



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

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**“MAPEAMENTO DE RECIFES NO RIO GRANDE DO NORTE:  
TOUROS A MACAU/RN”**

Autor:

***CLAUDE LUIZ DE AGUILAR SANTOS***

Orientadora:

**Prof<sup>a</sup>. Dra. *Helenice Vital* (DG- PPGG-UFRN)**

Dissertação n<sup>o</sup> 53/ PPGG

Natal - RN, 30 de março de 2006.

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



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

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**“MAPEAMENTO DE RECIFES NO RIO GRANDE DO NORTE:  
TOUROS A MACAU/RN”**

**Autor:**

***CLAUDE LUIZ DE AGUILAR SANTOS***

Dissertação de mestrado apresentada em 30 de Março de 2006, para obtenção do título de Mestre em Geodinâmica pelo Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica da UFRN.

**Comissão Examinadora:**

PROF<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Helenice Vital (DG – PPGG – UFRN – Orientadora)

PROF. Dr. Venerando Eustáquio Amaro (DG – PPGG – UFRN)

PROF. Dr. Ruy Kenji Papa de Kikuchi (DG – UFBA)

Natal - RN, 30 de Março de 2006



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

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

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

- REDE 05/FINEP/CNPq/CTPETRO/PETROBRAS - Projeto PETRORISCO - Monitoramento Ambiental de Áreas de Risco a Derrames de Petróleo e seus Derivados;
- FINEP/CTINFRA - Projeto MAR-RN – Grupo de Pesquisa em Ciências do Mar e Ambientais;
- CNPq – Proc. N° 3508811999-5 e Proc. N° 500407/2004-5.
- CAPES/DAAD – Projeto UNIBRAL 21-04



## **Dedicação**

Aos meus pais

Claudemiro Santos *in memoriam*

e

Josefina de Aguiar Santos

Modelos de vida, dedicação e humanidade.

---

## RESUMO

---

Estudos na plataforma continental brasileira entre Touros e Macau-RN (NE do Brasil) foram realizados com o objetivo de mapear construções carbonáticas, inorgânicas e recifais, utilizando técnicas de sensoriamento remoto, filmagem submarina, levantamento batimétrico e mergulho *in situ*. Três aspectos são abordados: caracterização da fauna de corais; 2) classificação e 3) distribuição das principais construções carbonáticas desta costa norte riograndense. Os resultados obtidos mostram que os ambientes recifais ocorrem predominantemente na plataforma interna da região de Touros (recifes de Sioba, Cação, Rio do Fogo e Maracajaú), litoral oriental. Estes recifes se aglomeram em conjuntos de cômoros (*knoll*) e canteiros (*patch*) e essas aglomerações tomam geralmente orientação NW-SE, paralelos à linha de costa. Construções carbonáticas inorgânicas, onde a presença de corais é inexpressiva, ocorrem a uma profundidade média de 25 m (entre as isobátas de 20 e 30 m), ao longo de toda a área estudada, sendo classificados como bancos areníticos. Outras construções inorgânicas, embora de menor extensão e menor altura, foram mapeadas a profundidades em torno de 10 m. Podem ser relacionadas a uma linha de costa pretérita. Entretanto, a unidade litoestratigráfica correspondente esses bancos não foi definida. O mapeamento das construções carbonáticas (e em especial dos recifes) desenvolvido neste trabalho se constitui em uma contribuição ao levantamento de dados sobre ocorrência de corais na costa do Rio Grande do Norte.

**Palavras-chaves:** Recifes, Rio Grande do Norte, Sensoriamento Remoto, Plataforma.

---

---

## ABSTRACT

---

---

Studies on the Brazilian continental shelf were developed between Touros and Macau-RN (NE Brazil) with the aim to mapping carbonate buildups, and especially, reef ecosystems. Remote sensing, submarine movies, bathymetric survey and diving were the methods used. This paper will focus on three main aspects of the Rio Grande do Norte reefs: 1) characterization of the coral fauna; 2) the classification and, 3) the distribution of the main northriograndense carbonate buildups.

Reefs environments are found predominantly on the inner shelf adjacent to Touros, at depths shallower than 10 m. These reefs generally show NW-SE orientation parallel to the coastline and constitute groupings of knolls and patch reefs. A prominent carbonate buildup, where the corals are almost absents and algae incrustation is thin, occurs in average depths of 25 m, along the northern part of Rio Grande do Norte State and is classified as sandstone bank. Others sandstone banks, with smaller lengths and heights were mapped around 10 m depth. They should be related to an ancient coastline; however the corresponding litostratigraphic unit was not defined. This work is a contribution to the mapping of coral reef, in particular, and carbonate buildups, in general, on the Rio Grande do Norte coast.

**Key words:** reefs, Rio Grande do Norte, Remote Sensing, Continental Shelf

---

---

## AGRADECIMENTOS

---

---

Profa. Dra. Helenice Vital  
Prof. Dr. Ruy Kenji Papa de Kikuchi  
Prof Dr. Venerando Amaro  
Profa. Iracema Miranda  
Profa. Maria de Fátima C. F. Santos  
Prof. Gerônimo Rafael Medeiros  
Bruno de Souza Melo  
Arnóbio Silva de Souza  
Juliana Claudia N A Santos

---

---

## SUMÁRIO

---

---



	<i>pág</i>
<b>RESUMO</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>vi</b>
<b>AGRADECIMENTOS</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>x</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>x</b>
<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO</b>	
1.1 – Apresentação	1
1.2 – Objetivos	4
1.3 – Localização da Área de Estudo	4
1.4 – Aspectos Geoambientais	5
<b>CAPÍTULO 2 – MATERIAIS E MÉTODOS</b>	
2.1 – Levantamento Bibliográfico	14
2.2 – Atividades de Campo	15
2.3 – Atividades de Laboratório	18
2.4 – Atividades de Gabinete	19
<b>CAPÍTULO 3 – MAPEAMENTO DAS CONSTRUÇÕES CARBONÁTICAS</b>	
3.1 – Produtos de Sensoriamento Remoto	21
<b>CAPÍTULO 4 – CARACTERIZAÇÃO DAS CONSTRUÇÕES CARBONÁTICAS MAPEADAS.</b>	
4.1 – Esboço da História Geológica de Organismos Recifais no Rio Grande do Norte	30
4.2 – Construções Carbonáticas Recifais – Maracaju e Rio do Fogo	35
4.2 – Construções Carbonáticas Inorgânicas - Minhoto	46
<b>CAPÍTULO 5 – DISCUSSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>57</b>
<b>CAPÍTULO 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>61</b>
<b>ANEXOS</b>	

---



---

**LISTA DE FIGURAS**


---

	<i>pág.</i>
<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO</b>	
<b>Figura 1.01</b> – Mapa de Localização da Área	5
<b>Figura 1.02</b> – Mapa de Tipos Climáticos do Rio Grande do Norte	6
<b>Figura 1.03</b> – Mapa Geológico Simplificado da Bacia Potiguar	7
<b>Figura 1.04</b> – Mapa Do Arcabouço Estrutural da Bacia Potiguar	8
<b>Figura 1.05</b> – Coluna Estratigráfica da Bacia Potiguar – Grupo Agulha	11
<b>CAPÍTULO 2 – MATERIAIS E MÉTODOS</b>	
<b>Figura 2.01</b> – Vista dos recifes	15
<b>Figura 2.02</b> – Câmara de vídeo utilizada	16
<b>Figura 2.03</b> – Coleta de sedimentos	18
<b>Figura 2.04</b> – Análise de rochas e sedimentos	19
<b>CAPÍTULO 3 – MAPEAMENTO DAS CONSTRUÇÕES CARBONÁTICAS</b>	
<b>Figura 3.01</b> – Mapa das Edificações Carbonáticas Inorgânicas e Recifais	22
<b>Figura 3.02</b> – Imagem Landsat 5-TM Composição Colorida em RGB dos Recifes	24
<b>Figura 3.03</b> – Composição Colorida em RGB 3-2-1 Ressaltando Recifes e Bancos	25
<b>Figura 3.04</b> – Imagem Landsat 5-TM Ressaltando Bancos Inorgânicos	25
<b>Figura 3.05</b> – Minhoto em Composição Colorida em RGB com PC's –Landsat 7 ETM+	26
<b>Figura 3.06</b> – Urca da Conceição em Composição Colorida em RGB 1-2-3	27
<b>Figura 3.07</b> – Urcas em Composição Preto & Branco da Landsat 7 ETM+	28
<b>CAPÍTULO 4 – CARACTERIZAÇÃO DAS CONSTRUÇÕES CARBONÁTICAS MAPEADAS.</b>	
<b>Figura 4.01</b> – Ocorrência de Fósseis na RN408	32
<b>Figura 4.02</b> – Ocorrência de Fósseis em Mulungu	33
<b>Figura 4.03</b> – Ocorrência de corais cretáceos na Bacia Potiguar	34
<b>Figura 4.04</b> – Regiões biogeográficas de recifes: norte e nordeste	36
<b>Figura 4.05</b> – Espécies de corais presentes no RN	39
<b>Figura 4.06</b> – Perfil do banco arenítico Minhoto	48
<b>Figura 4.07</b> – Vista dos sedimentos bioclásticos	48
<b>Figura 4.08</b> – Sedimentos bioclásticos compostos por rodólitos	49
<b>Figura 4.09</b> – Cobertura de algas clorofíceas sobre o arenito	49
<b>Figura 4.10</b> – Vista do banco do Minhoto	50
<b>Figura 4.11</b> – Eucidaris sp. sobre alga coralina	51
<b>Figura 4.12</b> – Esponjas	52
<b>Figura 4.13</b> – Fotografias de laminas da Estação Minhoto 1	55
<b>Figura 4.14</b> – Fotografias de laminas da Estação Minhoto 2	56

---

**LISTA DE TABELAS**

---

	<i>pág.</i>
<b>CAPÍTULO - 04 - CARACTERIZAÇÃO DAS CONSTRUÇÕES CARBONÁTICAS MAPEADAS</b>	
<b>Tabela 4.01</b> – Ocorrência de organismos recifais no RN	<b>34</b>
<b>Tabela 4.02</b> - Ocorrência de Corais Zooxantelados nas Estações das Áreas de Estudo	<b>38</b>
<b>Tabela 4.03</b> – Comparativo Entre Frequências Absoluta e Relativa das Estações de Estudo	<b>42</b>
<b>Tabela 4.04</b> - Frequências Absoluta e Relativa na Estação 1 Maracajau – Série 1	<b>43</b>
<b>Tabela 4.05</b> - Frequências Absoluta e Relativa na Estação 1 Maracajau – Série 2	<b>44</b>
<b>Tabela 4.06</b> - Frequências Absoluta e Relativa na Estação 2 Rio do Fogo – Série 1	<b>45</b>

---

---

## ANEXOS

---

---

<b>ANEXO 01</b> – Tabelas de frequências relativas e absolutas referentes aos transectos nas áreas de estudo	<i>pág.</i>
--	-------------

---

## CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

---

### 1.1 – APRESENTAÇÃO

O nível do mar, referencial utilizado na maioria das vezes para avaliação das variações topográficas e batimétricas, sofreu variações significativas ao longo do tempo geológico exercendo papel de destaque na evolução das paleolinhas de costa e áreas vizinhas. Edificações biológicas - recifes – têm o seu desenvolvimento condicionado pela variação vertical do nível do mar, afigurando-se como importante registro dessas variações eustáticas ocorridas durante o Quaternário e, em especial, no Holoceno (Chapell, 1983; Davies & Montaggioni, 1985; Hopley, 1986; Kikuchi & Leão, 1998),. Bancos de arenitos de praia, freqüentemente referidos como recifes não orgânicos, podem servir de substrato ao desenvolvimento de recifes ao serem recobertos por uma camada carbonática orgânica, tal como descrito por Nolasco e Leão (1986). Esses bancos evidenciam tanto o deslocamento das linhas de costa em relação ao continente (Davies & Kinsey, 1973; Oliveira *et al.*, 1990) como variações verticais desse nível. Em ambos os casos ficam evidentes as alterações geográficas das condições ambientais (fatores limitantes) determinantes à gênese dos recifes, ao longo do tempo.

A presença de construções carbonáticas, e em especial de recifes ao longo da costa brasileira é uma característica marcante. O interesse pela ocorrência de recifes, justificado pelo risco que representa à navegabilidade de embarcações ou pelo interesse no ecossistema (Hartt, 1870), evoluiu na medida em que avançaram os conhecimentos sobre sua origem, estrutura e importância econômica e ambiental, bem como sua relação com a dinâmica costeira.

As construções carbonáticas podem ser classificadas, de acordo com sua origem, em (i) bancos carbonáticos inorgânicos – formados sob condições ambientais

características da linha de costa, conhecidos como arenito de praia ou rocha praial (*beachrocks*), testemunhando antigas linhas de costa, com orientações longitudinais muito próximas entre si e em relação à atual linha de costa; e (ii) recifes – estruturas rochosas, rígidas, resistentes à ação mecânica das ondas e de correntes marinhas, edificados pela ação de organismos marinhos (animais e vegetais), capazes de segregar esqueletos a base de carbonato de cálcio, usando como substrato rochas sedimentares, ígneas ou metamórficas disponíveis a uma profundidade adequada para o seu estabelecimento e desenvolvimento (Leão, 1994). Os recifes podem se desenvolver sobre substratos os mais diversos: recifes pleistocênicos (Leão e Lima, 1983), rochas sedimentares das bacias marginais cretácicas (Araújo *et al.*, 1984), embasamento cristalino ou arenitos de praia (Nolasco & Leão, 1986), ou ainda rochas vulcânicas (Kikuchi & Leão, 1997). Em praticamente todas as situações citadas, a espessura máxima de carbonato de cálcio depositado por corais e algas é de cerca de 10 m, (Leão *et al.*, 2003). Além disso, são classificados de acordo com a sua distância da costa, dimensões (comprimento x altura) e relação com a evolução costeira (Leão *et al.*, 2003). Assim, pode ocorrer de uma construção carbonática inorgânica, como os *beachrocks*, virem a se tornar substrato de recifes. Estes, quando encontrados num estágio inicial de desenvolvimento (espessura de carbonato de cálcio orgânico – algas e corais principalmente – inferiores a 0,5 m) foram chamados de recifes superficiais por Nolasco e Leão (1986). Neste caso, os recifes são alongados e paralelos à linha de costa, e em algumas situações, podem ser confundidos com os arenitos de praia (seu substrato), e vice-versa.

Branner (1904) já chamava atenção ao fato de que boa parte das construções carbonáticas localizadas entre o Maranhão e a Bahia é não orgânica. Entretanto o

interesse acerca dos recifes da costa brasileira tem se expandido nas últimas décadas, com progressivo aumento no número de pesquisadores trabalhando neste campo de investigação, e ao incremento de degradação de áreas recifais (Leão *et al.*, 2003). Apesar disso as informações científicas acerca dos recifes do Brasil, e o conhecimento sobre suas condições atuais é ainda escasso, e em algumas áreas são desconhecidas.

No Rio Grande do Norte, diversos trabalhos vêm indicando idades holocênicas e pleistocênicas para os *beachrocks*, situados na extensão da faixa costeira adjacente à área submersa selecionada para estudo, e cujas posições atuais em relação ao nível do mar indicam variações do nível eustático (Barreto *et al.*, 2002; Caldas, 2002; Stattegger *et al.*, 2006). Entretanto, estudos sistemáticos visando à identificação e mapeamentos destas construções carbonáticas (inorgânicas e/ou recifais) em áreas da plataforma são restritos à região costeira entre Maracajaú e Touros e baseados principalmente em sensores remotos (Vianna *et al.*, 1991,1993; Lima & Amaral, 2000; Amaral, 2002; Testa, 1997; Testa & Bosence, 1998, 1999). Estes autores reconhecem a importância de associar a investigação de sensores remotos a outros estudos sistemáticos *in situ*, possibilitando maior detalhamento e precisão na obtenção de dados.

A importância deste tipo de estudo pode ser avaliada de forma sumária ao considerarmos que, embora representem apenas 0,2% de toda a área oceânica do planeta, são áreas de alta diversidade biológica e produtividade. Podem ser nestes termos, equiparáveis somente às florestas tropicais (Roger, 1974; entre outros).

## **1.2 – OBJETIVOS**

### **1.2.1 – Objetivos Gerais**

Pelo exposto e diante do quadro de particularidades regionais e estágio de conhecimento ainda incipiente sobre os recifes da costa do RN, este trabalho teve como objetivo principal mapear as edificações carbonáticas presentes na plataforma continental brasileira, entre a região de Touros e Macau-RN (Fig.01), utilizando técnicas de sensoriamento remoto, e avaliação *in situ*, com mergulho e filmagem submarinas, através da realização de transectos, para caracterização dessas estruturas, verificação da distribuição geográfica e levantamento de dados sobre a ocorrência de corais como organismos atuantes no processo de edificação recifal, testemunhos referenciais de variações do nível do mar.

### **1.2.2 – Objetivos Específicos**

- Caracterização das edificações carbonáticas mapeadas;
- Verificar através de amostragens em transectos o estágio atual de colonização de concentração de organismos bentônicos recifais, especialmente corais;
- Verificar grau de similaridade entre o povoamento de corais encontrados nas construções carbonáticas do litoral leste e litoral norte;

## **1.3 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA**

A área de estudo engloba partes do litoral oriental (região entre Maracajaú e Touros) e parte do litoral setentrional (região entre São Bento do Norte e Macau), do Rio Grande do Norte (Fig. 01). Macau dista 185 km e Touros 87 km da capital Natal/RN, por via rodoviária. Os principais acessos à região são as BR-304 (Natal-Açu), BR-406 (Natal-Macau) e BR-101 (Natal-Touros).



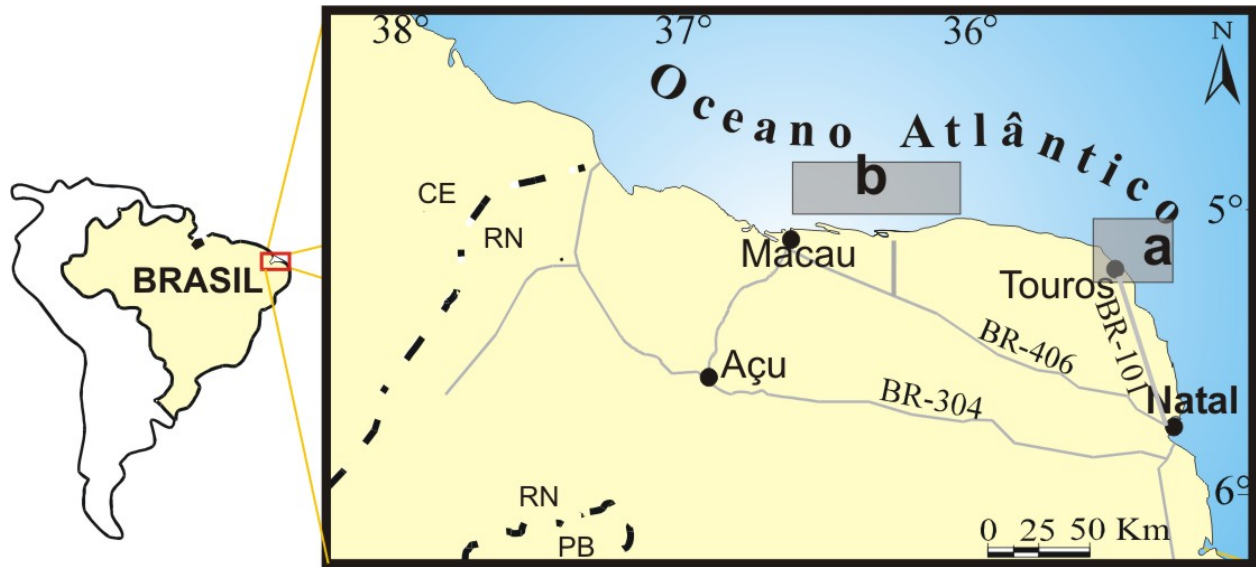


Figura 1.01 - Mapa de localização da área estudada. a) área a no setor oriental, b) área b no setor setentrional.

## 1.4 – ASPECTOS GEOAMBIENTAIS

### 1.4.1 – Clima

A região de Touros, no litoral oriental (área a, Fig.02) está sob o regime climático tipo Af, “tropical úmido” segundo Köppen, com precipitação pluviométrica anual em torno de 1 500 mm por ano, com temperatura mínima em torno de 20 ° C, média 27 ° C e máxima de 32 ° C; com direção de ventos predominantes de sudeste (Nimer, 1989).

Já a região de Macau, no litoral setentrional (área b, Fig.02), está sujeita à influência climática que domina na porção setentrional do estado nas regiões contíguas continentais e costeiras. Clima Bsw’h, “semi-árido moderado” segundo a classificação de Köppen, com precipitação pluviométrica compatível com um regime tropical de zona equatorial. Temperatura mínima na primavera, e máxima no outono. Médias mensais oscilando de 26° a 27 ° C, máxima absoluta de 38° C (Nimer, 1989).

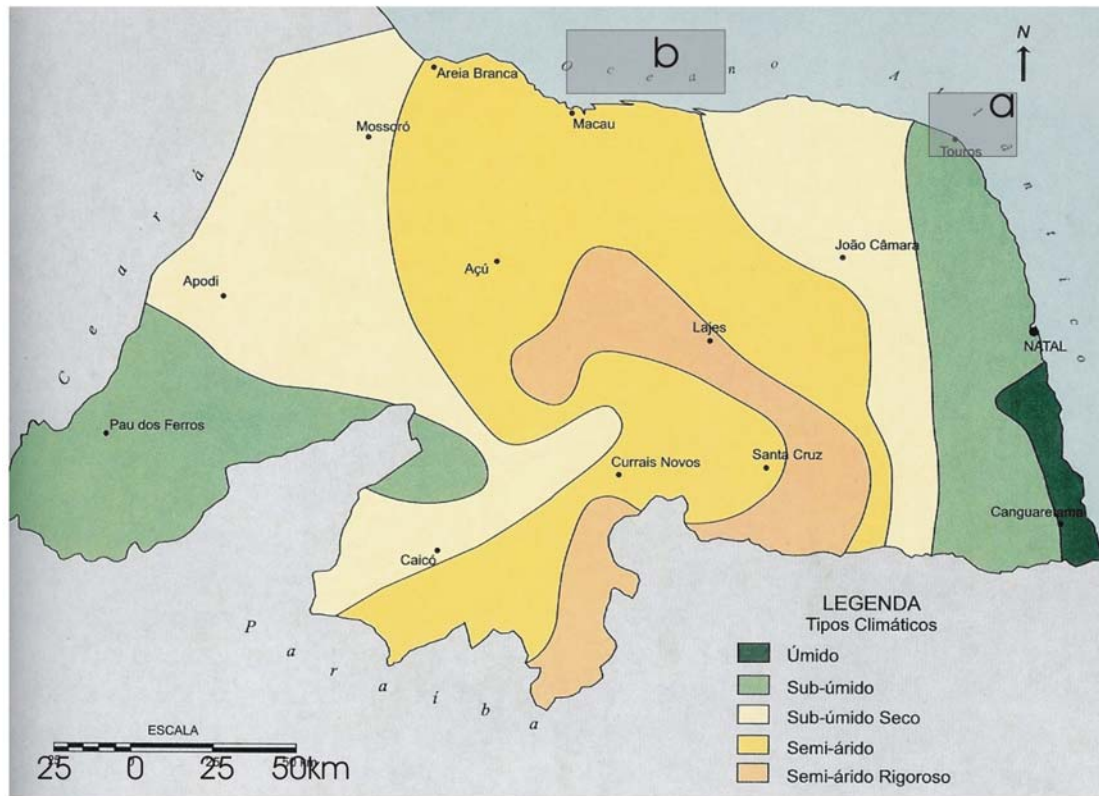


Figura 1.02 – Mapa de tipos climáticos do Rio Grande do Norte (Atlas do RN).

