

# PROGRAMA OCEANOS, ZONA COSTEIRA E ANTÁRTICA

---

## POTENCIALIDADE DOS GRANULADOS MARINHOS DA PLATAFORMA CONTINENTAL DO RIO GRANDE DO NORTE - SETOR TOUROS



### INFORME DE RECURSOS MINERAIS

Série Recursos Minerais Marinhos, nº 02

Levantamento Geológico, Oceanográfico  
e Ambiental do Potencial Mineral do  
Espaço Marinho e Costeiro

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
**CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL**  
DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

I PROGRAMA OCEANOS, ZONA COSTEIRA E ANTÁRTICA I

**LEVANTAMENTO GEOLÓGICO, OCEANOGRÁFICO E AMBIENTAL  
DO POTENCIAL MINERAL DO ESPAÇO MARINHO E COSTEIRO**

---

# **POTENCIALIDADE DOS GRANULADOS MARINHOS DA PLATAFORMA CONTINENTAL DO SETOR TOUROS**

Estado do Rio Grande do Norte

## **ORGANIZADORES**

Ricardo Farias do Amaral  
Katiane dos Santos Salviano  
Rafael Correa de Melo  
Hortencia Maria Barboza de Assis  
Marcio Martins Valle

## **INFORME DE RECURSOS MINERAIS**

Série Recursos Minerais Marinhos, nº 02



**SERVIÇO GEOLÓGICO  
DO BRASIL - CPRM**

---

Recife  
2020

**REALIZAÇÃO**

Residência de Recife

**ORGANIZAÇÃO**

Ricardo Farias do Amaral  
Katiane dos Santos Salviano  
Rafael Corrêa de Melo  
Hortencia Maria Barboza de Assis  
Ronaldo Gomes Bezerra  
Márcio Martins Valle

**EQUIPE TÉCNICA DA PESQUISA****Coordenação Técnica Nacional**

Hortencia Maria Barboza de Assis

**Coordenação UFRN**

Ricardo Farias do Amaral

**COORDENAÇÃO CPRM- PIATAFORMA CONTINENTAL RASA DO BRASIL**

Ronaldo Gomes Bezerra  
Márcio Martins Valle

**COLABORADORES**

Felipe Rocha Abreu -REFO/CPRM  
Wanessa Souza Marques – REFO/CPRM

Ludmila Bernardo Farias Pereira – SUREG-RE/CPRM  
Eduardo Vitarell de Queiroz - UFRN  
Equipe do Granmar/ Laboratório de Estudos Geoambientais – LEGEO/UFRN

**PROJETO GRÁFICO/EDITORIAÇÃO****Capa (DIMARK)**

Washington José Ferreira Santos

**Diagramação (ERJ)**

Pedro da Silva

**Estagiária**

Ingrid Rodrigues Silva - SUREG-RE/CPRM  
Josefa Deidyane Ales Pinheiro - REFP/CPRM

**Compatibilização e Revisão Geral**

Ronaldo Gomes Bezerra  
Rafael Corrêa de Melo  
Márcio Martins Valle  
Hortencia Maria Barboza de Assis

---

**Serviço Geológico do Brasil - CPRM**

www.cprm.gov.br  
seus@cprm.gov.br

## Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

P861 Potencialidade dos granulados marinhos da plataforma continental do setor Touros : estado do Rio Grande do Norte / Organizadores Ricardo Farias do Amaral... [et al.]. – Recife : CPRM, 2020.  
1 recurso eletrônico : PDF. – (Informe de recursos minerais. Série recursos minerais marinhos ; 2)

Levantamento geológico, oceanográfico e ambiental do potencial mineral do espaço marinho e costeiro.  
ISBN 978-65-5664-077-8

1.Geologia econômica. 2.Recursos minerais. I. Valle, Marcio Martins (org.). I. Manso, Valdir do Amaral Vaz (org.). III. Assis, Hortencia Maria Barboza de (org.). IV. Bezerra, Ronaldo Gomes (org.). V. Melo, Rafael Correa (org.). VI. Série. VII. Título.

CDD 553.0981

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Teresa Rosenhayme CRB 5662

# APRESENTAÇÃO

---

**E**ste exemplar faz parte da série intitulada “Série de Recursos Minerais Marinhos”, cuja abordagem temática está relacionada à potencialidade estratégica dos bens minerais marinhos da plataforma continental rasa do Brasil.

Este informe compõe, portanto, o 2º volume da Série Recursos Minerais Marinhos a Diretoria de Geologia e Recursos Minerais, que passa a contar com os seguintes títulos:

- 1) Potencialidade dos granulados marinhos da plataforma continental leste do Ceará
- 2) Potencialidade dos granulados marinhos da plataforma continental do Rio Grande do Norte: setor Touros.

A aquisição de exemplares deste informe poderá ser efetuada diretamente na Superintendência Regional de Recife ou podem ser adquiridos na rede de bibliotecas da CPRM, através do SEUS (Serviço de Atendimento aos Usuários). Os endereços e e-mails correspondentes estão listados na contracapa.

