



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM GEODINÂMICA E GEOFÍSICA
(PPGG)
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA—CAMPUS UNIVERSITÁRIO
CAIXA POSTAL: 1.639
CEP: 59.072-970 – NATAL—RN – TELEFAX. 215-3831

GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DOS RECIFES DE MARACAJAÚ—RN E PLATAFORMA RASA ADJACENTE

AUTOR:

WILLIAMS DA SILVA GUIMARÃES DE LIMA

ORIENTADOR:

PROF. DR. RICARDO FARIAS DO AMARAL

DISSERTAÇÃO Nº. 29/PPGG

NATAL—RN
MAIO DE 2002



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM GEODINÂMICA E GEOFÍSICA
(PPGG)
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA–CAMPUS UNIVERSITÁRIO
CAIXA POSTAL: 1.639
CEP: 59.072-970 – NATAL–RN – TELEFAX: 215-3831

GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DOS RECIFES DE MARACAJÁ–RN E PLATAFORMA RASA ADJACENTE

AUTOR:
WILLIAMS DA SILVA GUIMARÃES DE LIMA

Dissertação de Mestrado apresentada
em 31 de Maio de 2002, para obtenção
do título de Mestre em Geodinâmica
pelo Programa de Pós-Graduação em
Geodinâmica e Geofísica da UFRN.

COMISSÃO EXAMINADORA:

PROF. DR. RICARDO FARIAS DO AMARAL (PPGG/DG/UFRN–ORIENTADOR)
PROF. DR. FRANCISCO PINHEIRO LIMA FILHO (PPGG/DG/UFRN)
PROF. DR. JOSÉ CARLOS SÍCOLI SEOANE (GEG/DG/UFPE)

NATAL–RN
MAIO DE 2002

“A arte da vida consiste em fazer da vida uma obra de arte!”
Indira Gandhi

A Alicia, minha filha, minha outra metade, minha vida. Perdão pelos dias de ausência em sua vida.

Ao meu querido pai Antonio e minha querida mãe Maria, por terem me dado a oportunidade que eles nunca tiveram e principalmente por terem me dado a VIDA, sem eles eu nada seria.

Aos meus avós paterno Joaquim Guimarães de Lima e Maria de Lourdes Ferreira de Lima (*In memoriam*) e meus avós materno José Evaristo da Silva e Josefa Maria da Silva (*In memoriam*), que em suas maneiras mais simples de serem me passaram sabedoria, confiança, honestidade, segurança e principalmente AMOR.

LISTA DE FIGURAS TABELAS E PRANCHAS

CAPÍTULO 1

FIGURA – 1.1	17
--------------------	----

CAPÍTULO 2

FIGURA – 2.1	23
FIGURA – 2.2	25

CAPÍTULO 3

FIGURA – 3.1	33
FIGURA – 3.2	35
FIGURA – 3.3	35
FIGURA – 3.4	39

CAPÍTULO 4

FIGURA – 4.1	43
FIGURA – 4.2	44
FIGURA – 4.3	45
FIGURA – 4.4	46
FIGURA – 4.5	47
FIGURA – 4.6	48
FIGURA – 4.7	49
FIGURA – 4.8	50
FIGURA – 4.9	51
FIGURA – 4.10	52
FIGURA – 4.11	54
FIGURA – 4.12	55
FIGURA – 4.13	56
FIGURA – 4.14	57
FIGURA – 4.15	58
FIGURA – 4.16	64
FIGURA – 4.17	64
FIGURA – 4.18	66
FIGURA – 4.19	66
FIGURA – 4.20	67
FIGURA – 4.21	68
FIGURA – 4.22	72
FIGURA – 4.23	73
FIGURA – 4.24	74
FIGURA – 4.25	74
FIGURA – 4.26	75
FIGURA – 4.27	75
FIGURA – 4.28	76
FIGURA – 4.29	76
FIGURA – 4.30	77
FIGURA – 4.31	77
FIGURA – 4.32	79

CAPÍTULO 4

TABELA – 4.1	62
TABELA – 4.2	63
TABELA – 4.3	65
TABELA – 4.4	65
TABELA – 4.5	67

CAPÍTULO 4

PRANCHA – 4.1	70
PRANCHA – 4.2	71

AGRADECIMENTOS

Ao concluir este trabalho, me vêm à lembrança muito rostos familiares; muitas expressões de aconchegos, de confiança; críticas rigorosas; elogios; entre tantas outras coisas. Foram poucas as pessoas amigas que deitaram seus olhares de forma direta sobre os meus escritos e contribuíram com a sua sabedoria para ampliar as possibilidades de compreensão da realidade. Mas, foram muitos os que se fizeram presentes por meio da reciprocidade estabelecidas no cotidiano nesses últimos meses, colaborando de forma indireta, para concretização desta pesquisa. Impossível é estabelecer uma hierarquia para o apoio recebido, uma vez que ele se materializou em circunstâncias diferentes e, para cada etapa vencida, tive a certeza de que sem tais apoios, a jornada seria bem mais árdua.

Por vezes, essas pessoas se fizeram presentes na elaboração e discussão do projeto exigido como pré-requisito, para obter o título de Mestre em Geodinâmica. E, por fim, há aqueles que acompanharam desde a descoberta da temática, até o presente momento: a esses devo um agradecimento especial.

Entre essas pessoas, gostaria de agradecer ao Prof. Dr. Ricardo Farias do Amaral (orientador), com quem mantive uma relação de cumplicidade e respeito mútuo. É de quem recebi a orientação e muitas críticas, sem perder de vista a minha meta enquanto pesquisador. Pelo crédito e apoio em meu trabalho foi possível a viabilização dessa Dissertação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudo.

Ao Prof. Dr. Francisco Hilário do Rêgo Bezerra, pela valiosa ajuda nas correções e trocas de idéias para essa Dissertação.

A Fátima Maria Barbosa de Moraes, funcionária do Laboratório de Sedimentologia do Departamento de Geologia/UFRN, pela colaboração e valiosa ajuda no tratamento químico das amostras de sedimentos. Sua ajuda foi de fundamental importância na pesquisa.

A Profa. M.Sc. Maria de Fátima C. F. dos Santos, do Museu Câmara Cascudo/UFRN. Além de colaborar significativamente na Dissertação com a parte dos microorganismos, deu valiosos conselhos de qual caminho se deve seguir, na vida. Descobri nessas “duas Fátimas”, mais que companheiras de trabalhos, ganhei duas grandes amigas. Espero que nossa amizade seja sempre sincera e infinita.

Ao Instituto de Desenvolvimento do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Norte (IDEMA), na pessoa da Sra. Ana Marcelino, pelo apoio logístico e infraestrutura, além dos demais funcionários que colaboraram no desenvolvimento dessa pesquisa.

A Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio Grande do Norte (EMPARN), na pessoa do Sr. Nelson que disponibilizou o Ecobtaímetro, para fazer a batimetria da área de pesquisa.

A todos os empresários da área de turismo e lazer de Maracajaú, na pessoa do Sr. César do Maracajaú Diver, pelo seu apoio moral, estrutural e principalmente, pela paciência e boa vontade que teve com nossa equipe de trabalho.

A Cadinho, Nego e os demais marinheiros do Maracajaú Diver, companheiros e colegas nas várias idas ao mar com nossa equipe para fazer a batimetria e coletar sedimentos. Fizeram isso sem medir esforços a qualquer hora do dia. Sem eles seria bem mais árduo o trabalho de campo.

A todos os professores da Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, pelas valiosas dicas para a pesquisa, em especial ao Prof. Dr. Venerando Eustáquio Amaro, interlocutor instigante. Foi de quem recebi apoio ao meu ingresso na referida Pós-Graduação.

A todos do Laboratório de Mecânica dos Solos da UFRN, na pessoa do Prof. Dr. Olavo Júnior, pela valiosa colaboração estrutural, ainda no desenvolvimento da minha qualificação.

A toda diretoria da AGB Seção João Pessoa, gestão 1999–2001, em especial a Maria de Fátima Ferreira Rodrigues e Carlos Augusto de Amorim Cardoso, por me incentivarem no meu desenvolvimento profissional.

A Nilda Araújo, secretária da Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, que facilitou não só a minha vida na parte burocrática durante estes dois anos, como também de todos os estudantes da referida Pós-Graduação. Sem ela, o que seria de nós professores e estudantes?

Aos colegas acadêmicos do Curso da Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, de quem ouvi no cotidiano desses últimos meses, a clássica pergunta: "E a Dissertação?" (a pergunta), que às vezes soava como uma cobrança, deixando-me ciente que havia interesse coletivo na realização da pesquisa, o que me instigava a trabalhar para concluí-la, e por fim, poder me dedicar com mais afinco juntamente com os demais colegas, na melhoria e qualidade do curso da Pós-Graduação.

Entre os colegas acadêmicos da Pós-Graduação no curso de Geologia, agradeço de forma especial a Vladimir Cruz de Medeiros (companheiro de sala), Ana Mônica Costa, Cristina Aparecida Domingueti, Ana Patrícia de Jesus, Flávia Taone, Iracema Miranda, Zuleide Maria, Franklin Mendes, Marcelo Chaves, Alfredo Grigio, Flavia Milene, Flavo Elano e Eugênio "Faisão" Frazão, pelo companheirismo e apoio durante o curso, amenizando com horas agradáveis o peso dos últimos dias que antecederam a entrega deste trabalho.

Ao M.Sc. Luciano da Silva Guedes, amigo e companheiro de curso, pelo convívio durante os dois anos juntos dividindo as dívidas do apartamento, e com quem mantive uma relação de irmão, com direito a briga e tudo "ô Mago abusado!" (o xingamento). Valeu por tudo, aprendi muito com você (como é conviver longe da casa dos pais).

Ao Dr. Francisco Oliveira da Silva, que disponibilizou seu precioso tempo me ajudando na várias traduções de artigos em inglês utilizados na pesquisa.

Ao Dr. Mario Neto Cavalcanti de Araújo, pelo apoio dado nas confecções dos Abstracts do meu artigo (que por sinal já foi aceito) e da própria Dissertação. Valeu "Mario Fofoca", teremos muitos Abstracts para traduzir e discutir ainda pela frente.

Ao Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho, por se disponibilizar em fazer as fotografias dos microorganismos identificados na área.

Ao M.Sc. Adriano de Lima Alves, pelo apoio no trabalho de campo e nas confecções das figuras que envolveram essa Dissertação. Tenho certeza que ganhei mais um amigo, pois você é bastante prestativo, principalmente no que diz respeito aos amigos.

Ao Sr. Nelson Torres, por ter executado os seis sobrevôos sobre os recifes e pelo constante apoio e paciência ajudando-me na mosaicagem analógica das fotografias aéreas.

Ao M.Sc. Werner Farkatt Tabosa, por sua contribuição com o Ecobatímetro analógico, para execução dos primeiros registros batimétricos executados na área de pesquisa, além de compartilhar comigo e meu orientador as primeiras mareadas (enjôos) sofridos no mar.

A Maria Goretti de Lima Araújo (mãe da minha querida filha), por cuidar do nosso bem mais precioso durante a minha ausência, enquanto desenvolvia a Dissertação.

Aos bolsistas Marcos Moura, Fábio Roque e Fernanda Barbosa de Lima, pelo apoio na coleta dos sedimentos. Valeu pelos enjôos sofridos no mar, vocês foram “safos”.

A Diego do Laboratório de Solos (Cabeça), pelos cálculos que envolveram esta pesquisa.

Ao meu irmão Willis, que em particular acolheu-me nas horas mais difíceis que passei, no desenvolvimento da pesquisa.

Enfim, não é possível mencionar todas as pessoas que de forma direta ou indireta, me apoiaram e deram suas contribuições para que o desenvolvimento da pesquisa ocorresse.

A todos, meus mais sinceros agradecimentos.

Williams da Silva Guimarães de Lima
(Um simples Geógrafo).

RESUMO

O presente estudo abrange o Baixo de Maracajaú e a plataforma rasa adjacente, em frente ao município de Maxaranguape localizado no litoral oriental do Estado do Rio Grande do Norte. Seu objetivo é caracterizar em termos Geológicos e Geomorfológicos essa plataforma (em especial os recifes de corais de Maracajaú), de forma a permitir a elaboração do diagnóstico do meio físico. O grande incremento nas atividades de lazer e turismo no Baixo de Maracajaú–RN pode levar a danos, por vezes irreversíveis, tanto sob o ponto de vista biótico como abiótico, neste ecossistema. Assim, torna-se urgente o estudo racional dessa área, de forma a possibilitar a execução de análises mais específicas que levem, por exemplo, à determinação das vocações de uso, com vistas ao seu desenvolvimento sustentável. Para o desenvolvimento dos trabalhos executados na área, foram feitas inicialmente a digitalização e vetorização da Carta Náutica 803 da Marinha do Brasil de 1971, com objetivo de gerar um Modelo Digital do Terreno (MDT). Em complemento aos dados da carta náutica, foram realizadas campanhas de perfilagem batimétrica ao longo de toda área de estudo, totalizando 9 perfis, com a finalidade de detalhar as principais feições de fundo, caracterizar a morfologia, bem como auxiliar na determinação dos pontos de amostragem. Com o uso das fotografias aéreas de pequeno formato adquiridas em seis sobrevôos, obteve-se informações preliminares sobre a área. A montagem destas fotos foi executada analogicamente e sua interpretação ocorreu diretamente sobre “overlays”, que foram posteriormente digitalizados gerando um mosaico digital da área. As coletas de sedimentos totalizaram 64 amostras, as quais foram submetidas à análise granulométrica e química para determinação do teor de carbonato e matéria orgânica. A análise granulométrica foi executada nas amostras com teor de carbonato inferior a 80% e apenas 09 apresentaram condições para esse tipo de análise. A microscopia foi procedida na amostra bruta. Com o recurso das fotografias aéreas foi possível identificar feições submersas, sendo estas os recifes, as ondulações e os canais, que são encontrados dentro dos limites dos recifes. A partir dessas análises, sugeriu-se um zoneamento dessas feições. Na obtenção dos perfis batimétricos, houve a necessidade de dividir a área em três setores: ao Norte da área, dois registros, ao Leste, três registros e sobre o Baixo de Maracajaú, quatro registros. Assim, foi possível detalhar as principais feições de fundo e caracterizar a morfologia de fundo da plataforma. Das amostras coletadas, 42 têm uma concentração de carbonato biogênico superior a 80% e o teor de matéria orgânica nesses sedimentos varia de 0,58% a 24,06%. Granulometricamente essas amostras são constituídas por areia média e fina. Os sedimentos com diâmetro superior ao diâmetro areia muito grossa são compostos por carapaças carbonáticas. Dentre estes, estão os rodólitos que possuem cores que variam de amarelo claro a vermelho, com formas elipsoidais e esferoidais. Na determinação das feições submersas, as fotografias aéreas de pequeno formato mostraram ser uma ferramenta de fundamental importância, pois permitiram a descrição detalhada destas feições. A batimetria executada revelou várias feições de fundo da plataforma. Dentre estas, as ondulações e o detalhamento do canal principal de São Roque são as que mais se destacam.

A análise química e granulométrica das amostras serviu para identificar a composição dos sedimentos de fundo na área. Com a microscopia foi possível registrar a ocorrência de Bivalves, Gastrópodes, Ostracodes, Fragmentos de Briozoários, Espículas de Espongiários, Espinhos de Equinodermas, Opérculos de Gastrópodes e Foraminíferos. A estratégia de pesquisa executada e as ferramentas utilizadas no estudo, mostraram-se eficientes, uma vez que permitiram alcançar os objetivos pretendidos.

ABSTRACT

This work focuses the geological and geomorphological characterization of the inner shelf in the West Coast of the Rio Grande do Norte state, particularly the reef coral barrier offshore of Maracajaú (Maxaranguape district). If developed without the necessary concerns, tourism and entertainment activities that have been widely increased during the last five years can lead to irreversible environmental damages to the biotic and abiotic ecosystems of the region. Regarding these aspects, it is crucial the realization of a detailed study to envisage the achievement of a self-sustainable development, especially with respect to the possibilities of a rational usage of the region. This is the aim of this manuscript, which consisted of an initial stage of digital modeling of the terrain with basis on digitalization and vectorization of the Nautical map number 803 (Naval Service of Brazil, 1971). Information obtained in this phase was improved with the digital processing of small format aerial photos acquired from six flights, which were integrated to form a photomosaic of the area. The refined maps produced with the data from Nautical and aerial photo-interpretations aided to locate 9 bathymetric profiles, which provided information about the sea floor relief of the whole area. This later aided in the choosing of areas to bottom sampling that, in its turn, helped to characterize sediments present in floor of the inner shelf. Sixty-four samples collected during this work were studied by granulometrical and chemical analysis; with the later one developed in order to measure carbonate and organic matter contents. Forty-two of these samples showed carbonate content higher than 80% and organic matter in the range of 0.58% to 24.06%. With respect to grain size, these samples are in the interval between fine- to mid-grained sands. Sands with grain sizes higher than this one are also composed by carbonate carapaces such as pale yellow to red rhodolites with ellipsoidal and spheroidal shapes. During determination of the submerse features, the small format aerial photos demonstrated to be a useful methodology to aid the delineation of the sea floor topography through shallow deep waters. The bathymetry, for its turn, revealed several features at the bottom of the platform, in which the most conspicuous are undulations and morphological details of the São Roque Channel. Examination of bottom, aside from sand, yielded the identification of bivalves, ostracods, fragments of bryozoans, spikes of sponges, spines of echinoderms, operculum of gastropods and foraminifers. From the above it is concluded that the multi-methodological approach developed in this study worked efficiently, permitting the geomorphological and environmental characterization of the inner shelf of the North Maracajaú.

Sumário

LISTA DE FOTOS FIGURAS E PRACHAS	i
AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO	vii
ABSTRACT.....	ix

CAPÍTULO 1 – Introdução **13**

1.1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	13
1.2 – TRABALHOS ANTERIORES	15
1.3 – JUSTIFICATIVA	16
1.4 – OBJETIVO	16
1.5 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	17
1.6 – NOMENCLATURA	18
1.7 – OS RECIFES DE CORAIS NO NORDESTE DO BRASIL.....	18
1.8 – ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DOS RECIFES DE CORAIS DE MARACAJÁ	19

CAPÍTULO 2 – Características Físicas Da Área **21**

2.1 – A PLATAFORMA CONTINENTAL	21
2.2 – OS CORPOS DE ARENITO DE PRAIA	22
2.3 – OS RECIFES DE CORAIS	23
2.3.1 – CRESCIMENTO DOS RECIFES	24
2.3.2 – RECIFES E NÍVEL DO MAR	24
2.3.3 – AMBIENTES DE FÁCIES RECIFAIS	26
2.4 – CARACTERIZAÇÃO DOS RECIFES DA ÁREA DE ESTUDO	28

CAPÍTULO 3 – Metodologia **31**

3.1 – PREPARAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA	31
3.2 – MATERIAIS E MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO	31
3.2.1 – A BATIMETRIA DA PLATAFORMA E MODELO DIGITAL DO TERRENO (MDT)	31
3.2.2 – INTERPRETAÇÃO E MAPEAMENTO DOS RECIFES ATRAVÉS DE FOTOGRAFIAS DE PEQUENO FORMATO	31
3.2.3 – COLETA E ANÁLISE QUÍMICA DOS SEDIMENTOS DE FUNDO.....	34

CAPÍTULO 4 – Resultados Obtidos **42**

4.1 – ANÁLISE DOS REGISTROS BATIMÉTRICOS	42
4.2 – ÁREA FOTOGRAFADA DOS RECIFES	53
4.3 – SEDIMENTOLOGIA DE FUNDO DA PLATAFORMA NA ÁREA DE ESTUDO	59
4.4 – ANÁLISE QUÍMICA DOS SEDIMENTOS DA PLATAFORMA NA ÁREA DE ESTUDO	62
4.5 – ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DOS SEDIMENTOS DA ÁREA DE ESTUDO	68
4.6 – SEDIMENTOS BIOGÊNICOS DA ÁREA DE ESTUDO	69
4.6.1 – ALGAS CALCÁRIAS (RODÓLITOS) NA ÁREA DE ESTUDO.....	72

CAPÍTULO 5 – Considerações Finais **81**

5.1 – DISCUSSÕES E SUGESTÕES	81
5.2 – CONCLUSÕES.....	84

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **87**

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1 – INTRODUÇÃO

1.1 – Considerações Iniciais

O interesse de vários países pelo manejo de áreas costeiras tem aumentado nessas últimas décadas. O principal objetivo destas nações é assegurar a manutenção da diversidade biológica e a utilização sustentável de seus componentes, bem como avaliar técnicas para viabilização de Programas de Gerenciamento Costeiro.

As regiões litorâneas acolhem várias atividades humanas devido às características que são peculiares, tais como as práticas de pesca comercial e recreativa, o transporte marítimo, os esportes aquáticos, o uso dos terminais portuários, as indústrias de pesca e o turismo, entre muitas outras.

Segundo Oliveira *et. al.* (1999), os ecossistemas costeiros são grandes berçários naturais, tanto de espécies do próprio ambiente, quanto de outras espécies que migram para estas áreas em época da fase reprodutiva. Além dessas espécies, o homem também usufrui desse ecossistema, pois se trata de uma rica fonte de alimento para sua sobrevivência, com destaque para os peixes, crustáceos e aves aquáticas, que compõem essa significativa biomassa. De acordo com esses autores, o ecossistema costeiro é uma grande fonte dos recursos naturais. No entanto, ele vem sofrendo impacto não só causado pelo homem (em decorrência da intensidade do processo de ocupação desordenada nessas últimas décadas), mas também através de processos “naturais”, como por exemplo, as mudanças climáticas devido ao aquecimento global.

Os ecossistemas de recifes coralinos, formados por restos de carapaças de seres marinhos que vivem fixos no fundo do mar, existem há cerca de 250 milhões de anos. Ao lado de algas calcárias e outros organismos, eles formam os recifes de corais, que são um dos ambientes mais ricos do planeta em número de espécies animais e vegetais.

Devido ao impacto da ação humana (poluição, pesca descontrolada etc.) e das mudanças climáticas (aquecimento global), os recifes de corais no mundo inteiro sofrem grande ameaça. Segundo Fernandes (2000), estudos coordenados pela *Global Coral Reef Monitoring Network*, organização internacional que monitora os recifes de corais, estimam que 27% dos corais do mundo já foram destruídos, representando uma ameaça para todo o ecossistema marinho. O mesmo estudo revela algumas áreas afetadas, como é o caso da Flórida, nos Estados Unidos da América, onde alguns recifes perderam aproximadamente 95% de seus corais vivos desde 1975 e o Oceano Pacífico, onde morreram cerca de 90% dos recifes de corais que vivem em águas rasas. De acordo com esta autora, no Brasil a pesquisa sobre os recifes de corais ainda é recente, e não há dados quantitativos sobre quantos deles estariam ameaçados. Por isso, o estudo aprofundado dos recifes de corais torna-se importante, principalmente quando esse ambiente vem sofrendo risco de degradação ambiental, tanto do ponto de vista biótico quanto abiótico, como é o caso da área do presente estudo.

Historicamente os recifes no Baixo de Maracajaú, área do presente estudo, eram freqüentados apenas pelos pescadores artesanais da região e quase não se tinha atividade turística entre essas formações recifais. A partir de 1994, a região tornou-se um dos principais pontos turísticos do Rio Grande do Norte, pois suas águas mornas e cristalinas proporcionam condições ideais para este tipo de atividade. A temperatura média é 28° C, com profundidades entre 1.0 m e 5.0 m na baixa mar e a distância da praia até os recifes é de 4 milhas náuticas (7 km). O percurso é feito através de barcos (lanchas) disponíveis na região e dura em média 15 minutos.

O Baixo de Maracajaú tem uma área aproximada de 13 km² e está inserido na plataforma continental interna em frente ao Distrito de Maracajaú, (município de Maxaranguape–RN). Diante de toda essa conjuntura, esse ambiente corre sérios riscos de sofrer os mesmo impactos ambientais que estão ocorrendo em outros ecossistemas recifais.

1.2 – Trabalhos Anteriores

Pesquisas anteriores próximos à área de estudo, foram desenvolvidos por Testa & Bosence (1999), utilizando imagens do sensor TM–Landsat 5, voltado para o mapeamento de zonas da plataforma interna com base na morfologia de fundo oceânica, para investigações oceanográficas. Estes autores sugeriram com auxílio das imagens, seis divisões para as zonas sedimentares desta região, denominadas de Zona Costeira, Zona Sub–Litorânea de Turbidez, Zona de Faixa de Areia, Zona de Duna Sub–Aquosa, Zona de Estabilização Algal e Zona de Sedimentos Litificados. Todas estão aproximadamente paralelas à linha de costa atual na margem interna desta plataforma.

Costa Neto (1997), identificou na plataforma ao largo do Delta do rio Açu, Macau litoral Setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, Foraminíferos dos tipos *Miliolídeos*, *Triloculina* e *Peneroplis*, entre outras. De acordo com este autor, foram identificados 37 gêneros, os quais incluem 28 gêneros da sub–ordem Rotalídeos, predominando *Ammonia*, *Bolivina*, *Amphistegina*, *Discorbis* e *Elphidium* e 9 gêneros da sub–ordem *Milliolídeos*, onde predominam *Quiqueloculina*, *Archaias*, *Triloculina* e *Wesnerella*.

Vianna *et. al.* (1993), desenvolveram trabalhos na plataforma continental interna em frente ao município de Touros–RN, onde identificaram antigas fáceis de praia desde a última deglaciação, através de imagens do sensor TM–Landsat 5. Além de mostrar a utilização desse imageamento em grandes áreas submersas até 30 m de profundidade, sugeriram uma linha de trabalho geomorfológico relacionada às mudanças climáticas abruptas. A definição da morfologia das principais feições que ocorrem nessa plataforma continental foi sugerida por esses autores, que as identificam como paleocanais dos principais rios que cortam a plataforma (rio Açu e Mossoró); bioconstruções de algas e corais calcários (Baixo de Maracajaú e Baixo do Rio do Fogo); e recifes de arenitos descontínuos de extensão variável, paralelos à costa.