### 1.4.2 – Sócio-economia

De modo geral, a presença de recifes no setor oriental (área a) viabilizou o estabelecimento de um conjunto de instalações e equipamentos empresariais. Atualmente constitui-se em Área de Proteção Ambiental – APA dos Recifes de Corais, criada pelo Governo do Estado do Rio Grande do Norte, através do Decreto no. 15.476, de 6 de junho de 2001. O setor setentrional é marcado principalmente pela extração de petróleo, atividade salineira e pesca.

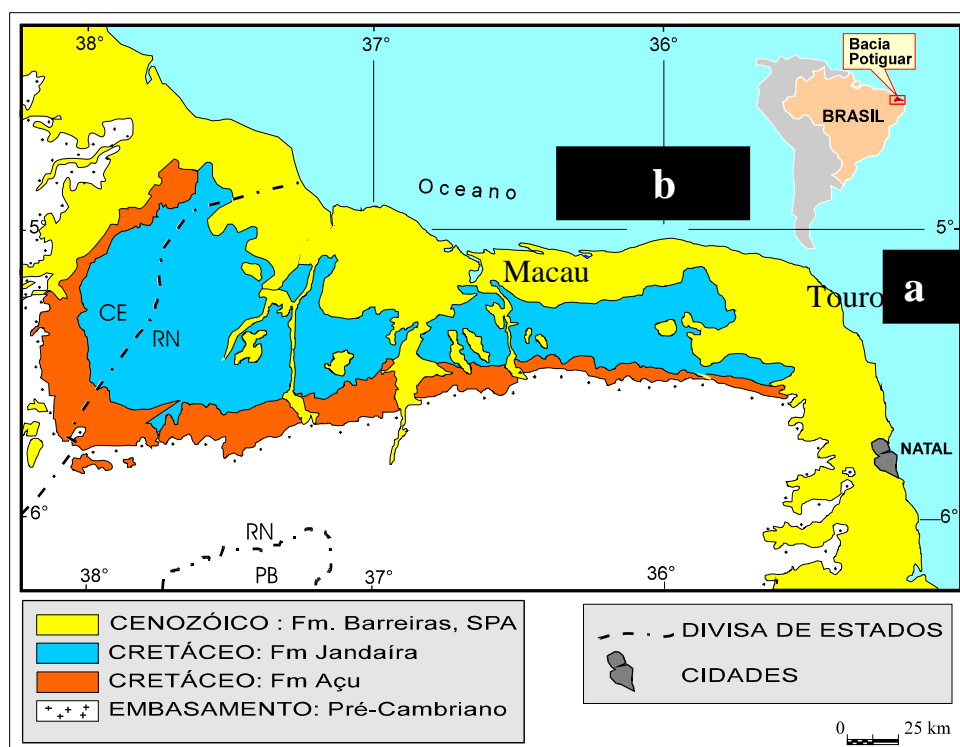
Outras atividades de menor porte, relacionadas com a exploração de calcários, areias, argilas, diatomita, e larviculturas, extração de conchas e corais para comercialização de souvenirs, submetem a área a impactos diretos e indiretos, cujos efeitos se fazem sentir visivelmente através de drásticas alterações ambientais na região ou através de monitoramento. O turismo é também uma atividade econômica em expansão nessas áreas.

As condições geoambientais (clima, relevo, hidrografia, salinidade, recursos naturais) condicionaram em vários aspectos, o processo de colonização e ocupação humana da região.

Várias dessas condições são apontadas como adequadas para o estabelecimento de empresas como as mencionadas anteriormente, e cujo retorno exige cuidados voltados a algumas conseqüências já bem conhecidas, que afetam as condições sócio-econômicas das comunidades, tais como alterações na qualidade e produtividade do pescado na região, mudanças na composição da fauna e flora, alterações do relevo com modificações na direção dos fluxos das vertentes, barramento do fluxo dos rios e mudanças nas variações de salinidade, alterações dos hábitos e condições de subsistência dos habitantes locais.

### 1.4.3 - Geologia

Geologicamente, encontra-se situada no contexto geológico da Bacia Potiguar (Fig. 1.03), extremo Nordeste do Brasil. Esta bacia abrange uma área de 48.000 km<sup>2</sup>, sendo 21.500 km<sup>2</sup> em terra e 26.500 km<sup>2</sup> até a isóbata de -2000 m, estando implantada na Província Borborema, Almeida *et al.* (1977). À semelhança de outras, como as bacias do Recôncavo, Tucano e Jatobá, Rio do Peixe e Sergipe-Alagoas, a Bacia Potiguar faz parte do Sistema de Rifte do Nordeste Brasileiro (Matos, 1992).



**Figura 1.03: Mapa geológico simplificado da Bacia Potiguar (RN) com localização da área mapeada em preto. SPA = sedimentos de praia, dunas e aluvião)**

A partir dos estudos de diversos autores (Bertani *et al.*, 1987; Cremonini *et al.*, 1996; entre outros), pode ser traçada uma configuração geométrica da estrutura da bacia, a qual seria constituída por um conjunto de *graben's* assimétricos (Apodi, Umbuzeiro, Guamaré e Boa Vista) de direção NE, levemente oblíquos aos principais lineamentos do embasamento cristalino a sul da bacia (Fig. 1.04). Altos do embasamento separam os principais *graben's* da bacia. Esses altos consistem de cristas alongadas formadas por gnaisses, migmatitos ou xistos, soerguidos por falhas normais (Macau, Serra do Carmo e Quixaba). A Bacia Potiguar está limitada a oeste, com a Bacia do Ceará, pelo Alto de Fortaleza, e a leste, com a Bacia Pernambuco-Paraíba, pelo Alto de Touros (Araripe & Feijó, 1994). Ao sul, o limite é constituído pela discordância com o embasamento cristalino, enquanto a norte e leste, pela cota batimétrica de -2000 m.

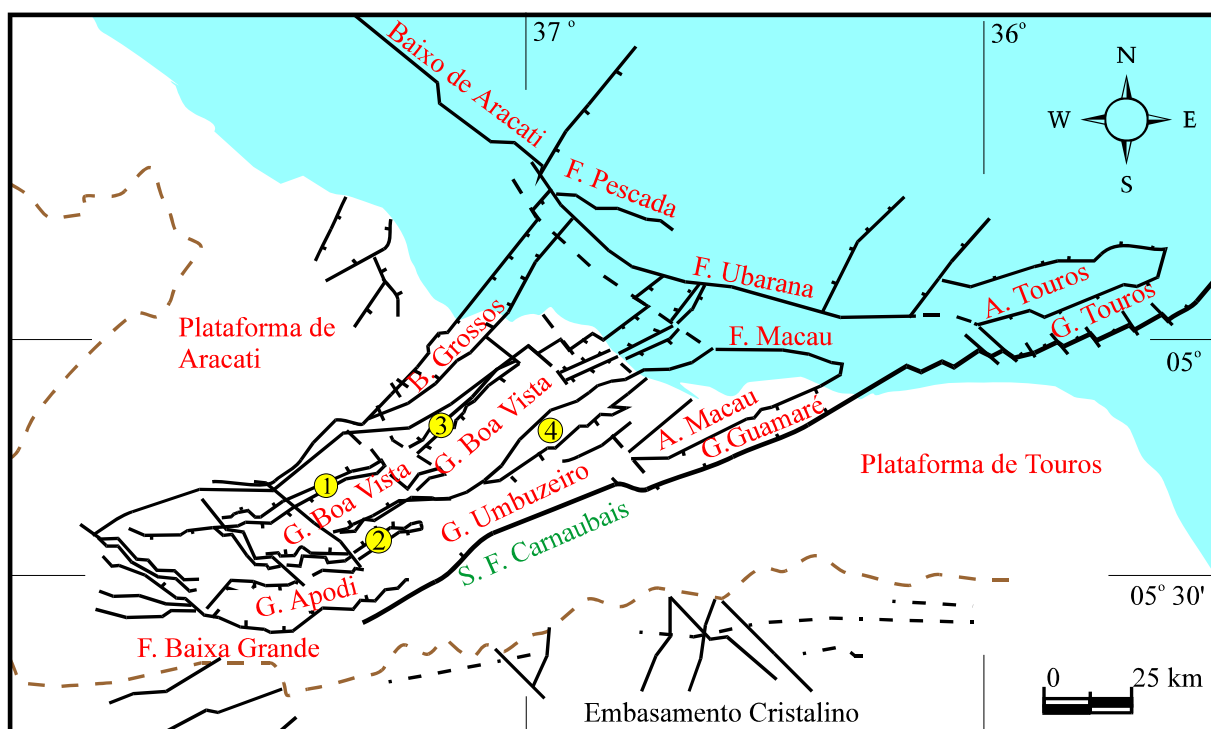


Figura 1.04: Arcabouço estrutural da Bacia Potiguar (RN). (1) Alto de Canudos, (2) Alto de Quixaba, (3) Alto de Mossoró e (4) Alto de Serra do Carmo. Na figura, A corresponde Alto, B Baixo, G a *Graben* e F a Falha. Modificado de Bertani *et al.* (1990).

### 1.4.3.1 Evolução tectônica

A Bacia Potiguar está situada no limite entre as margens leste e equatorial brasileiras, estando a sua origem diretamente ligada à evolução destes dois segmentos da Placa sul-americana.

A história tectônica da Bacia teve início no Neocomiano e pode ser dividida em três fase distintas de acordo com Bertani *et al.*(1990): rifte, transicional e deriva continental. O preenchimento sedimentar da bacia durante cada uma destas fases tectônicas foi caracterizado, respectivamente, pela deposição das megasseqüências continental, transicional e marinha (Chang e Kowsmann,1987; Chang *et al.*, 1992). Um resumo da evolução tectônica é apresentado abaixo, de acordo com Pessoa Neto (2003).

*FASE RIFTE (NEOCOMIANO-EOAPTIANO)*- Caracteriza-se por um regime tectônico rúptil distensivo, com afinamento crustal e formação de grabens assimétricos controlados por grandes falhas normais e de transferência (Matos 1987, 1992). Ao longo destes grabens implantou-se uma sedimentação continental constituída de folhelhos lacustres, arenitos flúvio-deltaicos e depósitos de planície aluvial/planície de inundação. O preenchimento da bacia durante esta fase é representado pela megasseqüência continental, constituída pelos depósitos das formações Pendência e Pescada.

Essa fase é síncrona em várias bacias do nordeste brasileiro, como demonstrado por Matos (1987, 1992), sendo caracterizada por um regime tectônico com altas taxas de subsidência e extensão litosférica (Chang & Kowsmann 1987, Chang *et al* 1992). Na porção emersa da bacia, esta megasseqüência divide-se em quatro seqüências deposicionais de 3ª ordem (Della Fávera *et al.* 1994).

*FASE TRANSICIONAL (NEOAPTIANO – EOALBIANO)* - Caracterizada por subsidência termal devida ao início do processo de resfriamento da litosfera previamente distendida e aquecida na fase rifte. Depositaram-se nesta fase os folhelhos e calcários lagunares, com influência marinha, intercalados por arenitos deltaicos, que caracterizam a megasseqüência

transicional representada pelos sedimentos da Formação Alagamar. A seção superior desta unidade representa a primeira entrada marinha na Bacia Potiguar, registrada nos calcilutitos algálicos e ostracoidais das Camadas Ponta do Tubarão (CPT) (Vasconcelos 1995).

*FASE DE DERIVA (ALBIANO – HOLOCENO)* - Corresponde à fase de deriva continental, caracterizada por uma sedimentação marinha franca. O regime tectônico controlador desta fase é o de subsidência termal e compensação isostática (Chang & Kowsmann 1987, Chang *et al.* 1992), típico do contexto de margem passiva. O preenchimento sedimentar da bacia durante a deriva pode ser dividido em duas fases: transgressiva e regressiva.

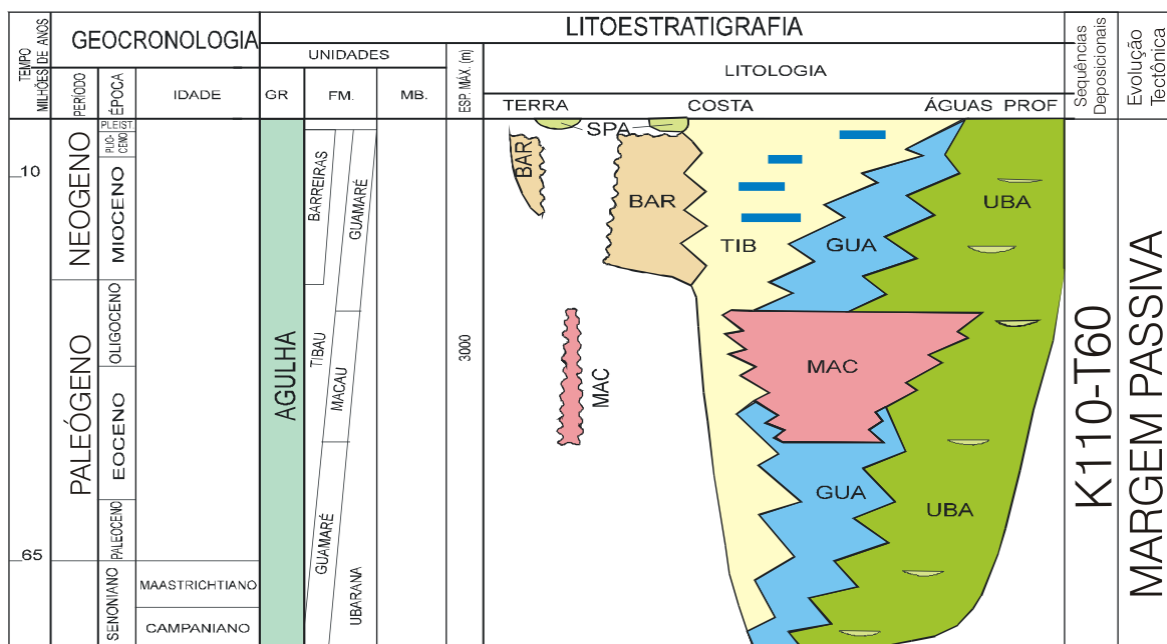
A fase transgressiva, que se estende do Albiano ao Eocampaniano, é representada por sistemas fluviais, costeiros, plataformais, até marinho profundo. A fase regressiva é representada por sistemas deposicionais costeiros-plataforma-talude-bacia, instalados a partir do Neocampaniano, estendendo-se até o Holoceno.

A megasseqüência marinha que corresponde ao preenchimento sedimentar desta fase compreende a maior parte da sedimentação ocorrida durante a fase de subsidência térmica plena da bacia, podendo ser dividida em dois conjuntos de seqüências de 2ª ordem: transgressivas e regressivas.

As seqüências transgressivas são caracterizadas por uma sedimentação de sistemas fluviais a de ambiente marinho profundo, passando por sistemas carbonáticos de plataforma, implantados entre o Albiano e o Eocampaniano. Estas seqüências englobam rochas das formações Açú, Ponta do Mel, Jandaíra e Quebradas cujo máximo transgressivo correspondente aos folhelhos neocenomanianos conhecidos como Membro Porto do Mangue, da Formação Quebradas. As seqüências regressivas consistem de sistemas de leques costeiros e bancos carbonáticos progradantes atuantes na bacia a partir do Neocampaniano e que se estendem até os dias atuais. Individualizam-se pelo menos três seqüências neste intervalo, limitadas por discordâncias bem marcadas em seções sísmicas, quebras nos perfis elétricos e discontinuidades bioestratigráficas em poços. A seqüência mais antiga, de idade Neocampaniano-Neopaleoceno,

preserva ainda delgadas relíquias de uma plataforma carbonática e principalmente fácies de talude e bacia. Uma seqüência intermediária, de idade Neopaleoceno-Eomioceno, está representada em quase toda a bacia por uma cunha sedimentar, também composta de resquícios de plataforma carbonática, fácies de talude e bacia oceânica. Essa seqüência é limitada no topo por outro importante evento erosivo, datado como eomiocênico e denominado DMI por Pessoa Neto (2003). A partir deste evento DMI instala-se a última seqüência regressiva, que apresenta um grande deslocamento de fácies em direção à bacia oceânica, marcado pela implantação de carbonatos de plataforma rasa discordantemente sobre fácies de talude das seqüências pretéritas. Esta megasseqüência é reconhecida em quase todas as bacias da margem continental brasileira, cujos principais eventos erosivos são correlacionáveis em escala regional.

O preenchimento sedimentar da Bacia Potiguar está expresso na coluna estratigráfica adotada por Pessoa Neto (2003), modificada de Araripe & Feijó (1994) e Soares *et al.* (1999), a partir das unidades originalmente definidas por Souza (1982). As unidades litoestratigráficas enfocadas são as formações Tibau, Guamaré e Ubarana (Fig. 1.05). As rochas correspondentes a estas unidades litoestratigráficas compõem um trato deposicional costeiro-plataforma-talude.



**Figura 1.05 - Coluna Estratigráfica da Bacia Potiguar, Grupo Agulha. Grupo estudado (adaptado de Araripe e Feijó, 1994 por Pessoa Neto 1999).**

#### 1.4.4 – Parâmetros Oceanográficos

De modo geral, as áreas estão submetidas a águas mornas. Temperatura do mar em superfície oscila entre as médias de 26,5 no inverno a 28,5 no verão, com salinidade média de 36 (Testa e Bosence, 1999). Encontram-se sob a influência da corrente Brasil Norte, originária da Corrente Sul Equatorial. A Corrente Norte Brasileira flui aproximadamente paralela a quebra da plataforma, alcançando velocidades da ordem de 30-40 cm.s<sup>-1</sup>, sobreposta por componentes de ondas e marés (Knoppers et al., 1999).

Correntes de deriva litorânea fluem de sul para norte no litoral oriental e de leste para oeste no litoral setentrional do Rio Grande do Norte. O regime de marés é de mesomaré semi-diurnas, com oscilação extrema de 3,8m. Altura média das ondas estimadas entre 1 e 1,5 m a uma profundidade de 16m (Testa e Bosence, 1999).

#### 1.4.5 Ventos

Os ventos predominantes são oriundos de sudeste e leste no litoral oriental e de nordeste e leste no setentrional, com velocidade mínima em média de 3,6 m/s em abril, atingindo o máximo em agosto com 6,8m/s.

A característica dos ventos na região Nordeste do Brasil é marcada pela presença de um forte ciclo sazonal definido por um período anual. Os ventos são controlados pelo movimento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que se desloca de Norte para Sul de acordo com as mudanças das estações.

---

*A ZCIT corresponde a uma grande região onde confluem os ventos alísios de Nordeste e Sudeste, caracterizada por uma intensa nebulosidade e baixa pressão atmosférica Normalmente, a ZCIT migra*



*sazonalmente de sua posição mais ao Norte, no atlântico, para posição mais ao Sul, durante o verão austral. Os ventos alísios de Sudeste são mais intensos quando a ZCIT encontra-se ao Norte (agosto a outubro), diminuindo progressivamente com sua migração em direção ao Equador, para alcançar os mínimos valores anuais durante os meses de março e abril, quando os ventos de Sudeste são mais fracos. O movimento para o Norte da ZCIT e a intensificação dos ventos de Sudeste que se inicia em maio, apresenta fortes efeitos no oceano, como as variações no padrão da circulação oceânica, variações do nível do mar e o aumento da velocidade das correntes costeiras (Philander & Pacanowski, 1986; Servain & Legler, 1986; Molinari & Johns, 1994).*

## MÉTODOS

### 2.1 – Levantamento Bibliográfico e Confecção de Base Cartográfica

*A metodologia utilizada constou inicialmente de levantamento de dados sobre a área selecionada para estudo, e pertinentes a outras áreas similares, nacionais ou internacionais, tais como estudo de cartas geográficas náuticas e imagens de sensoriamento remoto, das áreas de estudo, bem como indicativos para escolha das estações de mergulho para realização de videotransectos.*

*A fase bibliográfica foi seguida de elaboração de mapa base de ocorrências de construções carbonáticas, e em especial de recifes na plataforma do Rio Grande do Norte, através de imagens de satélite e dados batimétricos.*

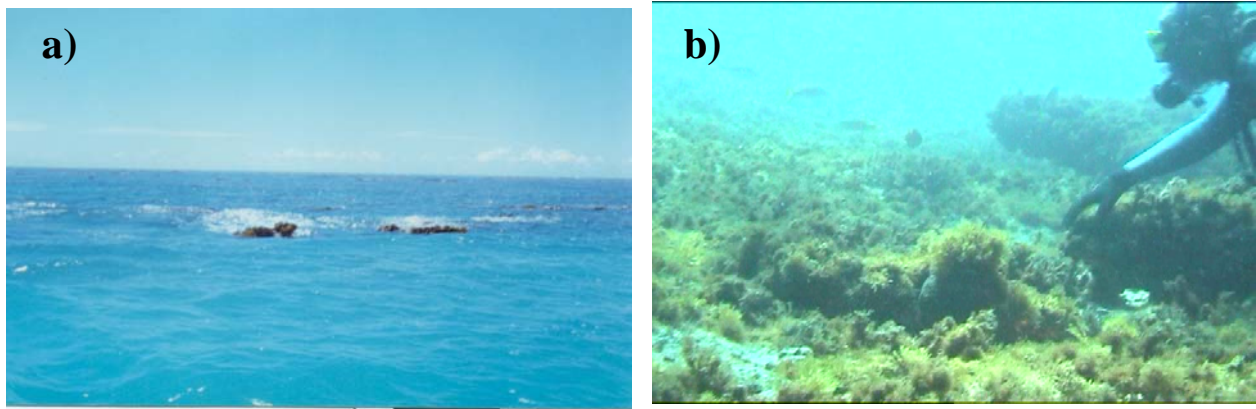
*As imagens digitais do Landsat 5-TM de 02 de agosto 1998 (condições de maré de baixamar) e Landsat 7-ETM+ de 12 de junho 2000 (condições de maré de baixamar), foram utilizadas nas bandas do visível-infravermelho (bandas multiespectrais de 1-5 e 7). O software ER-Mapper v. 6.2 foi empregado para o processamento digital de imagens e o software ArcView para integração e elaboração dos mapas temáticos. O processamento envolveu o georreferenciamento e o registro das imagens digitais, o cálculo da estatística das imagens, a*

*integração das multibandas por meio das composições coloridas RGB (Sistema de Cores Red-Green-Blue) e RGBI (Sistema de Cores Red-Green-Blue-Intensity), imagens resultantes de razões de bandas, além da utilização de processos de filtragem e análise das principais componentes (PCs).*

Foram definidas as estações na Urca do Minhoto, e o complexo de recifes de Maracajaú e Rio do Fogo, para coleta de dados em campo.