**Esteves Pedro Colnago**

Diretor-Presidente

**Diretor de Geologia e Recursos Minerais**

Marcio José Remédio



## **MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

### **Ministro de Estado**

Bento Costa Lima de Albuquerque Junior

### **Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral**

Alexandre Vidigal de Oliveira

## **SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE RECIFE**

### **Superintendente Regional**

Vanildo Almeida Mendes

### **Gerência de Geologia e Recursos Minerais**

Cleide Regina Moura da Silva

## **SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

### **DIRETORIA EXECUTIVA**

#### **Diretor Presidente**

Esteves Pedro Colnago

#### **Diretor de Geologia e Recursos Minerais**

Marcio José Remédio

#### **Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial**

Alice Silva de Castilho

#### **Diretor de Infraestrutura Geocientífica**

Paulo Afonso Romano

#### **Diretor de Administração e Finanças**

Cassiano de Souza Alves

### **COORDENAÇÃO TÉCNICA**

#### **Chefe do Departamento Tecnológico**

Neovaldo de Araujo Teixeira

#### **Chefe do Departamento de Geologia**

Lúcia Travassos da Rosa Costa

#### **Chefe da Divisão de Geologia Básica**

Vladimir Cruz de Medeiros

#### **Chefe da Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica**

Luiz Gustavo Rodrigues Pinto

#### **Chefe do Departamento de Recursos Minerais**

Marcelo Esteves Almeida

#### **Chefe da Divisão de Projetos Especiais e Minerais Estragégicos**

Ioná de Abreu Cunha

#### **Chefe da Divisão de Geologia Econômica**

Felipe Matos Tavares

#### **Chefe da Divisão de Geoquímica**

Silvana de Carvalho Melo

#### **Chefe do Departamento de Informações Institucionais**

Edgar Shinzato

#### **Chefe da Divisão de Geoprocessamento**

Hiran Silva Dias

#### **Chefe da Divisão de Cartografia**

Fábio Silva da Costa

#### **Chefe da Divisão de Documentação Técnica**

Roberta Pereira da Silva de Paula

#### **Chefe do Departamento de Relações Institucionais e Divulgação**

Patrícia Duringer Jacques

#### **Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação**

Washington José Ferreira Santos

#### **Chefe da Divisão de Apoio Técnico**

Maria José Cabral Cezar

#### **Chefe da Divisão de Editoração Geral**

Valter Alvarenga Barradas

#### **Coordenação Técnica do Projeto**

Hortencia Maria Barboza de Assis

Ronaldo Gomes Bezerra

Márcio Martins Valle

## RESUMO

---

O Projeto Plataforma Rasa do Brasil vem desenvolvendo, no litoral Nordeste do Brasil, estudos com o objetivo de difundir o conhecimento geológico e avaliar a potencialidade mineral da plataforma continental adjacente, contemplando levantamentos geológico-geofísicos, detalhamento de sítios de interesse geoeconômico e preparação de estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental para a região.

Inserido neste Projeto, o setor Touros, plataforma continental leste do Estado do Rio Grande do Norte, foi alvo de pesquisas, sendo caracterizadas, através de análises de campo e laboratoriais, sua sedimentação e geomorfologia, bem como foram reconhecidas suas principais reservas minerais. Com base nas análises, foram obtidos mapas temáticos (batimétrico, diâmetro médio, carbonato de cálcio, classificação da composição dos sedimentos e textural) e elaborada a carta textural na escala de 1:100.000, até a profundidade de 30 metros, disponível no site do Repositório Institucional de Geociências da CPRM (<http://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/21615>).

O setor Touros apresenta uma sedimentação predominantemente carbonática, constituída, em grande parte, por fragmentos de algas calcárias verdes do gênero *Halimeda* ou vermelhas não-articuladas da família *Corallinacea*. Porém, sedimentos siliciclásticos (quartzosos) encontram-se presentes formando depósitos reliquiais. Isto faz com que a região apresente ocorrências potenciais para granulados marinhos carbonáticos e siliciclásticos. Porém, apesar de ter reservas potenciais e vir a configurar um cenário econômico favorável, o setor Touros abrange uma Área de Proteção Ambiental (APA) dos Recifes de Corais, englobando três importantes complexos recifais, sendo, deste modo, proibitivas quaisquer atividades relacionadas à mineração na região. Deste modo, os estudos aqui referidos visaram à geração de produtos que possibilitassem o conhecimento do ambiente marinho local e do potencial dos granulados marinhos que ocorrem no setor, e que, porventura, possam auxiliar pesquisas em outras áreas, que pela similaridade de sua sedimentação, podem indicar regiões potenciais e que estas sejam passíveis de serem exploradas de forma sustentável.

Atualmente, os granulados marinhos têm seu aproveitamento nas diversas áreas do setor econômico, especialmente nas indústrias da construção civil, reconstrução de praias erodidas, como também em fertilizantes e suplementos em rações para animais, para tentar suprir a crescente necessidade e exaustão das reservas continentais. Assim, o aproveitamento destes recursos pode dar um valor socioeconômico às localidades próximas às áreas exploradas, embora estudos detalhados sejam necessários a fim de minimizar os custos de produção e o impacto ambiental na região, para que se possa ser potencialmente rentável e ambientalmente sustentável a sua exploração.

