-15
LGMA_204	359469	9713456	-12
LGMA_205	360999	9717847	-15
LGMA_206	364619	9710952	-11
LGMA_207	365637	9716547	-14
LGMA_208	368867	9710071	-11
LGMA_209	367652	9713785	-13
LGMA_210	367868	9720109	-16
LGMA_211	365598	9722782	-17
LGMA_212	373469	9711977	-12
LGMA_213	371264	9715568	-14
LGMA_214	372858	9722877	-16
LGMA_215	375575	9719032	-16
LGMA_216	376535	9714843	-15
LGMA_217	381015	9714935	-14
LGMA_218	382291	9718629	-14
LGMA_219	380598	9721767	-16
LGMA_220	385901	9723208	-15
LGMA_221	371205	9706668	-10

LGMA_222	378586	9707979	-11
LGMA_223	385911	9710904	-11
LGMA_224	384090	9707597	-9
LGMA_225	387194	9704361	-8
LGMA_226	387141	9701696	-5
LGMA_227	384962	9702070	-6
LGMA_228	383040	9700709	-6
LGMA_229	382761	9701814	-5
LGMA_230	383460	9703727	-7
LGMA_231	381077	9707783	-10
LGMA_232	380738	9701779	-6
LGMA_233	379968	9704963	-8
LGMA_234	377513	9702064	-6
LGMA_235	377667	9703811	-7
LGMA_236	375084	9708065	-10
LGMA_237	372242	9703717	-7
LGMA_238	371978	9700721	-6
LGMA_239	368790	9697821	-6
LGMA_240	366231	9699510	-6
LGMA_241	361953	9697925	-5
LGMA_242	365430	9700814	-5
LGMA_243	367474	9702242	-6
LGMA_244	367526	9705427	-10
LGMA_245	362703	9703797	-6
LGMA_246	360345	9704944	-6
LGMA_247	362698	9708727	-9
LGMA_248	356478	9702718	-5
LGMA_249	352391	9698136	-6
LGMA_250	350055	9699902	-7
LGMA_251	352508	9703222	-6
LGMA_252	356630	9706400	-6
LGMA_253	356147	9710567	-7
LGMA_254	352568	9709635	-7
LGMA_255	352688	9711570	-8
LGMA_256	350199	9710108	-8
LGMA_257	349446	9707376	-9
LGMA_258	347782	9703980	-7
LGMA_259	346241	9699810	-6
LGMA_260	346767	9696593	-5
LGMA_261	349461	9714242	-8
LGMA_262	345853	9709064	-10
LGMA_282	348267	9698154	-5
LGMA_283	347085	9691386	-3
LGMA_284	349128	9693223	-2

LGMA_285	350249	9695524	-4
LGMA_286	352877	9691558	-2
LGMA_287	354046	9699719	-4
LGMA_288	353228	9695240	-3
LGMA_289	356010	9693109	-3
LGMA_290	358342	9695246	-4
LGMA_291	358918	9697922	-5
LGMA_292	359126	9700907	-3
LGMA_293	357757	9702199	-4
LGMA_294	362294	9700933	-4
LGMA_295	361724	9693060	-4
LGMA_296	362878	9696047	-5
LGMA_297	365177	9697575	-5
LGMA_298	366358	9694812	-5
LGMA_299	367316	9692900	-3
LGMA_300	370742	9691754	-2
LGMA_301	370651	9693600	-3
LGMA_302	369938	9695125	-4
LGMA_303	373037	9697737	-5
LGMA_304	375147	9700591	-5
LGMA_305	373396	9694078	-1
LGMA_306	377583	9699234	-4
LGMA_307	378860	9700727	-5
LGMA_308	375378	9691349	-2
LGMA_309	377830	9696216	-4
LGMA_310	379021	9693895	-3
LGMA_311	380806	9699392	-4
LGMA_312	379858	9690978	-3
LGMA_313	383493	9691014	-3
LGMA_314	382256	9694352	-3
LGMA_315	383687	9697271	-4
LGMA_316	386332	9698545	-3
LGMA_317	387746	9695805	-4
LGMA_318	388360	9693307	-3
LGMA_319	387039	9690851	-2
LGMA_320	390470	9723201	-22
LGMA_321	392985	9721379	-20
LGMA_322	396842	9722885	-24
LGMA_323	394143	9718870	-21
LGMA_324	400734	9721031	-21
LGMA_373	395696	9708215	-11
LGMA_374	397771	9713600	-11
LGMA_375	398980	9718199	-20
LGMA_376	392915	9710888	-12