## **2.2 – Atividades de Campo**

A partir do mapa base gerado, foi realizado mergulho autônomo para reconhecimento e comprovação das feições mapeadas por satélite e para filmagem do fundo marinho (Fig. 2.01). Foram realizados mergulhos em duas estações na Região de Touros (Rio do Fogo e Maracajaú). Em cada uma delas foram realizados levantamentos de Videotransectos. No litoral setentrional, as construções foram investigadas em duas estações de mergulho. Nestas estações, foram coletadas amostras superficiais da construção carbonática e realizadas a suas descrições petrográficas. Coleta de sedimentos superficiais com draga pontual tipo *van-veen* e dados batimétrico foram necessários para calibração das feições observadas. A base de dados batimétricos utilizada foi a de Vital e Frazão (2006) cujo levantamento foi realizado com ecobatímetro de precisão (resolução de 0,01 m) através de perfis transversais a costa a cada 1 km.



**Figura 2.01** – a) Vista de recifes expostos na maré baixa. b) mergulho para reconhecimento das feições submersas.

Os videotranssectos foram realizados de acordo com a metodologia descrita por Dutra e Kikuchi (2004). Para a filmagem submarina foi usada uma câmara de vídeo digital Sony® MINI DV, modelo DCR-PC 115 dentro de uma caixa estanque CHROMA®, desenvolvida especificamente para este modelo de câmara de vídeo. Um dispositivo de fixação regulável na parte inferior da caixa estanque permite simultaneamente o acoplamento e ajuste de uma régua de alumínio que serve de referência (bitola) padrão para que a câmara deslize sobre a cena de gravação a uma distância constante de 40 cm em relação ao substrato, durante a gravação dos transectos. Esta haste evita ainda problemas de distorção no tamanho dos organismos registrados, definindo uma área do quadro de filmagem de 0,04 m<sup>2</sup>.



**Figura 2.02** - Câmera de vídeo digital Sony® MINI DV, modelo DCR-PC 115 dentro de uma caixa

estanque CHROMA®,

Os protocolos de amostragem para vídeo transecto envolveram a obtenção de imagens ao longo de faixas de 20 e 10 m de comprimento por 0,2 m de largura. Dessa forma, cada quadro da cena de gravação abrange uma área de 0,04 m<sup>2</sup>. Uma linha graduada, ao modo de uma trena serve de guia para o deslocamento da câmera durante a gravação de imagens, bem como guia para a extensão do transecto. Os transectos foram aleatoriamente localizados dentro do habitat de interesse onde um mergulhador, operando a câmera, nada devagar, a uma velocidade constante de 3 m/min (que se mostrou a melhor velocidade para reproduzir uma imagem de boa qualidade), com a câmera posicionada perpendicularmente ao substrato. Desta forma é possível produzir imagens que ao serem congeladas resultaram numa ótima resolução para as análises no laboratório.

A aplicação dessa metodologia foi realizada em áreas do litoral oriental (área A) - nos recifes de Maracajau e Rio do Fogo, onde foram estabelecidas duas estações: Estação 1 – Maracajau, Estação 2 – Rio do Fogo, e outra área no litoral setentrional (Área B), onde também foram estabelecidas duas estações: Estação 1 – Urca do Minhoto 1, Estação 2 – Urca do Minhoto 2, conforme coordenadas abaixo.

Na área A – litoral oriental:

**Estação 1** – Maracajau, ao sul do recife, - S 5 ° 23' 29,6''; O 35 ° 15' 10,1''; Datum SAD 69, na área de atuação da Empresa Maracajau Dive, que ali mantém flutuantes fundeados como apoio à prática de mergulho recreativo. O local foi escolhido por ser considerado o de melhor visibilidade durante todo o ano .

Para esta estação foram realizados 12 (doze) transectos com extensão de 10 m.

**Estação 2** – Rio do Fogo, a noroeste, nas proximidades do Farol Teresa Pança, - S 5 ° 13' 36,1'' e O 35 ° 20' 48,6'' Datum SAD 69. nesse setor foram realizados 6 (seis) transectos de 20 m.

Na área B, litoral setentrional, foram estabelecidas duas estações: Urca do Minhoto - **Estação 1 a** - (1º. dia): S 4 ° 52' 39.1" e O 36 ° 13' 57,4" - SAD 69; **Estação 1b** - ( 3º. dia) S 4 ° 52' 39.5" e O 36 ° 13' 56,2" - SAD 69; e Urca do Minhoto - **Estação 2** – (2º. Dia) S 4 ° 52' 55,5" e O 36 ° 12' 36.2" – SAD 69, aproximadamente 3 Km, a leste. Essas duas estações têm como referência a porção aflorante do arenito, especialmente durante a baixa-mar.

Nessas estações apenas foram gravadas imagens sem a aplicação da metodologia dos transectos, posto que os mergulhos preliminares nessas áreas revelassem a ausência de corais nessas estações.

Foram coletadas manualmente amostras de sedimento de fundo e retiradas amostras da rocha constituinte da estrutura nas duas estações para análise posterior em laboratório (Fig.2.03).

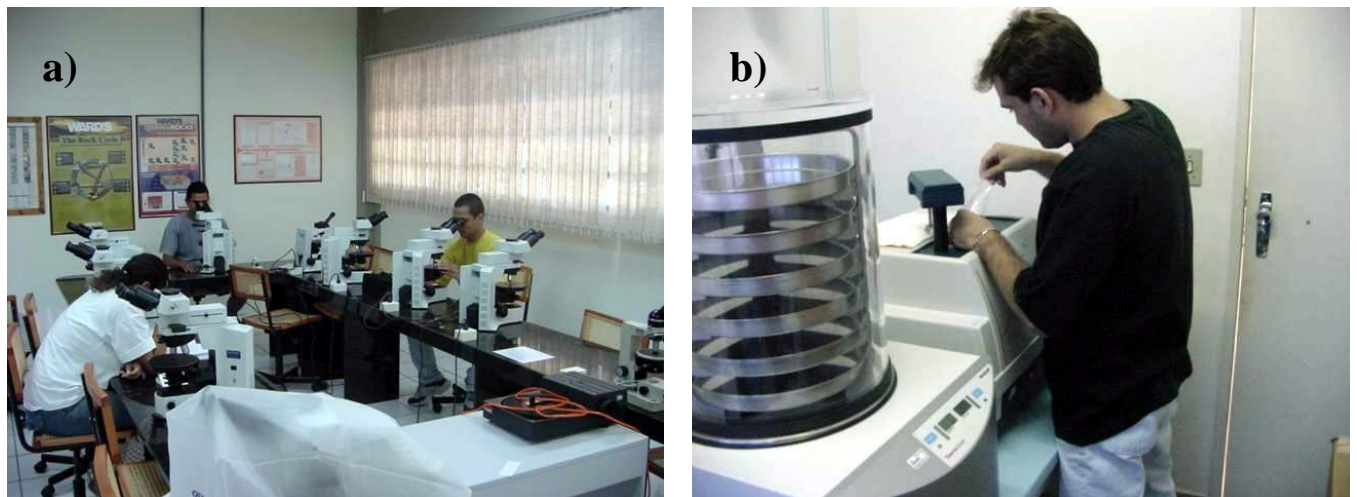


**Figura 2.03** – Coleta de sedimento superficial do fundo próximo a Urca do Minhoto..

### 2.3 – Atividades de Laboratório

As amostras de arenito provenientes das estações da Urca do Minhoto foram levadas ao laboratório de laminação para confecção de seções delgadas, que posteriormente foram descritas e fotografadas através de microscópio petrográfico (Fig.2.04a), levando-se em consideração a constituição, granulometria, selecionamento, arredondamento e esfericidade, contato entre grãos, empacotamento, maturidade mineralógica e textural e classificação da rocha.

As amostras de sedimento foram levadas ao laboratório de sedimentologia para análises granulométricas por peneiramento e/ou analisador de partículas a laser (Fig.2.04b), análise da composição através de lupa binocular, quantificação do teor de carbonato e matéria orgânica, através do ataque com ácido clorídrico (HCl) e peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) respectivamente.



**Figura 2.04** – a) Análise em microscópio petrográfico e b) análise granulométrica a laser.

## 2.4 – Atividades de Gabinete

Seguindo ainda a metodologia descrita por Dutra e Kikuchi (2003), as imagens gravadas em vídeo foram transferidas para o disco rígido do computador através do programa MGI VideoWave III®, onde é gerado um clipe em formato avi. e gravada em CD-DVD.

A quantificação de dados foi obtida mediante a realização de amostragens, aplicando uma transparência com quadrícula com 100 pontos sobre o monitor em tela cheia. As imagens do transectos são congeladas formando uma seqüência de quadros que justapostos sucessivamente cobrirão ininterruptamente toda extensão do transecto. Para cada quadro dez pontos são

sorteados como amostragem e para cada ponto sorteado é feita à identificação taxonômica dos organismos situados sob sua localização, com o objetivo de quantificar a frequência de cada categoria preestabelecida nas planilhas de levantamento são identificadas taxonomicamente as ocorrências correspondentes e contabilizados.

Com o objetivo de agilizar esse levantamento o sorteio foi realizado previamente e registrado em planilhas elaboradas para esta finalidade. Essas planilhas são identificadas de acordo com o transecto e registram os dez pontos sorteados para cada imagem de acordo com sua respectiva numeração (ordem seqüencial) no transecto. Para cada quadro são anotados os dez pontos sorteados de acordo com a numeração do quadro e da planilha. Esse procedimento garante revisões posteriores se necessário.

Para registro de dados e composição de planilha, seguiu-se o modelo usado e fornecido pelo Departamento de Geologia do Centro de Pesquisas em Geofísica e Geologia do Instituto de Geociências – UFBA. As categorias para levantamento de incidências na análise dos transectos foram adequadas e definidas (especialmente do ponto de vista da estrutura geomórfica bioconstruída) com base nas ocorrências de estruturas e táxons constatados durante os mergulhos. Após algumas análises das imagens gravadas em vídeo as categorias foram selecionadas com base em: informações constantes em bibliografias; condições permitidas pelas imagens; facilidade (praticidade) de identificação em campo (ou imagem) através de contato visual; relevância quanto ao balanço no processo de edificação; cobertura (orgânica e não orgânica) e relevo.

## **CAPÍTULO 3 – MAPEAMENTO DAS CONSTRUÇÕES CARBONÁTICAS**

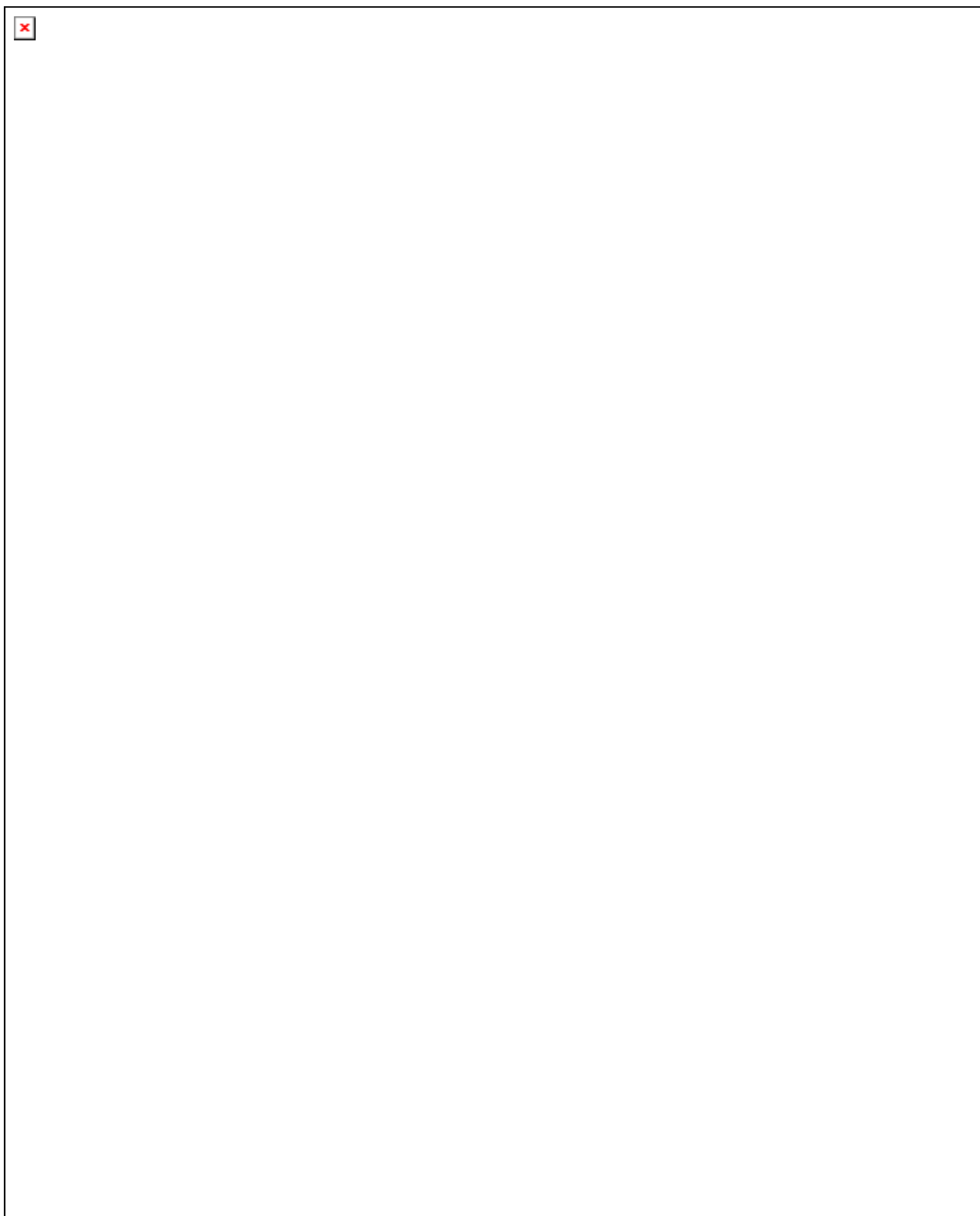
### **3.1 – Produtos de Sensoriamento Remoto**

Os produtos imagens orbitais utilizados neste trabalho correspondem a imagens multiespectrais nas bandas do visível ao infravermelho, obtidas pelos satélites LANDSAT 5 TM (1998) e LANDSAT 7 ETM + (2000). Para que estes produtos obtivessem a devida precisão foi efetuado inicialmente o seu georreferenciamento baseado em cartas topográficas da SUDENE (SB-24-X-B-IV e SB-24-X-D-I), em escala de 1:100.000. Após o georreferenciamento, as imagens foram submetidas ao processo de elaboração e seleção dos tripletes coloridos, os quais consistem na associação de três bandas espectrais, ou da combinação de três razões de bandas, cada uma inserida num canal de cor, dentro do sistema RGB (Red, Green e Blue). Este processo resulta numa visualização de falsas cores, realçando unidades de paisagem na imagem multiespectral anteriormente não vistas pelo olho humano. A aplicação de razões de bandas é importante na supressão das variações de brilho relacionadas a efeitos topográficos, reduzindo os efeitos do zênite solar, e às variações dos tamanhos dos grãos, enfatizando tênues diferenças espectrais superficiais (Amaro 1998).

O mapa apresentado na Figura 3.01, obtido a partir da integração do processamento das imagens de satélite e estudos *in situ*, mostra a distribuição dos recifes e construções carbonáticas inorgânicas presentes na área estudada.

Os resultados obtidos mostram que as feições predominantes na plataforma interna da região de Touros (recifes de Sioba, Cação, Rio do Fogo e Maracajau), litoral oriental (Figs. 1.01a e 3.01a), estão representadas por um complexo de recifes. Laborel (1967, 1969) descreve-os como grupo de recifes de forma oval, localizados a alguns quilômetros para fora da costa, constituindo-se em estruturas simples, formadas em geral por numerosos pináculos num fundo arenoso raso e número reduzido de espécies.

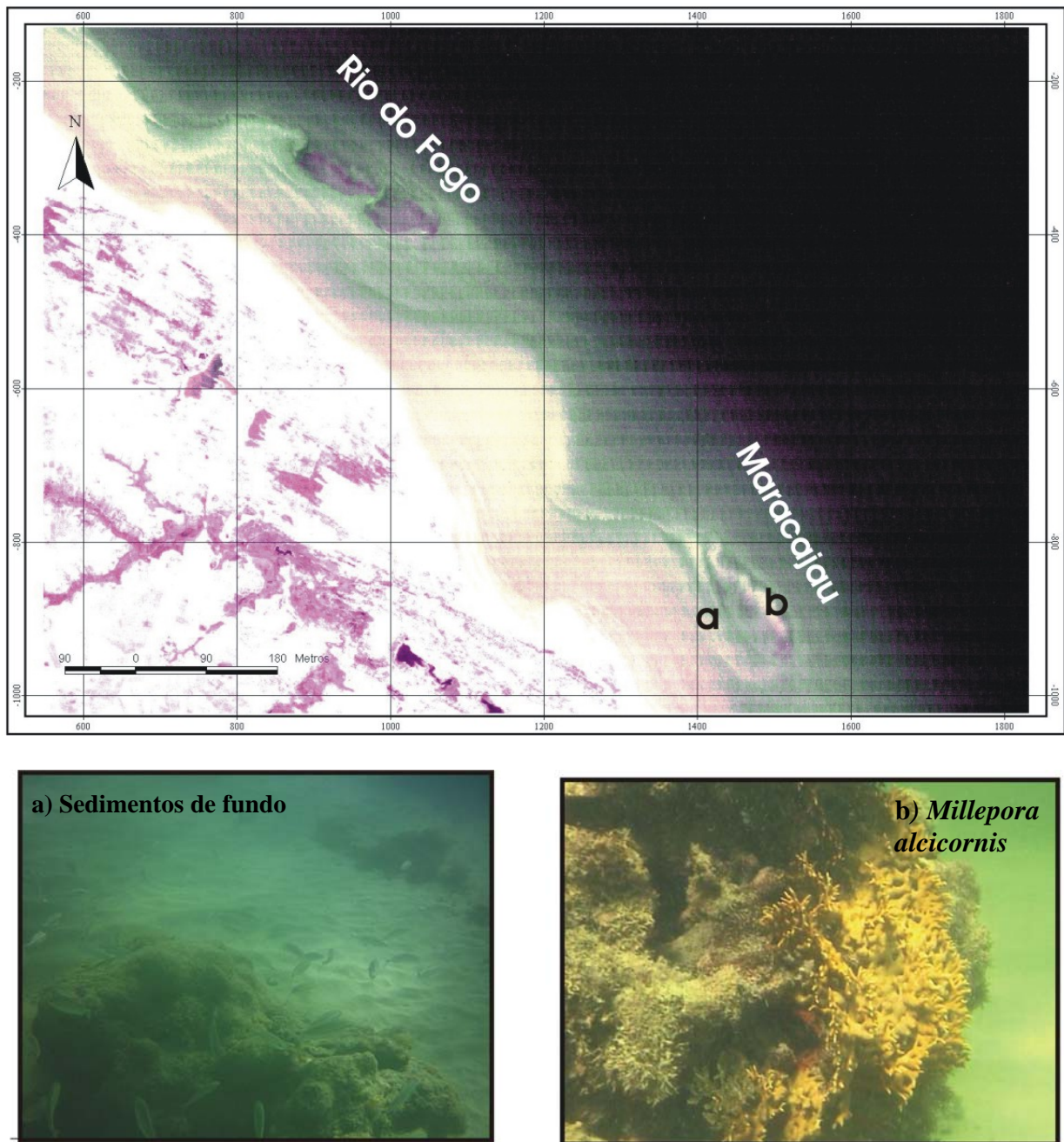




**Figura 3.01:** Mapa das construções carbonáticas, inorgânicas e recifais presentes na região de Touros-RN (a) e entre São Bento e Macau-RN (b). As construções recifais estão destacadas na cor rosa.

*Siderastrea stellata* (Verrill, 1868) é principal coral formador dos recifes nesta região, com 80%, ocorrem no platô destes recifes, enquanto algas calcárias *Melobesiaea* e gastrópodes vermetídeos formam uma crista no lado voltado para o mar, acompanhada por uma zona dominada pelo hidróide calcário *Millepora alcicornis* (Linné, 1758) com a espécie de coral *Mussismilia hartii* (Verrill, 1868) na escarpa da sua parede lateral. Maida e Ferreira (2004) relatam adicionalmente a presença de *Favia gravida* (Verrill, 1886) no platô dos recifes e *Monstastrea cavernosa* em maiores profundidades.