## ABSTRACT

---

*The “Brazil’s Shallow Shelf Project” has been developing, on the Northeast coast of Brazil, studies with the purpose of spreading geological knowledge and assessing the mineral potential of the adjacent continental shelf, covering geological and geophysical surveys, detailing of sites of geoeconomic interest and preparation for technical, economic and environmental feasibility studies of the region.*

*The Touros sector, located in the east of the State of Rio Grande do Norte, was the research primarily target, which aimed its sedimentation and geomorphological characterization, through field and laboratory analysis, as well as the recognition of its main mineral reserves. Based on the analyzes, thematic maps were developed (bathymetric, average diameter, calcium carbonate, classification of the composition of the sediments and textural) and the textural chart was elaborated on a scale of 1: 100.000 up to a depth of 30 meters, available on the website CPRM Institutional Geosciences (Repository <http://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/21615>).*

*Regarding its sedimentation characterization, the Touros sector has a predominantly carbonate sedimentation, constituted, in large part, by fragments of green limestone algae of the genus *Halimeda* or red non-articulated corallinacea family. However, siliciclastic sediments (quartzose) are present forming relic deposits, which provides the region with potential occurrences for marine carbonate and siliciclastic granules. Regardless of its potential mineral reserves and the favorable economic scenario, the Touros sector covers an Environmental Protection Area (APA) of Coral Reefs, encompassing three important reef complexes, thus, any activities related to mining are prohibited in the region. Therefore, the research aimed at generating products that would gather data of the local marine environment and the potential of marine granules that occur in the sector, and, perhaps, also assist research in other areas, which, due to the similarity of sedimentation processes, may indicate potential regions that could be explored in a sustainable way.*

*Currently, marine granules has being used in a wide range of areas of the economic sector, especially in the construction industry, (for) beach restoration, as well as in fertilizers and in animal feed supplements, aiming to meet the growing need and the depletion of continental reserves. Consequently, the use of these resources can give a socioeconomic value for regions near the explored areas, although detailed studies are necessary in order to minimize the production costs and the environmental impact, pursuing a potentially profitable and environmentally sustainable exploration.*

# SUMÁRIO

---

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
1.1. Atividades Desenvolvidas .....	9
1.2. Aspectos Gerais sobre Pesquisa, Lavra, Beneficiamento e Aplicação dos Recursos Minerais Marinhos.....	9
1.3. O Panorama do Aproveitamento dos Granulados Marinhos.....	9
1.3.1. Granulados Marinhos Siliciclásticos .....	9
1.3.2. Granulados marinhos carbonáticos.....	10
1.4. A Mineração e o Meio Ambiente Marinho .....	12
<b>2. AREA DA PESQUISA .....</b>	<b>14</b>
2.1. Características da Área.....	14
2.2. Parâmetros Oceanográficos .....	14
2.2.1. Ondas.....	14
2.2.2. Correntes .....	14
2.2.3. Variação de Maré .....	16
2.2.4. Temperatura e Salinidade.....	16
2.3. Parâmetros Climatológicos .....	16
2.3.1. Precipitação .....	17
2.3.2. Ventos.....	17
2.3.3. Temperatura .....	18
<b>3. PLATAFORMA CONTINENTAL DO SETOR TOUROS .....</b>	<b>19</b>
3.1. Sedimentação Marinha Siliciclástica .....	19
3.2. Sedimentação Marinha Carbonática .....	19
3.2.1. Algas Calcárias Vermelhas .....	20
3.2.2. Algas Calcárias Verdes .....	20
3.2.3. Recifes de Corais .....	20
3.3. Caracterização Geomorfológica e Classificação da Plataforma do Nordeste Oriental .....	21
3.3.1. Morfologia de Estruturas Sedimentares e a Morfologia da Plataforma do Nordeste Oriental .....	22
<b>4. MÉTODOS .....</b>	<b>24</b>
4.1. Estudo Batimétrico .....	24
4.2. Estudo Sedimentológico .....	26
4.2.1. Coleta de Amostras de Sedimentos de Fundo .....	26
<b>5. MAPEAMENTO DOS RECURSOS MINERAIS MARINHOS .....</b>	<b>31</b>
5.1. Análise das Feições Geomorfológicas .....	31
5.1.1. Canais Longitudinais .....	31
5.1.2. Canais Transversais.....	35
5.1.3. Altos Costeiros.....	35
5.1.4. Alto Fundo .....	36
5.1.5. Riscas .....	36
5.1.6. Ondulações longitudinais .....	36
5.1.7. Dunas transversais .....	36
5.1.8. Terraço Oceânico.....	37