LGMA_377	394023	9715929	-15
LGMA_378	389943	9715363	-14
LGMA_379	390626	9708852	-10
LGMA_380	388915	9706938	-9
LGMA_381	396822	9704037	-10
LGMA_382	392474	9705117	-9
LGMA_383	391588	9701700	-6
LGMA_384	390278	9699024	-5
LGMA_385	393869	9698839	-5
LGMA_386	396802	9700532	-9
LGMA_387	400092	9702094	-9
LGMA_436	396123	9688128	-2
LGMA_437	396632	9690605	-3
LGMA_438	396662	9695314	-5
LGMA_439	392543	9689596	-2
LGMA_440	391052	9691253	-3
LGMA_441	393518	9693046	-3
LGMA_442	390815	9694602	-3
LGMA_443	391669	9697433	-4
LGMA_452	350433	9689576	0
LGMA_453	355525	9689549	0
LGMA_454	359394	9689277	0
LGMA_455	367543	9689263	0
LGMA_456	370880	9687000	0
LGMA_457	373958	9687711	0
LGMA_458	380118	9686434	0
LGMA_459	385165	9685997	0
LGMA_460	388777	9686121	0
LGMA_461	394192	9683882	0

**Apêndice D – Classificação das amostras sedimentológicas quanto aos parâmetros estatísticos segundo Folk e Ward (1957), da Plataforma Continental Interna do Município de Acaraú – Ceará – Brasil.**

<b>Nº</b>	<b>AMOSTRA</b>	<b>CRUZEIRO</b>	<b>Data_Coleta</b>	<b>Prof.</b>	<b>Long.</b>	<b>Lat.</b>	<b>MÉDIA</b>	<b>MEDIANA</b>	<b>CURTOSE</b>	<b>ASSIMETRIA</b>	<b>GR_SELEÇÃO</b>
1	GEO0180	Geocosta II	1_3_1994	-14	-39,950000	-2,651500	0,967	0,969	0,842	-0,073	1,058
2	GEO0181	Geocosta II	28_2_1994	-14	-39,983333	-2,641667	0,609	0,443	0,819	0,086	1,248
3	GEO0182	Geocosta II	28_2_1994	-15	-40,016667	-2,639333	1,321	1,375	0,854	-0,159	0,921
4	GEO0183	Geocosta II	28_2_1994	-14	-40,043167	-2,638167	0,183	0,171	1,179	-0,016	0,737
5	GEO0184	Geocosta II	28_2_1994	-17	-40,085333	-2,636667	0,744	0,649	1,063	-0,006	1,218
6	GEO0185	Geocosta II	28_2_1994	-16	-40,109833	-2,635000	1,214	1,476	1,045	-0,310	1,377
7	GEO0186	Geocosta II	28_2_1994	-16	-40,151667	-2,633500	1,126	1,187	0,840	-0,148	1,022
8	GEO0187	Geocosta II	28_2_1994	-14	-40,184833	-2,625167	1,216	1,389	0,881	-0,294	1,078
9	GEO0188	Geocosta II	28_2_1994	-13	-40,216833	-2,623000	1,214	1,361	1,075	-0,295	1,021
10	GEO0189	Geocosta II	28_2_1994	-13	-40,250833	-2,621500	1,357	1,602	0,942	-0,414	1,058
11	GEO0190	Geocosta II	28_2_1994	-13	-40,287167	-2,620000	1,331	1,524	0,987	-0,360	0,931
12	GEO0191	Geocosta II	28_2_1994	-14	-40,318333	-2,618333	1,451	1,430	0,921	-0,120	0,866
13	GEO0192	Geocosta II	28_2_1994	-13	-40,353167	-2,616667	1,193	0,978	1,078	0,095	1,110
14	GEO0266	Geocosta II	24_2_1994	-22	-40,300167	-2,501667	0,433	0,550	0,980	-0,116	1,305
15	GEO0270	Geocosta II	24_2_1994	-19	-40,166667	-2,507833	2,043	2,341	1,570	-0,416	1,447
16	GEO0274	Geocosta II	24_2_1994	-22	-40,036667	-2,534667	0,808	1,082	0,783	-0,170	1,717
17	GEO0275	Geocosta II	24_2_1994	-18	-40,001667	-2,541667	0,498	0,544	0,950	-0,043	1,442
18	GEO0276	Geocosta II	24_2_1994	-21	-39,971667	-2,555000	0,211	0,366	0,783	-0,092	1,455
19	Geomar XVIII 23	Geomar XVIII-P01	6_11_1981	-18	-40,001700	-2,501700	1,477	1,516	1,066	-0,076	1,240
20	Geomar XVIII 24	Geomar XVIII-P01	6_11_1981	-17	-40,035833	-2,471667	1,997	2,081	0,818	-0,151	1,421
21	Geomar XVIII 33	Geomar XVIII-P01	6_11_1981	-25	-40,350000	-2,355000	1,893	1,941	0,960	-0,127	1,190
22	Geomar XVIII 34	Geomar XVIII-P01	7_11_1981	-17	-40,216667	-2,455000	0,741	1,136	1,032	-0,317	1,708
23	Geomar XVIII 35	Geomar XVIII-P01	7_11_1981	-15	-40,138300	-2,471700	0,949	0,950	0,969	0,011	0,857
24	Geomar XVIII 36	Geomar XVIII-P01	7_11_1981	-14	-40,066667	-2,488333	-1,052	-1,647	0,770	0,602	1,409
25	Geomar XVIII 29	Geomar XVIII P02	Nov. de 1981	-23	-39,985278	-2,418611	0,808	1,082	0,783	-0,170	1,717
26	Geomar XVIII 30	Geomar XVIII P02	Nov. de 1981	-24	-40,067500	-2,385000	0,498	0,544	0,950	-0,043	1,442
27	Geomar XVIII 31	Geomar XVIII P02	Nov. de 1981	-25	-40,201944	-2,335556	1,451	1,430	0,921	-0,120	0,866