Pesquisa desenvolvida por Srivastava & Corsino (1984), na plataforma rasa entre Rio do Fogo e Touros–RN, local próximo à área de estudo, identificaram uma completa dominância ou presença exclusiva, como afirmam os autores, de algas vermelhas (*Lithothamnium*, *Lithopyllum*) em forma de pequenos rodólitos e talus arredondados e sub–arredondados.

1.3 – Justificativa

O Estado do Rio Grande do Norte é caracterizado, entre outras coisas, pela beleza de seu litoral, em sua maior parte. Em virtude do clima da região as praias podem ser freqüentadas praticamente durante todo o ano. O Baixo de Maracajaú (recifes), conhecidos localmente como “Parrachos”, e devido a sua pouca profundidade, têm propiciado nestas últimas décadas grande incremento nas atividades de lazer e turismo.

O uso indiscriminado desse ecossistema pode ocasionar dano por vezes irreversível, de todo arcabouço físico e conseqüentemente do equilíbrio biótico dessa área. Os recifes do Baixo de Maracajaú–RN correm sérios riscos de degradação ambiental, tanto do ponto de vista biótico, quanto abiótico. Assim, torna-se urgente o estudo racional desse ecossistema, de forma a possibilitar a execução de estudos mais específicos que levem a determinação das vocações do uso da área, com vistas ao seu desenvolvimento sustentável.

1.4 – Objetivo

O objetivo geral é caracterizar em termos Geológicos e Geomorfológicos a plataforma continental interna em frente ao município de Maxaranguape–RN, com enfoque para os recifes do Baixo de Maracajaú, de forma a permitir o diagnóstico de seu atual estado de conservação física.

1.5 – Localização da Área de Estudo

Os recifes do Baixo de Maracajaú localizam-se no litoral Oriental do Estado do Rio Grande do Norte, na plataforma rasa em frente ao Distrito de Maracajaú (município de Maxaranguape), distante 64 km ao norte de Natal (Fig. 1.1).

A região dos recifes está delimitada pelas coordenadas: Latitude 5° 20' e 5° 25' Sul, longitude 35° 15' e 35° 20' Oeste, próximos à porção nordeste da plataforma continental do Estado do Rio Grande do Norte e ao Leste do Cabo do Calcanhar.

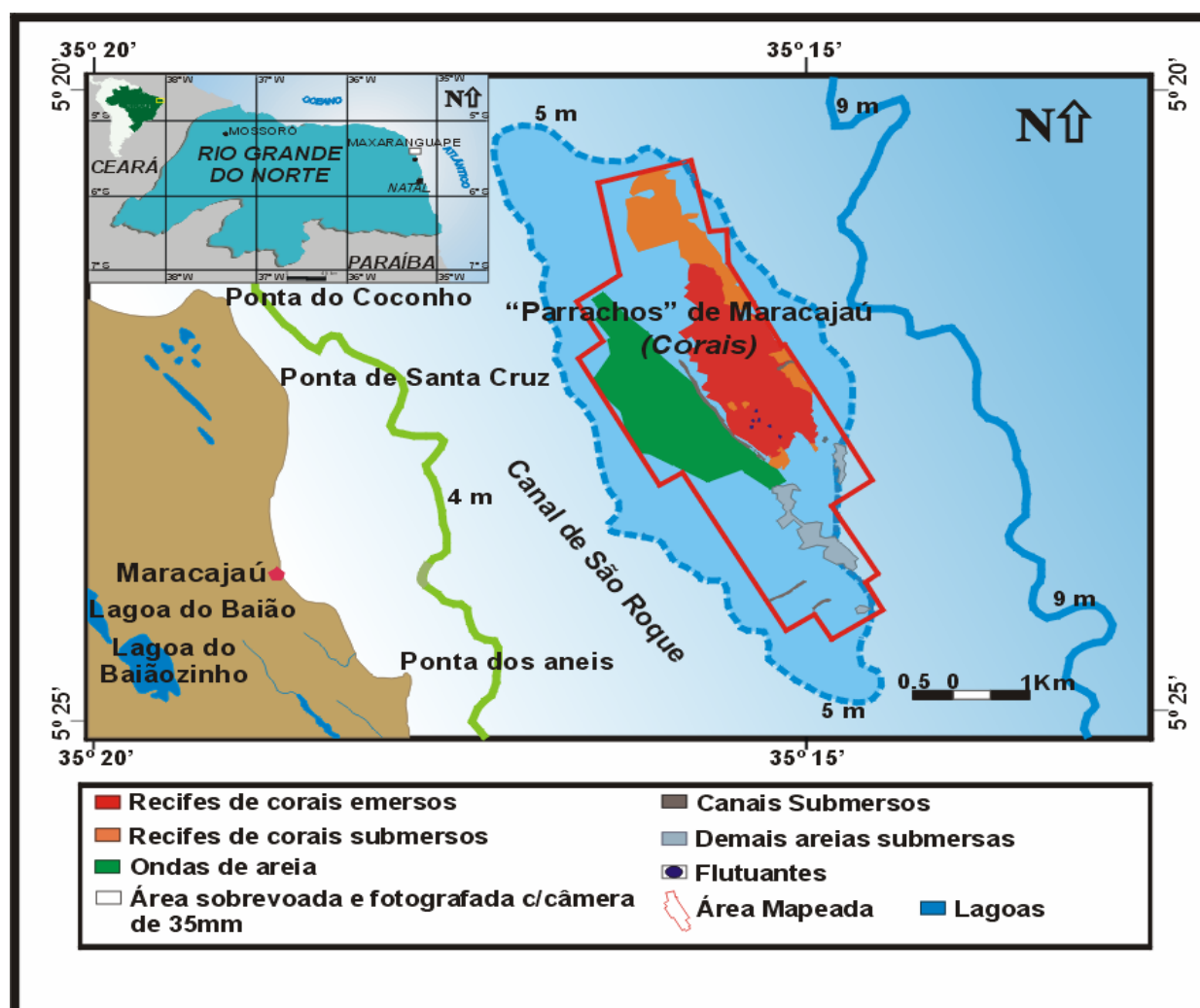


Figura 1.1 – Mapa de localização da área de estudo, Baixo de Maracajaú (“Parrachos”). Destaque para o Mosaico da área mapeada, mostrando as principais feições de fundo oceânico identificadas através das fotografias aéreas de pequeno formato.

1.6 – Nomenclatura

Nesse estudo utilizamos denominações pouco conhecida no meio científico. O termo “Parrachos”, muito comum entre a população local, caracteriza os recifes localizados no Baixo de Maracajaú. Esse tipo de ecossistema é parte integrante da plataforma continental interna da área de estudo. Assim, concluímos que o nome genérico desse banco recifal da região seria o mais apropriado, para utilizarmos em nossa pesquisa.

Existem outras nomenclaturas muito utilizadas pela população da região para identificar determinados lugares próximos aos recifes de Maracajaú, tais como Rabo do Cascalho, Beira do Banco Seco, Banco Fundo, Restiga do Emílio, Caricibola, Restinguinha, Mata Fome e Buterro do Gavarinho, essas denominações, geralmente foram “batizadas” por pescadores da região, para facilitar a identificação destes pontos de pesca.

1.7 – Os recifes de corais no Nordeste do Brasil

Os recifes de corais são privilégio dos mares tropicais e patrimônio de poucos países no mundo, dentre os quais, no Atlântico Sul, apenas o Brasil foi contemplado com esse ecossistema. O ecossistema de recifes de corais é formado por organismos vivos que depositam seus esqueletos de carbonato de cálcio em camadas sucessivas e formam as estruturas coralíneas que protegem a linha de costa ao formarem um dique (barreira) natural que evita o avanço do mar sobre o continente.

Os recifes de corais são submetidos à destruição antrópica através da poluição das águas costeiras, da coleta predatória de corais e da má utilização dos recifes pelos banhistas. De acordo com o IBAMA (2000), existem aproximadamente três mil quilômetros de recifes de corais no litoral do Nordeste, desde o Maranhão até o sul da Bahia.

1.8 – Área de Proteção Ambiental dos Recifes de Maracajaú

Preocupado com o risco ambiental que vem sofrendo esse ecossistema, foi criada no litoral Oriental do Rio Grande do Norte a *Área Estadual de Proteção Ambiental dos Recifes de Maracajaú*, instituída através da lei nº 7.871 de 20 de Julho de 2000. Segundo o Art. 1º, esta Lei estabelece as diretrizes de ordenamento territorial do Litoral Oriental, nos termos da Lei nº 6.950, de 20 de agosto de 1996, que institui o Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro.

Foi criada uma parceria entre a Secretaria de Patrimônio da União (SPU), o Ministério Público (MP) e o Instituto de Desenvolvimento Econômico do Meio Ambiente (IDEMA) dentre outros, que visa estabelecer critérios para o uso sustentável de áreas de patrimônio da União. Neste contexto, pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), do Departamento de Geologia, através do Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica (PPGG), iniciaram estudos sobre a caracterização, diagnóstico e monitoramento do meio físico dessa área coralínea.

CAPÍTULO 2 – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA ÁREA

2 – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA ÁREA

2.1 – A plataforma continental

Os estudos sobre plataforma continental nas ultimas décadas (mais precisamente entre 80 e 90), foram intensificados com a evolução das imagens orbitais, pois o uso dos satélites permitiu ainda mais pesquisas voltadas para o mapeamento do fundo oceânico. De acordo com Amaral (2000), as imagens que mais se utilizam para esse tipo de mapeamento são as da série Spot HRVI e TM-Landsat 7 ETM+.

A plataforma continental da margem Leste brasileira estende-se desde as proximidades da Ponta do Calcanhar (RN), até ao largo da cidade de Itapemirim (ES), cobrindo aproximadamente 2.200 km de linha de costa. A plataforma continental nordestina possui em média, 40 km de largura e os rios mais importantes que nela desembocam são o Jaguaribe, com 450 km e o São Francisco, com mais de 2.700 km de extensão (Projeto REMAC, 1979).

A plataforma continental do Rio Grande do Norte apresenta morfologia irregular, com gradiente médio em torno de 1:1.000. Sua quebra se dá entre as isóbatas de 50 m e 60 m e dista cerca de 30 a 40 km da linha de costa (Costa Neto 1997). A quebra da plataforma em frente à cidade de Touros, ao norte da área de estudo e dista cerca de um pouco mais de 50 km do continente.

As feições mais proeminentes da plataforma continental interna em frente ao Distrito de Maracajaú-RN, são os recifes, as ondas de areia e os canais submersos. A discussão sobre essas feições será mais detalhada no capítulo quatro (4), o qual se refere aos resultados obtidos.

2.2 – Os corpos de Arenito de praia

Os estudos sobre corpos de arenito no litoral Oriental do Nordeste remontam de Darwin (1841). Uma recente revisão dos dados geocronológicos, acrescidos de novas datações e mapeamento geológico de detalhes sugeridos por Amaral & Bezerra (1996) e Bezerra, *et. al.* (1998), possibilitou a obtenção de informações mais precisas sobre a geometria, sistema deposicional e a idade desses corpos de arenitos. Segundo Amaral (2000), os corpos de arenito de praia na zona costeira assim como na plataforma continental, representa um importante registro da sedimentação holocênica no Nordeste Brasileiro.

A distribuição desses corpos de arenito se dá ao longo de todo o litoral Oriental nordestino, podendo ser classificados pelo menos em dois tipos no que diz respeito a sua origem, composição mineralógica e sua forma (Mabesoone & Coutinho, 1970). Esses tipos referem-se a corpos de arenito sem um padrão de forma determinado. Quanto à sua composição, são formados por arenitos compostos principalmente por grãos de quartzo, angulosos a arredondados, mal selecionados de tamanho areia, até matacão cimentados por óxido de ferro (Amaral, 2000). De acordo com esse autor, outro grupo de arenitos tem uma geometria linear, com larguras entre 20 m e 50 m e sua espessura aparente é de 5 m com comprimentos superiores a 8 km. São formados por arenitos cimentados por carbonatos e ocorrem ao longo de todo o litoral Oriental do Rio Grande do Norte.

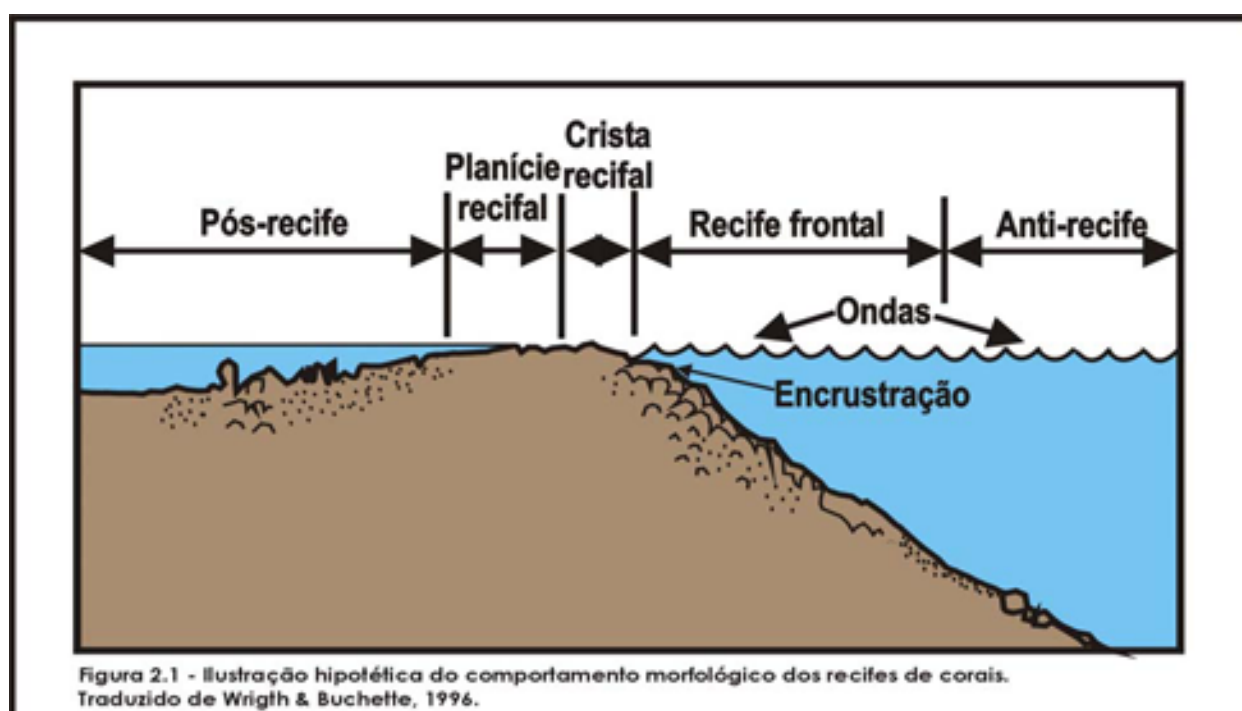
Segundo Amaral (2000), o termo arenito de praia, genericamente é aplicado para descrever uma grande quantidade de rochas litificadas na zona litorânea e sugerida para sedimentos de praia descobertos na zona intermaré e cimentados por carbonatos de cálcio. O termo arenito de praia é proveniente da tradução direta do inglês *beachrock*, que corresponde a um material de praia com cimentação carbonática.

2.3 – Os recifes de Corais

Os recifes de corais são construções biogênicas que geram grandes quantidades de estruturas de significado geológico. Podem ser caracterizados pela natureza dos organismos dominantes que os construíram (*algas, estromatoporoides, ruditos e corais*, por exemplo) ou pelas suas morfologias (*atol, barreiras, faro, franjas de corais* entre outros), modelados por fatores ambientais (Wright & Burchette, 1996).

O ambiente recifal restringe-se presentemente, aos sítios dos mares tropicais que oferecem condições favoráveis à vida de organismos coloniais de águas rasas construtores de edifícios calcários com a forma de elevações mais ou menos retilíneas ou circulares em planta (Mendes 1984).

O próprio crescimento dos corais pode produzir em grande escala, complexo de recifes resistentes às ondas, anti-recife, recife frontal, recifes superiores e inferiores (Fig. 2.1). As manchas recifais menores, podem se desenvolver em águas rasas de grandes plataformas e atóis ou em partes mais rasas da plataforma (Burchette & Wright 1992).



2.3.1 – Crescimento dos recifes

A Profundidade das águas é o maior controlador na distribuição de algas calcáreas, ou organismos, como os corais hermatípicos, que são até certo grau, dependente da associação com determinadas algas fotossintetizadoras, que precisam da luz solar (Wright & Burchette, 1996). De acordo com Gomes *et al.*, (2001), os corais hermatípicos são organismos que se reproduzem apenas em águas quentes, em um estreito limite de temperatura. Muitos recifes exibem biota¹ proeminente e zonação sedimentológica que é controlada pela mudança na energia das ondas, intensidade da luz, grau de exposição, taxa de sedimentação e o teor de nutrientes deve ser baixo.

2.3.2 – Recifes e variação relativa do nível do mar

A mudança relativa do nível do mar exerce um controle na geometria e arquitetura de seqüências recifais. Observações de campo, seções sísmicas e simulações computadorizadas podem gerar modelos que prevêm como a plataforma carbonática se comporta durante as variações do nível do mar, assim como, para suas diferentes taxas de variação (Wright & Burchette, 1996).

A profundidade da água em 20 m ou mais pode ser alcançada antes do crescimento significativo dos corais, uma vez que a maior produção se inicia, os recifes podem se estabilizar e crescer rapidamente junto com nível do mar em apenas alguns milhões de anos. O recife é então capaz de manter o ritmo de crescimento com a elevação do nível do mar.

Segundo Wright & Burchette (1996), as respostas dos recifes com relação ao balanço entre a taxa de crescimento e o nível do mar é complexa. Os recifes do tipo *Give-up* são um exemplo onde a taxa de soerguimento do nível do mar excede a taxa de crescimento do coral. Alguns dos recifes continuam

¹ Termo coletivo para referir-se às vidas, animal e vegetal de uma região (Suguio, 1992). Flora e fauna de uma região (Brigagão, 1992).

tentando crescer na forma de cone ou mesmo na forma de “bolo de casamento”. Se a taxa de crescimento é bastante lenta para o recife se restabelecer em águas mais rasas, ele se recolhe.

Em outras situações o recife recua em uma série de pulsos. Se a taxa de elevação do nível do mar e a taxa de crescimento estão balanceadas, o recife cresce verticalmente para produzir um pico ou uma escarpa de talude recifal – anti-recife. Se a taxa de elevação é bastante lenta o recife progredirá sobre seu próprio talude. Se o nível do mar é estático o recife pode gradar horizontalmente. Wrigth & Burchette (1996), definem que durante a queda do nível do mar, o recife pode migrar como uma unidade sobre crescente. Entretanto, se a taxa de queda é rápida ou em pulsos, os recifes podem progradar em saltos. Durante a posição mais baixa do nível do mar e a mais alta os recifes progradaram de cima pra baixo e com a elevação relativa do nível do mar, as lagunas se agregam verticalmente (fig. 2.2).

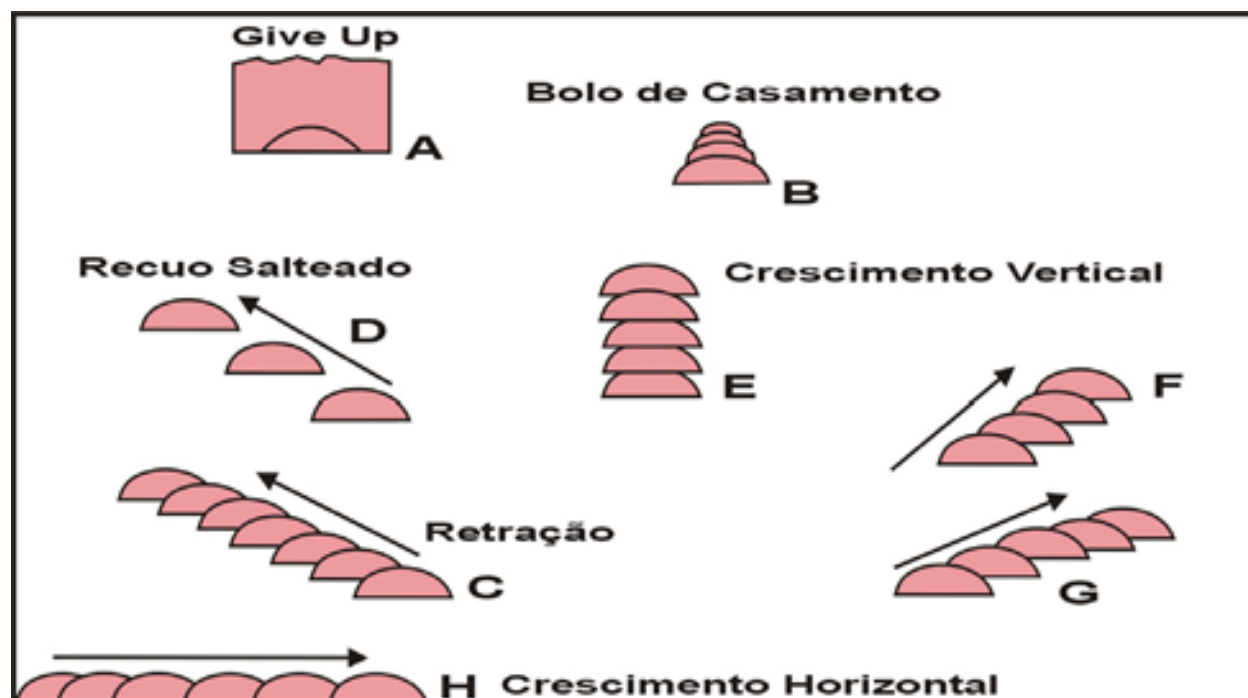


Figura 2.2 - Diagrama esquemático identificando as formas e direção do crescimento dos recifes em relação ao nível do mar. Traduzido de Wrigth & Burchette, 1996.

2.3.3 – Ambientes de fácies recifais

Dois tipos de arcabouços recifais são aqui considerados: Complexo recifal (*reef complexes*) e mancha recifal (*patch reef*). Em adição, esses montículos recifais (*reef mounds*), apresentam uma morfologia muito difícil de se mostrar em um único modelo de fácies para essas estruturas.

Usando como critério para formação da rocha, tipos de organismo, morfologia e ainda a distribuição da diagênese precoce, podem se reconhecer diversos afloramentos ou testemunho. Os mais proeminentes entre os recifes são as cristas de recife e planície recifal (*reef crest and front*), laguna de pós-recife (*backreef lagoon*), talude recifal (*reef front*) e ante-recife (*forereef*) (Wright & Burchette, 1996).

As cristas de recifes e talude recifal (*reef crest and front*), são as principais zonas produtivas dos recifes ativos e estendem-se a partir do ponto mais alto do recife (a crista), até o ponto onde termina a formação da estrutura recifal. Devido à dependência da luz de muitos organismos recifais, esta zona estende-se com uma produtividade decrescente que varia de 70 m a 100 m de profundidade abaixo do nível do mar (zona fótica²).

A crista recifal está exposta continuamente à ação das ondas e também a exposição periódica, de maneira que o grau de quebra mecânica, abrasão, bioerosão e cimentação são bastante altos (Adey, 1978; Macintyre, 1984). Os organismos na zona de crista de muitos recifes, antigos e atuais que aceitam a encrustação, tem formas de crescimento resistente as ondas, resultando em rochas recifais com baixa diversidade de espécie, dominadas por *bindstones* e *framestones*.

² Camada da água onde a luz penetra; é a zona de fotossíntese, incluindo as zonas eufótica e a zona disfótica. O limite superior é a superfície do oceano e a inferior varia com o lugar e com o grau de turvação da água (Magliocca, 1987).

Abaixo da crista recifal, muitos recifes atuais exibem uma zona de esporões (*buttresses*), tubos ou canais. Os esporões são corais e hidrozoários (*Millepora*) que cobriram extensões do talude recifal e os canais são depressões preenchidas por areia entre eles (Shinn, Hudson *et al.*, 1981; Shinn, Hudson *et al.*, 1982).

Abaixo desta zona é o talude recifal principal, tipicamente íngreme nos recifes atuais, que aparenta um traçado de corais, algas, (incluindo *Halimeda*) e parasitas. A princípio as zonas de “paredes” ou ante-recife de escarpa de muitos recifes atuais, podem em parte, possuir sua morfologia associada à rápida mudança do nível do mar que ocupa o Quaternário Superior (James & Ginsburg, 1979; James, 1983).

Os anti-recifes rochosos estendem-se desde o talude recifal até o assoalho da bacia que é preenchido por sedimentos derivados dos recifes através do colapso, fluxo gravitacional, tempestade etc. Em muitos recifes antigos o anti-recife é contínuo com o recife de crista e assim são paralelas as camadas inclinadas do anti-recife.

Atrás da crista, está a planície recifal que pode ser dividida dentro de uma pavimentação e cobertura arenosa. O formador fica imediatamente atrás dos recifes de crista, é uma zona estreita variando de poucos a centenas de metros de largura, sobre o qual a profundidade da água é de pelo menos alguns metros. A área é assim comumente exposta durante muitas marés baixas. Nos recifes atuais esta zona tem aspecto de algas calcáreas, crescimento de pequenos corais e “micro-atois” com tempestade de fragmentos do talude recifal (Wright & Burchette, 1996).

Os montículos de recifes e montículos de lama são as estruturas recifais mais abundantes no registro geológico. Existe uma grande diversidade de tipos de montículos de recifes, gradando desde uma acumulação composta amplamente de bioclástico até composta predominantemente por argila

carbonática ou matriz peloidal. Entretanto eles também são submetidos ao mesmo controle ambiental que governa o crescimento de todo o recife.