5.2. Dados Sedimentológicos e Geoquímicos .....	37
5.2.1. Preparação Prévia das Amostras .....	37
5.2.2. Secagem de amostras.....	37
5.2.3. Separação e Quarteamento .....	37
5.2.4. Análise Granulométrica dos Sedimentos .....	37
5.2.5. Análise do Teor de Carbonato .....	38
5.2.6. Análise da Composição dos Sedimentos .....	38
5.2.7. Classificação Textural dos Sedimentos .....	39
5.2.8. Análise Geoquímica.....	41
5.3. Integração dos Dados Batimétricos e Sedimentológicos.....	45
5.4. Caracterização da Plataforma Continental do Setor Touros .....	47
5.4.1. Região Interna.....	47
5.4.2. Região Intermediária .....	48
5.4.3. Região Externa.....	48
5.5. Carta Textural .....	49
<b>6. AVALIAÇÃO DA POTENCIALIDADE     DOS RECURSOS MINERAIS MARINHOS .....</b>	<b>51</b>
6.1. Oferta de Agregados no Estado do Rio Grande do Norte .....	51
6.2. Potencial Mineral do Setor Touros.....	51
6.2.1. Granulados Marinhos Siliciclásticos .....	52
6.3. Granulados Marinhos Carbonáticos.....	52
6.4. Recursos Estimados .....	53
<b>7. CONCLUSÕES.....</b>	<b>55</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>56</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>60</b>

# 1. INTRODUÇÃO

---

Os recursos minerais existentes na Plataforma Continental Jurídica Brasileira (PCJB) são, em sua maioria, desconhecidos. Porém, um esforço muito grande vem sendo realizado pelo Serviço Geológico do Brasil na identificação e avaliação do potencial mineral presente na PCJB. Trabalhos sistemáticos atualmente em desenvolvimento, em parceria com as universidades, trazem à luz novas descobertas, demonstrando que a plataforma continental brasileira pode ser uma grande aliada no desenvolvimento econômico do país. Em países como EUA, Portugal, França e Reino Unido, a exploração de materiais oriundos da plataforma continental é uma realidade econômica profícua.

A legislação brasileira ainda não abrange a exploração de materiais oriundos da plataforma continental, faltam critérios que embasem o licenciamento ambiental e de lavra, impedindo uma maior participação da economia privada no processo. Nos países supracitados, estes critérios já estão consolidados, bem como as responsabilidades institucionais e os atos legais, permitindo uma gestão racional e sustentável de recursos minerais tão abundantes, como aqueles encontrados na plataforma continental.

Dentre esses recursos, os granulados marinhos se apresentam como uma fonte de material viável, que apesar do baixo valor agregado, tem uma infinidade de aplicações, como na indústria de base, transformação e na construção civil.

Os granulados marinhos podem ser descritos como depósitos sedimentares, siliciclásticos ou carbonáticos, com granulometria variando da fração areia fina ao cascalho, sendo provenientes de aporte sedimentar continental e/ou fragmentos de organismos marinhos depositados. Sua sedimentação e deposição sofreu forte influência dos processos de oscilação do nível médio do mar marcadamente cíclicos e característicos dos últimos 2 milhões de anos, quando a plataforma esteve ora exposta e ora afogada. Desta forma, durante os períodos de mar baixo, os depósitos originais foram expostos aos processos de erosão subaérea e, durante os períodos de mar alto, foram retrabalhados pela ação das ondas, das marés e das correntes marinhas.

Segundo Cavalcanti (2011, p. 19) no mundo, depois de óleo e gás, os granulados marinhos representam o recurso mineral mais extraído do fundo marinho, excedendo em volume e potencial, o valor de qualquer outro recurso não-vivo. Muitos países utilizam os

agregados marinhos em larga escala na sua indústria, com destaque para o Japão, Reino Unido, União Europeia, EUA e França. Sendo a construção civil o setor que mais utiliza os agregados siliciclásticos marinhos, tanto como material de construção, quanto para utilização em obras como aterro e reconstrução de perfis de praia. Na França são diversas aplicações dos granulados marinhos, como na indústria da construção e de obras públicas, construção de estradas, calçadas e praças públicas, ferrovias, bondes, áreas industriais, além do uso na construção de casas residenciais, oficinas, fábricas, escolas e hospitais. A cada ano, são necessárias mais de 200 milhões de toneladas de agregados para manter as estradas existentes no país, construir novas estradas e trabalhar em redes, tais como saneamento, cabos elétricos enterrados, suprimentos de gás etc (Fonte: <http://www.unpg.fr/accueil/nos-activites/les-granulats-en-bref/>).

No Brasil, diversos estudos vêm sendo realizados com o intuito de reconhecer, caracterizar e mapear os principais recursos minerais em áreas oceânicas, evidenciando a importância de tais recursos para o país. E dentro desta conjuntura, o **Projeto Plataforma Rasa do Brasil** vem desenvolvendo pesquisas, a fim de difundir o conhecimento geológico e avaliar a potencialidade mineral da Plataforma Continental Jurídica Brasileira (PCJB). Tais pesquisas contemplam levantamentos geológico-geofísicos, detalhamento de sítios de interesse geoeconômico e preparação de estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental.

O **Projeto Plataforma Rasa do Brasil** esteve inserido no Programa Mar, Zona Costeira e Antártica, executado pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM, sob a coordenação da Diretoria de Geologia e Recursos Minerais (DGM) e do Departamento de Geologia (DEGEO). Atua, muitas vezes, em parceria com universidades e, atualmente, as pesquisas são voltadas para granulados marinhos siliciclásticos e bioclásticos, cujo mapeamento é realizado na escala de 1:100.000, até uma profundidade de 50 m.