28	Geomar XVIII 32	Geomar XVIII P02	Nov. de 1981	-26	-40,351944	-2,337500	1,193	0,978	1,078	0,095	1,110
29	Geomar XVIII 90	Geomar XVIII P02	Nov. de 1981	-26	-40,283889	-2,351944	0,183	0,171	1,179	-0,016	0,737
30	Geomar XVIII 91	Geomar XVIII P02	Nov. de 1981	-22	-40,283889	-2,433333	0,744	0,649	1,063	-0,006	1,218
31	Geomar XVIII 92	Geomar XVIII P02	Nov. de 1981	-20	-40,284167	-2,451944	0,211	0,366	0,783	-0,092	1,455
32	Geomar XVIII 93	Geomar XVIII P02	Nov. de 1981	-15	-40,268889	-2,518333	1,477	1,516	1,066	-0,076	1,240
33	Geomar XVIII 94	Geomar XVIII P02	Nov. de 1981	-15	-40,268611	-2,516667	1,216	1,389	0,881	-0,294	1,078
34	Geomar XVIII 95	Geomar XVIII P02	Nov. de 1981	-14	-40,116667	-2,501667	1,214	1,361	1,075	-0,295	1,021
35	Geomar XVIII 96	Geomar XVIII P02	Nov. de 1981	-14	-40,066944	-2,484722	1,193	0,978	1,078	0,095	1,110
36	Geomar XVIII 97	Geomar XVIII P02	Nov. de 1981	-26	-40,050278	-2,400000	0,433	0,550	0,980	-0,116	1,305
37	Geomar XVIII 98	Geomar XVIII P02	Nov. de 1981	-27	-40,033889	-2,301389	1,893	1,941	0,960	-0,127	1,190
38	Remac3698	Remac		-34	-40,291667	-2,366667	1,659	1,865	1,349	-0,379	1,145

**Apêndice E – Classificação das amostras sedimentológicas, teor de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) e classificação de Larsonneur (1977) da Plataforma Continental Interna do Município de Acaraú – Ceará – Brasil.**