Os montículos de recifes também ocorrem em ambientes atuais (Wright & Burchette, 1996). De acordo com esses autores, são compostos de derivados argilosos bioturbados a partir da quebra das algas codiáceas (verdes), e Epibiontes *Thalassa* e são cobertas por areias sedimentares e cascalhos. Na sua presente forma os montículos não exportam sedimentos para as áreas de inframaré.

2.4 – Caracterização dos recifes da área de estudo

Estudos realizados por Matthews (1926); Vasconcelos & Rocha (1986), identificaram que as duas formações de recifes mais encontradas na costa do Brasil são constituídas por *Madreporários* e *Milíporos*, e arenitos ou recifes de franja, formados pela cimentação da areia com o carbonato de cálcio e óxido de ferro. No Distrito de Maracajaú, as formações de recifes encontradas são caracterizadas como recifes de franja (Nottingham, et al., 2000).

De acordo com Lowe-MacConnel (1987), os recifes de coral oferecem uma série de nichos ecológicos, talvez mais que qualquer outro bioma. O incremento da área de superfície do fundo e as inúmeras cavernas e locas proporcionam lugares escondidos para diversos invertebrados, dos quais muitos peixes alimentam-se.

Em se tratando da importância ecológica, vale ressaltar que a área deste ecossistema serve como berçário, local de alimentação e abrigo para as mais diversas espécies marinhas, com isso apresentando uma complexa cadeia alimentar assim como um fluxo constante entre os diversos níveis tróficos (nutrição).

Segundo Nottingham *et al.*, (2000) foram identificadas 43 espécies de peixes compreendendo 38 gêneros e 29 famílias no Baixo de Maracajaú, durante o período de visita entre 27 de dezembro de 1999 a 09 de janeiro de 2000. De acordo com esses autores, seria bastante precoce qualquer conclusão científica sobre a composição da comunidade ictiofaunística da área de estudo, sendo necessário pesquisas mais apuradas sobre o assunto.

Atualmente, a área esta mais voltada para o turismo, embora anteriormente a atividade mais explorada eram a pesca e a extração de algas. A praia de Maracajaú–RN é privilegiada por apresentar amplos recifes, o que favorece ao mergulho e a pesca submarina, inclusive pela transparência das águas durante grande parte do ano.

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

3 – METODOLOGIA

3.1 – Preparação da base cartográfica

Para o desenvolvimento dos trabalhos executados na área, foi feito inicialmente, a vetorização da Carta Náutica 803 da Marinha do Brasil de 1971 com escala aproximada 1:50.000. Através dessa vetorização, foi possível identificar alvos importantes no contexto evolutivo da região. A partir dessa base, os trabalhos subseqüentes envolveram etapas distintas de coleta de dados em campo e laboratório, as quais seguiram uma seqüência de aquisição conforme o desenvolvimento do trabalho.

3.2 – Materiais e Métodos de Investigação

3.3 – A batimetria da plataforma e Modelo Digital do Terreno (MDT)

Vetorizando os dados batimétricos obtidos da carta náutica 803 da Marinha do Brasil, foi possível gerar um Modelo Digital do Terreno (MDT) de fundo da plataforma. Em complemento aos dados da carta náutica, foram realizadas campanhas de perfilagem batimétrica, utilizando uma ecossonda digital ao longo de toda área estudada, totalizando 9 perfis (rotas).

Com a obtenção desses perfis, a área de estudo foi dividida em três setores: ao Norte da área, dois registros, ao Leste (após as arrebentações dos recifes), três registros e sobre o Baixo de Maracajaú (recifes), quatro registros. Em todas as campanhas utilizou-se para navegação o GPS (*Global Position System* – Sistema Global de Posição), admitindo-se uma acurácia de 10 m.

3.4 – Interpretação e mapeamento dos recifes através de fotografias de pequeno formato

Foram utilizadas fotografias aéreas de pequeno formato a fim de se obter informações sobre a área de estudo. A partir das fotografias aéreas foi possível identificar algumas feições submersas como recifes, ondulações e canais. Essas

feições são identificadas dependendo da escala e das condições da maré ser baixa de sizígia, com dias claros e poucas nuvens. Cabe ainda ressaltar que se a extensão e localização dessas feições não são ainda documentadas, as fotografias aéreas fornecem um bom ponto de partida para uma inspeção geral dos ecossistemas recifais.

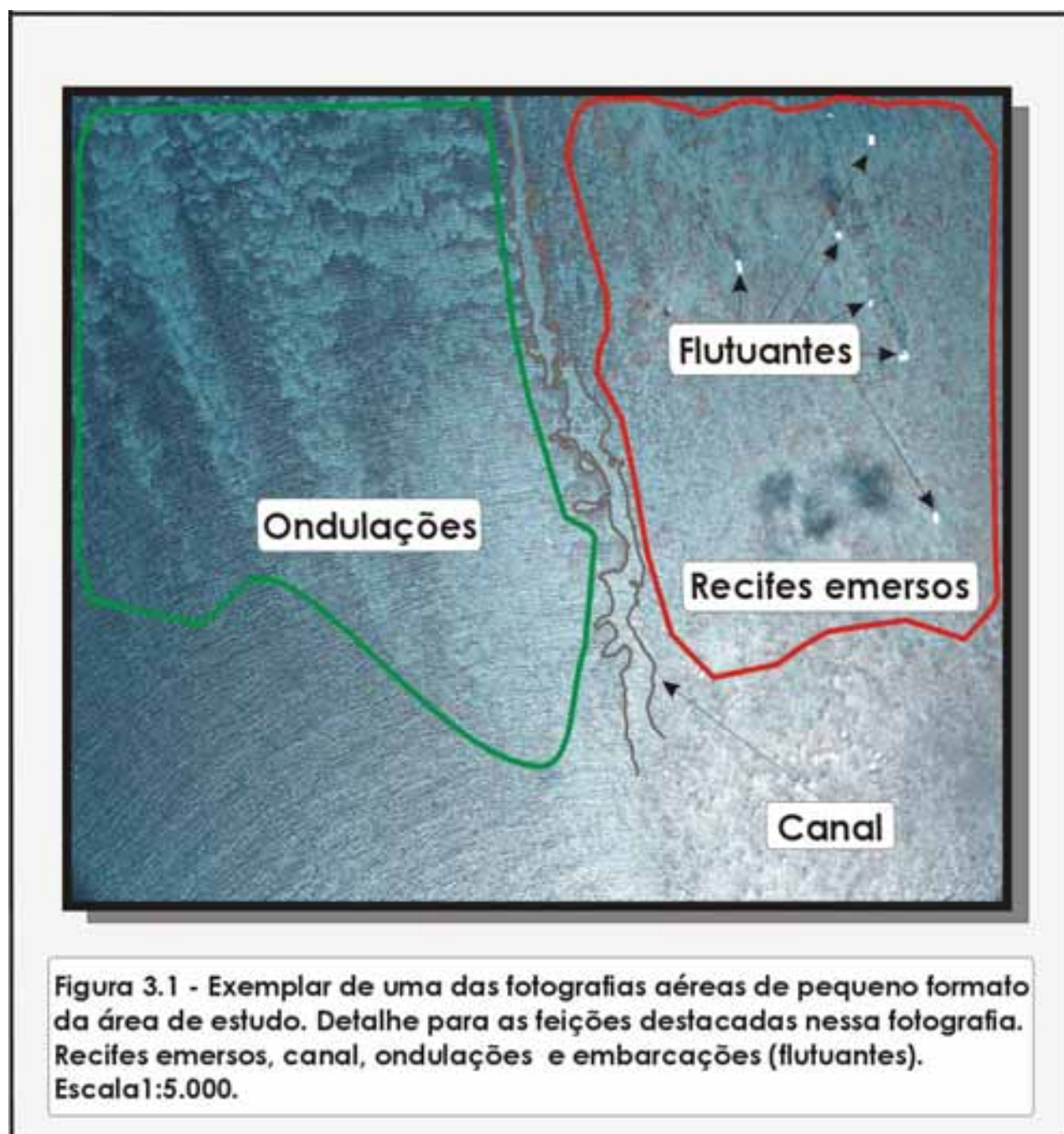
Ao se desenvolver um mapa de recifes por meio dessas fotografias, o ideal é que estas estejam georreferenciadas e apresentem escala conhecida. Estas (fotografias), irão permitir uma ampla identificação das zonas de recifes. Com a finalidade de determinar onde exatamente estão representadas nas fotografias aéreas essas áreas recifais, se faz necessária uma inspeção subaquática através de mergulho.

As fotografias foram adquiridas em seis sobrevôos, os quais se constituíram da seguinte forma: cinco sobrevôos a uma altura de 2.100 m resultando em fotos com escala aproximada 1:5.000 e um sobrevôo com altura de 900 m resultando em fotos com escala aproximada 1:3.000. A montagem das fotografias foi feita analogicamente e sua interpretação ocorreu diretamente sobre *overlays*, que posteriormente foram digitalizados, para que se procedesse a uma justaposição digital de cada folha gerando-se assim um mosaico da área.

Esse tipo de sensor permite identificar feições de fundo oceânico sendo estas os recifes emersos e submersos, ondulações e canais. Após a montagem analógica dessas fotografias aéreas, foi possível identificar essas feições dividindo-as em zonas.

Os recifes foram identificados por sua coloração clara (emerso) ou mais escura (submerso), levando-se em consideração que as fotos foram obtidas entre 10:30 h. e 12:00 h., no dia 08 de fevereiro de 2001 quando a altura da maré estava entre 0.1 m e 0.7 m segundo os dados da tábua de maré da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN, 2001). Através dessas fotos, ainda

pôde-se fazer uma identificação de feições de fundo, onde a concentração dos cabeços de recifes e as ondulações são as que mais se destacam (Fig. 3.1).



3.5 – Coleta e análise química dos sedimentos de fundo

Para a análise de sedimentos soltos, tais como areias de praias ou rios, é necessário secar e quartear as amostras antes de qualquer tratamento, excetuando-se as amostras que se pretende determinar o conteúdo em água, petróleo e naturalmente aquelas amostras que já estão totalmente secas. Outro cuidado que se deve ter é com a temperatura de secagem das amostras; em casos normais, as areias são secas em média a 100 °C. No entanto, se os sedimentos contem bastante argila, a temperatura deve ser no máximo 60 °C para que não haja modificações nos argilos-minerais sensíveis a temperaturas e evitar o endurecimento do material coletado. De acordo com esse autor, quando se pretende fazer análises químicas ou granulométricas das amostras é necessário fazer remoção dos sais. Os sedimentos argilosos marinhos recentes, com alto conteúdo aquoso, e os sedimentos de fundo oceânico, contendo muita água de formação, possuem geralmente considerável quantidade de sais solúveis em água. Uma das operações para se remover os sais das amostras é fazendo a lavagem repetida destas, utilizando água destilada e papel filtrado ou filtro a vácuo. Nesse caso, a lavagem é feita até que o filtro fique completamente livre do cloro (Suguio, 1973).

Em nossa área de pesquisa, foram coletados sedimentos de fundo em pontos previamente estabelecidos, que serviram para caracterizar a sedimentologia da região. Na coleta de amostras da área submersa, foi utilizada uma draga cilíndrica de 2 litros (Fig. 3.2), bem como, equipamentos adequados para esse tipo de trabalho (Fig. 3.3). As amostras de sedimentos foram submetidas à análise granulométrica e química para determinar a concentração de carbonato e matéria orgânica. A determinação de cada ponto da coleta foi feita pelo sistema GPS de posicionamento, admitindo-se uma acurácia de 10 m.

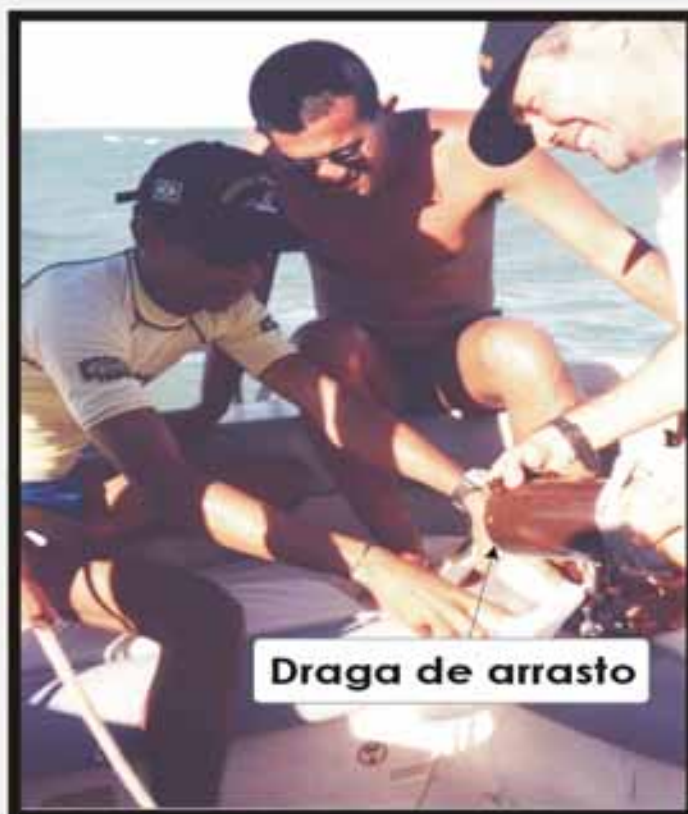


Figura 3.2 - Equipe de campo coletando amostras de sedimentos na área de estudo, com a draga de arrasto.



Figura 3.3 - Equipamentos utilizados para coleta de amostras de sedimentos na área de estudo.

No laboratório, as amostras foram tratadas da seguinte maneira (Fig. 3.4):

1. Preparação das amostras: as amostras após chegada do campo foram levadas para a secagem em temperaturas inferiores a 60° C, para que não houvesse modificação dos argilos minerais sensíveis a altas temperaturas, destruição da matéria orgânica e evitar o endurecimento do material.
2. Após a secagem, as amostras foram quarteadas, sendo uma parte extraída para análise e outra acondicionada em sacos plásticos, ficando estas como uma parte reserva, caso houvesse necessidade de se fazer outro ensaio. As amostras separadas para análises sofreram os seguintes procedimentos:

- ❖ Determinação do teor Carbonato – consiste no tratamento da amostra com ácido clorídrico, diluído a 10%, sendo a amostra previamente pesada geralmente a 100g. Após esse tratamento, a amostra é lavada inúmeras vezes com água destilada, para tirar o excesso de ácido e logo após, levada a estufa para a secagem e novamente pesada. Depois de todo esse processo, se determina o percentual do teor de carbonato aproximado. Os parâmetros calculados para se obter esse percentual foram:

Formula para se calcular os teores de Carbonato de cálcio e Matéria Orgânica

Nomenclatura	Formula utilizada
Peso Inicial da amostra = PIA Peso pós-tratamento = PPT	$\frac{(PIA - PPT) \times 100}{PIA}$

- ❖ Determinação do teor de Matéria Orgânica – consiste no tratamento da amostra com peróxido (H₂O₂), concentrado a 130 volume e diluído a 20%, para se obter o percentual de

teor da matéria orgânica, que contém a amostra. Esse tratamento demora em média de dois a três dias, dependendo de amostra para amostra. Para se saber o percentual de matéria orgânica, obedece à mesma fórmula utilizada para calcular o percentual de carbonato, levando em consideração que o peso inicial das amostras agora é o peso pós-tratamento do carbonato.

3. Peneiramento úmido – consiste na lavagem da amostra sobre uma peneira com malha de 0,062 mm. A fração maior que 0,062 mm é recolhida em um recipiente e logo em seguida levada à estufa, geralmente a temperaturas inferiores a 60 °C. A fração menor que 0,062 é colhida em baldes plásticos e posta em repouso para decantar e logo após, a água é retirada por meio de uma mangueira de plástico e então o material é recolhido num recipiente, para se fazer (dependendo do objetivo do trabalho), análises com os argilos minerais.

3.6 – Análise granulométrica dos sedimentos de fundo

O termo granulometria significa, literalmente, medida de tamanho dos grãos onde certos materiais, minerais ou não, apresentam-se natural ou artificialmente sob forma de partículas ou grãos. O interesse fundamental da granulometria é conhecer a distribuição granulométrica desses materiais de caráter fragmentar, granular ou pulverizado e para isso, se faz necessário à utilização da análise granulométrica (Suguio, 1973). Segundo este autor, a finalidade da análise granulométrica, varia de acordo com cada ramo de atividades no qual elas são empregadas. No ramo da geologia, por exemplo, umas das finalidades é correlacionar sedimentos de áreas diferentes por meio de tratamentos estatísticos adequados.

O primeiro passo para se interpretar resultados de análises granulométricas de rochas sedimentares é a utilização da representação gráfica. Geralmente, os gráficos além de representarem os resultados visualmente também sugerem novas linhas de conduta das pesquisas a serem efetuadas (Suguio, 1973).

Análise granulométrica fornece informações sobre a textura dos sedimentos relacionando ao modo de transporte e deposição destes. Além disso, preparam o material para estudos dos minerais pesados, morfoscopia e outros ensaios.

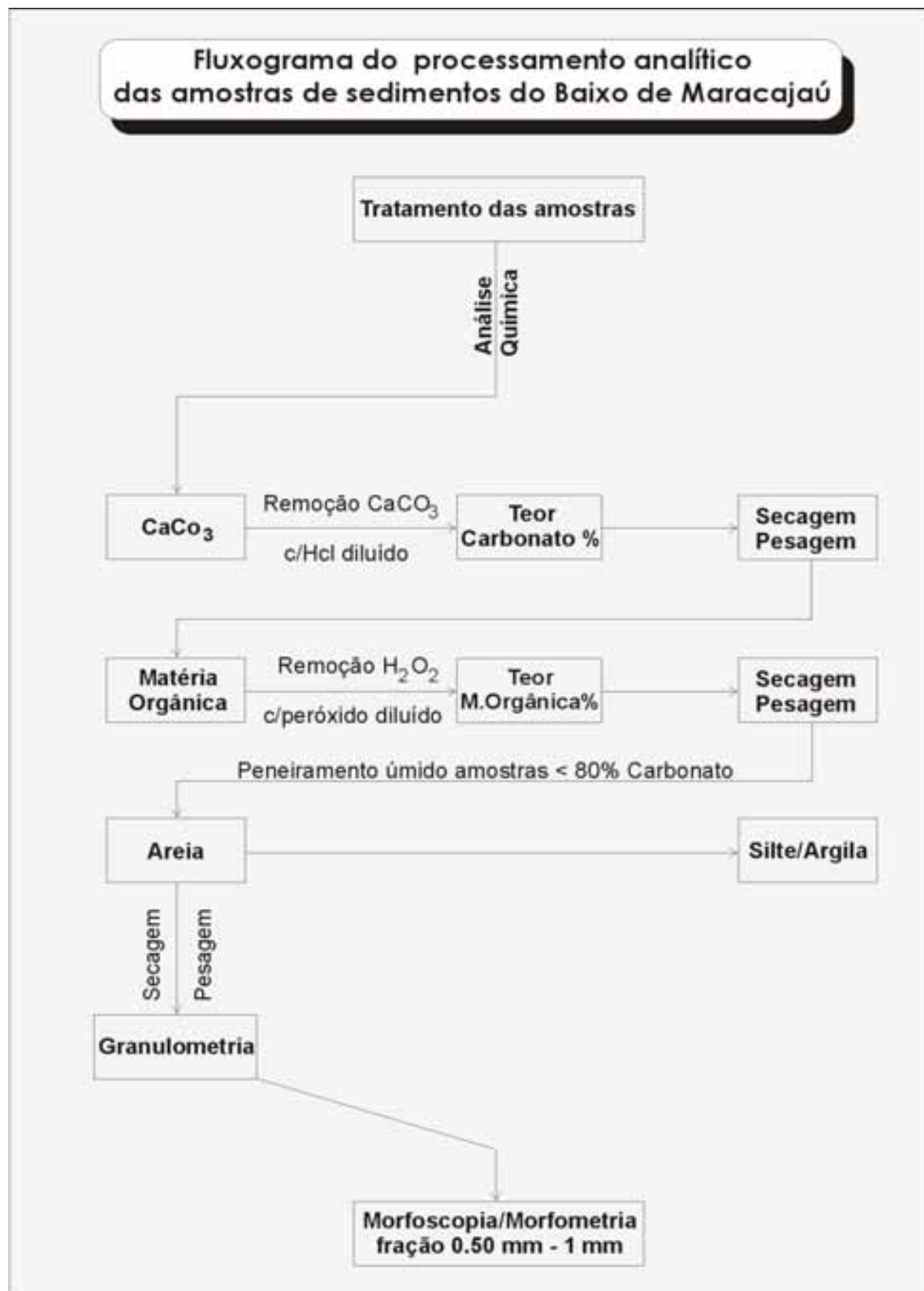


Figura 3.4 - Processo de tratamento das amostras de sedimentos da área de estudo. Modificado de Coutinho, 1976.

Foram analisadas quimicamente 51 amostras das 64 coletadas, sendo que 42 têm uma concentração de carbonato biogênico superior a 80%, com valores maiores próximo a zona da linha de costa e da zona da borda interna dos recifes no Baixo de Maracajaú ("Parrachos"). A análise granulométrica foi executada utilizando-se o SAG – Sistema de Análise Granulométrica (desenvolvido pelo LAGEMAR da UFF), nas amostras com teor de carbonato abaixo de 80% e, apenas 09 apresentaram condições para esse tipo de análise. As outras 13 amostras de sedimentos, com diâmetro superior ao diâmetro areia muito grossa são compostos principalmente por carapaças carbonáticas, dentre estes estão os rodólitos.

A análise microscópica foi procedida na amostra bruta, em caráter exploratório, utilizando-se o Microscópio Eletrônico de Varredura – MEV (modelo XL 30 ESEM), da Philips. Esse aparelho pode obter imagens com aumentos entre 10 e 100.000x. As amostras biológicas analisadas por esse microscópio tiveram aumento entre 39 e 214x.'

No trabalho de gabinete, foram utilizadas ferramentas de *softwares* apropriados para geração dos gráficos e edição de imagens dessa pesquisa. Dentre estes, foram utilizados: Surfer7, Grapher2, Corel Draw9, Photo-Paint9, Sistema de Análise Granulométrica (SAG) e Idrisi32. Essas ferramentas respectivamente, nos auxiliaram na confecção do Modelo Digital de Elevação do Terreno (MDT), perfis batimétricos, geração de mosaicos analógicos (a partir das fotografias aéreas com os sobrevôos executados na área de estudo), análise granulométrica e georreferenciamento destas fotografias.

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS OBTIDOS

4 – RESULTADOS OBTIDOS

4.1 – Análise dos registros batimétricos

Os registros batimétricos representam o comportamento da morfologia de fundo da plataforma. Através desses perfis, é possível identificar as diferentes feições de fundo oceânico tais como as elevações próximas à linha de costa, ocasionadas pelo banco de recifes (Baixo de Maracajaú), zona de ondulações e canais encontrados dentro dos limites deste ecossistema corálineo.

Foram executados nove perfis batimétricos e sua representação se deu através de registros gráficos. O menor perfil tem uma extensão de aproximadamente 3 km, cortando transversalmente os recifes de Maracajaú e o perfil mais longo está localizado a leste da área, com aproximadamente 15 km de extensão (Fig. 4.1). Em todos os perfis, existe uma linha de correção dos dados batimétricos, representados através de legendas, inseridas em cada um deles.

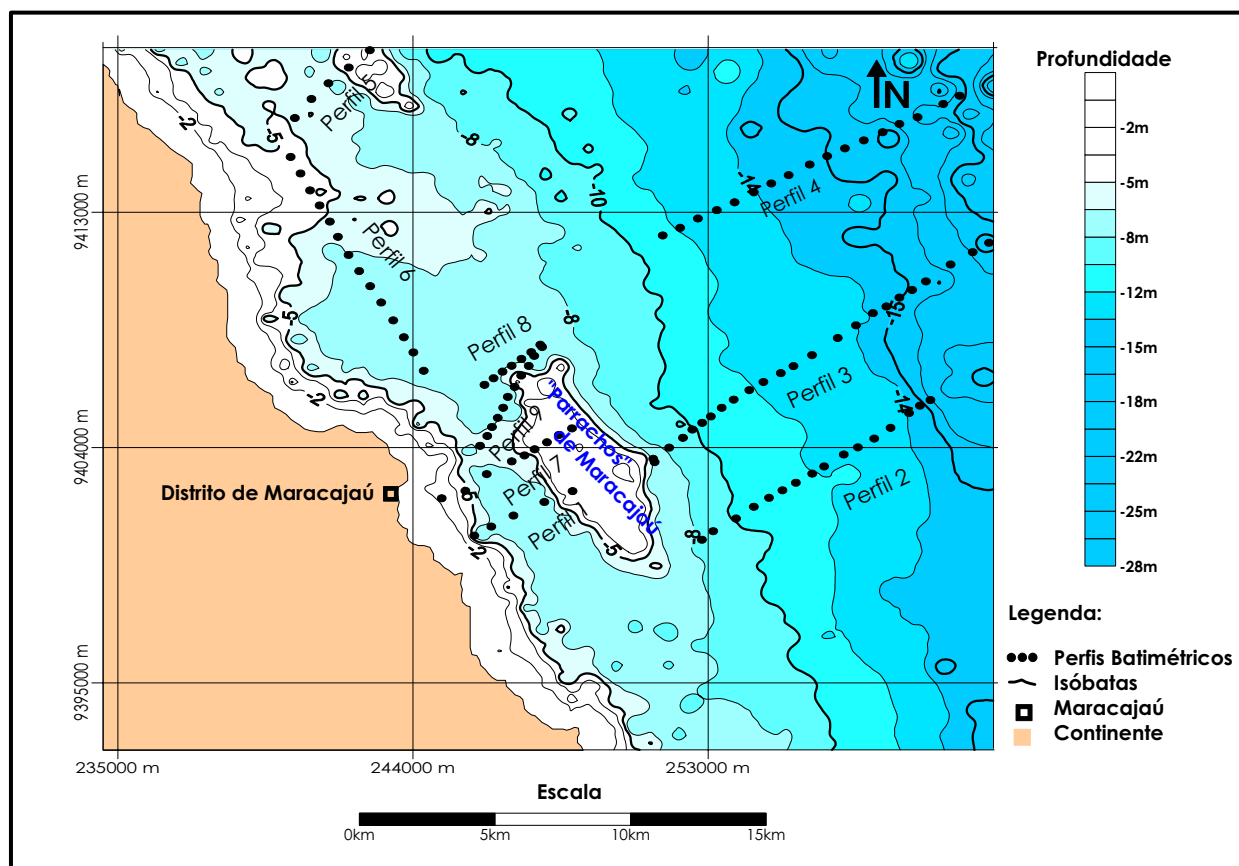


Figura 4.1 – Posição dos perfis batimétricos executados na área de estudo, que correspondem as respectivas rotas, posicionadas no MDT. No centro da imagem observa-se os Recifes (“Parrachos”) de Maracajaú. A confecção do MDT foi feita através da vetorização dos dados extraídas da carta náutica 803 da Marinha do Brasil, com o software Surfer7.