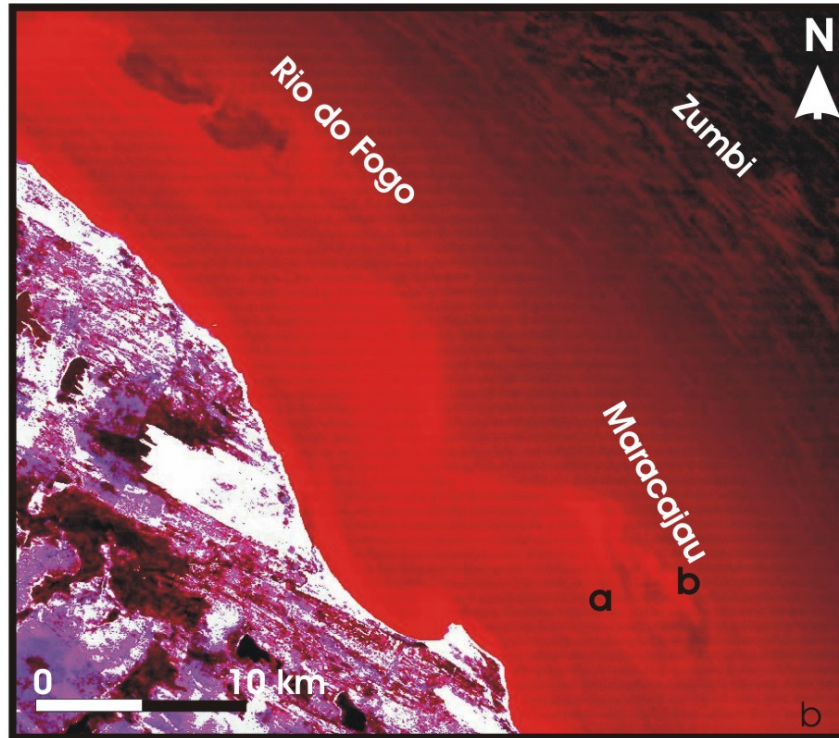
A composição colorida em 4R3G2B foi a que melhor ressaltou os recifes de coral conhecidos como parrachos (Fig. 3.2). Encontram-se a profundidades menores que 10 m e a uma distância de 5 a 7 km da costa. Estes bancos geralmente apresentam orientação NW-SE, paralelos à linha de costa e apresentam-se como conjuntos de cômoros (*knoll*) e de canteiros (*patch reefs*). São parcialmente emersos durante a maré baixa, com extensão variando de 8 a 12 km. De acordo com Amaral (2002), a razão comprimento versus largura destes corpos é de 3/1 a 4/1. Os corais tipo *knoll* tem cerca de 50 cm de altura, enquanto os tipo *patch* podem atingir até 6 m. Estão restritos à zona sub-litoral túrbida definida por Testa (1997) e Testa & Bosence (1998). 3.2 e 3.3).



**Figura 3.02.** Composição colorida em RGB 4-3-2 da Landsat 5-TM de 02 de agosto 1998 (condições de maré de baixamar). Observar sedimentos de fundo (a) e *Millepora alcicornis* (b) nos recifes de Maracajau.

A profundidade em torno de 25 m, na borda da plataforma interna setentrional, observa-se a presença uma faixa de bancos areníticos constituídos predominantemente por quartzo com cimento carbonático (Vianna *et al.*, 1993), apresentando também orientação NW-SE. Estes bancos são melhor visualizados na imagem de satélite com a composição colorida em 3R2G1B (Fig. 3.03), tendo sido correlacionados por Vianna *et al.* (1993) a *beachrocks* análogos aos

observados atualmente nas praias da costa adjacente (Fig.3.04). Testa & Bosence (1998), por sua vez, os denominam de sedimentos litificados, e os descrevem como afloramentos submersos de arenitos cimentados por carbonato, horizontalmente laminados e acamadados; localmente encrustados por algas coralináceas e esponjas, e colonizados por *Halimeda* e outras algas.

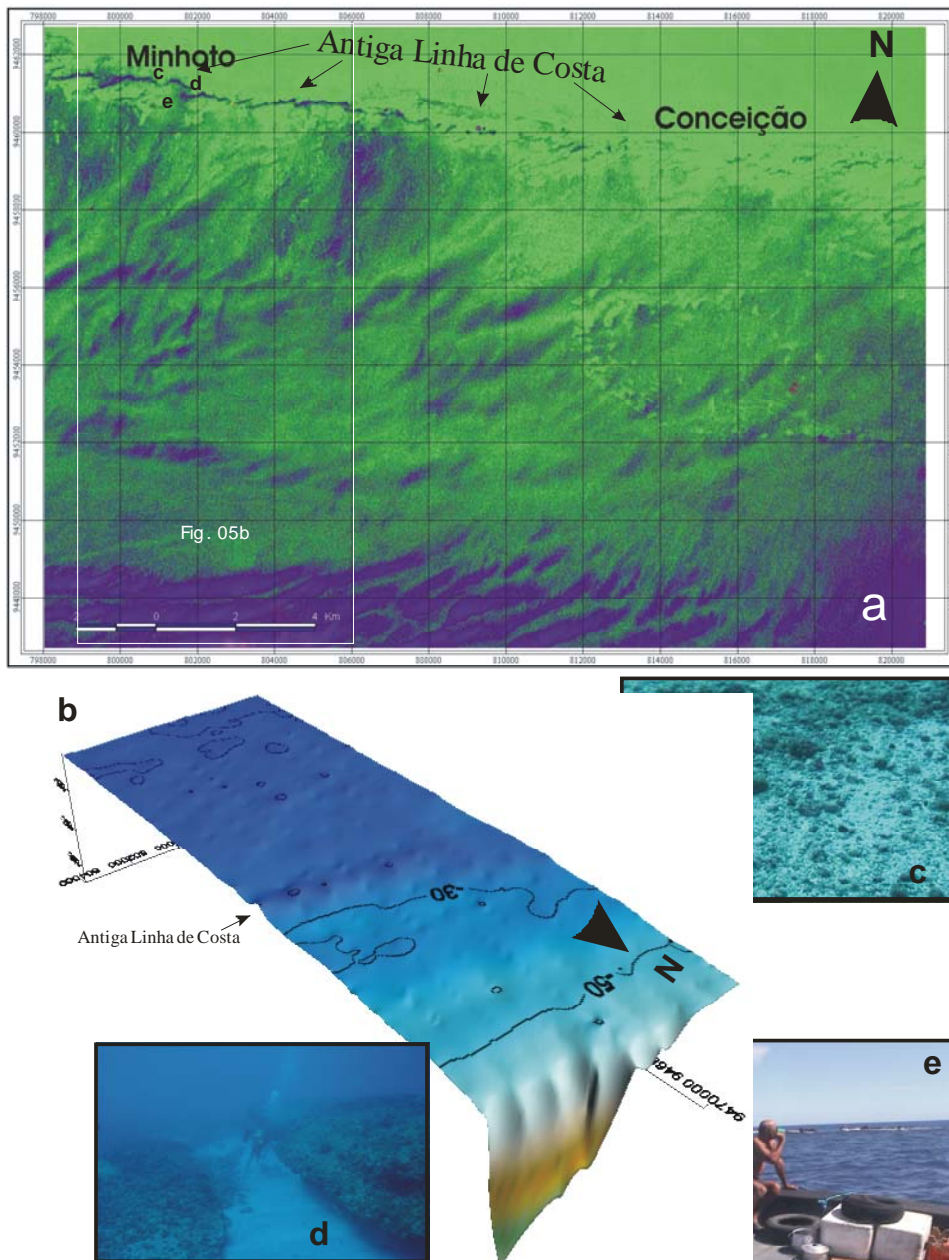


**Figura 3.03** – Composição colorida em RGB 3-2-1 ressaltando os recifes (Maracajau e Rio do Fogo) e os bancos inorgânicos (Zumbi) respectivamente



**Figura 3.04** – Imagem Landsat 5-TM de 1984 ressaltando os bancos inorgânicos (Vianna et al., 1991)

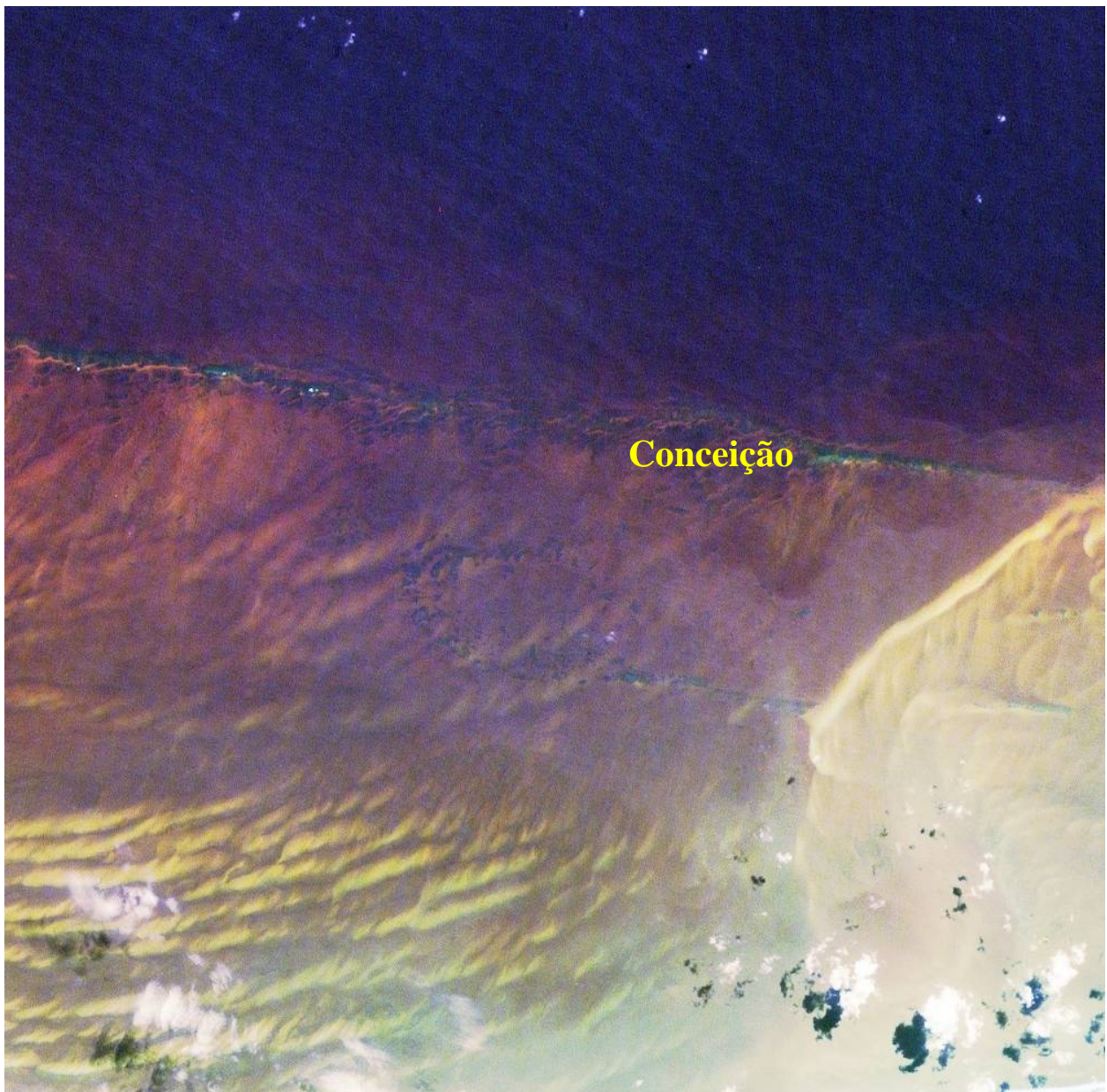
Por outro lado, os recifes mapeados no litoral setentrional (Conceição, Minhoto, Tubarão), de São Bento do Norte a Macau (Fig. 3.01b) são representados principalmente por construções carbonáticas inorgânicas, onde a ocorrência de colônias de corais é inexpressiva (Fig.3.05).



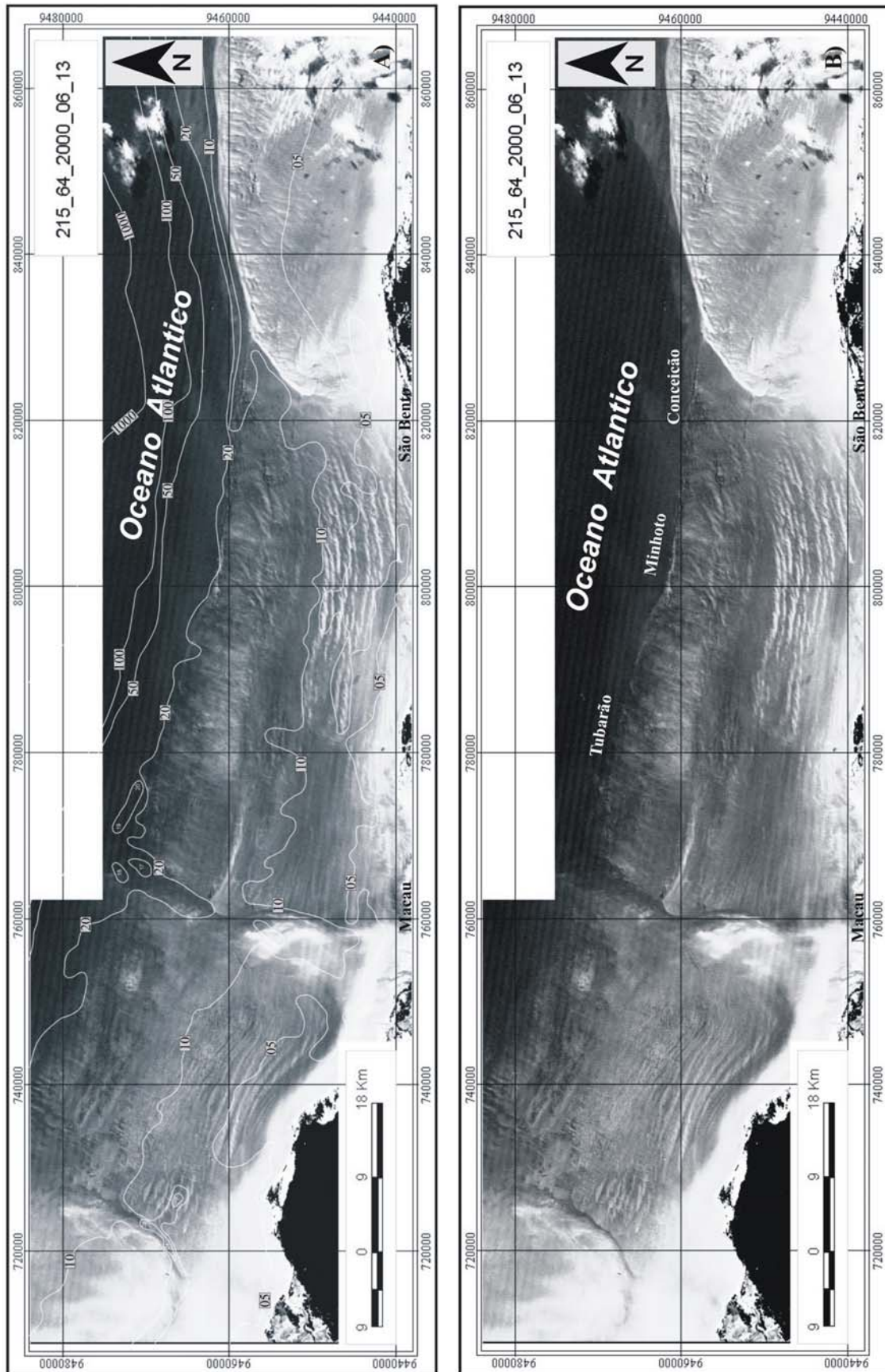
**Figura 3.05** - Banco de arenito do Minhoto-RN. (a) Composição colorida em RGB PC1-PC2-PC3 da Landsat 7-ETM+ de 12 de junho 2000 (condições de maré de baixamar), ressaltando a continuidade dos recifes; (b) modelo da área do Minhoto entre a isóbata de 10 m e a quebra da plataforma; as isóbatas de 10, 30 e 50 m estão plotadas para controle;

(c) Campo de rodólitos na parte plana em torno do banco carbonático; (d) vista da parte interna do banco (Foto: A. Schimansk); (e) visão de partes expostas do banco em marés muito baixas.

Laborel (1969) já chamava atenção que nesta região, populações de coral das espécies brasileiras *Siderastrea stellata* e *Favia gravida* e do hidrocoral *Millepora alcicornis* formam agregados monoespecíficos, esparsos e pouco desenvolvidos. Estas construções são bem ressaltadas na composição colorida em RBG PC1-PC2-PC3 (Fig. 3.05), RBG 123 (Fig. 3.06) e (Fig.3.07).



**Figura 3.06** – Composição colorida em RGB 1-2-3 ressaltando o banco carbonático na região da Urca da Conceição, plataforma continental adjacente a São Bento do Norte (Tabosa 2002).



**Figura 3.07** – Composição preto & branco da Landsat 7 ETM+ de 2000. A) carta batimétrica superposta a imagem e B) imagem mostrando continuidade do banco que engloba as urcas da Conceição, Minhoto e Tubarão (Vital et al. Aceito).



Apresentam forma alongada com orientação predominante aproximadamente E-W, paralelos à linha de costa, parcialmente emersos durante a maré baixa, com extensão da ordem de dezenas de km. Ocorrem na região onde a profundidade máxima da plataforma é de 20 - 30 m (plataforma interna a média, Fig. 3.6). Porém sua base ocorre a partir de profundidades de cerca de 12 – 13 m, projetando-se a partir de uma superfície horizontal recoberta por sedimento arenocascalhoso. Desta forma, são classificados como bancos (quartzo-areníticos cimentados por carbonato de cálcio). Este mapeamento mostrou que os bancos de Conceição, Minhoto e Tubarão (denominados de Urca pelos pescadores e nas cartas náuticas da DHN), na realidade constituem um único banco, representando uma antiga linha de costa (Figs. 3.1b, 3.05, 3.06, 3.07). Outros recifes semelhantes, embora de menor extensão e menor altura, foram mapeados a profundidades em torno de 10 m.

## CAPÍTULO 4 – CARACTERIZAÇÃO DAS CONSTRUÇÕES CARBONÁTICAS MAPEADAS

### 4.1 – Esboço da História Geológica de Organismos Recifais no Rio Grande do Norte

A diversidade de espécies de corais é resultado de sua história geológica e da dinâmica desse ecossistema. A ocorrência das condições necessárias ao seu desenvolvimento é um fenômeno que associa fatores geológicos e biológicos específicos - o fenômeno recifal – conforme referido em algumas bibliografias que tratam sobre o assunto, (e.g Termier e Termier, 1968).

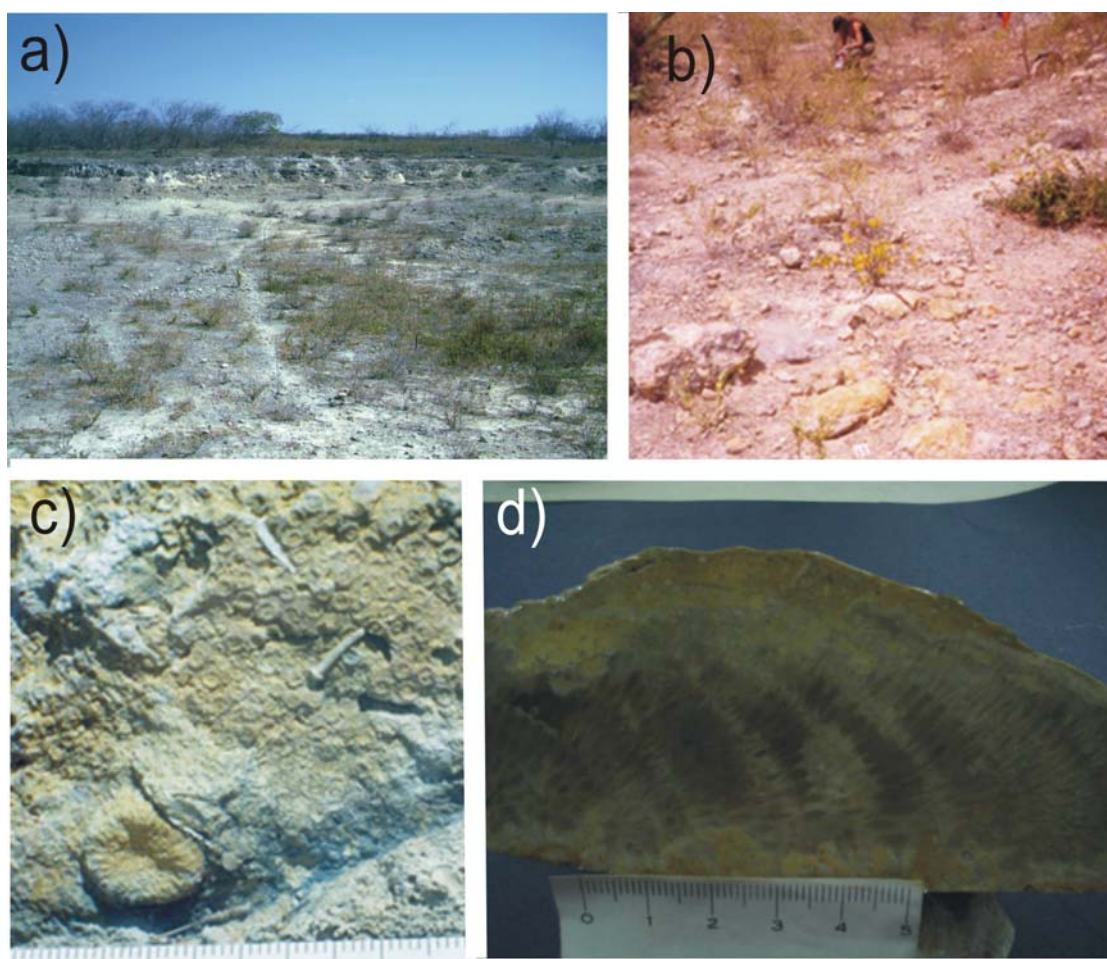
Esse fenômeno tem repetidas ocorrências no registro geológico, embora de forma descontinuada, e com características diferenciadas, especialmente em relação aos principais agentes construtores: Stromatolitos (Pré-Cambriano), Archaeocyata (Cambriano), Stromatoporoides (Devoniano), Briozoários, Cnidários (Triássico ao Quaternário) e Algas coralinas incrustantes (Quaternário).

Os recifes brasileiros têm características próprias, e formam estruturas diferenciadas em relação aos modelos recifes de corais de outras áreas oceânicas (Leão, 2000): i - desenvolvimento assumindo a forma de chapeirões e pináculos; ii - baixa diversidade de corais, rica em espécies endêmicas (seis espécies), e com formas remanescentes do Terciário; iii – o processo de edificação tem expressiva participação de algas coralinas incrustantes; iv – os recifes estão circundados e preenchidos por sedimentos siliciclásticos.