No Rio Grande do Norte, as pesquisas foram concentradas no setor Touros, localizado plataforma continental leste do Estado. O projeto foi executado em convênio firmado entre a CPRM, através da Superintendência Regional de Recife, com a Fundação Norte-Rio-Grandense de Pesquisa e Cultura (FUNPEC), vinculada à Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), através dos pesquisadores

lotados no Departamento de Geologia (DG), junto ao Laboratório de Estudos Geoambientais (LEGEO).

### 1.1. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

A execução deste projeto se deu em várias etapas de trabalho, contando com atividades de campo, escritório e laboratoriais, a fim de gerar mapas temáticos (textural, batimétrico, teor de carbonato e diâmetro médio), que possibilitassem o reconhecimento de regiões com ocorrências significativas de granulados marinhos. As atividades estão em evidência no fluxograma da Figura 1.1 e detalhadas nos capítulos subsequentes.

### 1.2. ASPECTOS GERAIS SOBRE PESQUISA, LAVRA, BENEFICIAMENTO E APLICAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS MARINHOS

Nas últimas décadas, face à sua crescente necessidade e exaustão das reservas continentais, os recursos

minerais marinhos vêm cada vez mais ganhando uma maior importância nas diversas áreas do setor econômico. Para tanto, o desenvolvimento de novas tecnologias e o avanço das pesquisas voltadas ao conhecimento e a exploração sustentável destes recursos, tanto em águas rasas quanto profundas, têm se intensificado para suprir a esta crescente demanda e oferecer novos recursos básicos de grande potencial econômico. Porém, o grande desafio consiste no aproveitamento destes recursos minerais, procurando minimizar os custos de produção e o impacto ambiental, a fim de que se possa ser potencialmente rentável e ambientalmente sustentável a sua exploração.

No Brasil, a região conhecida como a zona econômica exclusiva brasileira (ZEE)<sup>1</sup> abriga vários bens minerais, porém poucos têm sido minerados economicamente, apesar de representarem importantes recursos a médio e longo prazo. Dentre os recursos minerais existentes na ZEE, os granulados marinhos apresentam grande viabilidade operacional, por ser de baixo custo e com alto potencial de aplicabilidade na indústria, fazendo com que se apresente como uma boa alternativa, sendo estes considerados como depósitos de acentuado interesse socioeconômico (SOUZA; MARTINS, 2008).

A Tabela 1.1 é uma síntese das prioridades dos recursos minerais marinhos de valor socioeconômico.

### 1.3. O PANORAMA DO APROVEITAMENTO DOS GRANULADOS MARINHOS

Os granulados Marinhos são utilizados em diferentes setores da indústria de acordo com sua composição química e grau de pureza, os principais tipos de granulados marinhos são:

#### 1.3.1. Granulados Marinhos Siliciclásticos

Os granulados siliciclásticos são acumulações de areia e cascalho presentes na plataforma continental, cujos sedimentos são similares em origem e composição aos seus equivalentes continentais, diferenciando apenas pela presença de sais e sedimentos carbonáticos (MARTINS; NUNES, 2007). Estas acumulações excedem, em volume e em potencial, o valor de qualquer outro recurso não-vivo marinho, exceto o óleo e o gás (SOUZA et al. 2009; CGEE, 2008).

A areia e o cascalho marinhos são extraídos através de dragagens ou bombas hidráulicas, e a maior parte destas é realizada em profundidades inferiores a 45 m, porém estima-se que, futuramente, estes recursos possam ser minerados até a profundidade de 60 m. Em

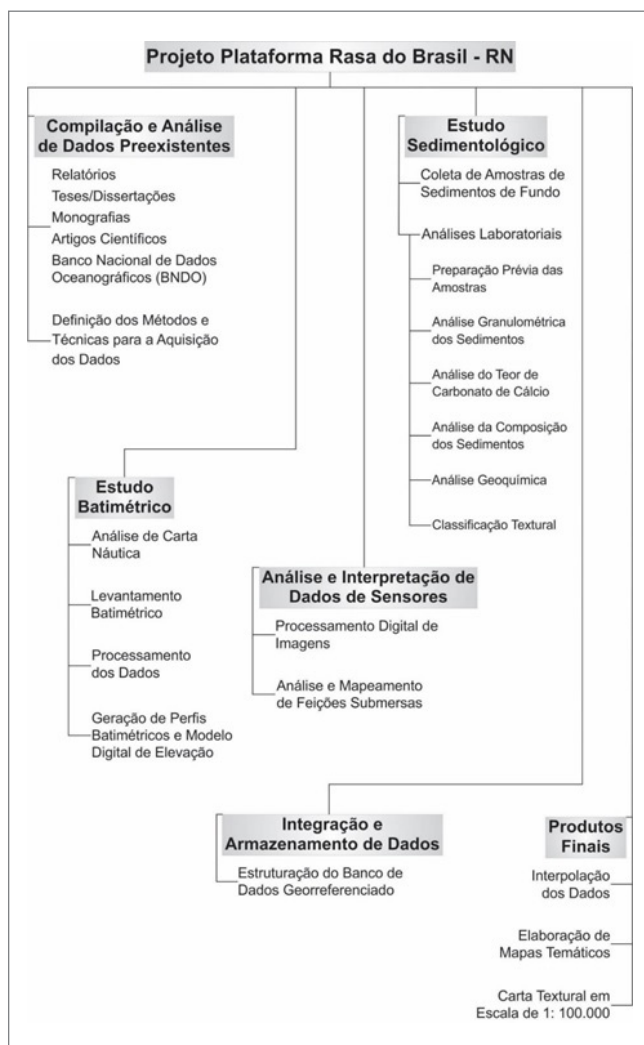


Figura 1 - Fluxograma das principais atividades de trabalho desenvolvidas pela equipe do projeto. Fonte: Amaral, R.F.