O primeiro perfil (Fig. 4.2) é composto pelas rotas 1 e 3, tem uma extensão aproximada de 16,4 km e corta transversalmente os recifes “Parrachos” de Maracajaú. Além do canal (A), próximo a isóbata de 9 m, o perfil apresenta os recifes (C), estes, localizados na isóbata de 2 m e as ondulações (E), que se encontram abaixo da isóbata de 12 m. A borda interna dos recifes (B), apresenta um ângulo muito baixo $0,13^\circ$ aproximadamente, enquanto a borda externa (D), tem um ângulo ainda menor de $0,11^\circ$.

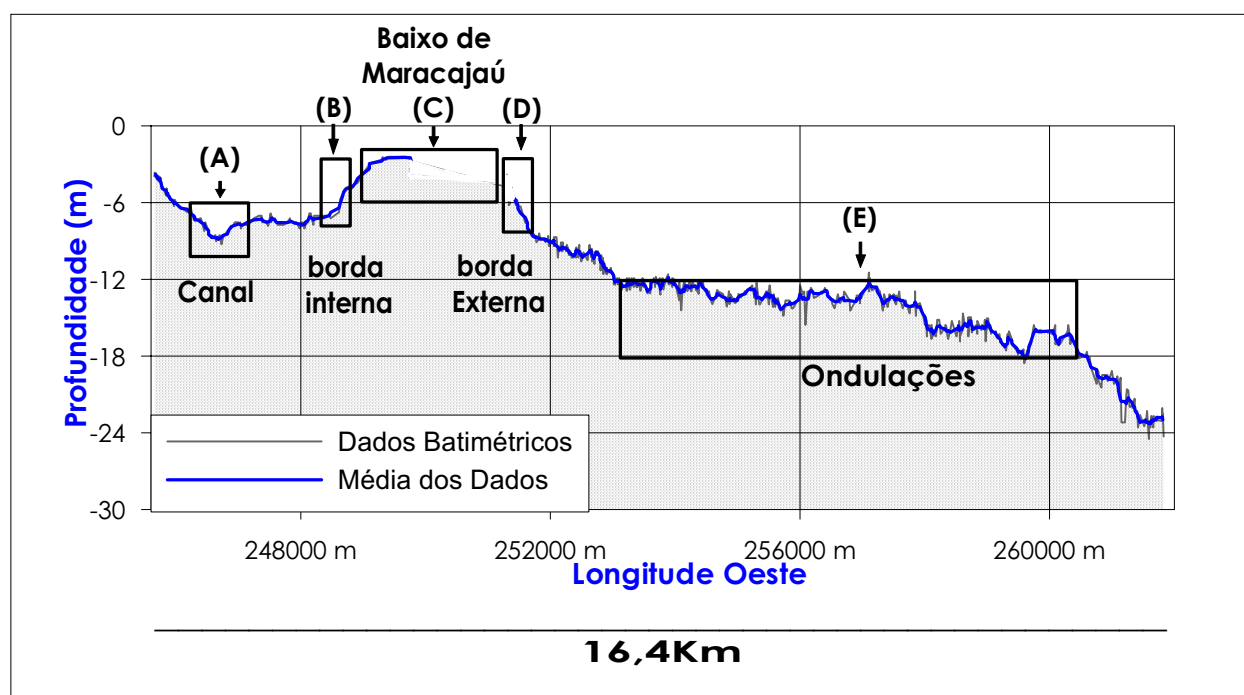


Figura 4.2. Perfil 1 – O perfil 1 apresenta três feições principais, um canal (A), os recifes (C), e ondulações (E). Destaque para a borda interna (B) e borda externa dos recifes (D), que apresentam ângulo muito baixo $0,13^\circ$ e $0,11^\circ$ respectivamente. A extensão do perfil é de 16,4 km. Ver localização desse registro na figura 4.1.

O perfil 2 (Fig. 4.3) corresponde a segunda rota, com uma extensão aproximada de 7,3 km e caracteriza-se por uma leve inclinação de aproximadamente $0,10^\circ$ (A), entre as isóbatas de 9 m e 11 m. O maior destaque fica por conta das ondulações (B) abaixo da isóbata de 12 m. Essas (ondulações) estão presentes na maioria dos perfis batimétricos executados na área de estudo. A maior profundidade registrada, foi de 20 m aproximadamente.

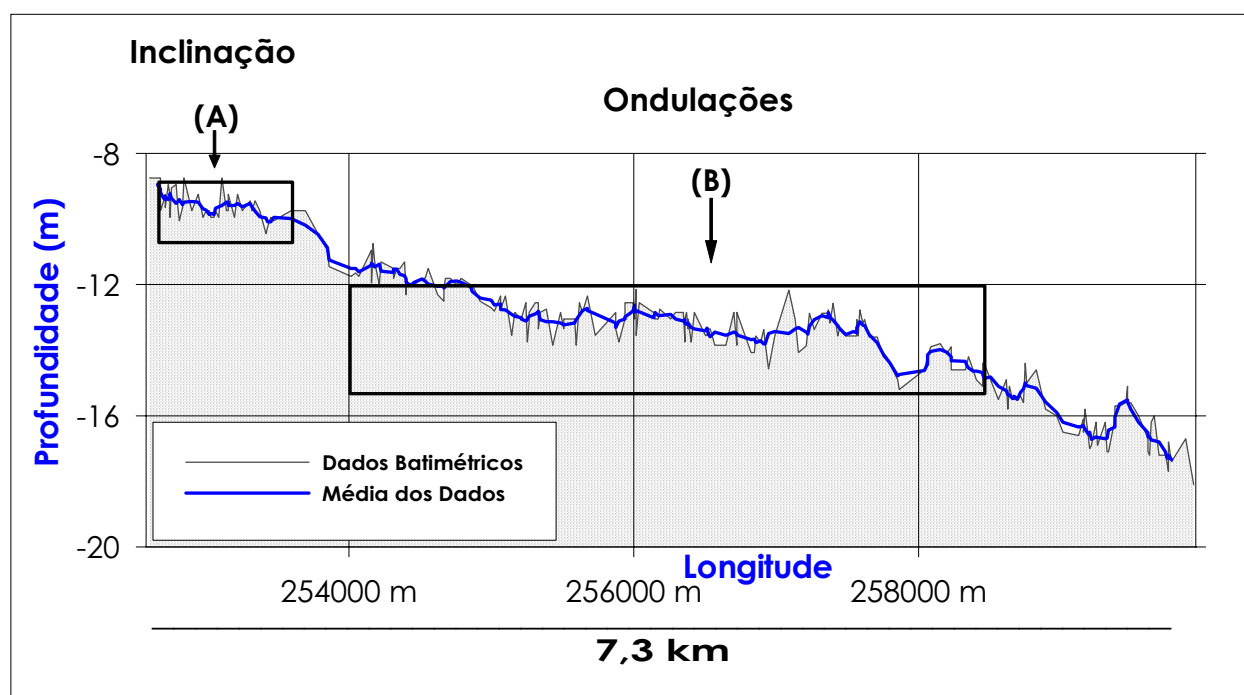


Figura 4.3. Perfil 2 – O registro 2 corresponde à rota 2 com extensão aproximada 7,3 km. Esse perfil se destaca por ondulações abaixo da isóbata de 12 m. Ver localização desse registro na figura 4.1.

O perfil 3 que corresponde à rota 3 (Fig. 4.4), apresenta uma pequena inclinação (A) de $0,10^\circ$ e exibe uma feição de fundo representada por ondulações (B), que se estende entre as isóbatas de 8 m e 16 m. De acordo com esse registro, a morfologia de fundo nessa parte da plataforma, apresenta um comportamento monótono sem muita alteração ao longo de toda sua extensão. Esse registro tem uma extensão de 10,8 km e a maior profundidade registrada foi de 24 m.

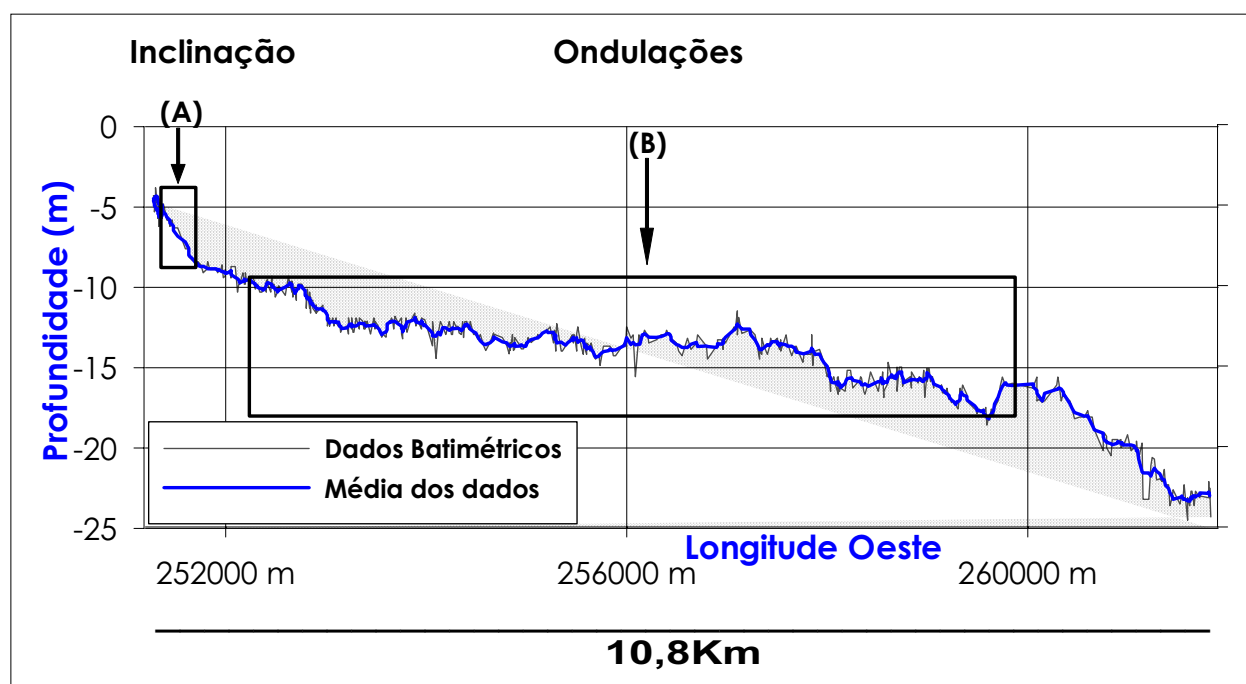


Figura 4.4. Perfil 3 – Este registro corresponde a rota 3. O perfil exibe uma inclinação de $0,10^\circ$ (A) e uma feição submersas representada por ondulações (B) entre as isóbatas de 8 m e 16 m. Ver localização desse registro na figura 4.1.

O Estudo batimétrico executado por Costa Neto (1997), na plataforma próxima ao município de Macau-RN, detectou flancos abruptos voltados para o mar aberto, com gradientes em torno de 1:100 e 1:38 respectivamente. O perfil 4 (Fig. 4.5) que corresponde à rota 4, com extensão de 10,1 km aproximadamente. Além de apresentar ondulações sucessivas (A) entre as isóbatas de 12 m e 16 m, existe um flanco abrupto entre as isóbatas de 17 m e 24 m, com um gradiente acentuado de $1,74^\circ$, feição similar à encontrada por Costa Neto (1997). A profundidade máxima encontrada é 25 m.

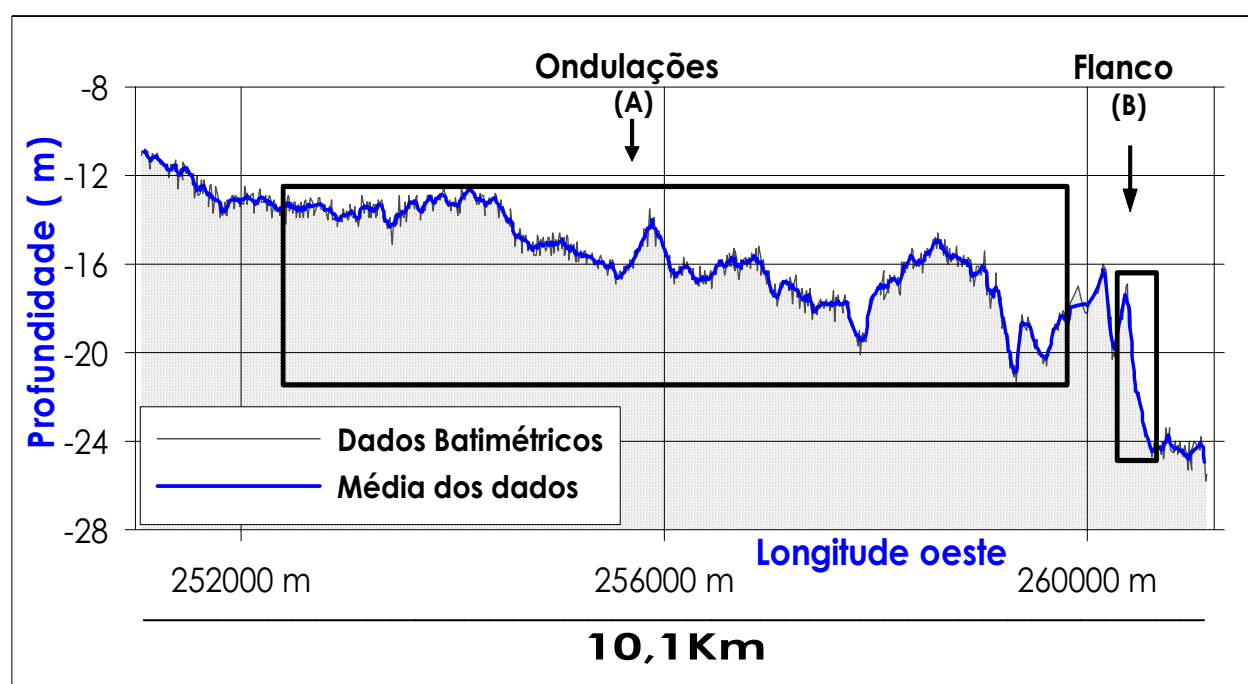


Figura 4.5. Nesse perfil 4 observar-se, uma feição de fundo representada por ondulações (A) entre as isóbatas de 12 m e 20 m e um flanco (B) entre as isóbatas de 17 m e 24 m. Ver localização desse registro na figura 4.1.

O quinto registro (Fig. 4.6) corresponde à rota 5 localizado ao norte da área de estudo, próximos ao Baixo do Rio do Fogo (Recifes). No registro, as feições que mais se destacam são as ondulações (A) entre as isóbatas de 5 m e 8 m e o Baixo do Rio do Fogo (B), próxima a isóbata de 3 m, com gradientes de $0,46^\circ$ na borda interna e $1,44^\circ$ na borda externa dos recifes. Esse registro tem uma extensão aproximada de 2,90 km, com profundidade máxima de 10 m.

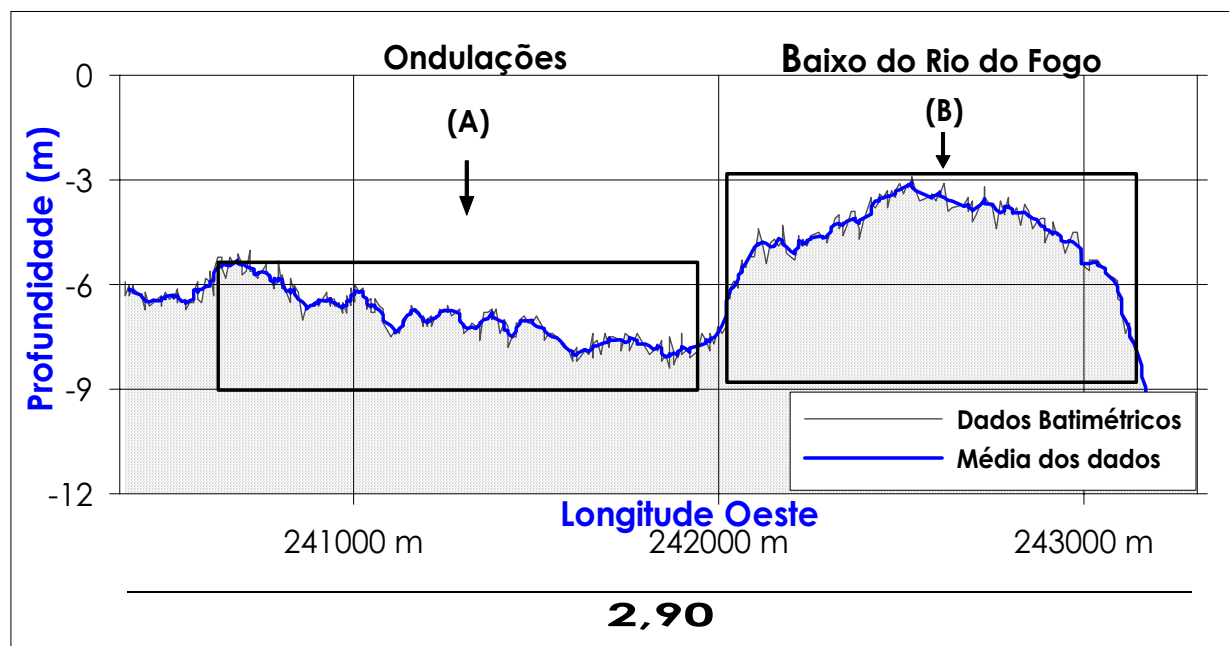


Figura 4.6. – O perfil 5 apresenta ondulações (A) na isóbata de 6 m e uma elevação que corresponde aos recifes no Baixo do Rio do Fogo (B), próximo a isóbata de 3 m. Ver localização desse registro na figura 4.1.

Os ruídos observados no sexto perfil (Fig.4.7), que corresponde à rota 6 são ocasionados por mar agitado e com ventos fortes, o que dificultou na identificação das feições morfológicas de fundo. No entanto, foi possível identificar ondulações (A) na maior parte do perfil que ocorre entre as isóbatas de 5,5 m e 7,0 m. O perfil tem uma extensão aproximada de 4,4 km e profundidade máxima registrada de 7 m.

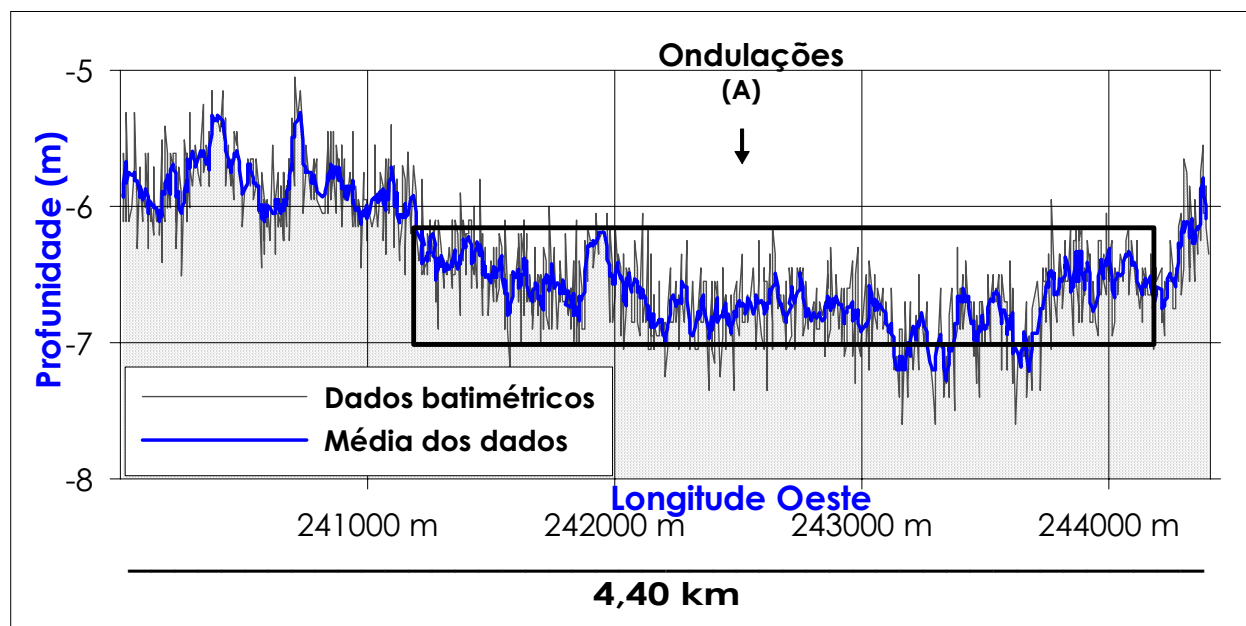


Figura 4.7 – O registro 6 apresenta vários ruídos ocasionado por mar agitado com ventos fortes. A feição que foi possível identificar foram às ondulações (A) entre as isóbatas de 5,5 m e 7 m. Ver localização desse registra na figura 4.1.

O perfil 7 (Fig.4.8), apresenta um flanco (A) abrupto com gradiente de $1,56^\circ$ que ocorre próxima a isóbata de 8 m e uma feição que corresponde aos recifes ("Parrachos") de Maracajaú (B), próxima a isóbata de 2 m. Essa feição coralínea apresenta um gradiente de $1,12^\circ$ do seu topo para sua borda interna.

Em todos os registros onde foi identificada essa feição, percebe-se que ocorre quase sempre próxima a isóbata de 2 m, mostrando a pouca profundidade que existe nesse banco de recifes, que oscila entre 2 m e 5 m na baixa mar. A extensão do perfil é aproximadamente 4,5 km e profundidade máxima registrada de 8 m.

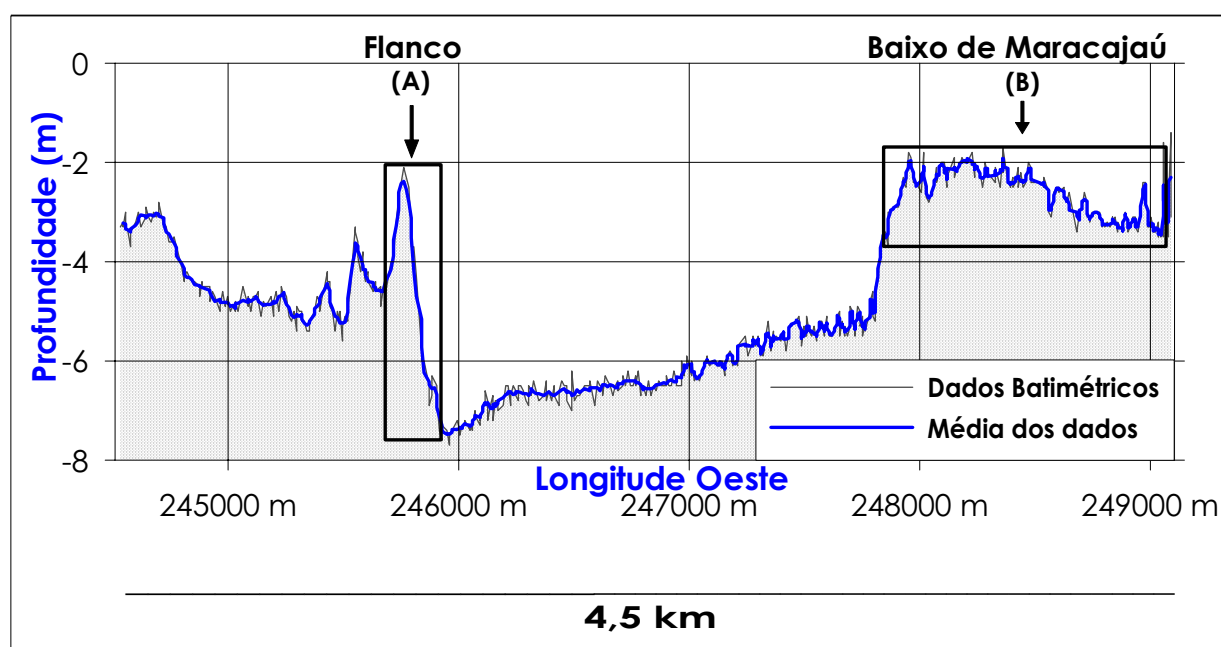


Figura 4.8. Perfil 7 – O registro representa um flanco (A) na isóbata de 8 m e uma feição de fundo que corresponde aos Recifes "Parrachos" de Maracajaú (B), na isóbata de 2 m. Ver localização desse registro na figura 4.1.

O registro 8 corresponde a rota 8 (Fig. 4.9). Morfologicamente, esses recifes (A), com gradiente $0,38^\circ$ do seu topo para sua borda interna (B) e $0,33^\circ$ para sua borda externa (C). Essa feição recifal forma estruturas que se elevam do fundo submarino, distribuídos na direção E/W da área de estudo. A maior profundidade registrada foi de 7 m aproximadamente e a extensão desse perfil é de 2 km aproximadamente.