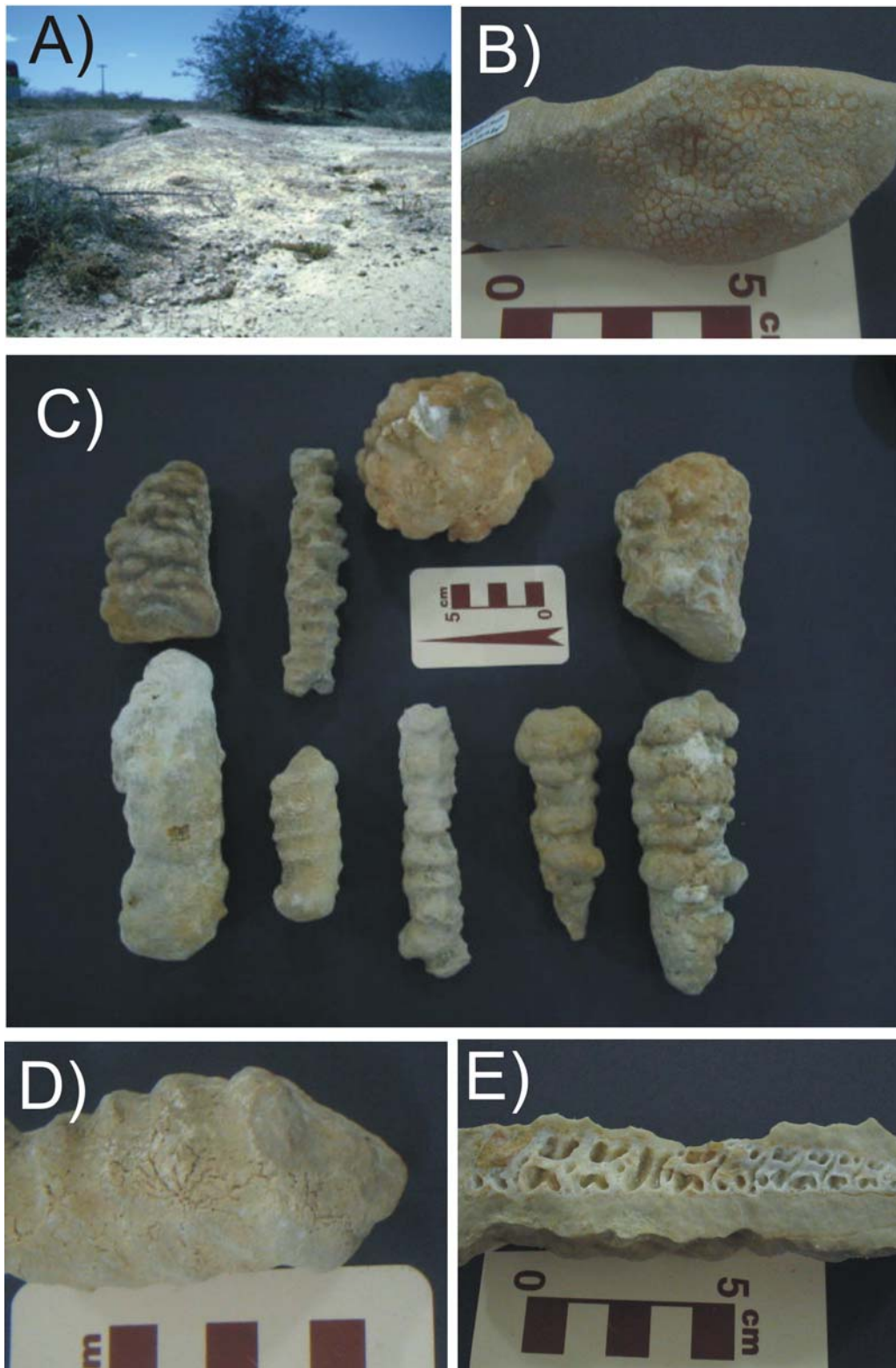
As espécies endêmicas: *Mussismilia braziliensis*, *Mussismilia hispida*, *Mussismilia harttii* e *Favia leptophylla*, *Favia gravida* e *Siderastrea stellata*, tem afinidades com corais do Caribe (Leão, 2003), e são remanescentes do terciário durante a diferenciação das duas principais províncias biogeográficas: a do Caribe e a do Indo Pacífico (Moore, 1963), resultando em afinidades regionais com espécies européias do Mioceno e Eocênicas do Caribe (Leão, 2000). A

província Caribenha (costa sudeste dos Estados Unidos, costa leste do México e América Central, costa norte e leste da América do Sul), é caracterizada pelas famílias: Acroporidae, Faviidae, Mussidae, Poritidae, Eusmilidae, Meandrinidae, Dichocoeninae, Siderastreidae, Agaricidae, Astrocoenidae (Moore, 1963); algumas espécies representantes dessas famílias sobreviveram durante o rebaixamento do nível oceânico no pleistoceno, refugiados no Banco de Abrolhos (Leão, 2000), e remontam suas origens à expansão tetiana do Cretáceo (Campaniano e Maastrichtiano) (Moore, 1963).

A Bacia Potiguar, integrante do Sistema de Rift do Nordeste Brasileiro (Matos, 1992) abriga na Formação Jandaíra evidências de fenômenos recifais representadas por algumas ocorrências: três exemplares coloniais procedentes de Ipanguaçu, dois apenas classificados como Scleractinia e o terceiro como *Astrocoenia sp.* (Fernandes e Wanderley, 1985); e calcários bioconstruídos (patch reefs) constituídos por algas e corais no Lajedo do João, na região oeste da Bacia Potiguar (Córdoba, 2001). Além dessas ocorrências, outras ainda não descritas estão registradas no acervo do Museu de Paleontologia Vingt-Um Rosado Maia, na Escola Superior de Agricultura de Mossoró – ESAM - RN: localidade de Santa Maria, Município de Upanema; localidades: Corte do Inglês, Riacho da Forquilha e Bonito, Município Governador Dix Sept Rosado; outras amostras foram coletadas na localidade Arapuá, município de Ipanguaçu; em afloramento à margem da RN-408, Município de Alto do Rodrigues: patch reef fragmentado em inúmeros blocos, dezenas de pequenas colônias (variando entre poucos milímetros até 10,9 cm) e vários pólipos (em média com 2 cm). Essas ocorrências, a priori, totalizam cinco espécies (Figura 4.01); Afloramento à margem da rodovia que interliga a RN-118 a localidade de Mulungu, município de Pendências, com registros de 1 fragmento de colônia de Scleractinia, e dezenas de Porífera, Stromatoporoidea, medindo até 15 cm de comprimento e 6 cm no maior diâmetro, com as astrorizas, (característica diagnóstica do grupo), bem preservadas. Ocorrência inédita na Bacia Potiguar, esses porífera desenvolveram-se envolvendo conchas de gastrópodes do gênero *Turritela* fortemente recristalizados (Figura 4.02).



**Figura 4.01** – Ocorrência na RN-408 **a)** Afloramento na RN408; **b)** vista parcial do patch reef – partes aflorantes; **c)** detalhe do patch reef com colônia, pólipo e espinho de equinoide; **d)** corte longitudinal de colônia (não descrita) .

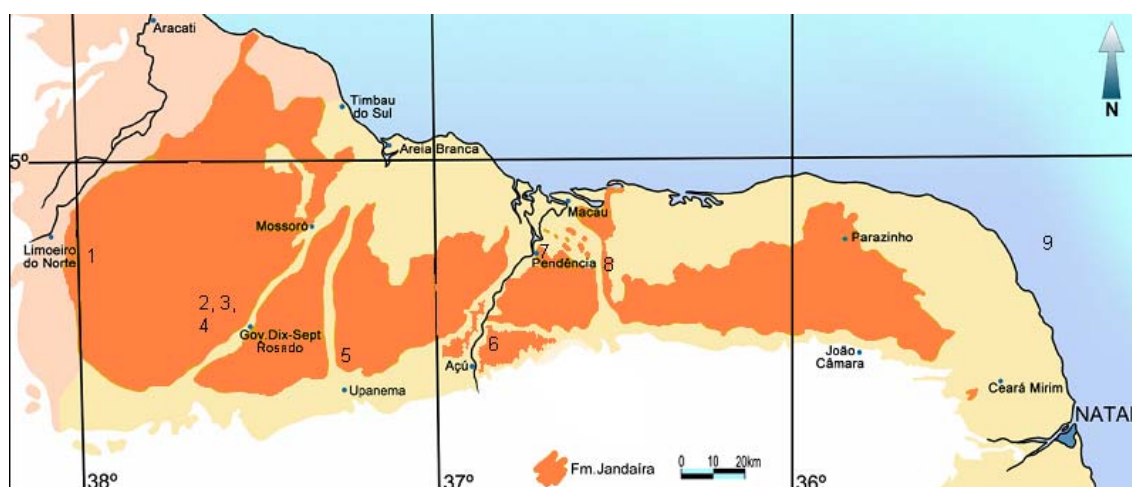


**Figura 4.02** – Ocorrência em Mulungu. a) vista do afloramento; b) fragmento de colônia de Scleractinia; c) amostras de Porífera, Stromatoporoidea; d) astrorrizas; e) detalhe de Stromatoporoidea sobre *Turritella* -

Considerando a distribuição geográfica desses 8 registros Cretáceos, e a localização dos recifes Quaternários no litoral oriental, evidencia-se o deslocamento das bioedificações na Bacia Potiguar para leste (Tab.4.1 e Fig. 4.03).

Tabela 4.1 - Ocorrências de organismos recifais no RN

Nº	Localidade	Tipo de ocorrência
01	Lagedo do João	patch reefs
02	Bonito, Gov Dix-Sept Rosado	Colônia
03	Riacho da Forquilha, Gov Dix-Sept Rosado	
04	Corte do Inglês, Gov Dix-Sept Rosado	Colônias
05	Santa Maria, Upanema	Colônia
06	Afloramento na localidade de Arapuá, Ipanguaçu	Colônia
07	Afloramento na RN 408, Alto do rodrigues	Colônias, patch reef, pólipos
08	Afloramento na localidade de Mulungu, Pendências	Fragmento de colônia, Stromatoporoides
09	Litoral oriental	Complexo recifal: cômoros e canteiros



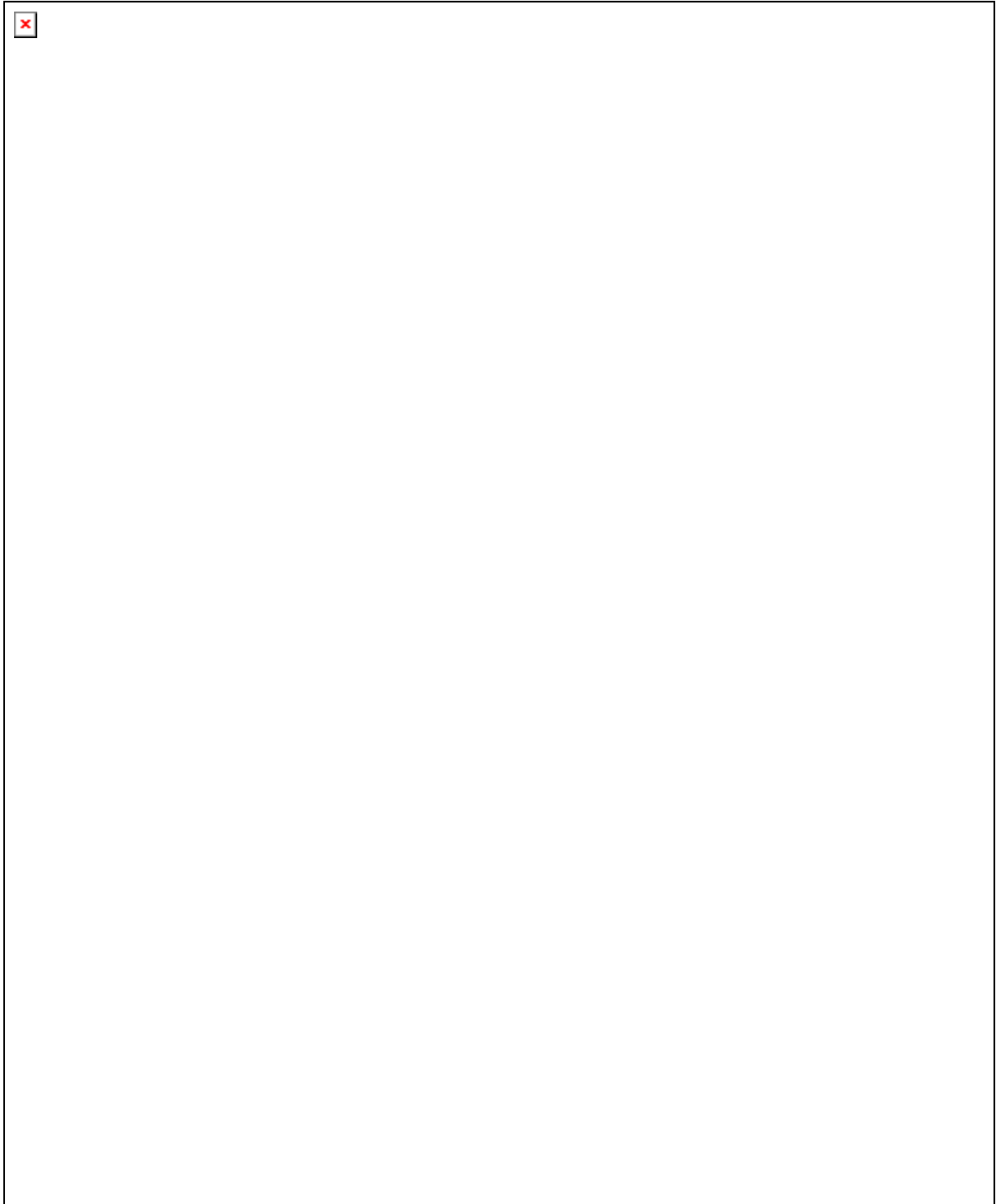
**Figura 4.03** -. Localização das ocorrências de corais cretáceos na baía potiguar (1 a 8); ocorrência de estromatoporoides, 8; localização de corais holocenicicos, 9. Numeração de acordo com a tabela 4.1.

#### 4.2 - Construções Carbonáticas Recifais - Maracajau e Rio do Fogo

Os recifes de Maracajau e Rio do Fogo fazem parte de um conjunto de recifes situados na plataforma interna da região de Touros, com indicações referidas em cartas náuticas como “baixos”, ao lado outras estruturas denominadas Sioba e Cação. Regionalmente recebem a designação de “parrachos”. São recifes, destacados da costa, localizados a uma distância entre

5 a 7 km da costa a profundidades inferiores a 10 m, numa extensão de 9 km. Os topos desses recifes permanecem a uma profundidade média inferior a 5 m e durante as marés baixas ficam parcialmente expostos. São constituídos por agrupamentos de edificações biogênicas de dimensões variáveis que podem ser classificadas como câmoros (coral know – diâmetros inferiores a 5m) e canteiros (path reefs – diâmetros entre 5 e 50 m) Leão, 2003, superfície irregular, permeadas de reentrâncias, às vezes coalescendo na parte superior. Essa configuração não corresponde aos pináculos ou chapeirões descritos mencionados anteriormente como característicos dos recifes brasileiros. Foram construídos pela acumulação de algas calcárias (coralináceas incrustantes) e corais zooxantelados. Canais de largura e extensão diversos, à moda de labirintos e “piscinas”, delimitam essas estruturas concentrando sedimentos terrígenos e fragmentos de carapaças de organismos. O sedimento de fundo varia de acordo com a energia hidráulica predominante entre areias siliciclásticas e argilas com matéria orgânica. Observa-se um aumento na profundidade e uma diminuição no tamanho dos câmoros e canteiros de oeste para leste. De acordo com a classificação usada neste estudo o complexo enquadra-se na categoria de recifes afastados da costa.

Do ponto de vista da distribuição biogeográfica de corais, esses recifes estão na Região Geográfica do Nordeste que se estende da foz do Rio São Francisco ao cabo de São Roque (Figura 4.04), já nas vizinhanças do limite com a Região Geográfica Norte, situada entre o Cabo de São Roque e a foz do Rio Amazonas (Leão, 2003; Laborel, 1969; Belém *et al.* 1987; Castro, 1994; Testa, 1997).



**Figura 4.04-** Regiões biogeográficas de recifes: A - costa norte; B - costa nordeste.

Essa morfologia é condicionada pelo povoamento de organismos bentônicos e o modo de crescimento das formas de vida - corais escleractínios e algas coralináceas - responsáveis pela edificação recifal sobre um substrato que tem participação na morfologia dessa edificação.

Estão distribuídas na costa do Rio Grande do Norte as seguintes espécies de corais: *Siderastrea stellata* (Verrill, 1868), *Agaricia fragilis* (Dana, 1846), *Agaricia agaricites* (Verrill,



1901), *Porites astreoides* (Lamarck, 1816), *Porites branneri* (Rathbun, 1888), *Favia gravida* (Verrill, 1886), *Meandrina brasiliensis* (Milne Edwards & Haime, 1848), *Mussimilia hartii* (Verrill, 1868). E de hidróides calcários: *Millepora alcicornis* (Linné, 1758) e *Millepora brasiliensis* (Verrill, 1868); e *Millepora sp.* essas integram uma relação de 25 (corais; e hidrocorais), registradas na costa brasileira, Leão (2003).

Na face oceânica do recife (leste), verifica-se a ocorrência de rodólitos arredondados, anêmonas e esponjas.

Durante os mergulhos nas áreas de estudo foram encontradas 9 espécies:

#### Classe – HYDROZOA

Ordem - MILLEPORIDAE, Hickson, 1901

Família - Milleporidae, Fleming, 1928

Gênero Millepora, Linné, 1758

*Millepora alcicornis*, Linné, 1758

*Millepora brasiliensis*, Verrill, 1868

#### Classe – ANTHOZOA

Ordem - SCLERACTINIA, Bourne

Sub-ordem - FUNGIINA, Verrill, 1865

Família - Agariciidae, Gray, 1842

Gênero - Agaricia, Lamarck, 1801

*Agaricia agaricites* (Linné) Verrill, 1901

*Agaricia fragilis* (Dana) 1846

Família - Siderastreidae, Vaughan e Wells, 1943

Gênero - Siderastrea, Blainville, 1830

*Siderastrea stellata*, Verrill, 1868

Família – Poritidae, Gray, 1842

Gênero – Porites, Link, 1807

*Porites astreoides*, Lamarck, 1816

*Porites branneri*, Rathbun, 1888

Sub-ordem FAVIINA, Vaughan e Wells, 1943

Família Faviidae, Gregory, 1900

Sub-família – Faviniinae, Gregory, 1900

Gênero Favia, Oken, 1807

*Favia gravida*, Verrill, 1886

Família – Meandriiniidae, Gray, 1857

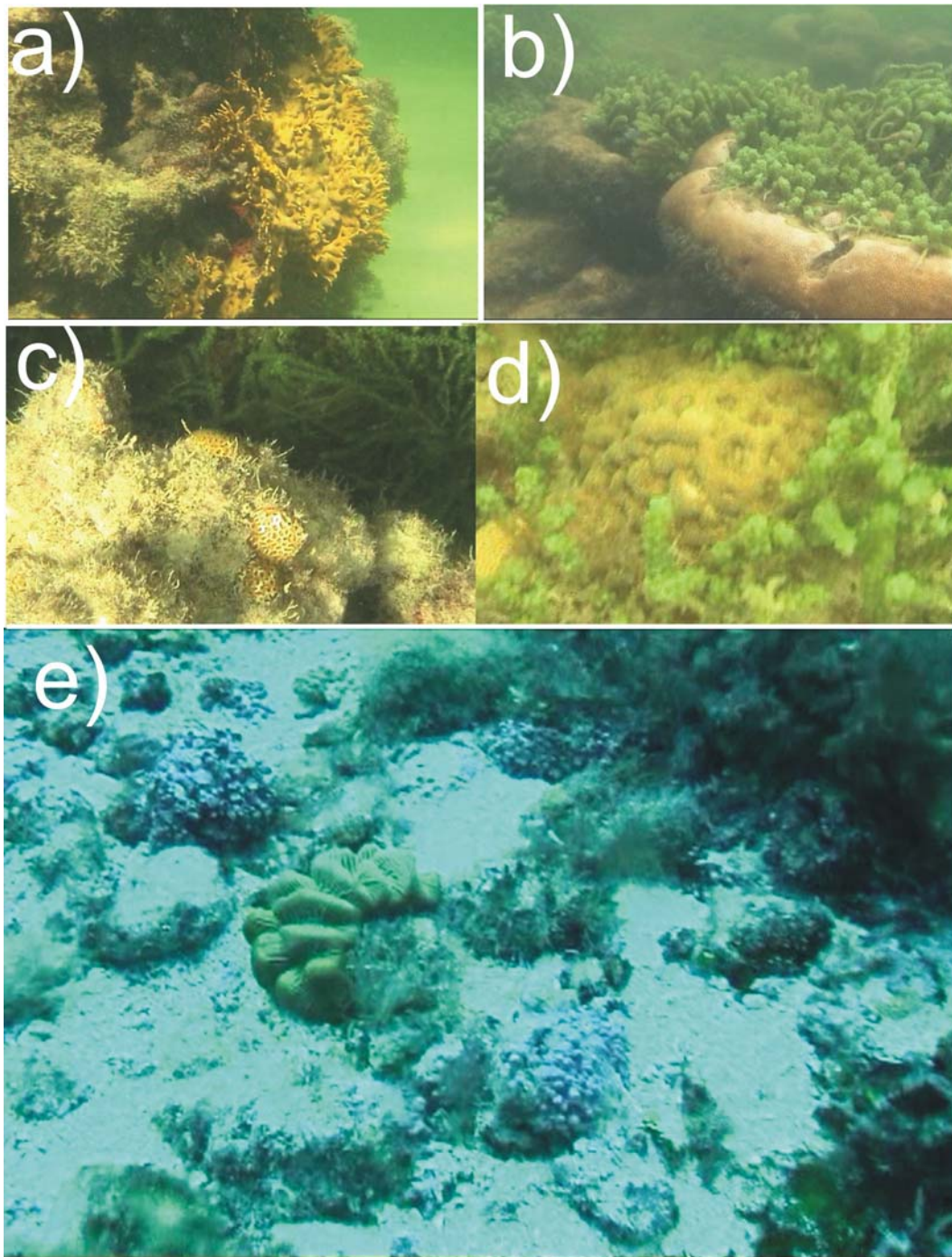
Gênero – Meandrina, Lamarck, 1801

*Meandrina brasiliensis*, Milne Edwards e Haime, 1848

Dessas 9 espécies registradas durante a exploração dos recifes nas áreas selecionadas, 8 foram encontradas na estação de Maracajau e 5 em Rio do Fogo, com cinco delas comuns às duas estações (Tabela 4.2).