<sup>1</sup>A Zona Econômica Exclusiva (ZEE) compreende uma faixa que se estende -entre 12 e 200 milhas (370km) do litoral, Lei No. 8.617, de 4 de janeiro de 1993. Nesta faixa o trânsito de embarcações é livre, mas o Brasil é dono de todos os recursos vivos e não-vivos da água, do solo e do subsolo marinho. Representa uma área de 3,5 milhões de quilômetros quadrados. Disponível em : < <https://www.marinha.mil.br/node/7797/backlinks>>. Acesso em 11/09/2020.



**Tabela 1** – Minerais de valor socioeconômico.

TEMA	RECURSOS MINERAIS	URGÊNCIA	IMPORTÂNCIA	VALOR AGREGADO	PRIORIDADE
Recuperação de praias	Areias e cascalhos	Alta	Alta	Alto	1
Suprimentos à construção civil	Areias e cascalhos	Alta	Alta	Alto	1
Fertilizantes e indústria em geral	Granulados bioclásticos (carbonatos)	Alta	Alta	Alto	1
Fertilizantes e indústria química	Fosfato e sais de potássio	Alta	Alta	Alto	1
Diversos (pláceres)	Minerais pesados	Média	Alta	Alto	2
Energia	Carvão	Média	Alta	Alto	2
	Hidrato de gás	Baixa	Alta	Alto	3
Fertilizantes e química	Enxofre	Média	Alta	Médio	3
Alimentação e cloroquímica	Sal-gema	Baixa	Média	Alto	4
Suprimentos de sais de potássio	Evaporitos	Baixa	Média	Alto	4

Fonte: CGEE - CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (2008);

alguns países, medidas governamentais restringem a mineração muito próximo à linha de costa, sendo estas limitações impostas ou pela distância ou pela profundidade da lâmina d'água (CGEE, 2008).

Por outro lado, a extração dos agregados marinhos em determinadas áreas pode-se tornar inviável. Por serem insumos de baixo valor, é de fundamental importância que o material seja extraído nas proximidades dos núcleos urbanos consumidores, evitando, assim, longas distâncias de transporte terrestre que oneram a mineração destes agregados (SOUZA et al. 2009; CAVALCANTI, 2011). Além disso, devem-se ater às especificações técnicas do material e às restrições impostas pelos órgãos ambientais. Quanto a sua aplicação, os granulados siliciclásticos, assim como seus equivalentes continentais, são praticamente usados em seu estado natural (extraídos diretamente como fragmento), sendo de especial interesse na indústria da construção civil. Podem ser empregados ainda nas indústrias química e de vidro, porém devem ser submetidos a um processamento.

Outra crescente demanda na utilização dos agregados marinhos siliciclásticos é na recuperação de praias que foram modificadas pela erosão costeira, trazendo sérios problemas para as orlas marítimas urbanizadas. Neste caso, os granulados se tornam um importante recurso na contenção da erosão costeira, de modo que grande quantidade de sedimentos é introduzida nas praias com déficit no aporte sedimentar. O processo de recuperação ocorre, em alguns casos, através do uso da draga de sucção, na qual a mistura água/sedimentos é movimentada por dutos diretamente para o local da deposição, já que tais sedimentos apresentam características compatíveis para este fim (por exemplo, mesma granulometria) (CAVALCANTI, 2011). No entanto, é importante ressaltar que por se tratar de um ambiente altamente dinâmico, as intervenções realizadas devem

ter como base o conhecimento das características físicas (granulometria e morfologia) das praias, bem como dos processos costeiros atuantes na região (ANDRADE, 2013).

Por vezes, os granulados podem apresentar alto teor de sílica ( $\text{SiO}_2$ ), na forma de quartzo, correspondendo a uma importante fonte de areia silicosa. Nestes casos, além das aplicações já referidas, os granulados siliciclásticos podem ser empregados em vários segmentos industriais, como na fabricação do vidro, em filtros, nas indústrias de fundição e química, na fabricação de refratários, fraturamento hidráulico para exploração de petróleo não convencional, etc. Para seu uso é levado em consideração tanto as suas propriedades físicas, quanto as químicas. Porém, as especificações para cada uso diferem, sendo que as mais rígidas incluem, ainda, uma estreita faixa de distribuição dos grãos, em geral entre 0,5 e 0,1 mm, e a ausência de impurezas deletérias, como o ferro, a argila, a cromita e outros (CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2007). Em seu estado bruto, a areia geralmente não atende a tais especificações, sendo, então, necessário submetê-la aos processos de lavagem, classificação, atrição e peneiramento, podendo inclusive exigir processos de flotação, como preparação para a transformação industrial. Em consequência, os preços no mercado são mais altos que os da areia destinada à indústria da construção, permitindo, ainda, o transporte a longas distâncias.