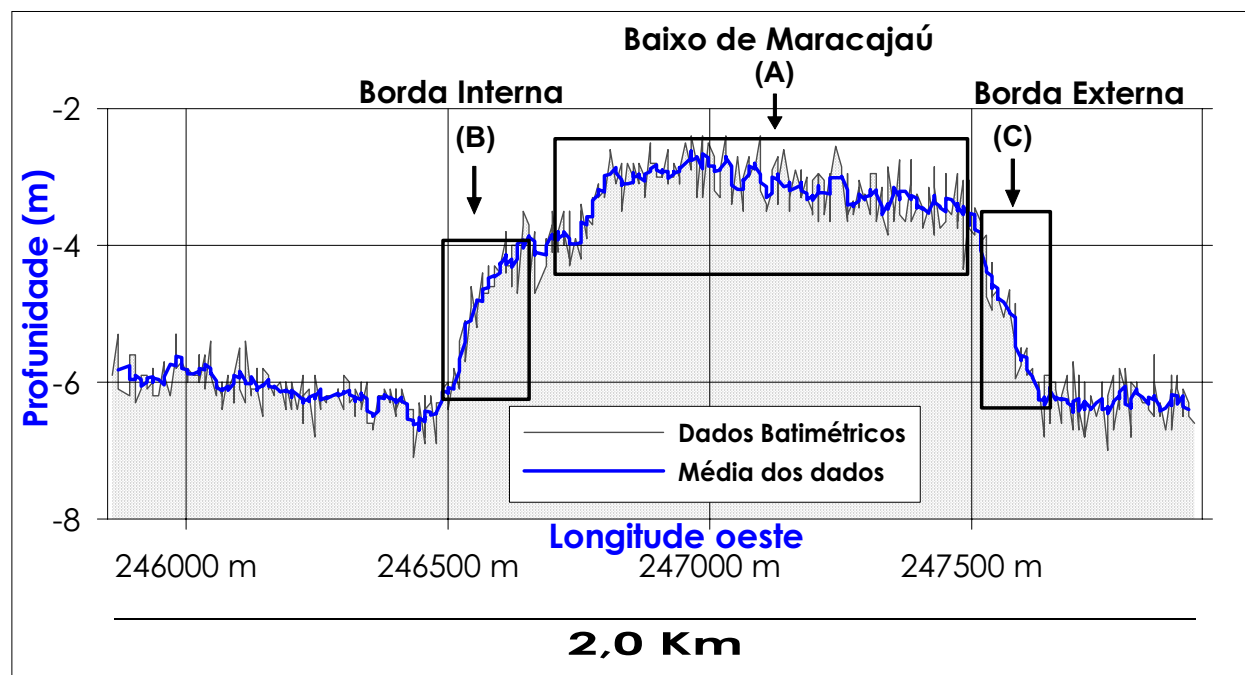


Figura 4.9. Perfil 8 – O registro apresenta uma elevação que corresponde aos recifes de Maracajaú (B), próximos a isóbata de 2 m e gradientes de $0,38^\circ$ e $0,33^\circ$ na borda Interna e externa dos recifes respectivamente. Ver localização na figura 4.1.

No perfil 9 (Fig. 4.10) que corresponde a nona rota foram identificadas duas feições de fundo tais como elevação e canal. Este registro em particular, exhibe duas feições opostas, ressaltando uma elevação que corresponde ao Baixo de Maracajaú (A) próxima a isóbata de 2,5 m e um canal (B). Nota-se que esse canal encontra-se a uma profundidade de aproximadamente 7,5 m dividindo as zonas dos recifes da zona de ondulações. Esse perfil tem uma extensão aproximada de 1,95 km, e profundidade máxima registrada de 7,5 m.

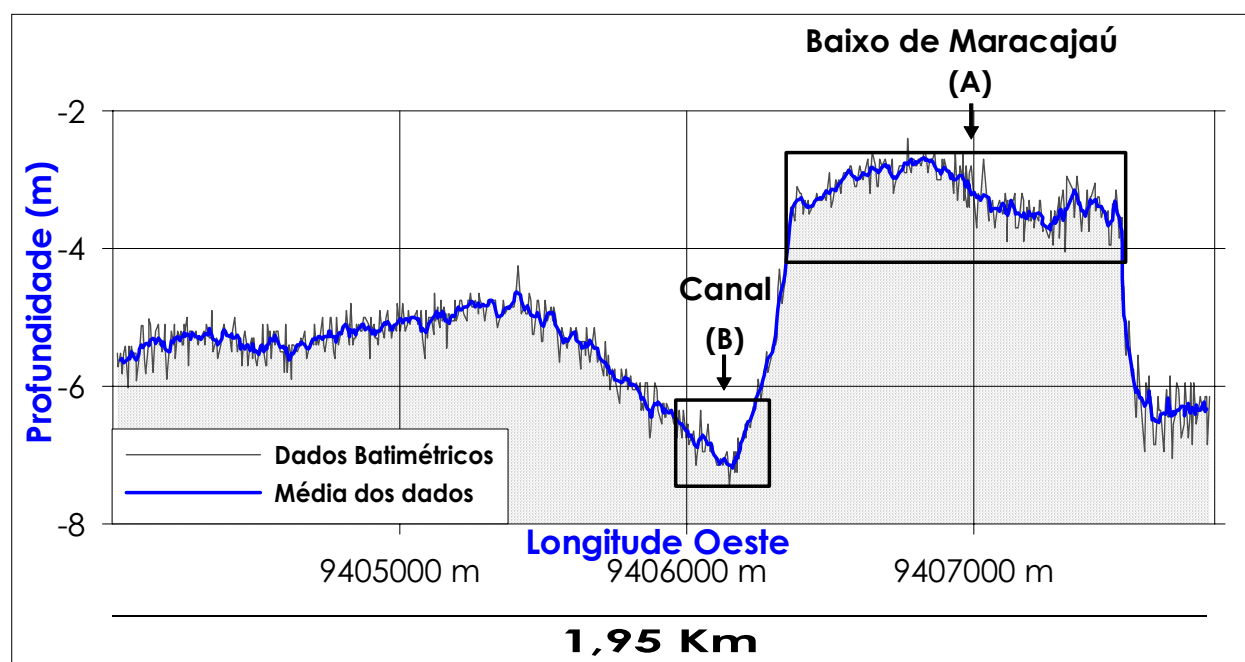


Figura 4.10. Perfil 9 – O registro representa duas feições os recifes ("Parrachos") de Maracajaú (A), na isóbata de 2 m e um canal (B), na isóbata de 7 m. Ver localização na figura 4.1.

4.2 – Área Fotografada dos Recifes.

As feições encontradas através das fotografias aéreas de pequeno formato, foram identificadas como recifes (emersos e submersos), canais e ondulações, além de algumas feições não identificadas, sendo esta última denominada como demais áreas submersas não classificadas.

A fotografia aérea do primeiro sobrevôo foi obtida a uma altura de 2.100 metros com escala aproximada 1:5.000. Neste sobrevôo, é possível identificar feições de fundo oceânico, destacando-se a zona de recifes e canal que corta paralelamente a zona recifal, da zona de ondulações (Fig. 4.11).

No segundo sobrevôo, observa-se as mesmas feições anteriormente citadas. No entanto, a zona de maior destaque desse sobrevôo é a dos recifes. Na porção sul, são observadas a zona de ondulações e a zona das demais áreas submersas ainda não classificadas (Fig.4.12).

O terceiro sobrevôo, apresenta uma maior predominância da zona recifal. Além dessa feição é possível identificar, as ondulações e o canal que corta paralelamente os recifes (Fig. 4.13).

As feições, que mais se destacam no quarto sobrevôo, são as ondulações. Além destas feições, ainda é possível observar algumas outras até então não identificadas. Possivelmente são sedimentos de fundo com tonalidades mais escuras ou até mesmo recife submersos. As demais feições encontradas são as mesmas observadas nos sobrevôos anteriores (Fig. 4.14).

A partir de zoom aplicado no quinto sobrevôo, a zona que mais se destaca é a de ondulações. Além dessa feição, é possível observar (devido à tonalidade mais escura representada na fotografia), a zona dos recifes submersos (Fig.4.15).

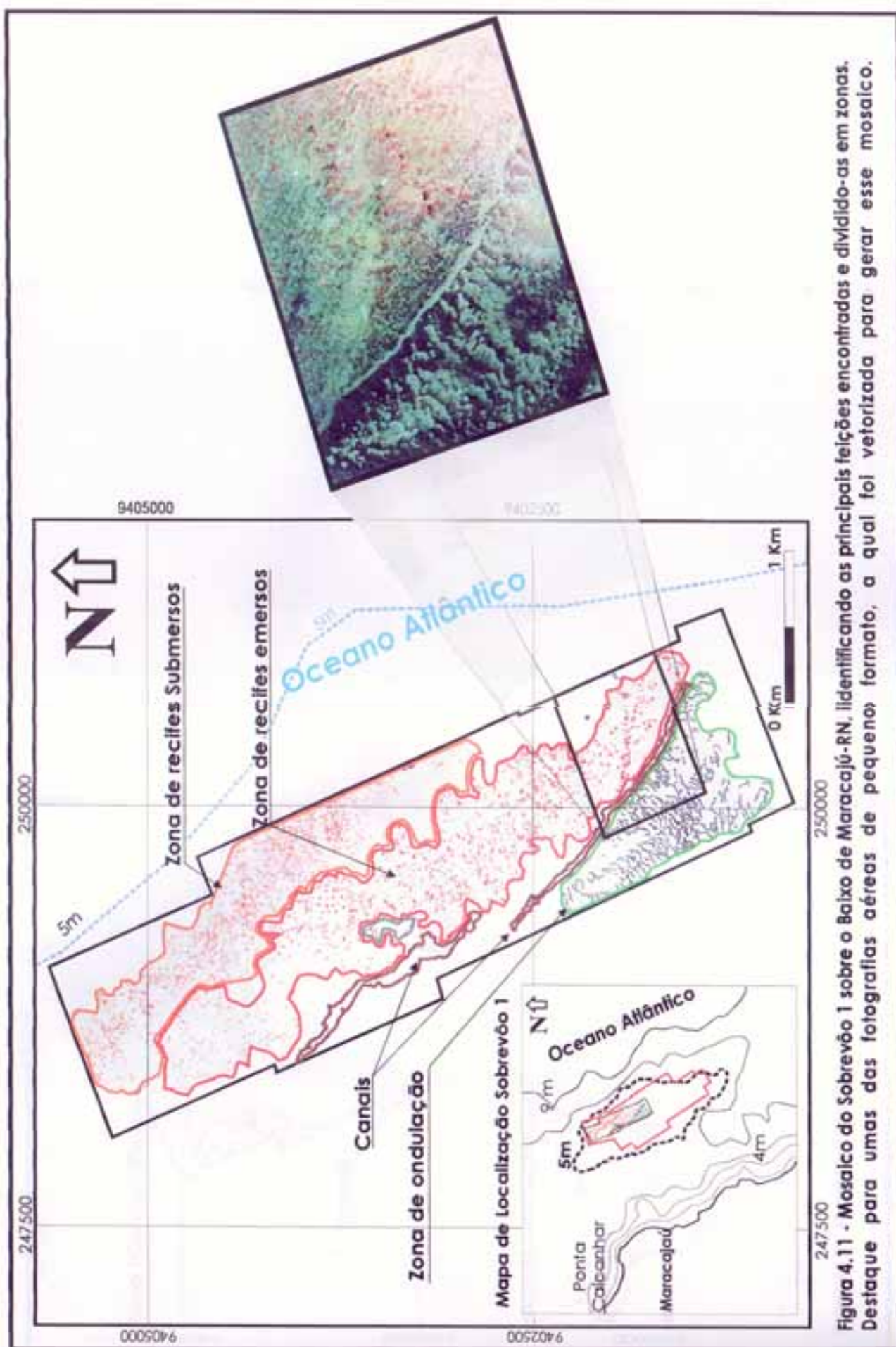


Figura 4.11 - Mosaico do Sobrevão 1 sobre o Baixo de Maracajú-RN, identificando as principais feições encontradas e dividindo-as em zonas. Destaque para umas das fotografias aéreas de pequeno formato, a qual foi vetorizada para gerar esse mosaico.

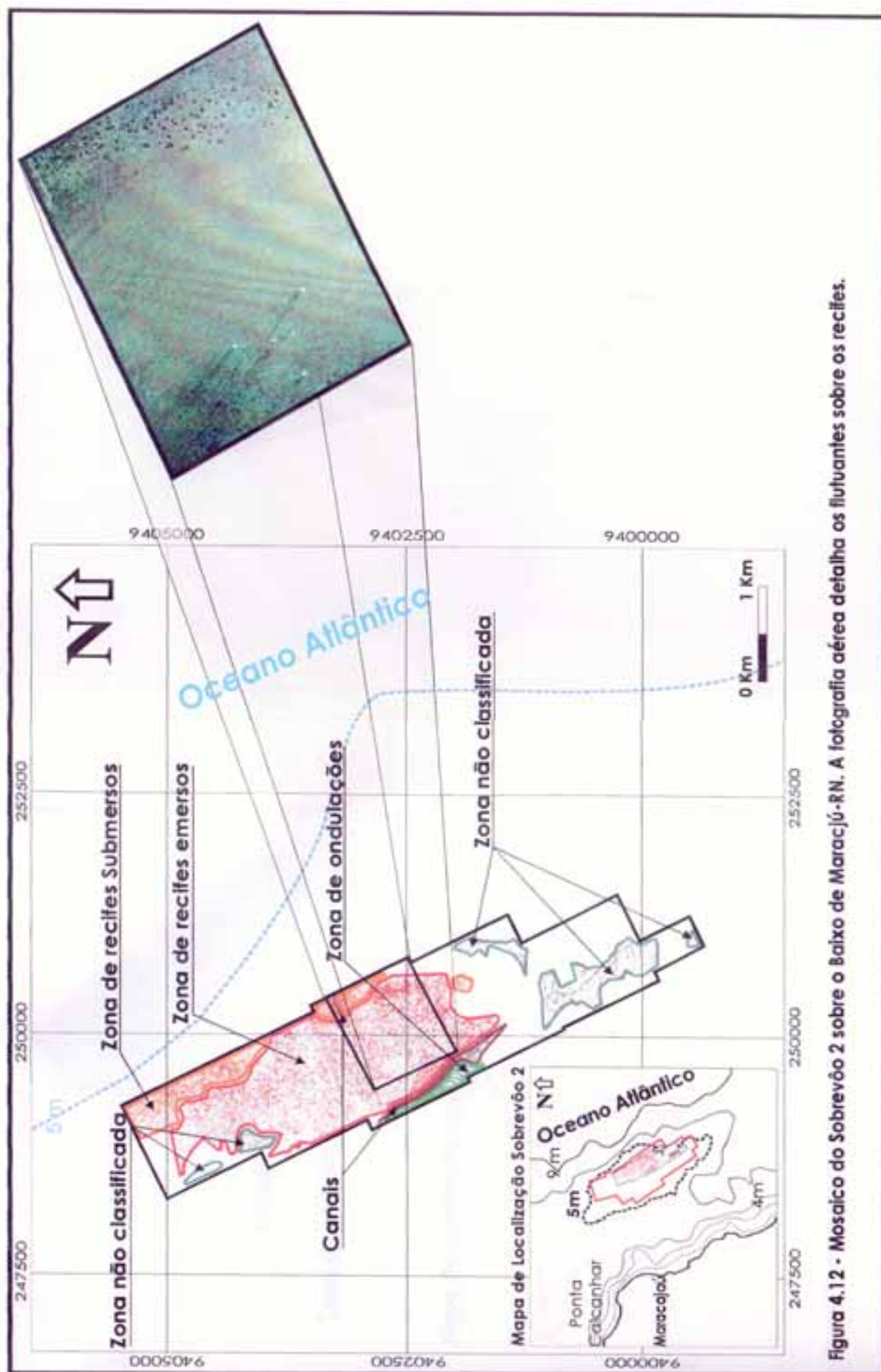


Figura 4.12 - Mosaico do Sobrevão 2 sobre o Baixo de Maracá-RN. A fotografia aérea detalha os flutuantes sobre os recifes.

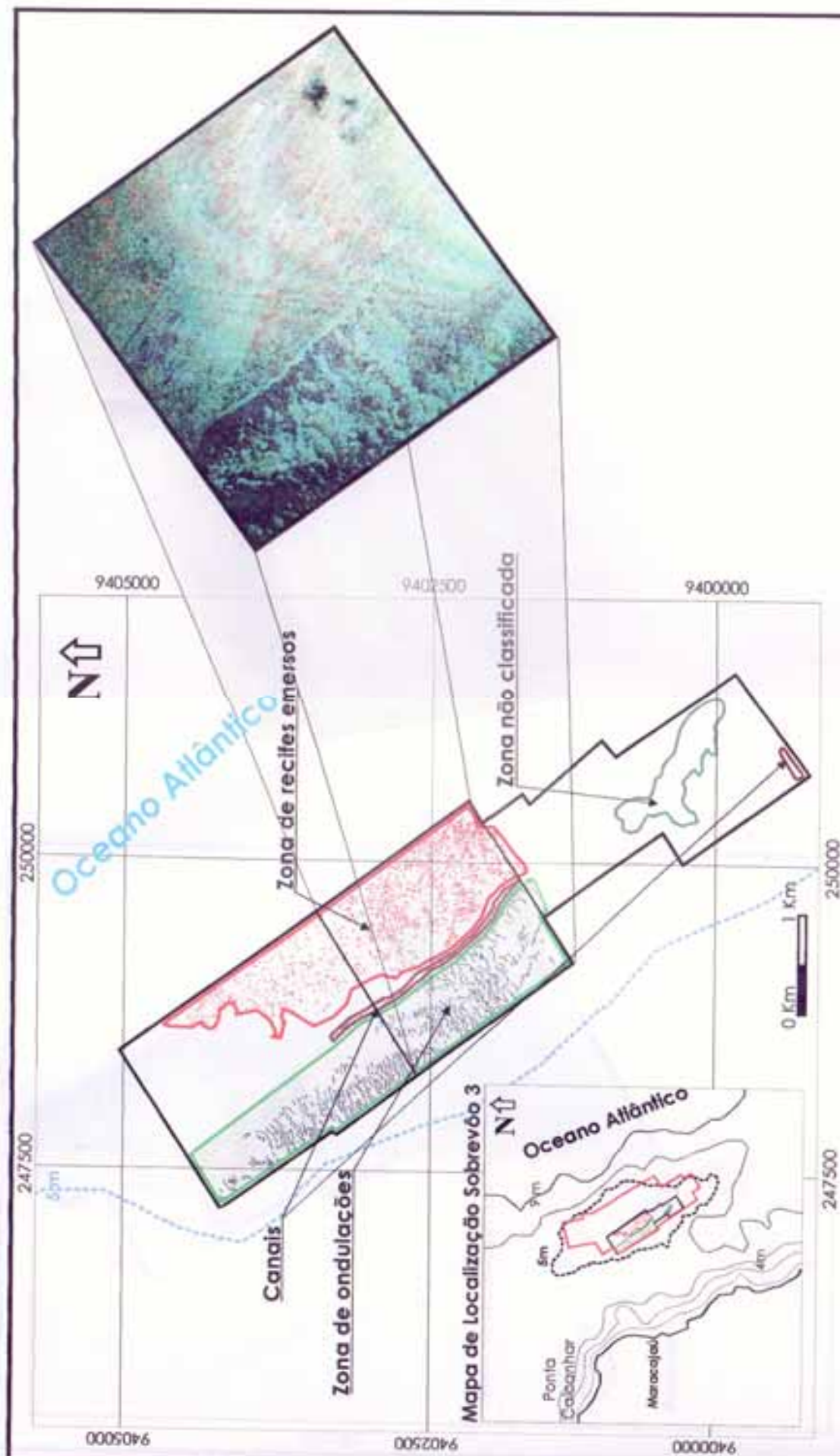


Figura 4.13 - mosaico do sobrevôo 3 sobre o Baixo de Maracajá-RN. Destaque para os recifes emersos e a zona de ondulação na fotografia aérea.

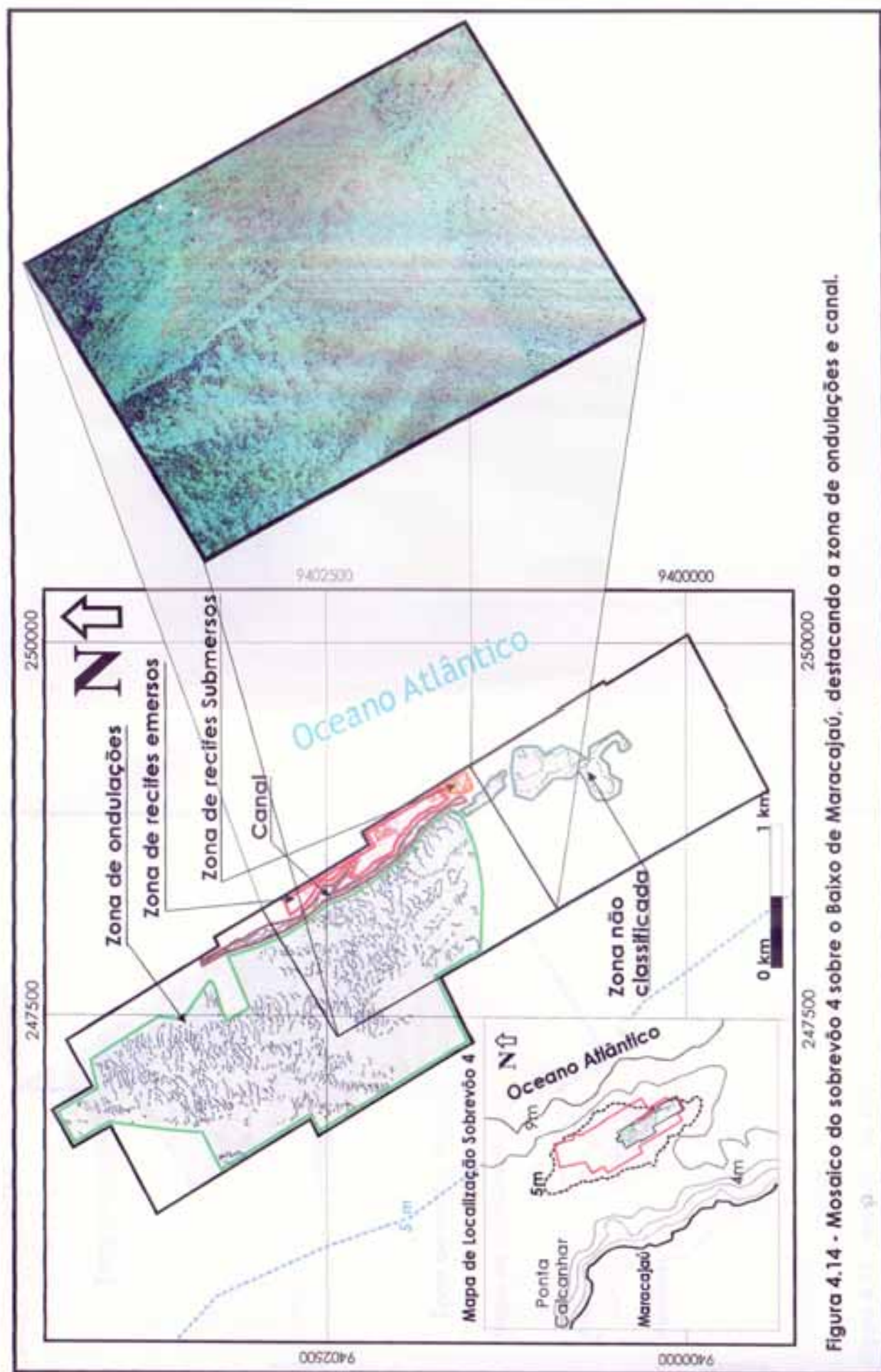


Figura 4.14 - Mosaico do sobrevôo 4 sobre o Baixo de Maracajá, destacando a zona de ondulações e canal.

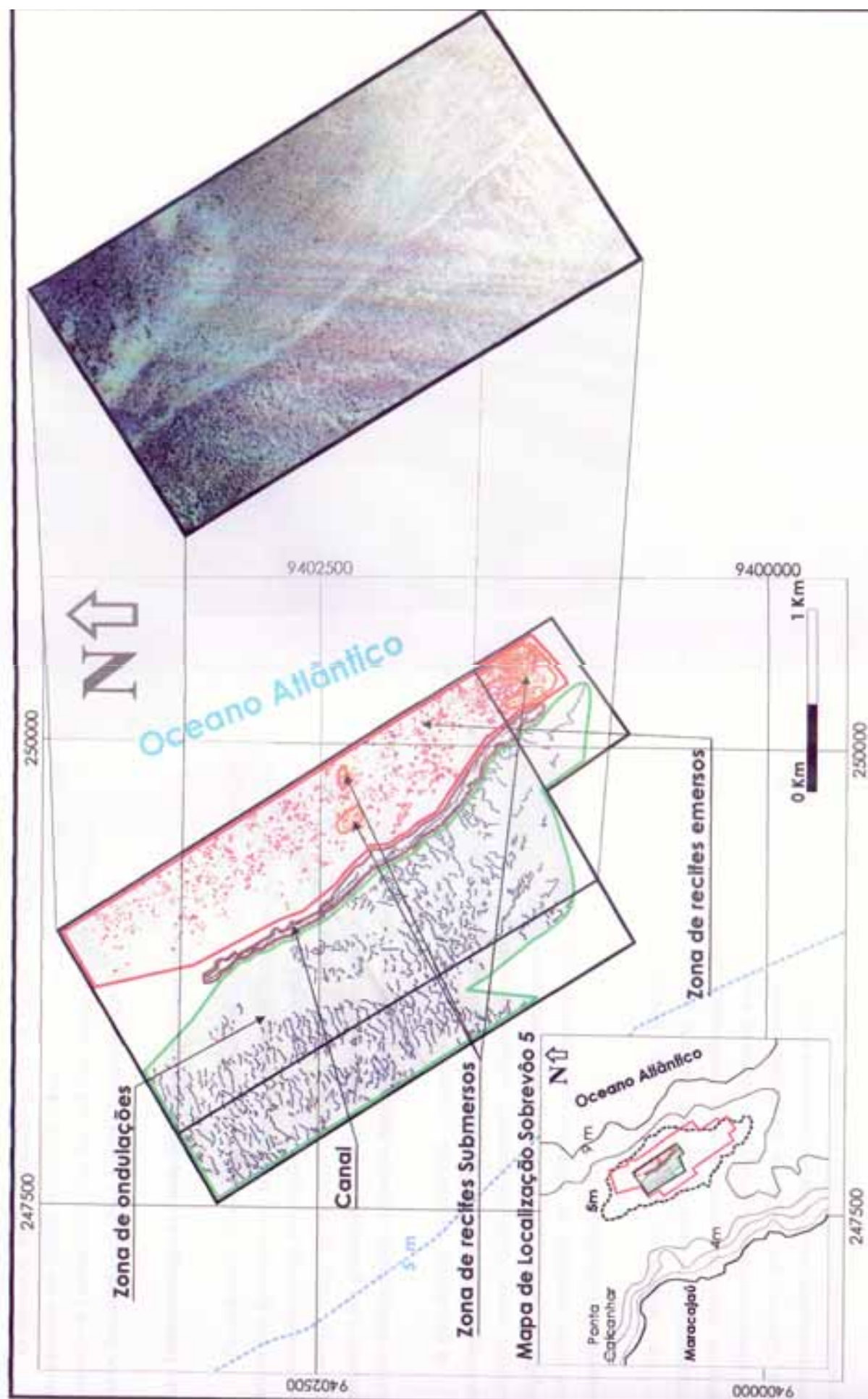


Figura 4.15 - mosaico do sobrevôo 5. Destaque na fotografia aérea para a zona do canal e zona de ondulações.