Tabela 4.2– Ocorrência de corais zooxantelados em todas as estações

	Espécies	Maracajau	Rio do Fogo	Banco do Minhoto
1	<i>Agaricia agaricites</i>	X	-	-
2	<i>Agaricia fragilis</i>	X	X	-
3	<i>Favia grávida</i>	X	X	X (morta)
4	<i>Millepora alcicornis</i>	X	X	-
5	<i>Millepora brasiliensis</i>	X	X	-
6	<i>Porites astreoides</i>	X	-	-
7	<i>Porites branneri</i>	X	-	-
8	<i>Siderastrea stellata</i>	X	X	X(morta)
9	<i>Meandrina</i>	-	-	X
10	Total	8	5	3



**Figura 4.05 - a) *Millepora alcicornis*, Linné, 1758; b) *Siderastrea stellata*, Verrill, 1868; c) *Favia gravida*, Verrill, 1886; d) *Porites astreoides*, Lamark, 1816; e) *Meandrina brasiliensis*, Milne Edwards e Haime, 1848.**

Para o levantamento de dados a partir dos transectos foram definidas categorias, reunidas em grupos de acordo com suas ações no ambiente recifal. Todos os organismos integram o processo de revestimento orgânico sobre o recife.

Grupo 1 – com efeitos de edificação e/ou cobertura (revestimento), conforme suas características incrustantes ou maciços, e produção de bioclastos.

a - Cnidários:

a.1 – Anthozoa, Zoantharia, Escleractínios (zooxantelados) organismos que contribuem no processo de edificação dos recifes: *Agaricia agaricites*, *Agaricia fragilis*, *Meandrina*, *Porites astreoides*, *Porites branneri*, *Favia gravida*, *Siderastrea stellata*

a.2 – Hidrozoa, Milleporinae, - edificação: *Millepora Alcornis*, *Millepora brasiliensis*

**b - Alga coralina – edificação e revestimento - organismos que contribuem no processo de edificação dos recifes.**

Grupo 2 – organismos bentônicos fixos.

a - Octocorais (Corais moles) - organismos bentônicos fixos, coloniais. cujas proporções os tornam responsáveis pelo povoamento de consideráveis áreas dos cômoros e canteiros: *Palithoa*, *Zoanthus pulchelus*.

- Algas – organismos macroscópicos bentônicos, fixos, (armadilha sedimentar).: Macroalgas, Algas filamentosas

Grupo 3 – cobertura e/ou bioerosão – organismos cujo povoamento, apesar de contribuir para o revestimento orgânico em superfície podem ser responsáveis por processos destrutivos do corpo rochoso que lhes serve de substrato: Esponjas, Equinoides, Poliquetas .

Grupo 4 – relevo: irregularidades no recife interpretadas como desigualdades no processo de edificação ou efeito de ações bioerosivas:

a - Buracos – depressões de profundidades variáveis que venham a dificultar a entrada de luz e/ou a identificação de organismos correspondentes aos pontos sorteados.

b – Substrato (saliências) - Saliências de natureza não identificada, de proporções variáveis, geralmente em áreas com ocorrência de sedimentos.

## Grupo 5 - componente biológico em transitio.

Satélite (qualquer objeto que esteja a deriva)

Grupo 6 – Sedimentos – componentes sedimentares de natureza siliciclástica ou bioclástica .

A quantificação de frequências absolutas e relativas das ocorrências dos grupos mencionados, considerou as séries M1 e M2 da Estação 1 em Maracajaú, individualmente com 10m de extensão cada, e série única RF 1 da estação 2 em Rio do Fogo, com 20 m (Tabela 4.3).

Os resultados apontam as maiores concentrações de algas revestindo a superfície dos cômoros e canteiros, isolados por sedimentos que preenchem o espaçamento entre eles.

Apesar de algumas variações na quantificação de cada transecto as áreas cobertas pelas duas séries, convergem quanto aos dois maiores percentuais revezando-se entre algas, sedimento e *Palithoa caribeorum* e *Siderastrea stellata*, zooxantelado de presença mais freqüente nos transectos, cujas colônias se estabelecem e desenvolvem sobre a parte superior dos cômoros, disputando espaço com algas e *Palithoa*, apresentando maior povoamento nessas áreas bem iluminadas e oxigenadas.

Tabela 4.3 - Percentual comparativo das frequências absolutas e relativas entre as séries M1 e M2 da Estação 1 em Maracajaú, e série RF 1 da estação 2 em Rio do Fogo. Valores inferiores a 0,5% foram considerados como traços.

transectos	Estação 1 – M1	%	Estação 1 M2	%	Estação 2 RF 1	%
<b>Agaricia agaricites</b>					-	-
Agaricia fragilis					-	-
Favia gravida	3	traços			-	-
<i>Meandrina brasiliensis</i>					-	-
<i>Millepora Alvicornis</i>					6	traços
<i>Millepora brasiliensis</i>					-	-
<i>Porites astreoides</i>	6	traços	7	traços	4	traços
<i>Porites branneri</i>					-	-
<i>Siderastrea stellata</i>	47	1,7	56	2,2	210	4,1
<i>Palithoa caribeorum</i>	342	12,6	397	15,5	438	8,6

<i>Zoanthus pulchelus</i>	6	traços	1	Traços	17	traços
<b>Espanja</b>			5	traços	-	-
Algas	1233	45,5	1433	55,7	3862	75,9
Alga coralina	13	0,5	1	Traços	10	traços
Sedimento	939	34,6	541	21,0	400	7,9
<b>Buraco</b>	100	3,7	74	2,9	138	2,7
Substrato	21	0,8	53	2,1	3	traços
Satélite			2	traços	2	traços
Total	2710	99,96	2570	99,92	5090	99,994

Os percentuais menores das várias espécies de corais, proporcionalmente a *Siderastrea*, refletem além do menor povoamento das demais espécies, o zoneamento de distribuição, tamanho das colônias, condicionados por fatores limitantes tais como: luminosidade, profundidade, hidrodinamismo e turbidez, cujos efeitos na distribuição das colônias não são conhecidos nesses recifes. Os transectos foram realizados aleatoriamente e algumas espécies não contabilizadas nos transectos (não sorteados nas amostragens) foram localizados durante os mergulhos exploratórios ou em outras ocasiões. *Millepora alcicornis*, que em algumas áreas podem ser encontradas em grande concentração, em áreas marginais das superfícies dos cômoros e bem iluminadas com energia hidrodinâmica alta. Portanto a frequência dessa espécie pode apresentar resultados diferentes de acordo com a região do recife onde é realizado o transecto.

O espaçamento entre os cômoros é variável e pode ser reconhecido nos transectos através do percentual de incidências de sedimentos ali jacentes: oscilando na série 1 da estação de Maracajaú entre 0,18 % (M1-6) e 67,7 % (M1-1); e na série 2 entre 4,0% (M2-5) e 41,9% (M2-1). Considerando-se as duas séries juntas temos uma variação entre 0,18 % e 67,7 %, com média de 34,6 %. A composição e granulometria dos sedimentos é variável: na estação 1, Maracajaú sedimentos grossos com elevada frequência de bioclastos preenchem os espaços entre os cômoros e canteiros; na estação 2, Rio do Fogo, sedimentos finos ricos em matéria orgânica, sem bioclastos visíveis, estão presentes nas imagens do transecto. No lado oceânico há presença marcante de rodólitos.

Na estação 1, Maracajau, a série 1 foi aleatoriamente orientada a 330°, com transectos de 10 m, alinhados linearmente; a 2ª série, a 120°, com deslocamentos laterais, paralelos também com a mesma extensão, obteve os seguintes resultados (Tabelas 4.4 e 4.5).

Tabela 4.4- estação 1 Maracajau – série 1. Frequência absoluta e relativa.

Nº	Ocorrências	pontos	%
1.	Algas	1233	45,5
2.	Sedimento	939	34,6
3.	<i>Palithoa</i>	342	12,6
4.	<b>Buraco</b>	100	3,7
5.	<i>Siderastrea stellata</i>	47	1,7
6.	Substrato	21	0,8
7.	Alga coralina	13	0,5
8.	<i>Porites astreoides</i>	6	0,2
9.	<i>Zoanthus pulchelus</i>	6	0,2
10.	Favia gravida	3	0,1
11.	<b>Agaricia agaricites</b>		
12.	Agaricia fragilis		
13.	<i>Meandrina</i>		
14.	<i>Millepora Alciornis</i>		
15.	<i>Millepora brasiliensis</i>		
16.	<i>Porites branneri</i>		
17.	Esponja		
18.	Satélite		
19.	Total	2710	100

Tabela 4.5 - Estação 1- M2. Transectos.M2-1 a M2-6. Frequência absoluta e relativa.

Nº	ocorrências	pontos	%
1	Algas	1433	55,7
2	Sedimento	541	21,0
3	<i>Palithoa</i>	397	15,4
4	<b>Buraco</b>	74	2,9
5	<i>Siderastrea stellata</i>	56	2,2
6	Substrato	53	2,1
7	<i>Porites astreoides</i>	7	traço
8	<b>Esponja</b>	5	traço
9	Satélite	2	traço
10	Alga coralina	1	traço
11	<i>Zoanthus pulchelus</i>	1	traço
12	<b>Agaricia agaricites</b>		
13	Agaricia fragilis		
14	Favia gravida		
15	<i>Meandrina brasiliensis</i>		
16	<i>Millepora Alciornis</i>		
17	<i>Millepora brasiliensis</i>		

18	<i>Porites branneri</i>		
19	Total	2570	99,91

A Estação 2, Rio do Fogo (Tab. 4.6), nas proximidades do farol Tereza Pança, ao noroeste da estação 1, está também sujeita a impacto do turismo. Localização: GPS, S 5 ° 13' 36,1'' e O 35 ° 20' 48,6''. Realizados uma única série de 6 transectos com 20 m, com deslocamentos para o norte.

A concentração dos cômoros e canteiros é variável, ao longo dos recifes: Em Rio do Fogo nas proximidades do Farol os cômoros são mais espaçados e menores aumentando sua concentração em direção ao oceano (para leste), bem como a profundidade. Essa progressiva concentração dos cômoros é perceptível também relação às áreas exploradas em Maracajaú,

A profundidade do recife na área de realização dos transectos varia em torno de 2 a 3 m, enquanto o topo tem variações em cerca de 30 cm a exposição subaérea. O lado oceânico do recife os cômoros elevam-se a uma altura de aproximadamente 8 metros estando submetido a fluxos hídricos mais potentes. Há concentração de rodólitos na base leste do recife, contrastando com o sedimento entre os cômoros que variam entre siliciclásticos e argilosos com matéria orgânica. Compatíveis com a energia hídrica menor.

Tabela 4.6 - Estação 2 – Rio do Fogo – transectos 1 a 6. Frequência absoluta e relativa.

N °	ocorrências	Pontos	%
<b>1</b>	Algas	3862	75,9
2	<i>Palithoa</i>	438	8,6
3	Sedimento	400	7,9
4	<i>Siderastrea stellata</i>	210	4,1
<b>5</b>	<b>Buraco</b>	138	2,7
6	<i>Zoanthus pulchelus</i>	17	traço
7	Alga coralina	10	traço
8	<i>Millepora Alaicornis</i>	6	traço
<b>9</b>	<i>Porites astreoides</i>	4	traço
10	Substrato	3	traço
11	Satélite	2	traço
12	<i>Agaricia agaricites</i>	-	-



13	<i>Agaricia fragilis</i>	-	-
14	<b>Esponja</b>	-	-
15	<i>Favia gravida</i>	-	-
16	<i>Meandrina</i>	-	-
17	<i>Millepora nitida</i>	-	-
18	<i>Porites branneri</i>	-	-
19	Total	5090	100

Nos dois recifes a cobertura orgânica é constituída principalmente por algas, *Palithoa caribeorum*, e o zooxantelado *Siderastrea sp*, pode ser considerado o principal bioconstrutor, não só pela freqüência nas tabelas dos videotransectos, mas também através de outros dados que podem ser quantificados a partir dessa metodologia, tais como: tamanho, número, área de cobertura e concentração das colônias.

#### 4.3 – Construções Carbonáticas Inorgânicas – Banco do Minhoto

O banco do Minhoto, localizado no litoral Setentrional a aproximadamente 20 km da linha de costa, no limite offshore da plataforma interna (Figura 3.05), é regionalmente designado como “Urca do Minhoto”. De acordo com o levantamento de Amaral, 2002, sobre os termos usados para designar estruturas topográficas submersas, “urcas” representam “atos fundos com extensão e largura na ordem de quilômetros e alturas variando de 5 a 10 m”, podendo ficar parcialmente emersos durante a baixa-mar. Segundo ele essas estruturas ocorrem no litoral do RN entre profundidades de 15 a 20 m, correlacionados a arenitos de praia. O Banco do Minhoto, portanto, apresenta características bastante diferentes daquelas exibidas pelos recifes de Maracajaú e Rio do Fogo, tanto na topografia e forma quanto no povoamento por parte de organismos bentônicos e corresponde a regiões mais elevadas, retilínea e com orientação E-W. Trata-se de um banco de arenito cuja cobertura orgânica é pouco diversificada e numericamente pobre se comparada às comunidades recifais de Maracajaú e Rio do Fogo. A incidência de colônias de corais é praticamente inexistente. O banco encontra-se revestido por uma fina camada de algas coralináceas com grande concentração de rodólitos e ocorrências de esponjas

também em grande quantidade, além de equinodermas, moluscos bivalves, gastrópodes e poliquetas e algas clorofíceas. As algas coralináceas crescem incrustando as superfícies do arenito e fragmentos de conchas ou agregados. Nas áreas de mergulho o sedimento é de composição bioclástica (teor de carbonato entre 71 e 86 %), constituídos de fragmentos de carapaças de organismos. Aqui, o processo de edificação incipiente fica atribuído à ação de algas coralináceas, já que a ocorrência de corais nesse recife se restringiu a uma única colônia de *Favia gravida* já morta. Algas clorofíceas afiguram-se como armadilhas sedimentares, oferecendo proteção ao sedimento contra a ação hidrodinâmica das correntes marinhas. Esses aspectos sugerem diferentes estágios da dinâmica populacional entre as duas estruturas.

Este banco arenítico ocorre à mesma profundidade que o banco inorgânico identificado na região de Touros (Risca do Zumbi, em torno de 25 m).

Com relação ao povoamento de corais, as duas estações consideradas neste estudo, estabelecidas no banco do Minhoto são absolutamente inexpressivas (Tabela 02), razão pela qual não foram aí gravados transectos.

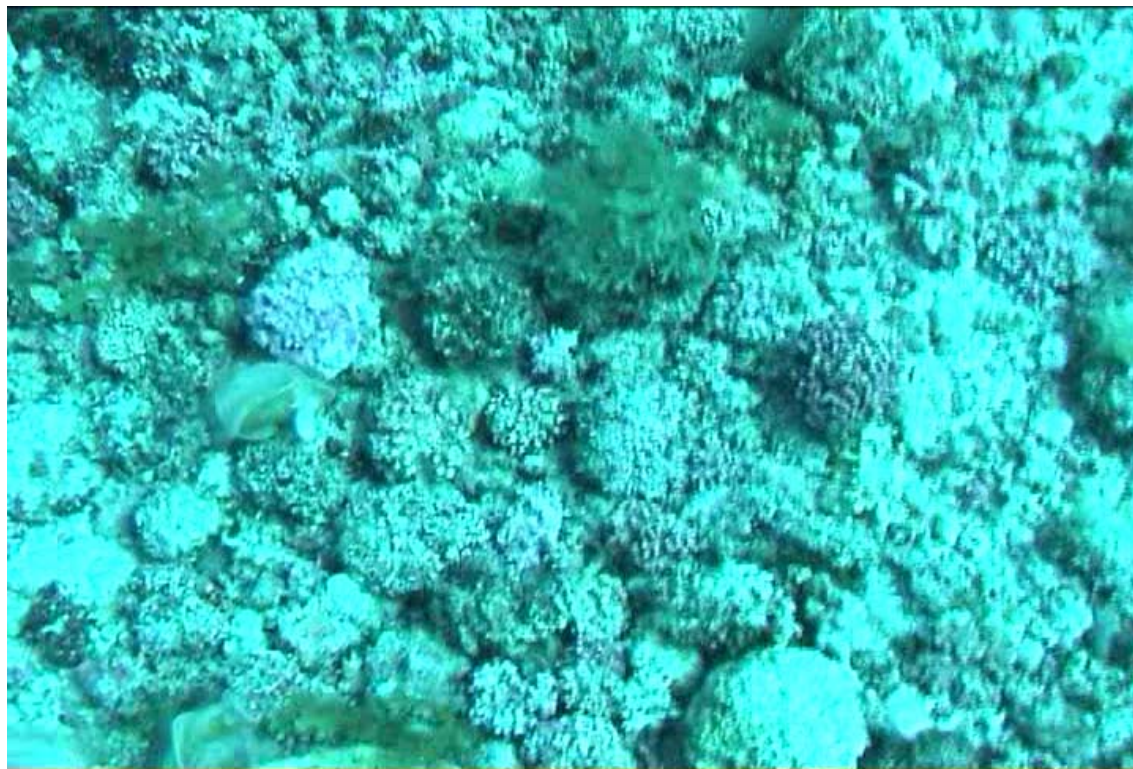
O perfil de fundo transversalmente ao banco de arenito, em deslocamento no sentido S-N (Figura 4.06), percorrendo cerca de 50m sobre a área explorada, até a porção emersa do banco de arenito, apresenta uma área plana, levemente inclinada a cerca de 12 m de profundidade que é bastante rica em sedimentos bioclásticos compostos por fragmentos de conchas e rodólitos (Figura 4.07 e 4.08). Essa faixa apresenta ondulações, características do hidrodinamismo predominante (NW-SE), e progressivamente intercala-se na base da inclinação que se acentua, formando uma rampa, com cobertura de algas clorofíceas que progressivamente se adensa (Figura 4.09), recobrando a superfície do banco arenítico (Figura 4.10) usando-o como substrato e afigurando-se como armadilhas sedimentares.



**Figura 4.06** – Perfil esquemático do banco arenítico Minhoto



**Figura 4.07** – vista dos sedimentos bioclásticos



**Figura 4.08** – Sedimentos bioclásticos compostos por rodolitos.



**Figura 4.09** – Cobertura de algas clorofíceas sobre o arenito



**Figura 4.10** – Vista submersa da rocha aflorante

Rodólitos e fragmentos biocásticos compõem a fração mais expressiva do sedimento (71 a 86%), exibindo processos de agregação (cimentação) devido à ação de algas carbonáticas. À profundidade de 6 m, na Estação 2, uma projeção do arenito, de coloração escura, serve como substrato a esponjas que proliferam especialmente ao abrigo da luz direta. Entre as profundidades de 3 a 1 m concentram-se Echinoides *Echinometra lucunter*, bem conhecidos pela sua capacidade erosiva e *Eucidaris sp.* Há zoneamento na distribuição orgânica ou de restos orgânicos Echinoides, Eucidaris, esponjas alojadas preferencialmente em vãos ao abrigo da luz direta (Figura 4.11 ). Foraminíferos, briozoários, poliquetas, bivalves, e gastrópodes estão presentes no sedimento.



**Figura 4.11:** *Eucidaris sp* sobre alga coralina

A superfície do banco arenítico é pouco acidentada. Além de echinoides outros agentes bioerosivos estão presentes - poliquetas, e esponjas (Figura 4.12). A ação hidrodinâmica é alta e porções emersas do banco estão sujeitas ao embate das ondas.

Diferente das estruturas recifais de Maracajaú e Rio do Fogo, ambas com formato ovalado, e exuberante povoamento de organismos bentônicos, as estações da Urca do Minhoto, são integrantes de um banco de arenito que se estendem paralelamente à costa do litoral setentrional, cuja cobertura orgânica é extremamente pobre. Conforme indicado na tabela 01, apenas duas espécies de corais pétreos foram encontradas, durante toda a campanha, portanto com povoamento extremamente escasso, não justificando a realização de transectos nessas estações, para coleta de dados sobre o povoamento de corais.



**Figura 4.12** – Esponjas

A descrição visual da estação 1 mostra que o arenito é de coloração escura, recoberto com alga coralinácea, tubos de poliquetas, pequenas conchas fixadas ao substrato, algas filamentosas, macroalgas clorofíceas e rodofíceas, colônias de briozoários, foraminíferos. Em algumas amostras percebe-se que a alga coralinácea serve de substrato aos briozoários. Em direção ao topo (2.5 m prof.) o arenito apresenta coloração mais clara, incrustação por algas calcárias, poliquetas, esponjas, balanídeos, algas filamentosas, foraminíferos e bioclásticos de tamanho reduzido. Os sedimentos circundantes apresentam 63 - 87% de carbonatos e são constituídos por grãos de quartzo, fragmentos de arenitos, fragmentos de equinóides, briozoários, algas carbonáticas ramificadas, algas calcárias, rodólitos, foraminíferos, vermetos, conchas de bivalves e gastrópodes, briozoários incrustantes em fragmentos de algas com perfurações de poliquetas. A matéria orgânica presente foi quantificada em 2.4-3.2%.

A estação 2, situada a leste da estação 1, distando aproximadamente 3 km, apresenta perfil de fundo (Figura 4.05) e distribuição de organismos idêntico à Estação 1.