<b>Nº</b>	<b>AMOSTRA</b>	<b>CRUZEIRO</b>	<b>Data_Coleta</b>	<b>Prof.</b>	<b>Long.</b>	<b>Lat.</b>	<b>CaCO<sub>3</sub> (%)</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO DE LARSONNEUR</b>
1	GEO0180	Geocosta II	1_3_1994	-14	-39,950000	-2,651500	95,9	Areia Bioclástica
2	GEO0181	Geocosta II	28_2_1994	-14	-39,983333	-2,641667	96,5	Areia Bioclástica
3	GEO0182	Geocosta II	28_2_1994	-15	-40,016667	-2,639333	95,9	Areia Bioclástica
4	GEO0183	Geocosta II	28_2_1994	-14	-40,043167	-2,638167	95,9	Areia Bioclástica
5	GEO0184	Geocosta II	28_2_1994	-17	-40,085333	-2,636667	81,9	Areia Bioclástica
6	GEO0185	Geocosta II	28_2_1994	-16	-40,109833	-2,635000	95,9	Areia Bioclástica
7	GEO0186	Geocosta II	28_2_1994	-16	-40,151667	-2,633500	100,0	Areia Bioclástica
8	GEO0187	Geocosta II	28_2_1994	-14	-40,184833	-2,625167	98,7	Areia Bioclástica
9	GEO0188	Geocosta II	28_2_1994	-13	-40,216833	-2,623000	95,9	Areia Bioclástica
10	GEO0189	Geocosta II	28_2_1994	-13	-40,250833	-2,621500	96,5	Areia Bioclástica
11	GEO0190	Geocosta II	28_2_1994	-13	-40,287167	-2,620000	100,0	Areia Bioclástica
12	GEO0191	Geocosta II	28_2_1994	-14	-40,318333	-2,618333	88,9	Areia Bioclástica
13	GEO0192	Geocosta II	28_2_1994	-13	-40,353167	-2,616667	97,1	Areia Bioclástica
14	GEO0266	Geocosta II	24_2_1994	-22	-40,300167	-2,501667	100,0	Areia Bioclástica
15	GEO0270	Geocosta II	24_2_1994	-19	-40,166667	-2,507833	97,9	Areia Bioclástica
16	GEO0274	Geocosta II	24_2_1994	-22	-40,036667	-2,534667	93,0	Areia Bioclástica
17	GEO0275	Geocosta II	24_2_1994	-18	-40,001667	-2,541667	100,0	Areia Bioclástica
18	GEO0276	Geocosta II	24_2_1994	-21	-39,971667	-2,555000	98,4	Areia Bioclástica
19	Geomar XVIII 23	Geomar XVIII-P01	6_11_1981	-18	-40,001700	-2,501700	89,4	Areia Bioclástica
20	Geomar XVIII 24	Geomar XVIII-P01	6_11_1981	-17	-40,035833	-2,471667	74,4	Areia Bioclástica
21	Geomar XVIII 33	Geomar XVIII-P01	6_11_1981	-25	-40,350000	-2,355000	57,3	Areia Biolitoclástica
22	Geomar XVIII 34	Geomar XVIII-P01	7_11_1981	-17	-40,216667	-2,455000	96,3	Areia Bioclástica
23	Geomar XVIII 35	Geomar XVIII-P01	7_11_1981	-15	-40,138300	-2,471700	45,8	Areia Litobioclástica
24	Geomar XVIII 36	Geomar XVIII-P01	7_11_1981	-14	-40,066667	-2,488333	41,8	Areia Litobioclástica
25	Geomar XVIII 29	Geomar XVIII P02	Nov. de 1981	-23	-39,985278	-2,418611	10,4	Areia Bioclástica
26	Geomar XVIII 30	Geomar XVIII P02	Nov. de 1981	-24	-40,067500	-2,385000	76,9	Areia Bioclástica
27	Geomar XVIII 31	Geomar XVIII P02	Nov. de 1981	-25	-40,201944	-2,335556	80,4	Areia Bioclástica

28	Geomar XVIII 32	Geomar XVIII P02	Nov. de 1981	-26	-40,351944	-2,337500	7,1	Areia Biolitoclástica
29	Geomar XVIII 90	Geomar XVIII P02	Nov. de 1981	-26	-40,283889	-2,351944	10,7	Areia Litobioclástica
30	Geomar XVIII 91	Geomar XVIII P02	Nov. de 1981	-22	-40,283889	-2,433333	32,6	Areia Litobioclástica
31	Geomar XVIII 92	Geomar XVIII P02	Nov. de 1981	-20	-40,284167	-2,451944	98,6	Areia Bioclástica
32	Geomar XVIII 93	Geomar XVIII P02	Nov. de 1981	-15	-40,268889	-2,518333	96,4	Areia Bioclástica
33	Geomar XVIII 94	Geomar XVIII P02	Nov. de 1981	-15	-40,268611	-2,516667	95,5	Areia Bioclástica
34	Geomar XVIII 95	Geomar XVIII P02	Nov. de 1981	-14	-40,116667	-2,501667	90,9	Areia Bioclástica
35	Geomar XVIII 96	Geomar XVIII P02	Nov. de 1981	-14	-40,066944	-2,484722	99,8	Areia Bioclástica
36	Geomar XVIII 97	Geomar XVIII P02	Nov. de 1981	-26	-40,050278	-2,400000	37,9	Areia Bioclástica
37	Geomar XVIII 98	Geomar XVIII P02	Nov. de 1981	-27	-40,033889	-2,301389	91,4	Areia Bioclástica
38	Remac3698	Remac		-34	-40,291667	-2,366667	14,5	Areia Litoclástica