O sobrevôo seis foi realizado numa altura de 900 metros, com escala aproximada de 1:3.000 e não foi utilizado na montagem do mosaico. Nesse sobrevôo é possível identificar em detalhe, a zona de ondulações e a zona do canal, localizado próximo a borda interna dos recifes.

4.3 – Sedimentologia de fundo da plataforma na área de estudo

Os sedimentos das plataformas continentais estão intimamente ligados à história das flutuações do nível do mar durante o Quaternário e são formados por uma mistura de proporções variadas, de material terrígeno e carbonático (Coutinho, 1976). De acordo com esse autor, a composição do material terrígeno é em grande parte, determinada pela granulometria dos sedimentos, que em última análise, depende dos agentes de transportes e deposição.

A plataforma nordestina é conhecida pela sua largura reduzida e sua borda relativamente rasa, adjacente a um dos taludes mais escarpados que se conhece, sendo quase inteiramente coberta por sedimentos carbonáticos biogênicos (Coutinho, 1976). Os sedimentos dessa plataforma se diferenciam pela total ausência de oóides e pela pequena quantidade de recifes (Mabesoone & Coutinho, 1970).

Os sedimentos carbonáticos da plataforma nordestina são, fundamentalmente areia e cascalho formado por artículos³, fragmentos e restos de organismos inteiros de algas coralináceas ramificadas ou maciças, com predominância de artículos de *Halimeda* em alguns locais (Coutinho, 1976). Contudo, em pequenas depressões topográficas da plataforma ou zonas protegidas pelos recifes, acumulam-se argilas calcárias e terrígenas ricas em matéria orgânica com abundância de *Halimeda*⁴ (Kemp et al., 1970).

³ Nome dado aos entrenós de um caule (Bueno, 1898).

⁴ Alga calcária verde que ocorre no fundo do mar, em profundidades rasas e com denso crescimento sobre o fundo de lagos que estão presentes em recifes de coral (Glossário Geológico, 1999).

Os ecossistemas recifais, do ponto de vista sedimentológico, são denominados como complexos de recifes, por envolver, além do recife propriamente dito, as unidades de sedimentação que os cercam. Os organismos que os construíram não foram os mesmos que edificaram os recifes atuais. A precipitação dos recifes hermatípicos, por exemplo, tornou-se significativa somente a partir do Paleoceno (Mendes, 1984).

Testa & Bosence (1999) encontraram sedimentos superficiais caracterizados por cascalhos, areias carbonáticas e siliciclásticas nas proximidades da cidade de Touros-RN, próxima a área de estudo. As areias mal selecionadas são dominantes nas áreas próximas à costa e gradam para areias médias a grossas próximas aos recifes. Na região protegida dos recifes na parte mais ocidental, foi achado somente material argiloso. Os sedimentos tornam-se gradualmente mais grossos a partir dos trechos onde estão os recifes, no sentido oceano. As áreas mais afastadas da costa apresentam sedimentos que vão desde areias tamanho cascalho, muito grosso, para areias médias a finas.

A identificação macroscópica executadas nas amostras da área de estudo, teve como objetivo caracterizar a composição sedimentar próximos aos recifes de Maracajaú-RN e para tal fim, a região foi zoneada, ficando distribuídas em Zona Próxima a Linha de Costa, Zona do Canal Principal de São Roque, Zona da Borda Interna dos Recifes, Zona dos Recifes e Zona da Borda Externa dos Recifes. Para se fazer tal zoneamento, adotou-se como critério, a morfologia de fundo próximo aos recifes, assim como, os perfis batimétricos executados na área, já descritos anteriormente, associado às amostras de sedimentos dos locais onde foram coletadas.

Os sedimentos analisados quimicamente possuem, em média, uma concentração de carbonato biogênicos superior a 80%, com valores maiores na Zona Próxima a Linha de Costa, Zona da Borda Interna dos Recifes e na Zona dos Recifes. A concentração de matéria orgânica nos sedimentos da

área de estudo é o resultado da decomposição dos constituintes orgânicos dos sedimentos, os quais, após tratamento com peróxido (H_2O_2), apresentaram uma concentração que variam entre 0,58% e 24,06%.

Tanto na Zona Próxima a Linha de Costa, quanto na Zona do Canal Principal de São Roque, entre o continente e o Baixo de Maracajaú, os sedimentos são predominantemente carbonáticos, compostos de material grosso a médio, devido a grande quantidade de fragmentos de conchas, algas calcárias e restos de outros organismos. Nessa região do Canal, registra-se eventualmente rodólitos (algas calcáreas) e argila em quantidade reduzida. A mesma composição sedimentar anteriormente citada, também ocorre na Zona dos Recifes (Baixo de Maracajaú), entre as isóbatas de 2 m e 10 m.

Nas Zonas da Borda Interna e Externa, o material é composto predominantemente por rodólitos e os sedimentos gradam de areia muito grossa para areia média e fina. Nestas zonas foram encontradas as maiores populações de rodólitos, coletada em toda a área de estudo.

Nas investigações macroscópicas das amostras de sedimentos, revelam que há uma grande variedade de material sedimentar, que variam desde os grossos, médios e finos aos rodólitos, próximos aos recifes de Maracajaú–RN. O alto teor de carbonato de cálcio encontrado nesses sedimentos provém das conchas de moluscos e algas calcárias (algas vermelhas, algas amarelas etc).

4.4 – Análise química dos sedimentos da plataforma na área de estudo

No tratamento químico feito nos sedimentos, constatou-se que 42 amostras têm uma concentração de carbonato biogênico superior a 80%, com valores maiores na Zona Próxima a Linha de Costa, Zona da Borda Interna dos Recifes e na Zona dos Recifes (Baixo de Maracajaú). A concentração de matéria orgânica nos sedimentos da área estudada varia entre 0,58% e 24,06%. A análise granulométrica foi executada nas amostras com teor de carbonato abaixo de 80%. Os sedimentos com diâmetro superior ao diâmetro areia muito grossa são compostos principalmente por carapaças carbonáticas e concentram-se no entorno dos recifes em profundidades entre 5 m e 11,90 m, bem como, no próprio corpo do recife. Dentre estes estão os rodólitos que possuem cores que variam de amarelo claro a vermelho e formas elipsoidais e esferoidais, com tamanhos entre 0,2 cm e 0,7 cm.

Na Zona Próxima a Linha de Costa (Fig. 4.16), os sedimentos possuem em média mais de 80% de carbonato de cálcio, com variação entre 59,66% e 89,18%. A concentração de matéria orgânica desses sedimentos possui valores que variam entre 0,63% e 12,76% (Tabela 4.1).

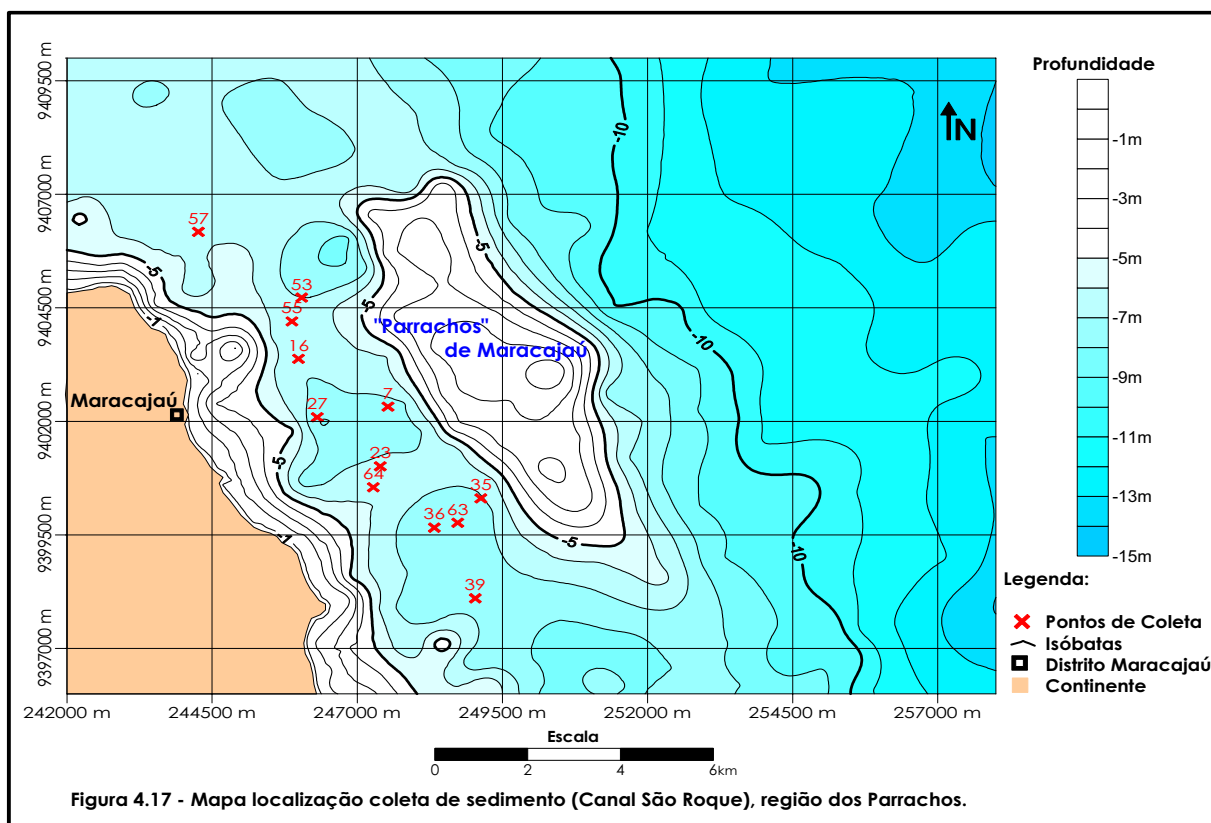
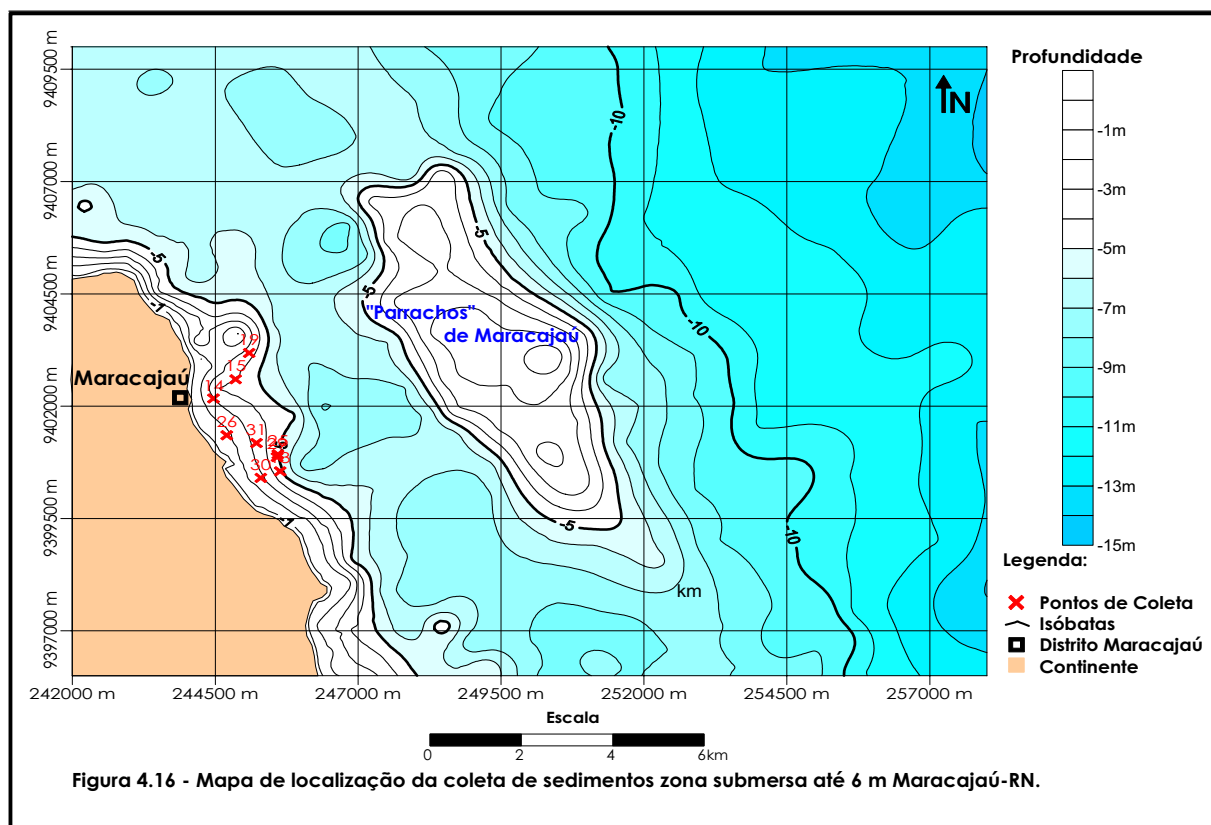
Tabela 4.1 – Parâmetros percentuais de carbonato e matéria orgânica dos sedimentos na zona próxima a linha de costa em área submersa até a isóbata de 6 m. (Baixo de Maracajaú).

Amostra	Lat. (UTM)	Long.(UTM)	Prof.(m)	Hora	Data	CaCo3(%)	M.O(%)
14	9402172	244470	5,25	17:00	24/07/01	89,18	0,63
15	9402599	244857	7,00	17:10	24/07/01	81,65	1,80
19	9403185	245093	8,75	17:20	24/07/01	79,39	3,44
26	9401353	244701	7,00	17:08	25/07/01	73,04	5,60
29	9400867	245580	5,25	17:00	26/07/01	63,90	12,76
30	9400403	245297	3,50	17:04	26/07/01	59,66	3,81

A fração carbonática dos sedimentos da Zona do Canal de São Roque (Fig. 4.17), variam entre 78,89% e 96,54%. Estas são médias pouco abaixo dos componentes de CaCO_3 encontrados nos sedimentos da zona próxima a linha de costa (Tabela 4.2).

Tabela 4.2 – Parâmetros percentuais de carbonato e matéria orgânica dos sedimentos de Maracajaú, Maxaranguape–RN (Canal de São Roque).

Amostra	Lat. (UTM)	Long.(UTM)	Prof.(m)	Hora	Data	CaCo3(%)	M.O(%)
16	9403378	245987	8,75	16:42	25/07/01	78,89	10,69
23	9401011	247395	10,50	16:52	25/07/01	88,57	6,47
24	9400610	246613	9,62	16:57	25/07/01	87,47	19,23
27	9402091	246310	7,87	16:48	26/07/01	84,17	9,41
28	9401263	245930	7,87	16:55	26/07/01	81,10	0,84
38	9396927	247994	9,62	11:55	27/07/01	85,72	4,76
39	9398104	249033	10,50	11:59	27/07/01	91,44	3,27
53	9404726	246042	10,50	10:21	01/08/01	86,31	7,58
55	9404201	245874	10,50	10:39	01/08/01	83,80	9,13
54	9403369	245741	10,50	10:32	01/08/01	81,44	6,14
56	9405340	245131	10,50	10:43	01/08/01	79,34	6,96
57	9406174	244263	11,37	10:48	01/08/01	96,54	15,60
63	9399769	248730	10,50	13:08	01/08/01	91,37	13,12
64	9400550	247277	8,75	13:13	01/08/01	80,36	4,29



Os sedimentos da Zona da Borda Interna dos Recifes (Fig. 4.18), a concentração de carbonato biogênico é acima de 90%. A presença de rodólitos e conchas nessa zona é bastante significativa devido a proximidade dos recifes. Quanto à concentração de matéria orgânica, os valores variam entre 0,76% e 24,06%. (Tabela 4.3).

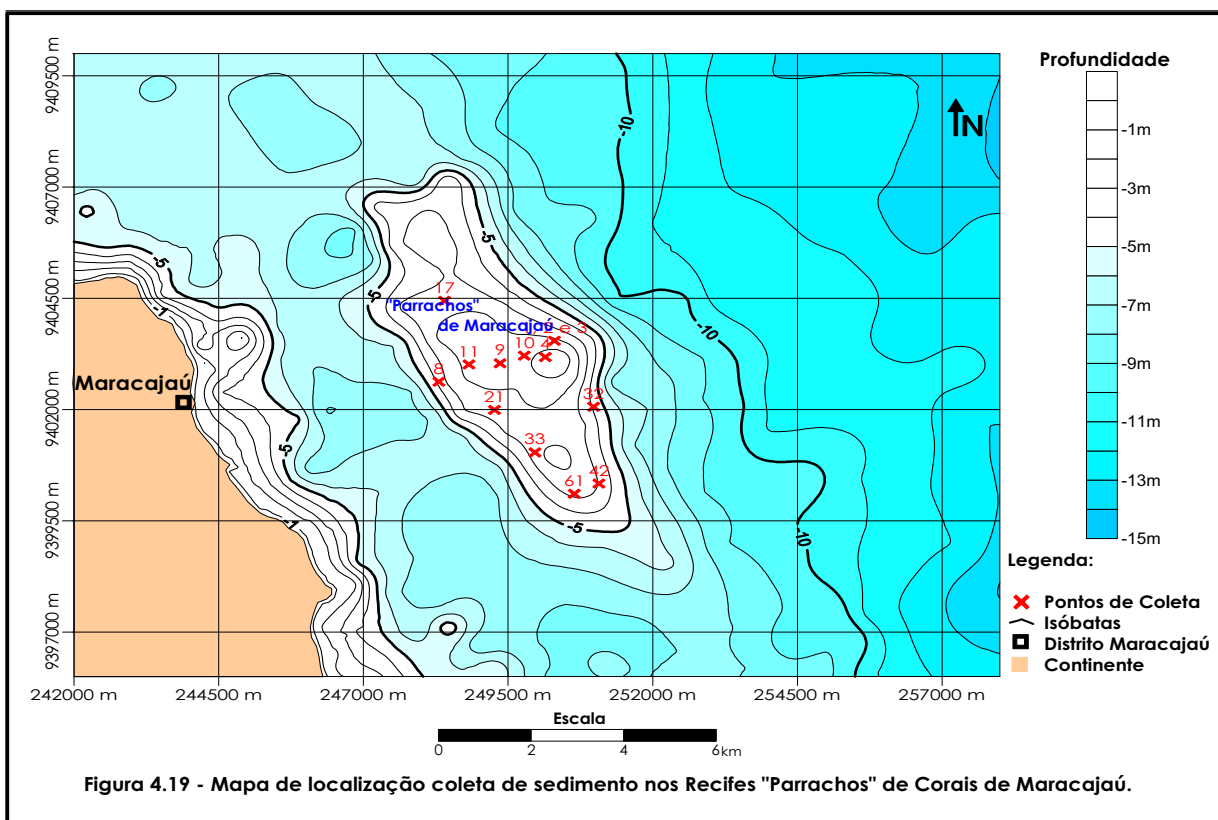
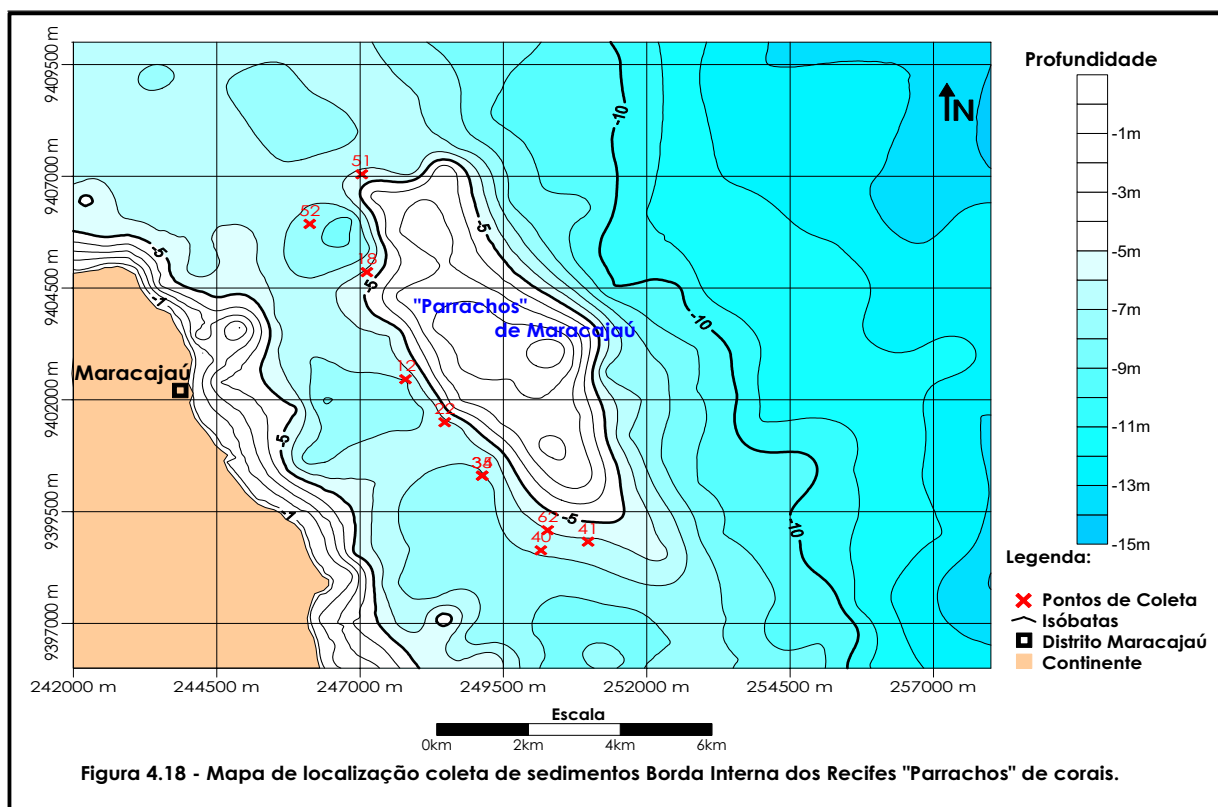
Tabela 4.3 – Parâmetros percentuais de carbonato e matéria orgânica dos sedimentos de Maracajaú, Maxaranguape–RN borda interna dos recifes.

Amostra	Lat. (UTM)	Long.(UTM)	Prof.(m)	Hora	Data	CaCo3(%)	M.O(%)
12	9402462	247793	6,80	16:30	25/07/01	86,80	0,76
18	9404857	247119	9,62	16:38	25/07/01	86,08	21,83
22	9401499	248477	9,62	16:48	25/07/01	93,78	16,88
34	9400306	249129	10,50	11:20	27/07/01	73,32	20,54
40	9398636	250153	10,50	12:05	27/07/01	95,85	14,45
41	9398829	250976	5,25	12:10	27/07/01	97,34	24,06
52	9405935	246122	10,50	10:10	01/08/01	91,57	5,76
62	9399086	250272	10,50	13:04	01/08/01	93,17	5,68

A concentração de matéria orgânica na Zona dos Recifes (Fig. 4.19), apresentam valores entre 0,77% e 43,45%. Quanto ao teor de carbonato, apresenta valores entre 93,54% e 98,42% (Tabela 4.4).

Tabela 4.4 – Parâmetros percentuais de carbonato e matéria orgânica dos sedimentos próximos aos recifes de Maracajaú, Maxaranguape–RN.