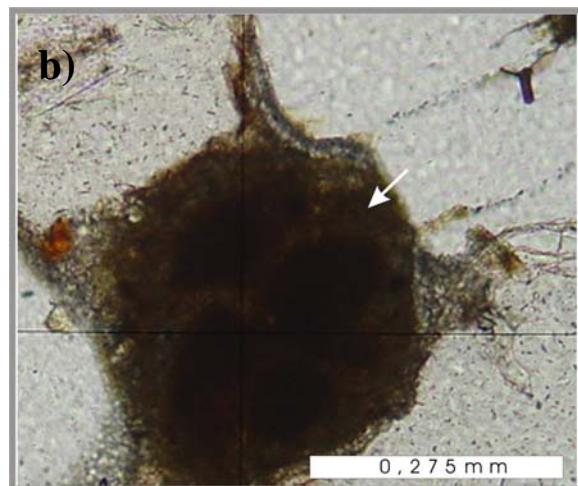
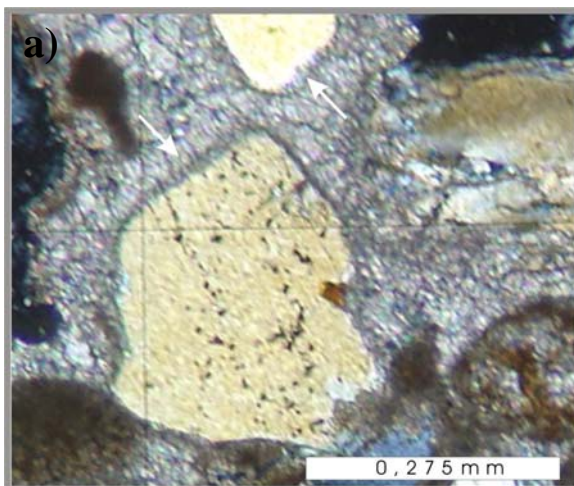
Em lâminas delgadas (Figura 4.13 e Figura 4.14) os arenitos da estação 1 também não se diferenciam da estação 2. Observa-se que o arenito apresenta granulometria variando de média a grossa, mas em alguns locais a areia fina está presente; moderadamente a bem selecionado, tendo o quartzo principal constituinte (em geral 75-90%, mais raramente 50%), seguido de bioclásticos (5-12%) e feldspato (5-10%) em proporções aproximadamente iguais (embora localmente o bioclasto possa atingir 30%) e fragmentos de rocha em menor proporção (3-5%). O quartzo apresenta grãos monocristalinos com extinção ondulante e simples e mais raramente policristalino. Envoltórios de cimento carbonático em franja são comuns. Os bioclastos são representados na sua grande maioria por foraminíferos miliolídeos, por vezes muito micritizado, seguido por fragmentos de algas, podendo aparecer em menor proporção outras espécies tais como gastrópodes, com suas cavidades preenchidas por cimento. O feldspato está disseminados ao longo de toda a lâmina, representado principalmente por plagioclásio, que pode ser diferenciado dos demais pela geminação polissintética, e pelo ortoclásio, que não possui geminação, mas é facilmente reconhecido pela alteração a que está submetido. Alguns grãos estão bastante alterados enquanto outros estão bem preservados. A geminação polissintética geralmente encontra-se alterando ao longo das maclas. A geminação microclina também ocorre, embora raramente e sofrendo uma intensa alteração. Os fragmentos de rochas geralmente são identificados por um tipo de cimentação diferenciada do resto da rocha em volta ao mesmo. Os grãos siliciclásticos são predominantemente subangulosos a subarredondados - embora grãos maiores possam apresentar-se arredondados, com esfericidade variando de moderada a baixa. Os contatos entre os grãos são predominantemente flutuantes e mais raramente retos. O índice de empacotamento (P) varia da ordem de 48, que corresponde a um empacotamento do tipo normal, a 28, empacotamento tipo frouxo.

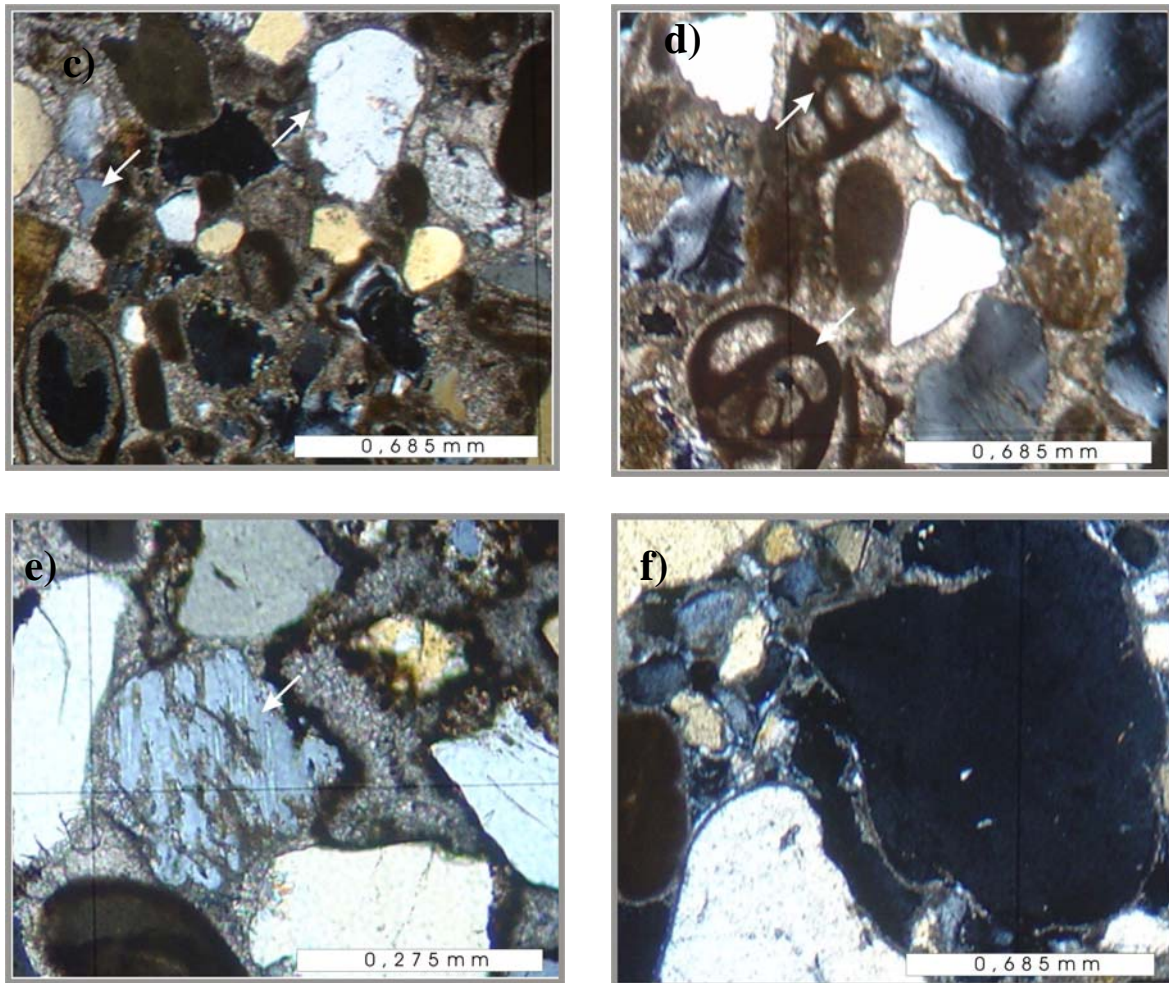
A maturidade mineralógica, expressa pela relação entre os constituintes mais resistentes (quartzo-Qz e chert-Ch) e menos resistentes (feldspato-Fd, fragmento de rocha-FRX) indica valores entre 2,4 e 3,6, portanto mineralogicamente submatura a matura refletindo quantidade de



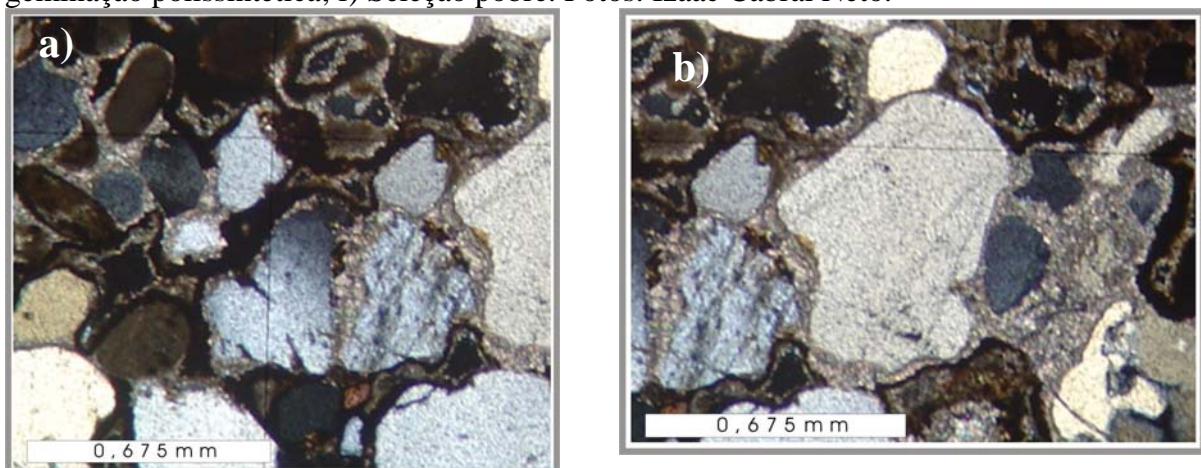
feldspato relativamente elevada. Texturalmente é uma rocha submatura podendo chegar a supermatura.

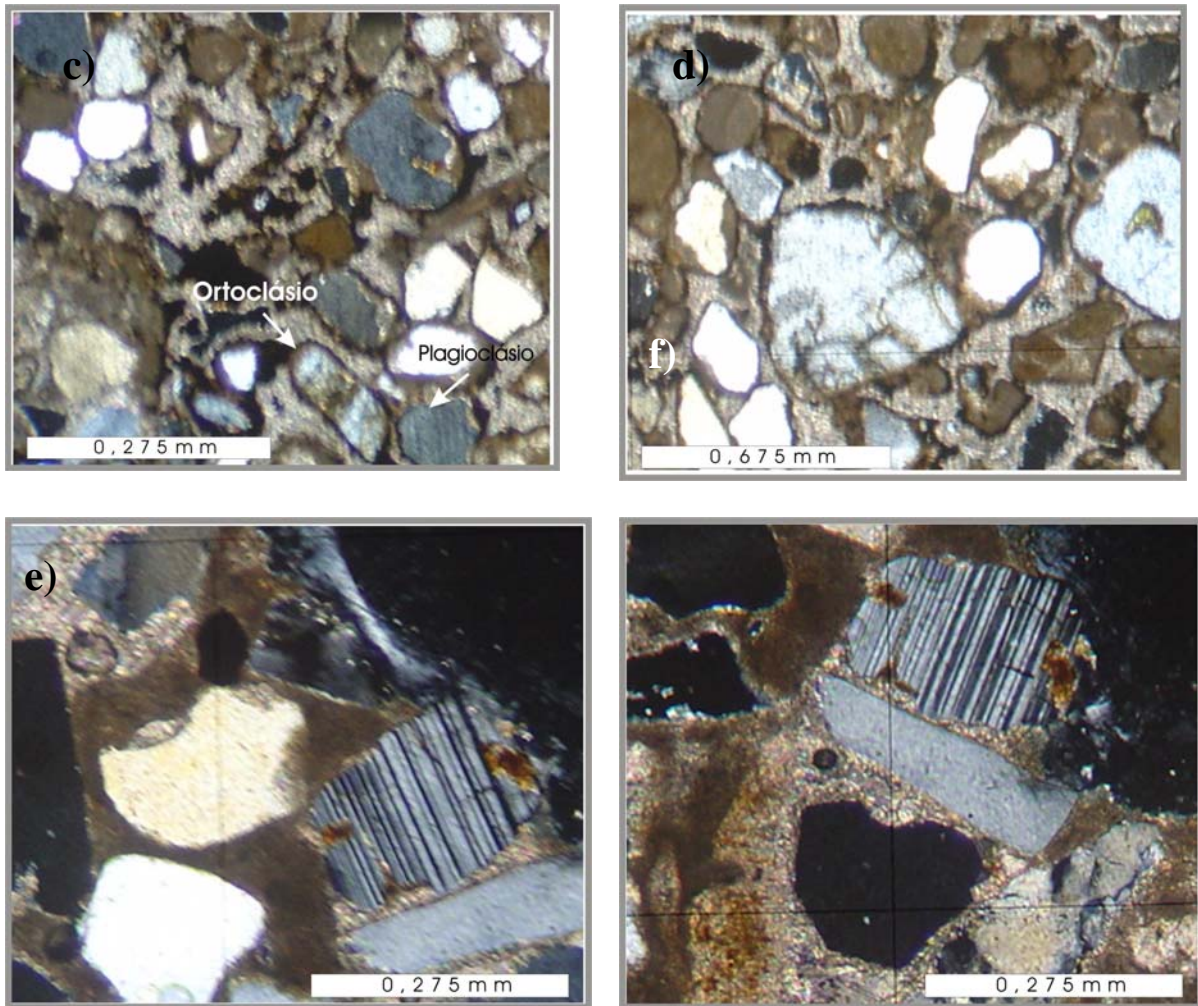
Podemos concluir a partir das observações em lâmina que a energia hidráulica deposicional foi relativamente elevada, o selecionamento foi na maioria das vezes eficiente. Processos seletivos que podem ter tal eficiência são ondas normais e correntes de marés. O arredondamento indica que os grãos foram submetidos a um desgaste mediano, durante o transporte, sugerindo uma distância moderada da área fonte ao sítio deposicional. A predominância do empacotamento frouxo indica que a rocha sofreu pouco processo de compactação (mecânica e/ou química), sugerindo que a mesma pode ter sido cimentada precocemente. O empacotamento normal, observado mais raramente, sugere que nestes casos a rocha foi submetida a um esforço mecânico maior, fazendo com que os grãos se rearranjassem de modo a suportar tal esforço. Visto ser uma rocha mineralogicamente matura pode-se inferir uma resistência elevada aos processos erosivos superficiais. De acordo com a classificação de McBride (1963) são classificados no campo subarcósio, sublitoarenito e quartzoarenito.





**Figura 4.13** – Fotografias de lâminas da Estação Minhoto 1. a) Franja carbonática (setas brancas) ao redor dos grãos de quartzo; b) Miliolídio que sofreu intensa micritização mascarando quase que totalmente sua estrutura interna; c) grãos de quartzo subangulosos (menores) e subarredondados (maiores); d) Miliolídeos (setas brancas); e) Feldspato alterado ao longo da geminação polissintética; f) Seleção pobre. Fotos: Izaac Cabral Neto.





**Figura 4.14** - Fotografias de lâminas da Estação Minhoto 2. a) Feldspato apresentando alteração no seu interior; b) Grãos de quartzo mostrando bordas arredondadas; c) Ortoclásio alterado e plagioclásio com geminação polissintética; d) visão mostrando locais com grão mal selecionados; e) Plagioclásio com geminação polissintética; f) Fragmento de rocha contendo quartzo, feldspato e frag. Rocha pré-existente. Fotos: Izaac Cabral Neto.

## CAPÍTULO 5 – DISCUSSÕES E CONSIDERAÇÃO FINAIS

Os resultados obtidos nesta dissertação são de extrema relevância para o conhecimento da Plataforma Continental Brasileira adjacente ao Rio Grande do Norte, tendo em vista sua abordagem quanto a aspectos da classificação das construções carbonáticas na plataforma, da constituição dos bancos, da distinção de pelo menos dois tipos de construções carbonáticas, da composição ecológica atual dos recifes, do substrato dos recifes e da história do comportamento do nível do mar, mostrando a existência de uma multiplicidade de aspectos da evolução dos recifes nesta região, quase tão grande quanto na Bahia.

O uso do Sensoriamento Remoto integrado a dados de campo se constituiu em um método acessível, rápido e preciso para o mapeamento de áreas submersas na área estudada, onde as águas são límpidas. Foram identificadas diferentes ocorrências de edificações carbonáticas afastadas da costa: os recifes de corais predominantemente no litoral Oriental (Região de Touros), e bancos areníticos, com destaque para os altos fundos – urcas - no litoral setentrional (entre São Bento do Norte e Macau). Os recifes do litoral oriental são classificados como cômoros (*knoll*) e canteiros (*patch*), onde predomina *Siderastrea stellata* em áreas de boa oxigenação e iluminação. Mas ocorrem também *Agaricia agaricites*, *Agaricia fragilis*, *Meandrina brasilensis*, *Porites astreoides*, *Porites branneri*, *Favia gravida*, e os hidrozoários *Millepora alcicornis*, e *Millepora brasiliensis*.

A hidrodinâmica ao longo dos recifes é variável. A região leste onde as edificações alcançam maior desenvolvimento em relação à base, está submetida ao embate das ondas, especialmente durante a baixa-mar. Ali, sobre a base predominam sedimentos bioclásticos grossos, tendo como principal componente os rodólitos, compatíveis com hidrodinamismo comparável à face sul das Urcas do litoral setentrional, e contrastando com sedimentos arenosos e argilosos ricos em matéria orgânica, adjacentes entre os corredores dos cômoros e canteiros, que servindo de obstáculo ao fluxo hídrico impõem variações menos severas ao hidrodinamismo. Colônias de antozoa de formas compactas especialmente *Siderastrea stellata*, predominam em

áreas superficiais e bem oxigenadas próximo à superfície da água, mas estendendo-se também às laterais dos cômoros, assumindo formas arredondas, e espessas. Colônias de *Millepora alcicornis*, forma proeminente e ramificada erguem-se a partir das laterais dos cômoros e canteiros, com predileção dos lados voltados para o oeste, oposto ao da arrebentação, por vezes em concentrações expressivas, conforme foi constatado em mergulhos em várias ocasiões. Os Recifes de Maracajaú e Rio do Fogo devido à proximidade do litoral e facilidade de acesso são permanentemente sujeitos a impactos: além de alvos constantes de atividades de lazer, estão sujeitos também à influência do sistema de drenagens constituídos pelos rios Maxaranguape, Rio do Fogo e rios menores, que canalizam produtos diversos originários do continente, condição constatada pela drástica alteração da coloração da água na área dos recifes além da presença de vestígios de manguezais flutuando ao sabor das correntes.

No litoral setentrional as construções têm dimensão de bancos, mas a cobertura de carbonato orgânico é inexpressiva, bem como o é a presença de corais. A superfície do banco arenítico é comparativamente pouco acidentada. Agentes bioerosivos estão evidentes (poliquetas, ecuínoides e esponjas). A ação hidrodinâmica das correntes é alta e o sedimento à base do banco é composto por cascalho bioclástico, cujo principal componente são os rodólitos, por vezes cimentados pela ação de alga coralinácea.

A distribuição espacial das diversas espécies de corais presentes nos recifes de Maracajaú e Rio do Fogo precisa ser melhor conhecida, bem como os fatores que condicionam essa distribuição. Esses dados poderão fornecer subsídios a respeito da extrema escassez de corais na Urca do Minhoto. As ocorrências e distribuição dos organismos recifais cretáceos demonstram um deslocamento e estacionamento das atuais edificações recifais para leste, a despeito do direcionamento das correntes costeiras que certamente favorecem o deslocamento de larvas para os substratos do litoral setentrional, o que pode ser indicativo de fatores físicos e químicos inadequados ao povoamento dessas áreas.

O fato das construções inorgânicas se encontrarem a uma profundidade média de 25 m nas duas áreas estudadas (oriental e setentrional) e apresentarem em lâminas delgadas características semelhantes aos *beachrocks* estudados por Caldas (2002) e Stattegger *et al.* (2006) nos levam a crer que os mesmos são resquícios de uma antiga linha de costa ou a altos estruturais com exposição de estratos da Bacia Potiguar. A possibilidade de subsidência no litoral setentrional, na região entre a linha do banco e o litoral, isolando esta antiga linha de costa, não deve ser descartada.

Os recifes de Sioba, Cação, Rio do Fogo e Maracajaú, perfilam entre Touros e Maracajaú, completamente integrados no litoral oriental, como demonstram o mapeamento realizado neste trabalho e outro obtidos por Testa e Bosence(1998, 1999) e Amaral (2002). Apesar disso, o zoneamento da distribuição de recifes na costa brasileira estabelece o Cabo São Roque, no litoral oriental, como limite entre as regiões norte (Foz do Rio Amazonas, 0° 30' S ao Cabo São Roque, 5° 29'S) e nordeste (cabo São Roque, 5° 29'S, à Foz do Rio São Francisco, 10° 30'S). Diante desse fato, o limite entre as regiões norte e nordeste deveria ser corrigido e reposicionado no Cabo Calcanhar, (5° 9'S) no município de Touros, em conformidade com, a localização geográfica e influências climáticas e oceanográficas dominantes sobre esse complexo de recifes (Figura 5.1).

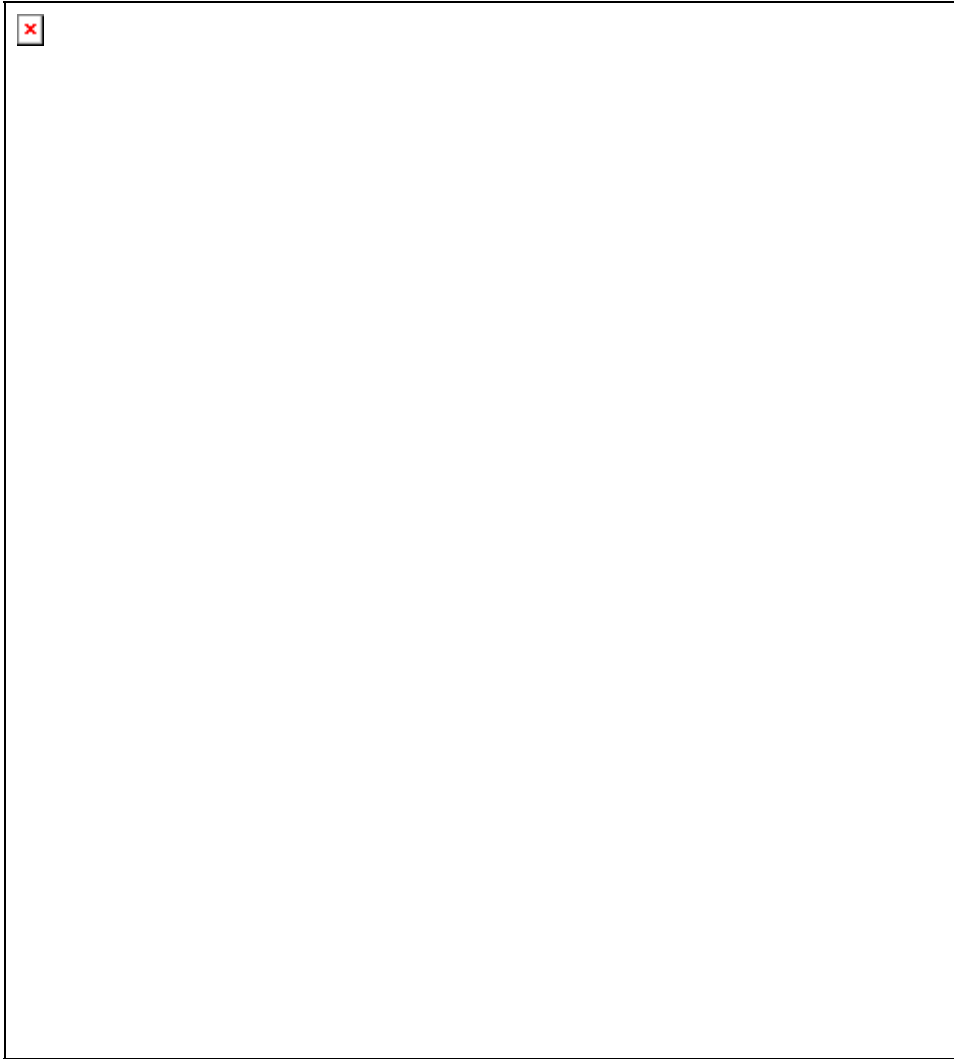


Figura 5.01 Proposta de limite de zonas no Cabo Calcanhar.