### 1.3.2. Granulados marinhos carbonáticos

Os granulados bioclásticos encontrados na ZEE brasileira correspondem a areia e cascalho constituídos, principalmente, por algas calcárias verdes e vermelhas. No entanto, apenas as formas livres, tais como rodolitos, nódulos e seus fragmentos, são viáveis para a exploração econômica, pois consistem em depósitos inconsolidados, facilmente coletados através de dragagens (DIAS, 2000).

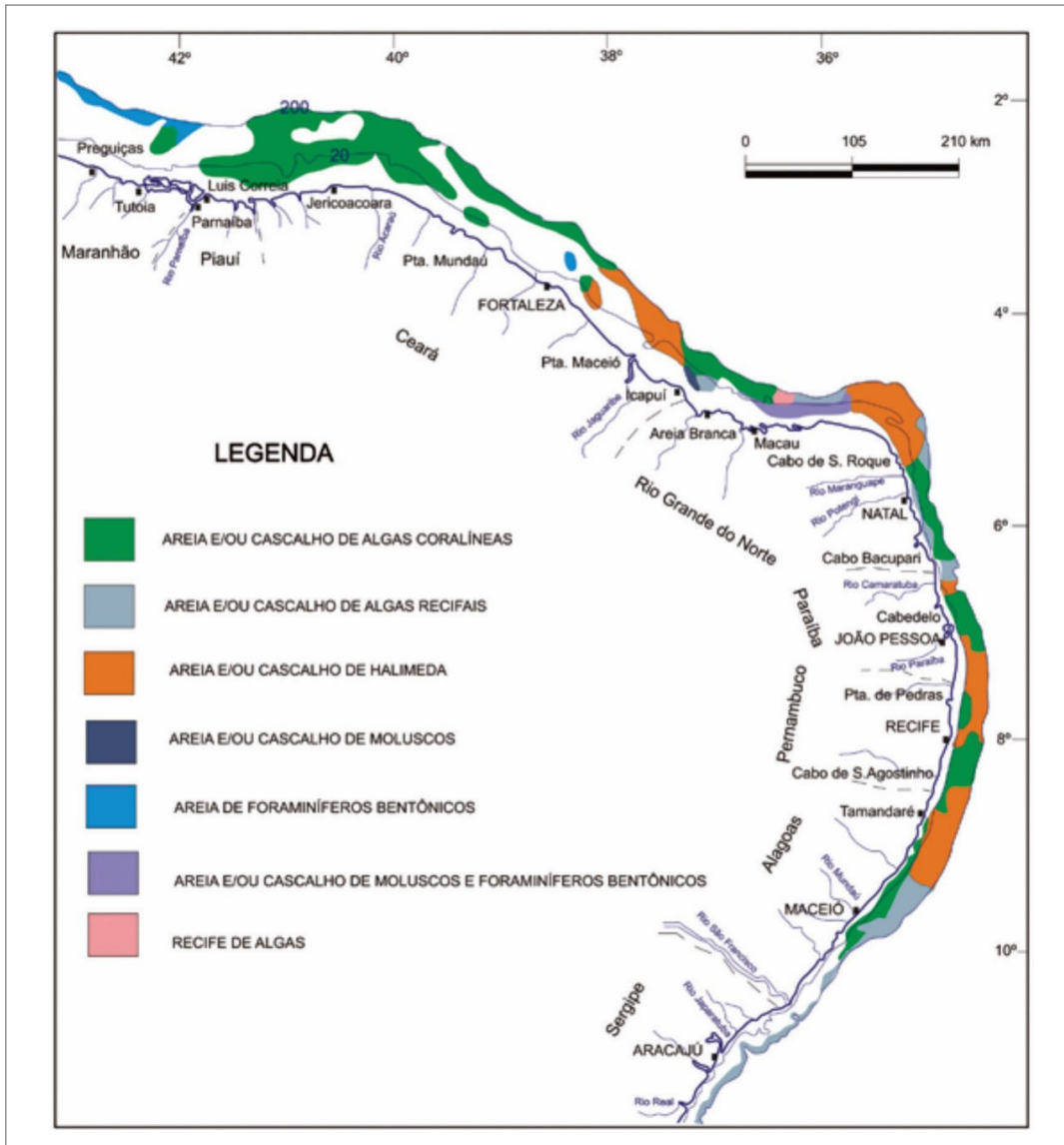


A região nordeste do Brasil é considerada muito promissora para a exploração de sedimentos carbonáticos, visto que tais sedimentos afloram a pouca profundidade e próximo à costa, situando perto do mercado consumidor. Além disso, acredita-se que o conteúdo destes sedimentos apresente teores superiores a 75% de  $\text{CaCO}_3$ , o que corresponde a aproximadamente 50 vezes mais que os disponíveis nas reservas continentais (SOUZA, 2010). A Figura 2 evidencia a distribuição dos sedimentos carbonáticos ao longo da plataforma continental nordeste do Brasil.