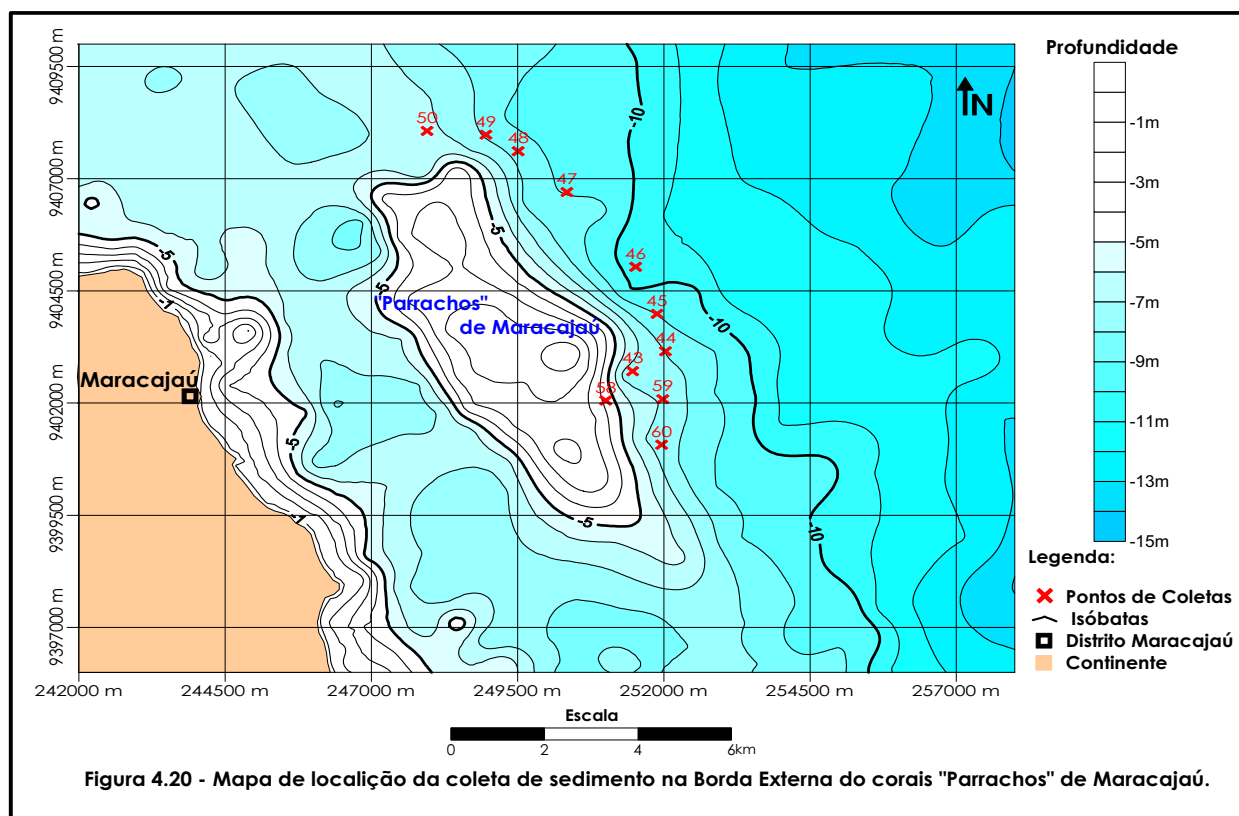
Amostra	Lat. (UTM)	Long.(UTM)	Prof.(m)	Hora	Data	CaCo3(%)	M.O(%)
8	9402625	248304	10,20	13:00	23/07/01	95,13	1,36
9	9403039	249361	1,50	13:10	23/07/01	97,24	0,77
10	9403212	249779	5,78	15:30	24/07/01	98,17	21,26
11	9403013	248822	4,59	15:45	24/07/0	95,02	20,74
17	9404444	248399	4,25	17:00	24/07/0	96,22	1,91
21	9401992	249264	5,10	16:43	25/07/01	98,01	19,60
32	9402062	250978	5,92	11:09	27/07/01	98,12	36,20
33	9401037	249963	6,80	11:14	27/07/01	98,42	43,45
61	9400108	250644	6,80	12:58	01/08/01	97,46	13,00



Os sedimentos na Zona da Borda Externa dos Recifes (Fig. 4.20), apresentam 94,5% de CaCO_3 . A concentração de matéria orgânica é muito alta, com valores entre 4,57% e 39,47%, sendo estes os valores mais altos encontrados entre todas as zonas de coleta. Essa zona se localiza logo após as arrebentações dos recifes sentido leste da área, atingindo profundidade máxima de 11,90 m (Tabela 5).

Tabela 4.5 – Parâmetros percentuais de carbonato e matéria orgânica dos sedimentos de Maracajaú, Maxaranguape–RN. Borda externa dos Recifes.

Amostra	Lat. (UTM)	Long.(UTM)	Prof.(m)	Hora	Data	CaCo3(%)	M.O(%)
43	9402711	251467	11,90	16:14	27/07/01	94,52	16,97
45	9403988	251884	11,90	16:25	27/07/01	91,70	4,57
46	9405037	251519	11,90	16:31	27/07/01	95,50	20,00
47	9406703	250343	11,90	17:15	27/07/01	94,84	10,97
48	9407612	249510	11,90	09:37	01/08/01	94,54	20,51
50	9408064	247952	10,20	09:49	01/08/01	96,96	39,47
58	9402058	251008	6,80	12:36	01/08/01	97,84	24,21
59	9402087	251984	10,20	12:45	01/08/01	97,34	18,79
60	9401073	251964	9,35	12:51	01/08/01	97,06	23,12

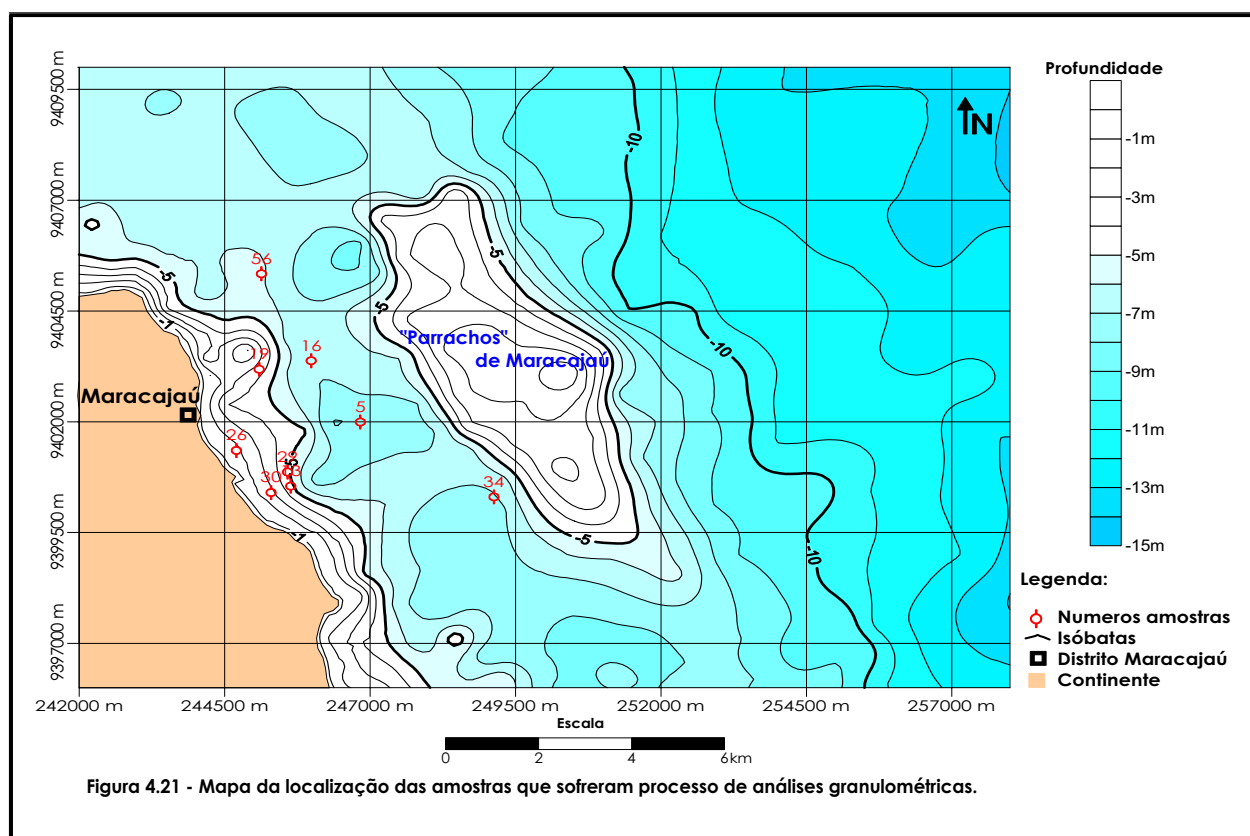


4.5 – Análise granulométrica dos sedimentos da área de estudo

A granulometria da área de estudo foi executada, nas amostras 05, 13, 16, 19, 26, 29, 30, 34 e 56. Apenas estas apresentaram teor de carbonato inferior a 80%, enquanto as demais amostras têm um percentual superior a 80% de CaCO_3 ou são apenas rodólitos.

Granulometricamente, as amostras de sedimentos que ocorrem nas proximidades do Baixo de Maracajaú, segundo a classificação textural de Folk (1968), são distribuídas em areia média e fina, levando em consideração, apenas as amostras que foram procedidas análises granulométricas.

As amostras processadas granulometricamente, foram coletadas entre as isóbatas de 7,87 m e 10,50 m (Fig. 4.21). Fisiograficamente é uma região de canal (Canal de São Roque), caracterizado por uma depressão demonstrada anteriormente através dos perfis batimétricos.



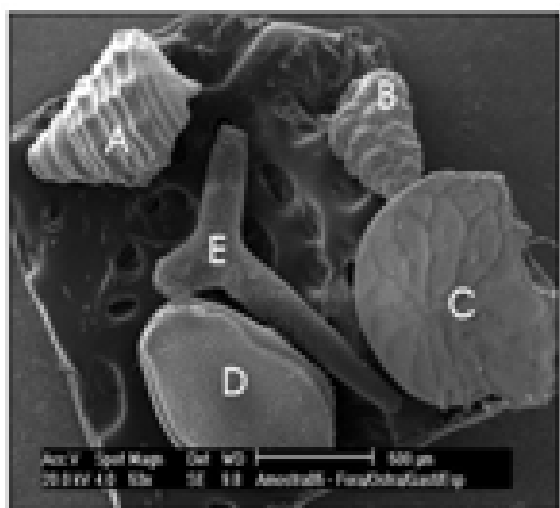
4. 6 – Sedimentos biogênicos da área de estudo

A plataforma continental nas proximidades do Baixo de Maracajaú, litoral oriental do Estado do Rio Grande do Norte, é constituída essencialmente por partículas biogênicas. Registrou-se a ocorrência de bivalves, gastrópodes, ostracodes, fragmentos de briozoários, espículas de espongiários, espinhos de equinodermas, opérculos de gastrópodes e foraminíferos. Estes últimos, de maior ocorrência, são exclusivamente bentônicos e calcários com predominância de miliolídeos. Foram identificados os gêneros: *Archaias*, *Quinqueloculina*, *Triloculina*, *Pyrgo*, *Borelis*, *Peneroplis*, *Amphistegina*, *Heterostegina*, *Clavulina*, *Textularia*, *Discorbis*, *Sorites* e *Elphidium*. Os ostracodes e bivalves raramente apresentam as valvas articuladas.

São mostrados alguns exemplares identificados na área de estudo. O aumento das imagens através do microscópico eletrônico de varredura nesses microorganismos observados na prancha 1 estão entre 53x e 77x. A prancha 2, se obteve uma visão mais detalhada e o aumento das imagens desses microorganismos é entre 39x e 214x.

Prancha 4.1

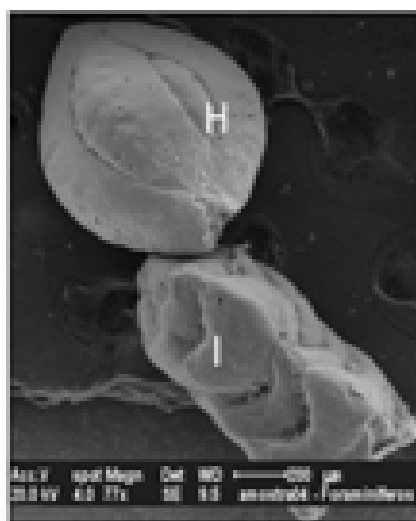
Visão geral dos organismos coletados na área de estudo



(A) Gastrópoda; (B) e (C) Foraminífero; (D) Ostracode; (E) Espícula de Espongiário. Ampliado 53x.



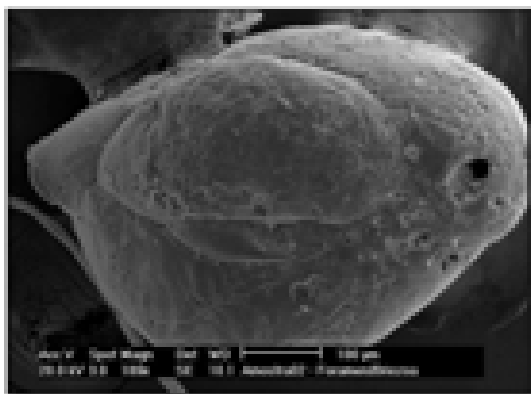
(F) Foraminífero; (G) Briozoário. Ampliado 66x.



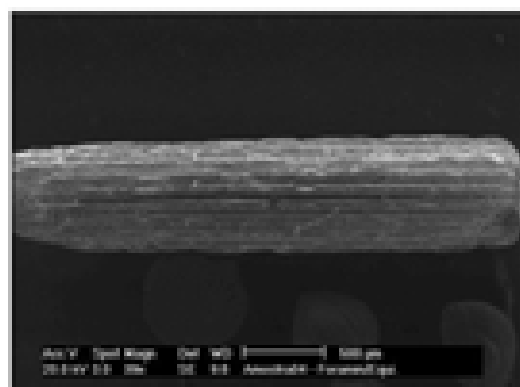
(H) e (I) Foraminífero. Ampliado 77x.

Prancha 4.2

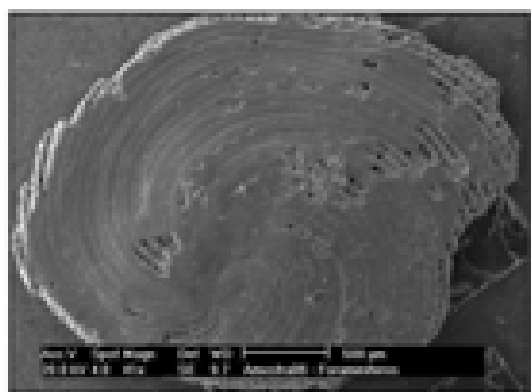
Visão detalhada de organismos coletado na área de estudo



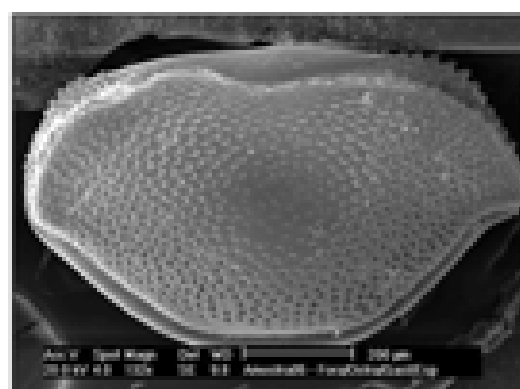
Miliolides. Amplado 189x.



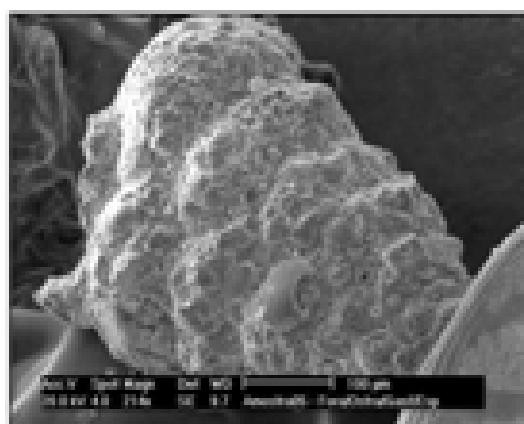
Espirho de equinoderm. Ampliado 39x.



Achoia, Amplado 4lx.



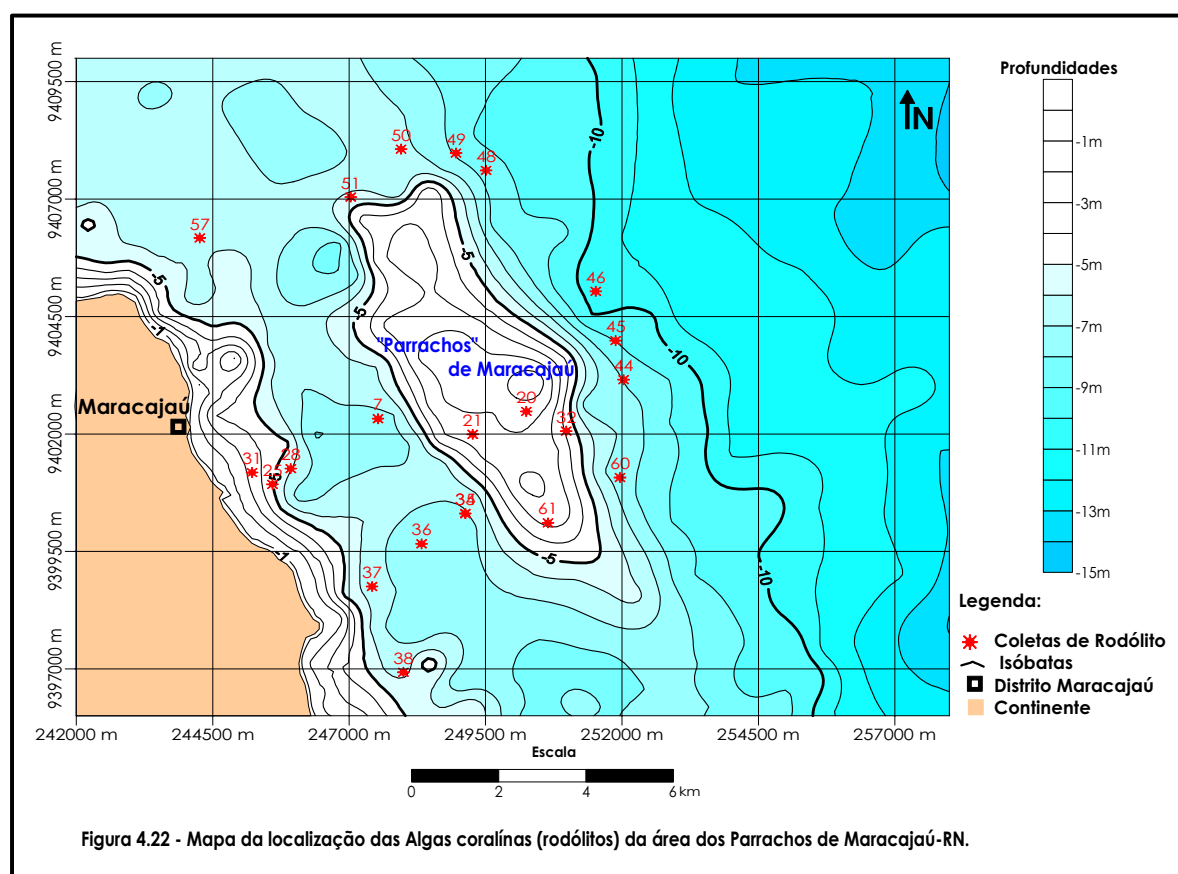
Ostracode. Ampliado 132x.



Textularidae, Amplodo 214x

4.6.1 – Algas calcárias (Rodólitos) na área de estudo

Na plataforma continental interna de Maracajaú-RN, a presença de rodólitos ocorre em quase toda área (Fig. 4.22). As coletas se sucederam desde a Zona Próxima a Linha de Costa, até Borda Externa dos Recifes (Parrachos). Em profundidades mais rasas, predominam os rodólitos ramificados, de cores amarelo claro a escuro, enquanto que em profundidade de até 11,90 m predominam rodólitos com formas maciças, com superfície bem retrabalhada e cor predominantemente amarela.



A distribuição dos rodólitos nas proximidades dos recifes, se comportam da seguinte maneira:

1. Na Zona Próxima a Linha de Costa há presença de rodólitos ramificados que variam entre 0,2 cm e 0,7 cm de cor amarelo claro e se localizam na porção oeste do Baixo de Maracajaú, em profundidade que podem chegar até 10 m (Fig. 4.23).

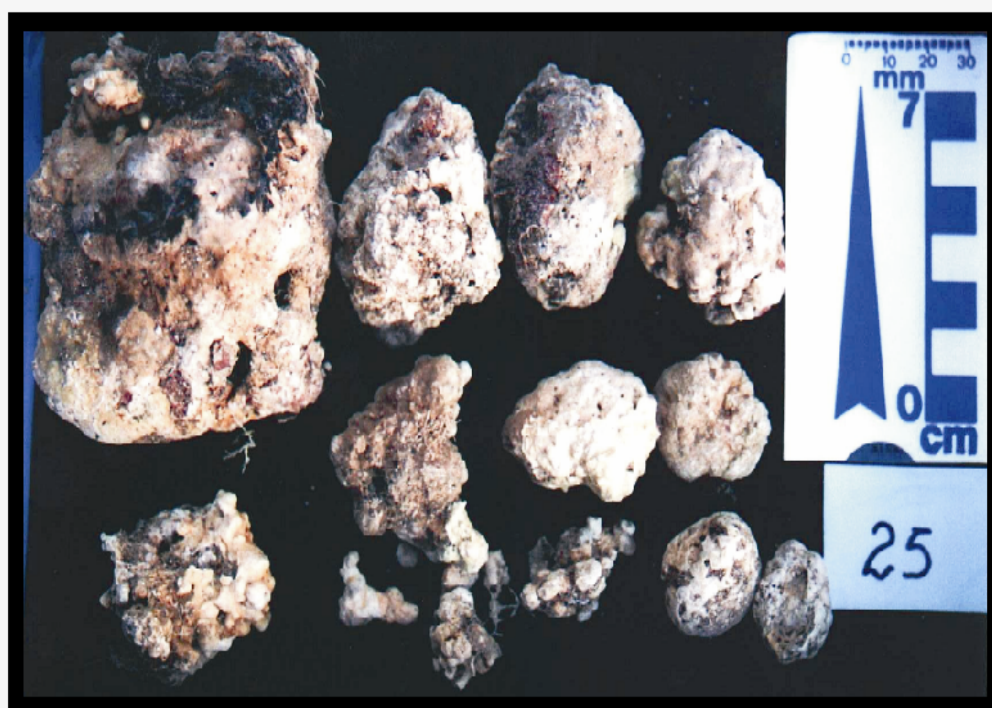


Fig.4.23 - Amostras 25. Algas coralíneas (Rodólitos) ramificadas. Local de coleta Zona próxima a linha de costa".

2. A presença de rodólitos ramificados de cor vermelha, amarelo claro e escuro pode ser registrada na Zona do Canal Principal de São Roque, que chegam a medir entre 0,1 cm a 0,5 cm. Nesse ponto de coleta, a maior profundidade é 11,90 m (Fig. 4.24 e 4.25).

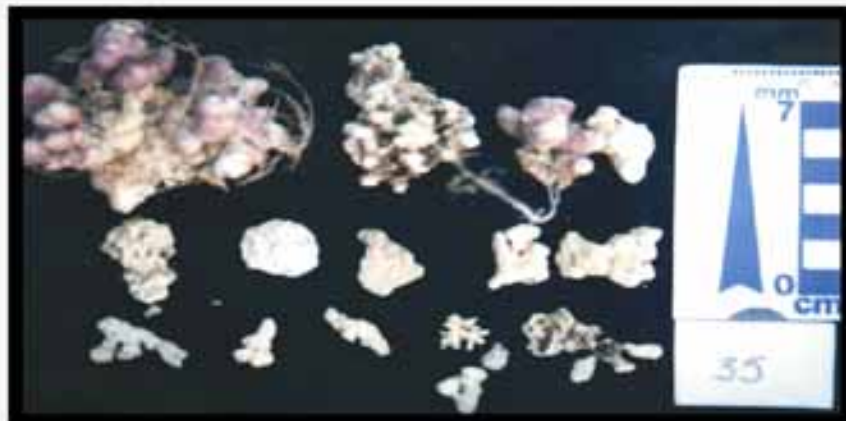


Figura 4.24 - Amostra 35. Algas coralíneas (Rodólitos) ramificadas. Local da coleta Canal de São Roque profundidade 11,37m.

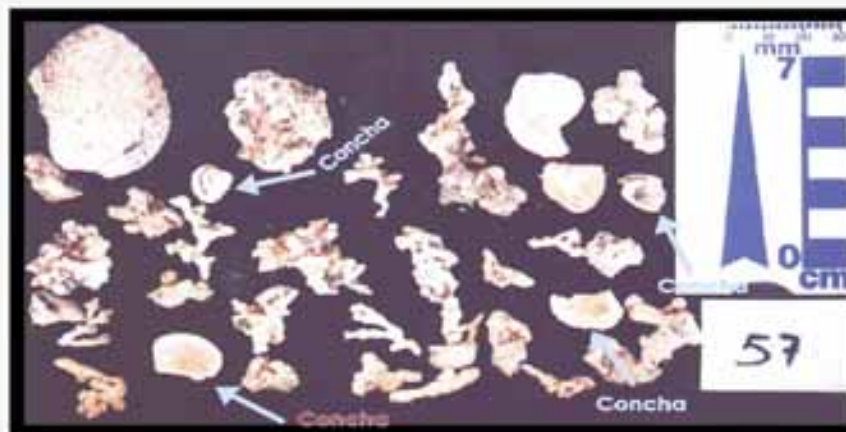


Figura 4.25 - Amostra 57. Algas coralíneas (Rodólitos) com presença de conchas. Local da coleta Canal de São Roque profundidade 11,37.

3. Os rodólitos que foram encontrados na Zona da Borda Interna do Recifes, têm superfície não retrabalhada com diâmetro entre 0,2 cm e 07 cm, cor amarelo claro e estão localizados entre o canal de São Roque e os recifes, em profundidades de até 11,37 m (Fig. 4.26 e 4.27).