Os resultados aqui obtidos indicam ainda implicações importantes com relação à avaliação de impactos da exploração de petróleo e do turismo no estado. Desta forma, recomenda-se em estudos futuros, a utilização de batimetria multifeixe, sonar de varredura lateral e perfiladores de subfundo, entre outros, para quantificar a geometria dos recifes e bancos, bem como a datação dos mesmos, de forma a posicioná-los no tempo e no espaço.

---

---

## CAPÍTULO 6 – REFERÊNCIAS

---

---

- ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B. & FUCK, R.A. –1977- Províncias estruturais brasileiras. Anais 2º Simpósio de Geologia do Nordeste, 242-258, Campina Grande, PB.
- AMARAL, R. F. -2002- Mapeamento da Área de Proteção Ambiental dos Recifes de Corais – Fase Exploratória. UFRN, Departamento de Geologia /IDEMA, SUGERCO. Relatório Interno. Ilustrado. Natal. 50p.
- ARARIPE, P.T. & FEIJÓ, F. -1994- Bacia Potiguar. Boletim de Geociências da PETROBRAS. 8(1):127-141.
- ARAÚJO, T.M.F., LEÃO Z.M.A.N., LIMA O.A.L. – 1984 - Evolução do recife de coral da ilha de Itaparica determinada a partir de dados geológicos e geofísicos. Anais do 33º Congr. Bras. de Geologia, SBG, 159-169, Rio de Janeiro, RJ.
- BARRETO, A.M.F., BEZERRA, F.H.R., SUGUIO, K., TATUMI, S.H., YEE, M., PAIVA, R.P., & MUNITA, C.S. -2002- Late Pleistocene Marine Terrace Deposits In Northeastern Brazil: Sea-Level Changes And Tectonic Implications: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology,179:57-69.
- BERTANI, R.T.; NETO, A.F.A. & MATOS, R.M.D. -1987- O habitat do petróleo da Bacia Potiguar Emersa. Boletim de Geociências da Petrobras, 1(1):41-49.
- BRANNER, J.C. -1904- The Stone Reefs of Brazil, their Geological and Geographical Relations, with a Chapter on the Coral Reefs. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College. Geological Series, vol.VII, 275p.
- CALDAS, L.H.O. -2002- Late Quaternary Coastal Evolution of the NE Rio Grande do Norte coast, NE Brazil. PhD. Thesis. Kiel University, Germany. 92p.



- CHANG, H.K. & KOWSMANN, R.O. – 1987 – Interpretação genética das seqüências estratigráficas das bacias da margem continental brasileira. *Revista Brasileira de Geociências*. 17:74-80.
- CHANG, H.K.; KOWSMANN, R.O.; FIGUEIREDO, A.M.F.; BENDER, A.A. – 1992 – Tectonics and stratigraphy of the Brazil Rift Sstem: na overview. *Tectonophysics*. 213:97-138.
- CHAPPELL, J. – 1983 - Sea level changes and coral reef growth. In: D.J. BARNES. (ed.) *Perspectives on Coral Reefs*. Manuka, Brian Cluston. 46-55.
- CREMONINI, O.A.; GOULART, J.P.M. & SOARES, U.M. 1996. O Rifte Potiguar: novos dados e implicações tectônicas. *Boletim do 4º Simpósio Sobre o Cretáceo do Brasil*, 89-93, São Paulo.
- CÓRDOBA, V. C. – 2001- A Evolução da Plataforma Carbonática Jandaíra Durante o Neocretáceo na Bacia Potiguar: análise Paleoambiental, Diagenética e Estratigráfica. Tese de Doutorado. Intituto de Geociências e Ciências Exatas. UNESP, Rio Claro-SP. P.239
- DANTAS, E.P. – 1998 - Gravimetria e Sensoriamento Remoto: Uma Aplicação ao Estudo da Tectônica Recente entre Macau e São Bento do Norte (RN). Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica da UFRN, Natal-RN, 97p.
- DAVIES, P.J., KINSEY D.W. – 1973 - Organic and inorganic factors in recent beach rock formation, Heron Island, Great Barrier Reef. *Journal of Sedimentary Petrology*, 43: 59-81.
- DAVIES, P.J., MONTAGGIONI L. - 1985 - Reef growth and sea-level change: the envronmental signature. *Proceedings of the 5º Int Coral Reef Symposium*, . 3: 477-515, Antenne Museum EPHE, ,Tahiti,
- DELLA FÁVERA J.C., CASTRO J.C., SOARES U.M., ROSSETTI E.L., MATSUDA N., HASHIMOTO A., GUZZO J.P., RODRIGUES R., AZAMBUJA N.C., ALVES D.B. 1994. Estratigrafia de seqüências da Formação Pendência, Bacia Potiguar. In: *Simpósio sobre o Cretáceo no Brasil*, 3, Rio Claro, *Resumos*, p. 35.

- FERNANDES, A. C. S., WANDERLEY, M. D. – 1985. Ocorrência inédita de corais (Anthozoa-Scleractinia) na Formação Jandaíra, Cretáceo Superior, RN. *In: Congresso Brasileiro de Paleontologia*, 9, Fortaleza. *Resumos*.Fortaleza, SBP, p. 69.
- HARTT, C.F. – 1870 - *Geology and Physical Geography of Brazil*. Huntington, Robert E. Krieger Publishing Company. 620 p.
- HOPLEY, D. – 1986 - Corals and reefs as indicators of paleo-sea levels - with special reference to the Great Barrier Reef. *In: O.v.d. Plassche. (ed.) Sea-level research: a manual for the collection and evaluation of data*. Norwich, Geo Books. 195-228.
- KIKUCHI, R.K.P., LEÃO, Z.M.A.N. – 1997 - Rocas (Southwestern Equatorial Atlantic, Brazil): an atoll built primarily by coralline algae. *In: Proceedings of the 8° ISRS, Int. Coral Reef Symposium.*, 1: 731-736, Panama.
- KIKUCHI, R.K.P., LEÃO, Z.M.A.N. – 1998 - The effects of Holocene sea level fluctuation on reef development and coral community structure, Northern Bahia, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 70: 159-171.
- LABOREL, J. – 1967 – Les peuplements de Madréporaries des côtes tropicales du Brésil. These Docteur (Université Doix-Marseille), Marseille, 313p.
- LABOREL, J. – 1969 – Les peuplements de Madréporaries des côtes tropicales du Brésil. *Ann. Univ. D'Abidjan, Serie E (Ecologie)*, 3:260p.
- LABORREL, J. I. – 1969 - Madreporaires et hydrocorallieres recifaux des côtes brésiliennes: systematique, ecologie, repartition verticale et geographie, *Ana. Inst. Oceanogr., Paris*, v. 47, p. 171-229.
- LEÃO, Z. M. A. N. 1986. Guia para identificação de corais do Brasil. Salvador: Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Programa de Pesquisa e pós-graduação em Geofísica, 57 p.

LEAO, Z. M. A. N. -1994- The coral reefs of southern Bahia. In Corals of Southern Bahia, (B. Hetzel & C. B. Castro, eds), Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 151-159.

LEÃO, Z.M.A.N., LIMA, O.A.L. – 1982 - Caracterização do substrato de recifes de corais holocênicos a partir de dados de sísmica de regração e perfuração. Revista Brasileira de Geociências, 12: 531-535. 22

LEÃO, Z. M. A. N. 1982. Morphology, geology and development history of the southesternmost coral reefs of Western Atlantic, Abrolhos Bank, Brazil. Florida, 218 p. tese (Doutorado) Rosentiel School of Marine and Atmospheric Sciences. University of Miami.

LEÃO, Z. M. A. N. Abrolhos: o refúgio pleistocênico de uma fauna terciária de corais. R. Cienc. da Terra, v. 8 p. 22-24, 1983.

LEÃO, Z.M.A.N.; KIKUCHI, R.K.P. & TESTA, V. -2003- Corals and coral reefs of Brazil. In: Cortés, J. (ed.). Latin American Coral Reefs, Elsevier Science B.V., 1-44.

LIMA, W.S.G. & AMARAL, R.F. -2001- Mapeamento dos Recifes de Corais de Maracajaú/RN com o uso de Fotografias Aéreas de Pequeno Formato. Pesquisas em Geociências, 28(2): 417-425.

MAIDA, M. & FERREIRA, B.P. – 2004 – Os recifes de coral brasileiros. Eskinazi-Leça, E. et.al. (org.). Oceanografia, um cenário tropical. Ed. Bagaço, Recife. 761p.

MATOS, R.M.D. -1992- The northeast brazilian rift system. Tectonics. 11(4):766-791.

MOORE, R. C. 1956. Treatise on INVERTEBRATE Paleontology. Part F. Coelenterata. Geological Society of America and University of Kansas Press.

NIMER, E. - 1989 - Climatologia do Brasil. IBGE, Rio de Janeiro, 422 pp.

NOLASCO, M.C., LEÃO, Z.M.A.N. – 1986 - The carbonate buildups along the northern coast of the State of Bahia, Brazil. In: J. Rabassa. (ed.) Quaternary of South America and Antarctic Peninsula. Rotterdam, A. A. Balkema. 159-190.

OLIVEIRA, M.I.M., BAGNOLI E., FARIAS, C.C., NOGUEIRA, A.M.B., SANTIAGO, M. – 1990 - Considerações sobre a geometria, petrografia, sedimentologia, diagênese e idade dos "beachrocks" do Rio Grande do Norte. 36º Congresso Brasileiro de Geologia, 2: 621-634, Natal-RN.

PESSOA NETO, O.C. – 2003 – Estratigrafia de Seqüências da Plataforma Mista Neogenica na Bacia Potiguar, Margem Equatorial Brasileira. Revista Brasileira de Geociências. 33 (3): 263-278.

STATTEGGER, K.; CALDAS, L.H.O. & VITAL, H. -2006- Holocene Coastal Evolution of the Northern Rio Grande do Norte Coast, Brazil. Journal of Coastal Research, SI 39 (Proceedings of the 8th International Coastal Symposium), – no prelo.

TESTA, V. -1997- Calcareous algae and corals in the inner shelf of Rio Grande do Norte, NE Brazil. Proceedings of the Eighth International Coral Reef Symposium, vol. 1, 737-742.

TESTA, V. & BOSENCE, D. W. J. -1998- Carbonate-Siliciclastic Sedimentation on High-Energy, Ocean-Facing, Tropical Ramp, NE Brazil, In Carbonate Ramps (V.P. Wright & T.P. Burchette, eds). Geol. Soc. London Spec.Pub., vol.149, 55-71. 23

TESTA, V. & BOSENCE, D. W. J. -1999- Physical and Biological Controls on the Formation of Carbonate and Siliciclastic Bedforms on the North-East Brazilian: Shelf. Sedimentology, 46: 279-301.

VASCONCELOS E.P. 1995. *O evento CPT (Camadas Ponta do Tubarão), Aptiano da Bacia Potiguar*. Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Dissertação de Mestrado, 198 p.

VIANNA, M.L.; SOLEWICZ, R.; CABRAL, A.P. & TESTA, V. -1991- Sandstream on the Northeast Brazilian Shelf. Continental Shelf Research, 2: 509-524.

VIANNA, M.L.; CABRAL, A.P. & GHERARDI, D.F.M. -1993- TM-Landsat Imagery Applied to the Study of the Impact for Global Climate Change on a Tropical Coastal Environment During the Last Deglaciation. *Journal of Remote Sensing*, 14: 2971-2983.

VITAL, H.; STATTEGGER K.; AMARO, V.E.; SCHWARZER, K.; FRAZÃO, E.P.; TABOSA, W.F. E SILVEIRA, I.M. – aceito - Inner continental shelf off Northern Rio Grande do Norte, NE Brazil: A Modern high-energy siliciclastic-carbonate platform. In: Hampson G, Dalrymple R (eds). *Recent Advances in Shoreline –shelf Stratigraphy*. SEPM Special Issue.

**ANEXOS**

Tabela 1 - Estação 1/Maracajau -1

transectos	M1-1	%	M1-2	%	M1-3	%	M1-4	%	M1-5	%	M1-6	%	Total pontos	% M1
<b>Agaricia agaricites</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Agaricia fragilis</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Favia gravida</b>	-	-	1	0,21	-	-	-	-	2	0,44	-	-	3	
<i>Meandrina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Millepora Alaicornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Millepora nítida</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Porites astreoides</i>	-	-	1	0,21	5	1,13	-	-	-	-	-	-	-6	
<i>Porites branneri</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Siderastrea stellata</i>	8	2	4	0,81	11	2,50	-	-	13	2,88	11	2,07	47	
<i>Palithoa</i>	87	23,25	-	-	37	8,40	129	30,00	-	-	89	16,79	342	
<i>Zoanthus pulchelus</i>	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	
<b>Esponja</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Algas	274	68,50	166	36,08	110	25,00	4	0,93	288	64,00	391	73,77	1233	
Alga coralina	5	1,25	1	0,21	-	-	-	-	1	0,22	6	1,13	13	
Sedimento	3	0,75	263	57,17	262	59,54	291	67,67	119	26,44	1	0,18	939	
<b>Buraco</b>	17	4,25	10	2,17	13	2,95	3	0,69	25	5,55	32	6,03	100	
Substrato	-	-	14	3,04	2	0,45	3	0,69	2	0,44	-	-	21	
Satélite	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total	400	100	460	99,95	440	99,97	430	99,98	450	99,97	530	99,97	2710	

Tabela 2 - Estação 1/Maracajau -2

transectos	M2-1	%	M2-2	%	M2-3	%	M2-4	%	M2-5	%	M2-6	%	Total pontos	% M2
<b>Agaricia agaricites</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Agaricia fragilis</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Favia gravida</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Meandrina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Millepora Alaicornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Millepora nítida</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Porites astreoides</i>	-	-	2	0,46	-	-	5	1,02	-	-	-	-	7	
<i>Porites branneri</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Siderastrea stellata</i>	9	2,09	15	3,48	6	1,57	17	3,46	6	1,42	3	0,71	56	
<i>Palithoa</i>	33	7,67	-	-	114	30,00	52	10,61	40	9,52	158	37,85	397	
<i>Zoanthus pulchelus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	
<b>Esponja</b>	1	0,23	-	-	-	-	4	0,81	-	-	-	-	5	
Algas	181	42,09	306	71,16	96	25,26	338	68,97	309	73,57	203	48,33	1433	
Alga coralina	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,23	-	-	1	
Sedimento	180	41,86	86	20,00	153	40,26	64	13,06	17	4,04	41	9,76	541	
<b>Buraco</b>	20	4,65	11	2,55	11	2,89	9	1,83	11	2,61	12	2,85	74	
Substrato	6	1,39	10	3,32	-	-	1	0,20	36	8,57	-	-	53	
Satélite	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0,47	2	
Total	430	99,98	430	99,97	380	99,98	490	99,96	420	99,96	420	99,97	2570	



Tabela 3 - Resumo dos transectos de Maracajaú com percentual total – (M1-1 a M1-6 e M2-1 a M2-6)

transectos	M1-1	M1 - 2	M1- 3	M1- 4	M1- 5	M1- 6	M2-1	M2 - 2	M2 - 3	M2-4	M2 - 5	M2 - 6	total	%
<i>Agaricia agaricites</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Agaricia fragilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Favia gravida</i>	-	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	3	0,0568
<i>Meandrina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Millepora Alvicornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Millepora nítida</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Porites astreoides</i>	-	1	5	-	-	-	-	2	-	5	-	-	13	0,2461
<i>Porites branneri</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Siderastrea stellata</i>	8	4	11	-	13	11	9	15	6	17	6	3	103	1,9507
<i>Palithoa</i>	87	-	37	129	-	89	33	-	114	52	40	159	740	14,1287
<i>Zoanthus pulchelus</i>	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-
Esonja	-	-	-	-	-	-	1	-	-	4	-	-	5	0,0946
<b>Algas</b>	274	166	110	4	288	391	181	306	96	338	309	203	2666	50,4924
Alga coralina	5	1	-	-	1	6	-	-	-	-	1	-	14	0,2651
Sedimento	3	263	262	291	119	1	180	86	153	64	17	41	1480	28,0303
<b>Buraco</b>	17	10	13	3	25	32	20	11	11	9	11	12	174	3,2954
Substrato	-	14	2	3	2	-	6	10	-	1	36		74	1,4015
Satélite	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	0,0378
Total	400	460	440	430	450	530	430	430	380	490	420	420	5280	100,0000

OBS:

T – 1: quadro M\_041 eliminado (total 400)

T - 4 – saltou n ° 031 na numeração – (total 430)

T – 5: numeração dos quadros começa com M\_000

T – 11 – SUPRIMIDO o quadro M -0 43 ( total 420)

**TABELA 4 – ESTAÇÃO RIO DO FOGO**

<b>Transectos</b>	<b>RF -1</b>	<b>%</b>	<b>RF - 2</b>	<b>%</b>	<b>RF - 3</b>	<b>%</b>	<b>RF-4</b>	<b>%</b>	<b>RF -5</b>	<b>%</b>	<b>RF -6</b>	<b>%</b>	<b>total</b>	<b>%</b>
<b>Agaricia agaricites</b>														
<b>Agaricia fragilis</b>														
<b>Favia gravaida</b>														
<i>Meandrina</i>														
<i>Millepora alciornis</i>	6	0,714											6	0,117
<i>Millepora nítida</i>														
<i>Porites astreoides</i>									4	0,493			4	0,078
<i>Porites branneri</i>														
<i>Siderastrea stellata</i>	20	2,380	38	4,634	64	7,901	14	1,609	32	3,950	42	4,468	210	4,125
<i>Palithoa</i>	49	5,833	22	2,682	26	3,209			149	18,395	192	20,425	438	8,605
<i>Zoanthus pulchelus</i>	1	0,119					6	0,689			10	1,063	17	0,333
Esponja														
<b>Algas</b>	669	79,64	698	85,121	582	71,851	810	93,103	419	51,728	684	72,765	3862	75,874
Alga coralina	1	0,119					6	0,689			3	0,319	10	0,196
Sedimento	68	8,095			120	14,814	18	2,068	194	23,950			400	7,858
<b>Buraco</b>	23	2,738	62	7,560	16	1,975	16	1,839	12	1,481	9	0,957	138	2,711
Substrato	1	0,119			2	0,246							3	0,058
Satélite	2	0,238											2	0,039
Total	840	99,281	820	99,997	810	99,996	870	99,997	810	99,997	940	99,997	5090	99,994

**Tabela 5 - Percentual comparativo entre as séries M1 e M2 da Estação 1 – Maracajá e estação 2 R do Fogo**

transectos	Estação 1 – M1	%	Estação1- M2	%	Estação 2 R do Fogo	%	TOTAL	%
<b>Agaricia agaricites</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Agaricia fragilis</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Favia graviora</b>	3	0,11	-	-	-	-	3	0,028
<i>Meandrina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Millepora Alaicornis</i>	-	-	-	-	6	0,117	6	0,057
<i>Millepora nitida</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Porites astreoides</i>	6	0,221	7	0,272	4	0,078	17	0,163
<i>Porites branneri</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Siderastrea stellata</i>	47	1,734	56	2,178	210	4,125	313	3,018
<i>Palithoa</i>	342	12,841	397	15,486	438	8,605	1177	11,417
<i>Zoanthus pulchelus</i>	6	-	1	-	17	0,333	24	0,163
<b>Esponja</b>	-	-	5	0,194	-	-	5	0,048
Algas	1233	45,498	1433	55,58	3862	75,874	6528	62,950
Alga coralina	13	0,479	1	0,038	10	0,196	24	0,231
Sedimento	939	34,649	541	21,050	400	7,858	1880	18,129
<b>Buraco</b>	100	3,690	74	2,879	138	2,711	312	3,008
Substrato	21	0,774	53	2,062	3	0,058	77	0,742
Satélite	-	-	2	0,077	2	0,039	4	0,003
Total	2710	99,996	2570	99,994	5090	99,994	10370	99,957

**TABELA 6 - PERCENTUAL DE CORAIS PETREOS POR ESTAÇÃO E TOTAL**

transectos	Estação 1 – M1	%	Estação1- M2	%	Estação 2 R do Fogo	%	TOTAL	%
<b>Agaricia agaricites</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Agaricia fragilis</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Favia grávida</b>	3	5,357	-	-	-	-	3	0,884
<i>Meandrina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Millepora Alcornis</i>	-	-	-	-	6	2,727	6	1,769
<i>Millepora nitida</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Porites astreoides</i>	6	10,714	7	11,111	4	1,818	17	5,014
<i>Porites branneri</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Siderastrea stellata</i>	47	83,928	56	88,888	210	95,454	313	92,330
<b>TOTAL</b>	56	99,999	63	99,999	220	99,999	339	99,997

**TABELA 7 - PERCENTUAL DE CORAIS PETREOS POR ESTAÇÃO E TOTAL – Ordem Decrescente**

transectos	Estação 1 – M1	%	Estação1- M2	%	Estação 2 R do Fogo	%	TOTAL	%
<i>Siderastrea stellata</i>	47	83,928	56	88,888	210	95,454	313	92,330
<i>Porites branneri</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Porites astreoides</i>	6	10,714	7	11,111	4	1,818	17	5,014
<i>Millepora nitida</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Millepora Alcornis</i>	-	-	-	-	6	2,727	6	1,769
<i>Meandrina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Favia grávida</b>	3	5,357	-	-	-	-	3	0,884
<b>Agaricia fragilis</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Agaricia agaricites</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	56	99,999	63	99,999	220	99,999	339	99,997

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)