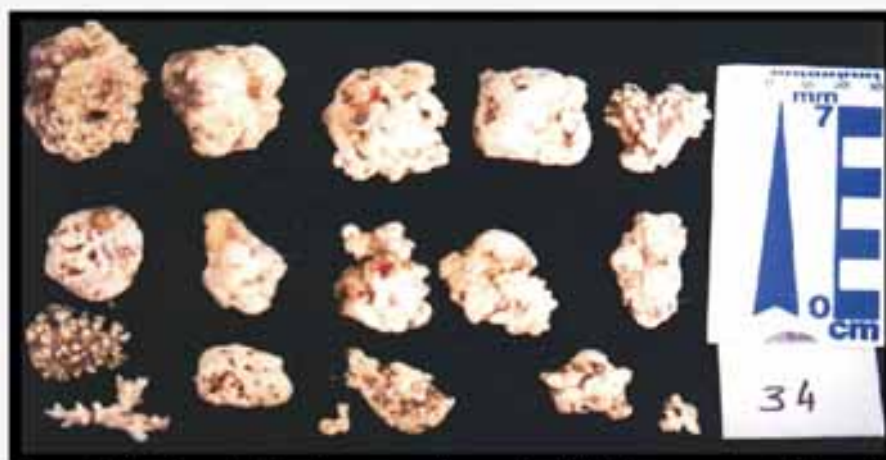


Figura 4.26 - Amostra 34. Algas corálineas (Rodólitos) com superfície não retrabalhada Local da coleta Zona borda interna do "Parrachos" em profundidade de 11,37 m.



Figura 4.27 - Amostra 51. Algas corálineas (Rodólitos). Local da coleta zona da borda interna dos "Parrachos" em profundidade de 6,12 m.

4. Na Zona dos recifes, os rodólitos são de cor amarela claro, com diâmetro entre 0,1 cm e 0,7 cm. Em sua maioria e apresentam forma esferoidal e elipsoidal. Em profundidades que não ultrapassam 5 m é possível encontrar rodólitos de forma maciça de cor amarelo claro, com um certo grau de retrabalhamento, apresentando superfície lisa e ramificações (Fig. 4.28 e 4.29).

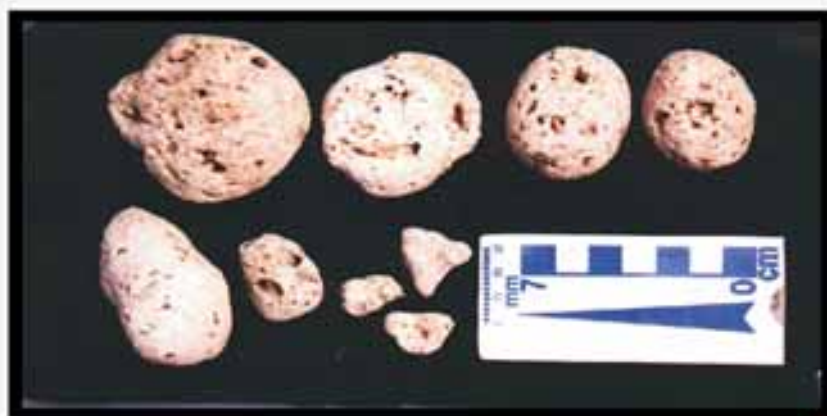


Figura 4.28 - Amostra 20. Rodólitos coletados na zona dos "Parrachos". Profundidade 4,25 m



Figura 4.29 - Amostra 61. Rodólitos coletados na zona dos "Parrachos". Profundidade 6,80 m

5. Na Zona da Borda Externa dos Recifes, os rodólitos em sua maioria apresentam uma superfície não retrabalhada e com diâmetro que varia entre 0,2 cm e 0,7 cm. A profundidade nessa zona é de 11,90 m a maior registrada entre todos os pontos de coleta (Fig. 4.30 e 4.31).

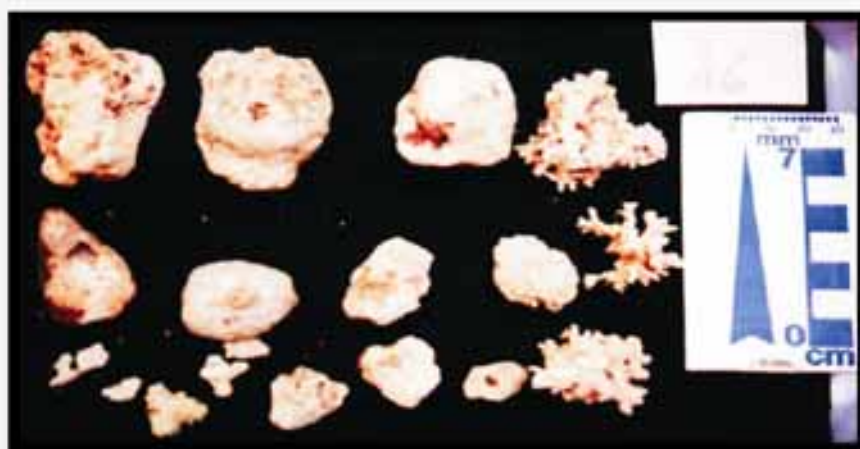


Figura 4.30 - Amostra 46. Algas coralineas (Rodólitos) com superfície não retrabalhada. Local da coleta Zona borda externa do "Parrachos" em profundidade de 11,90 m.

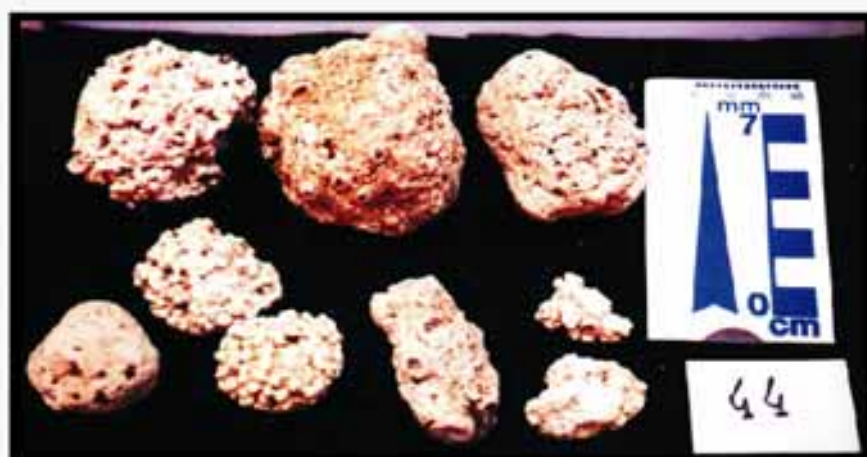
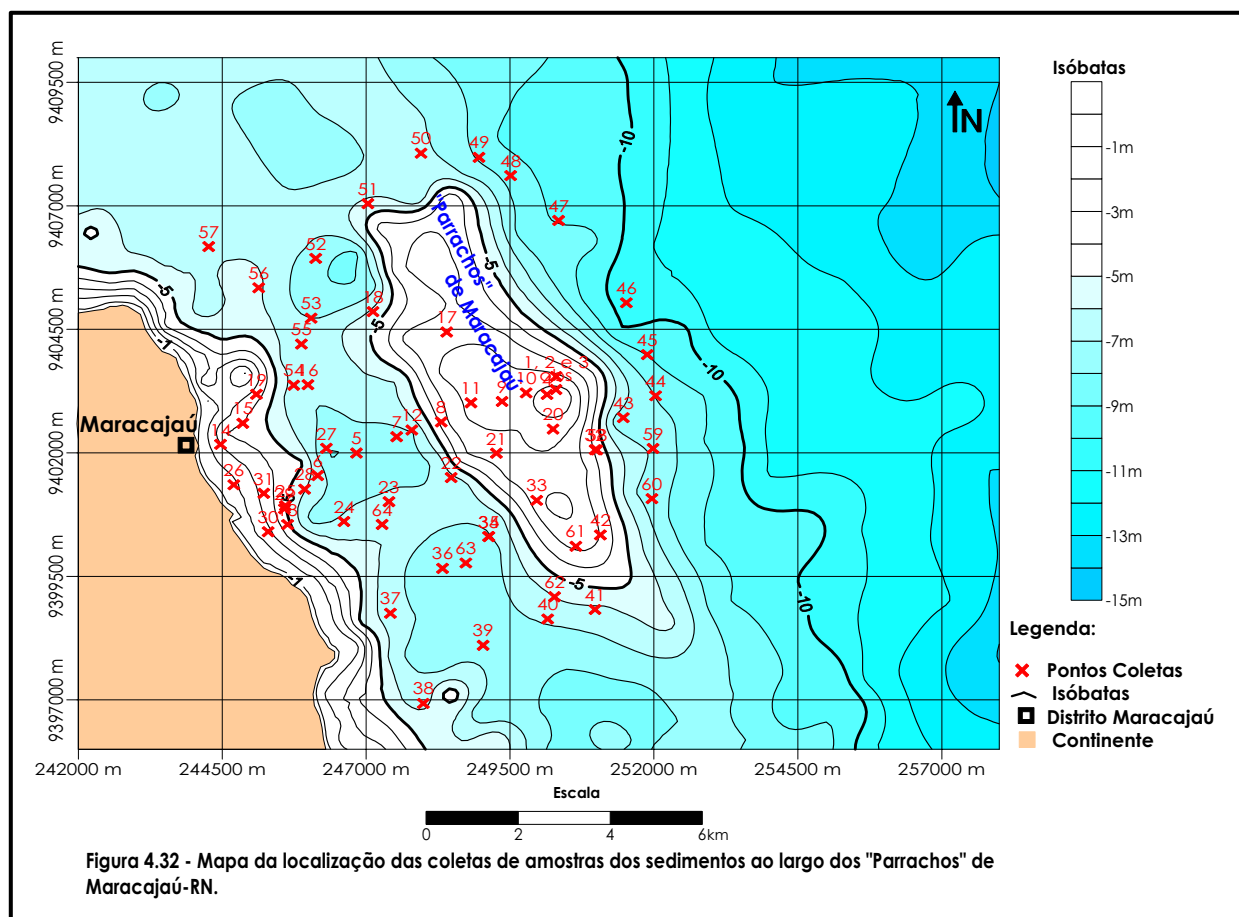


Figura 4.31 - Amostra 44. Algas coralineas (Rodólitos). Superfície não retrabalhada. Local da coleta zona da borda externa dos "Parrachos" em profundidade de 11,90 m.

As 64 amostras coletadas nas proximidades do Baixo de Maracajaú–RN (Fig. 4.32), embora não constituam uma grande população em termos estatísticos, determinam uma tendência predominantemente carbonática. Os sedimentos grossos são compostos principalmente por carapaças carbonáticas e estão concentrados no entorno do Baixo de Maracajaú e na Zona dos Recifes, nas isóbatas entre 5 m e 11, 90 m.

O teor de carbonato aumenta no sentido em que se aproxima dos recifes. A fração silte–argila é encontrada em pequenas concentrações, se restringindo basicamente na Zona Próxima da Linha de Costa e na Zona do Canal Principal de São Roque.

Portanto, os sedimentos da plataforma interna de Maracajaú, são essencialmente carbonáticos, formado por fragmentos e restos de microorganismos e algas coralináceas ramificadas (rodólitos). Os sedimentos consistem em carbonato biogênico, com mais de 80% com valores maiores à medida que se aproxima dos recifes, chegando a 97% de CaCO_3 .



CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 – Discussões e sugestões

A discussão a seguir trata essencialmente do objetivo maior dessa Dissertação, ou seja, a caracterização em termos Geológicos e Geomorfológicos da plataforma continental interna em frente ao município de Maxaranguape–RN, enfocando os recifes no Baixo de Maracajaú.

As feições dos recifes foram identificadas em toda a extensão do Baixo de Maracajaú, que tem profundidade máxima de 5 m na baixa mar. Outra feição observada é a zona de ondulações localizada entre o continente e os recifes. Esta zona (ondulações), estar separada desse ecossistema recifal por um canal localizado na borda interna dos recifes, visivelmente identificado nas fotografias aéreas.

Além da fotointerpretação permitir identificar tais feições, foi elaborado um mosaico analógico com essas fotografias, utilizando cada um dos sobrevôos executado na área. As montagens das fotografias aéreas foram feitas analogicamente e a interpretação destes ocorreram diretamente sobre “overlays”, que posteriormente foram digitalizados para que se procedesse a justaposição de cada folha, gerando-se assim, o mosaico digital da área.

A batimetria, apresentada no Capítulo 4 revelou várias feições de fundo da plataforma. Dentre estas, as ondulações e o detalhamento do canal localizado na borda interna dos recifes são as que mais se destacam.

A análise microscópica das amostras serviu para identificar quais os tipos de sedimentos que ocorrem nas proximidades dos recifes, o qual foi sugerido um zoneamento com a finalidade facilitar tal identificação. O zoneamento foi feito com base na morfologia de fundo próximo ao Baixo de Maracajaú e perfis batimétricos executados na região, associados às amostras de sedimentos.

Os sedimentos analisados quimicamente correspondem em média a uma concentração de carbonato biogênico superior a 80%. As maiores concentrações de CaCO_3 , são encontradas na zona próxima a linha de costa, zona da borda interna dos recifes e zona dos recifes (Baixo de Maracajaú – “Parrachos”).

O maior índice de carbonato de cálcio encontrado é na zona dos recifes. São valores acima de 95% e isso se justifica por ser uma zona de recifes. A concentração de matéria orgânica nos sedimentos da área estudada é o resultado da decomposição dos constituintes orgânicos dos sedimentos e apresentam valores entre 0,58% e 24,06%.

Os sedimentos quimicamente analisados na zona do Canal principal de São Roque, contêm pouca matéria orgânica, apesar de algumas amostras de sedimentos apresentarem percentuais acima da média encontrada. Foi possível detectar que, em todas essas zonas onde foram coletadas amostras de sedimentos, há uma variedade de material sedimentar que gradam desde os rodólitos, aos sedimentos grossos, médios e finos. Estes últimos, ocorrem em maiores quantidades próximos ao Baixo de Maracajaú–RN.

A análise microscópica foi procedida na amostra bruta e foi possível registrar a ocorrência de vários microorganismos já antes mencionados. Contudo, não se observou diferenciação significativa nos diversos pontos de coleta feita na área de estudo.

A região estudada é um laboratório, voltada para o desenvolvimento de pesquisas em diversas áreas da ciência. Objetivando o entendimento com maior número de detalha possível, desse conjunto de ecossistemas que ocorrem no Baixo de Maracajaú, sugere-se que os futuros trabalhos, possivelmente desenvolvidos nessa região, se voltem para aspectos tais como, engenharia de pesca, aprimoramento do mapeamento desse ecossistema recifal, refinamento da batimetria e estudos sedimentológico mais apurados.

O mapeamento desse ecossistema recifal deve ser aprimorado, ou seja, colocando-o totalmente em meio digital. Quanto a batimetria, deve ser refinada, objetivando identificar o comportamento da morfologia de fundo da área de estudo em seu estágio atual. A sedimentologia, requer estudos mais apurados, detalhando a concentração de carbonato de cálcio e matéria orgânica. As análises dos microorganismos, requer mais estudos em detalhes, com objetivo de identificar qual tipo de fauna que ocorria na plataforma interna de Maxaranguape–RN, especificamente em frente ao Distrito de Maracajaú.

5.2 – Conclusões

Após o fim dos estudos realizados no Baixo de Maracajaú–RN, podemos destacar alguns pontos, uma vez por se tratar de um trabalho inédito na área. São eles:

A plataforma continental interna de Maracajaú–RN, chama a atenção para a discussão sobre os recifes, conhecidos localmente como “Parrachos” e as feições a eles associados. Algumas dessas feições, na área de estudo, não eram estudadas em detalhe pela comunidade científica até o momento. Destas (feições), foram identificados os recifes emersos e submersos, além das ondulações e canais, estes últimos, encontrados dentro dos limites dos recifes.

Na determinação do conhecimento das feições encontradas, a utilização das fotografias aéreas de pequeno formato é uma ferramenta de fundamental importância para esse tipo de pesquisa. Estas fotografias serviram de suporte para elaboração de um mapa desse ecossistema recifal, localizado na área de estudo.

As campanhas de perfilagem batimétricas totalizaram nove perfis. Na obtenção destes, dividiu-se a área em três setores: ao setor Norte, três registros, setor Sul três registros e no Baixo de Maracajaú (recifes), mais três registros.

Os trabalhos de coleta de sedimentos se desenvolveram nas proximidades dos recifes e foram coletadas 64 amostras. Estas foram submetidas à análise granulométrica e química para determinação do teor de carbonato e matéria orgânica.

A análise granulométrica foi executada nas amostras com teor de carbonato abaixo de 80% e apenas 09 apresentaram condições para esse tipo de análise. Granulometricamente, essas amostras são constituídas por areia média e fina. Os sedimentos com diâmetro superior ao diâmetro areia muito

grossa são compostos principalmente por carapaças carbonáticas e concentram-se no entorno dos recifes em profundidades entre 5 m e 11,90 m, bem como, no próprio corpo do recife. Dentre estes, estão os rodólitos que possuem cores variando entre amarelo claro a vermelho e com formas elipsoidais e esferoidais tamanhos entre 0,2 cm e 0,7 cm.

O trabalho aqui proposto tem cunho exploratório, onde se procura entender quais são os problemas ambientais que a área enfrenta. O primeiro passo para detectar esses problemas (ambientais) é a execução do mapeamento desse ecossistema recifal. A aplicabilidade desta técnica para área de estudo foi bastante satisfatória se for levado em consideração o tamanho da área. A estratégia de pesquisa proposta executada e as ferramentas utilizadas neste tipo de estudo, permitiram um melhor conhecimento sobre a área estudada.

A maior contribuição que este estudo pode dá, diz respeito à quantidade de perguntas surgidas ao término de sua execução. Desta forma, mais um passo é dado para o melhor entendimento da natureza que nos cerca e assim, consideramos cumprida nossa tarefa.

Conclui-se, portanto, acreditando que esse estudo possa contribuir para o enriquecimento do conhecimento geológico-geomorfológico de uma parcela da região do litoral oriental no Estado do Rio Grande do Norte, acrescentando assim, novos dados para futuros estudos na região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adey, W. H. 1978. Coral reef morphogenesis: a multidimensional model. *Science*, pp. 831-837.
- Amaral, R. F. 2000. *Contribuição ao Estudo da Evolução Morfodinâmica do Litoral Oriental Sul do Rio Grande do Norte, entre Ponta de Búzios e Baía Formosa*. Tese de Doutorado em Geociências. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 252 p.
- Amaral, R. F., Bezerra, F. H. R. 1996. Geometria, sistema deposicional e idade dos beachrocks entre ponta de Tabatinga e Tibau do Sul – Rio Grande do Norte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34. Salvador. Anais. Salvador: [s.n.]. p. 164-165.
- Bezerra, F. H. R; Lima-Filho F. P; Amaral, R. F; Caldas, L. H. O, Costa-Neto, L. X. 1998. Holocene coastal tectonics in NE Brazil. In: Stewart, I. S., VITA-FINZI, C. Coastal Tectonics. London: Geological Society. 146, 279–293. Special Publications.
- Brigagão, C. 1992. *Dicionário de ecologia*. Editora Topbooks. Rio de Janeiro–RN. 344 p.
- Bueno, F. S. 1898. *Dicionário escolar da língua portuguesa*. 11. Ed. Rio de Janeiro–RJ. 1.263 p.
- Burchette, T. P., Wright, V. P. 1992. Carbonate ramp depositional systems. *Sedim. Geol.* pp. 3-57.

- Costa Neto, L. X. 1997. *Evolução Geológica–Geomorfológica Recente da Plataforma Continental Interna ao Largo do Delta do Rio Açu, Macau–RN*. Dissertação de Mestrado em Geociências. Pós–Graduação em Geologia e Geofísica Marinha, Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro. 212 p.
- Coutinho, P. N. 1976. *Geologia Marinha da Plataforma Continental Alagoas–Sergipe*. Tese de Livre Docente ao Departamento de Oceanografia do Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 112 p.
- Darwin, C. 1841. On a remarkable bar of sandstone of Pernambuco on the coast of Brazil. In: *Magazin & Journal Sciences*, London, p.257-261.
- DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO. 2001. *Tabuas das marés para o ano de 2000 e 2001, da costa norte do Brasil*. Rio de Janeiro: Marinha do Brasil.
- Fernandes, T. 2000. Recifes de Corais Ameaçados. Impacto da Ação Humana Gera Iniciativas de Conservação. In: *Revista Ciência Hoje* www.uol.com.br/cienciahoje/chdia/n277.htm.
- Folk, R. L. 1968. *Petrology of Sedimentary Rocks*. The University of Texas Geology, 307K, 38C, 383M. Hemphillis, Austin, Texas. 170p.
- Glossário Geológico. 1999. Departamento de Recursos Naturais Estudos Ambientais. IBGE. 214 p.
- Gomes, A. S., Villaça R., Pezzella C. A. C. 2001. Atol das Rocas – Ecossistema único no Atlântico Sul. In: *Revista Ciência Hoje*, vol 29, nº 172. Programa de Pós–Graduação em Biologia Marinha, UFF, Rio de Janeiro. pp. 32–39.
- IBAMA, 2000. Corais. www2ibama.gov.br/programas/centros/cepene/corais/

- James, N. P. & Ginsburg, R. N. 1979. The Seaward Margin of the Belize Barrier and Atoll Reefs, 191 pp. Spec. Public. int. Ass. Sediments.
- James, N. P. 1983, Reef Environment. In: Carbonate Depositional Environments. Ed. P. A. Scholle, D. G. Bebout and C. H. Morre, pp. 345-440. Mem Am. Ass. Petrol. Geol.
- Kempf, M., Mabesoone, J. M. & Tinoco, I. M., 1970. Estudo da plataforma continental na área do Recife (Brasil). In: Trab. Oceanográfico, UFPE, 9/11: 125–148.
- Lowe-McConnell, R. H. 1987. Ecological Studies in tropical Fish Communities. In: University Press Cambridge. 382 pp.
- Mabesoone, J. M. 1964. *Origin and age of sandstone reefs of Pernambuco (Northeastern Brazil)*. J. Sed. Petrol., 34: 715–726.
- Mabesoone, J. M. Kempf M., Coutinho, P. N., 1972. Characterization of surface sediments on the northern and eastern Brazilian shelf. In: Trab. Oceanográfico. UFPE, 13: 41–48.
- Mabesoone, J. M., Coutinho, P. N. 1970. Littoral and shallow marine geology of northern and northeastern Brazil. In: Instituto Oceanográfico, UFPE. Recife–PE. 12: 1–214.
- Macintyre, I. 1984. Preburial and shallow subsurface alteration of modern scleractinian corals. Palaeontogr. Am. pp. 244-299.
- Magliocca, A. 1987. *Glossário de Oceanografia*. Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo. 353 p.

- Marinha do Brasil. 1971. Carta Náutica do Canal de São Roque. 1:50.000. 2ª ed. Rio de Janeiro: Marinha do Brasil.
- Matthews, L. H. 1926. The fauna of the reef at Pernambuco, Brazil. In: Bol. Mus. Nac. V. 2, n. 2, pp. 11–18.
- Mendes, J. C. 1984. *Elementos de Estratigrafia*. Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo. 547 p.
- Nottingham, M. C., Salles, R., Kobayashi, R. 2000. Visita realizada nos Recifes de Maracajaú, Rio Grande do Norte, entre 27 de dezembro de 1999 e 09 de janeiro de 2000. Relatório. IMAT, UFC. pp. 06.
- Oliveira, J. E. L., Castro, P. T., Araripe, H. G. A. 1999. Caracterização dos Ecossistemas Costeiros dos Estados do Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí. In: Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte. www.bdt.org.br/workshop/costa/nordeste.
- Projeto REMAC. *Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes* (relatório final). Rio de Janeiro. CENPES/DINTEP, 1979.
- Shinn, E. A., Hudson, J. H. Robbin, D. M & Lidz, B. H. 1981. Spurs and grooves revisited: Construction versus erosion, Look Key Reef, Florida. Proc. 4th Int. Coral Reef Symp., Manila, pp. 475-483.
- Shinn, E. A., Hudson, J. H., Halley, R. B., Lidz, B., Robbin, D. M. & Macintyre, I. G. 1982. Geology and sediment accumulation rates at Barrier Bow Cay; Belize, 1, Structure and communities. Ed. By. Rutzler and I. G. Macintyre, pp. 63-75. Smithsonian Contr. Mar. Sci. 12, Smithsonian. Institute Press, Washington, DC.

- Srivastava, N. K., Corsino, A. R. 1984. Os carbonatos de Touros (RN): Petrografia e Estratigrafia. In: ATAS DO XI SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 9. Natal. Anais. Natal: [s.n.]. p. 165–176.
- Suguio, K. 1973. *Introdução à Sedimentologia*. Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo. 317 p.
- Suguio, K. 1992. *Dicionário de Geologia Marinha: Com Termo Correspondente em Inglês, Francês e Espanhol*. Editora T.A. Queiroz. São Paulo. 171 p.
- Testa, V., Bosence, D.W.J. 1999. Large-scale bedform generation and carbonate siliciclastic interactions on the tropical shelf of northeast Brazil. In: *Sedimentology*, 46, 279-302.
- U.S.Coral Reef Task Force. November 1999. Coral Reef Mapping Implementation Plan (2nd Draft), Mapping and Information Synthesis Working Group. Washington, DC. In: NOAA and USGS (Work Group Co–chairs). 17 p.
- Vasconcelos, F. P. Rocha, C. A. S. 1986. Análise de influência das marés sobre os parâmetros físico–químicos da água de microambientes em rochas–de–praia. In: *Arq. Ciência. Marinha*. N. 25, pp. 51–61.
- Vianna, M. L. Cabral, A. P., Gherardi, D. F. M. 1993. TM – Landsat Imagery Applied to the Study of the Impact of Global Climate Change on a Tropical Coastal Environment During the Last Deglaciation. In: *International. J. Remote Sensing*, 2971–2983 p.
- Wright, V. P., Burchette, T. P. 1996. Process, Facies and Stratigraphy – Shallow–Water Carbonate Environments. In: *Sedimentary Environments*. Editora H. G. Reading. London. 368 – 377 p.