A principal aplicação dos granulados bioclásticos é como complemento na fertilização do solo, possibilitando uma diminuição no uso de fertilizantes químicos, trazendo às plantas nutrientes essenciais (Ca e Mg, principalmente) para o bom desenvolvimento vegetal e aumentando assim a produtividade. O Brasil sendo um país agrícola e ao

mesmo tempo deficitário em insumos, tem nos granulados marinhos uma alternativa para melhorar o aproveitamento dos insumos básicos, impactando diretamente na competitividade de seus produtos no mercado mundial.

Outras possibilidades de uso estão na nutrição animal; complemento alimentar; implante em cirurgias ósseas; nas indústrias cosmética e dietética, e no tratamento de águas e esgotos domésticos e industriais. Embora os sedimentos bioclásticos apresentem vários usos, a sua exploração, ainda é relativamente pequena. A Europa, os Estados Unidos e a Islândia são exemplos de países que exploram ou já exploraram os granulados bioclásticos. No entanto, no Brasil, estes recursos ainda são poucos explorados e as reservas medidas aprovadas pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) eram da ordem de 962.330.131 toneladas, distribuídas nos estados do Espírito Santo, Bahia e Maranhão (Tabela 2).



**Figura 2** - Fluxograma das principais atividades de trabalho desenvolvidas pela equipe do projeto. Fonte: Amaral, R.F. Fonte: Adaptado de Projeto REMAC (1979) por Cavalcanti (2011).

**Tabela 2** – Dados de reserva de granulados bioclásticos marinhos. Fonte: DNPM (CAVALCANTI, 2011).

	RESERVAS MINETAIS (T)			
	BAHIA	ESPÍRITO SANTO	MARANHÃO	TOTAL
Medida	9.556.000	296.124.636	656.649.495	962.330.131
Indicada	24.292.000	233.279.000		257.571.000
				1.219.901.131

#### 1.4. A MINERAÇÃO E O MEIO AMBIENTE MARINHO

As atividades de mineração em ambiente marinho devem, assim como no continente, observar as melhores práticas de sustentabilidade, com respeito a legislação e ao meio ambiente. Entretanto, falta no Brasil uma legislação específica para trazer segurança jurídica as atividades, bem como, estudos ambientais amplos que possam embasar os órgãos de controle na delimitação das áreas de proteção. Para que a mineração na plataforma continental se torne realidade no Brasil, é necessária uma ampla parceria entre os setores público e privado, com vistas a desenvolver estudos de impacto ambiental das atividades. Dessa forma, haveria a garantia de racionalização da prática de mineração juntamente com a proteção do meio ambiente.

Como dito anteriormente, normalmente, a exploração de granulados marinhos é realizada por meio de dragas ou bombas hidráulicas, que removem o material do fundo marinho para barcas ou o transportam diretamente para o local da deposição, quando este é destinado à recuperação de praias (Figura 4).

Estas atividades podem gerar diversos impactos ao meio como a alteração da morfologia do fundo marinho, que pode modificar o padrão de ondas e o transporte sedimentar nos locais adjacentes à extração, um aumento na turbidez da água, reduzindo o desenvolvimento de plantas e organismos não tolerantes a águas turvas, como

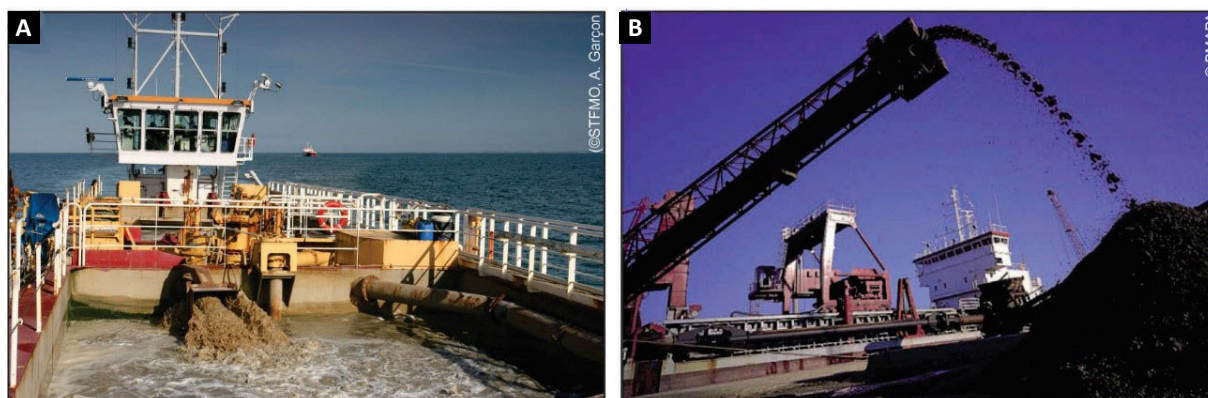
também, propiciar a liberação de nutrientes, desencadeando processos de eutrofização (Figura 4).

Outra consequência direta advinda das atividades de mineração é a destruição de habitats naturais, provocando uma diminuição do número de espécies, observando-se, frequentemente, a fuga de espécies com maior poder de locomoção e a morte de espécies sésseis e sedentárias (GOMES; PALMA; SILVA, 2000). Além disso, promovem a introdução de substâncias tóxicas, que ao serem incorporadas à biota, alteram o crescimento, a taxa de reprodução e a sobrevivência das espécies.

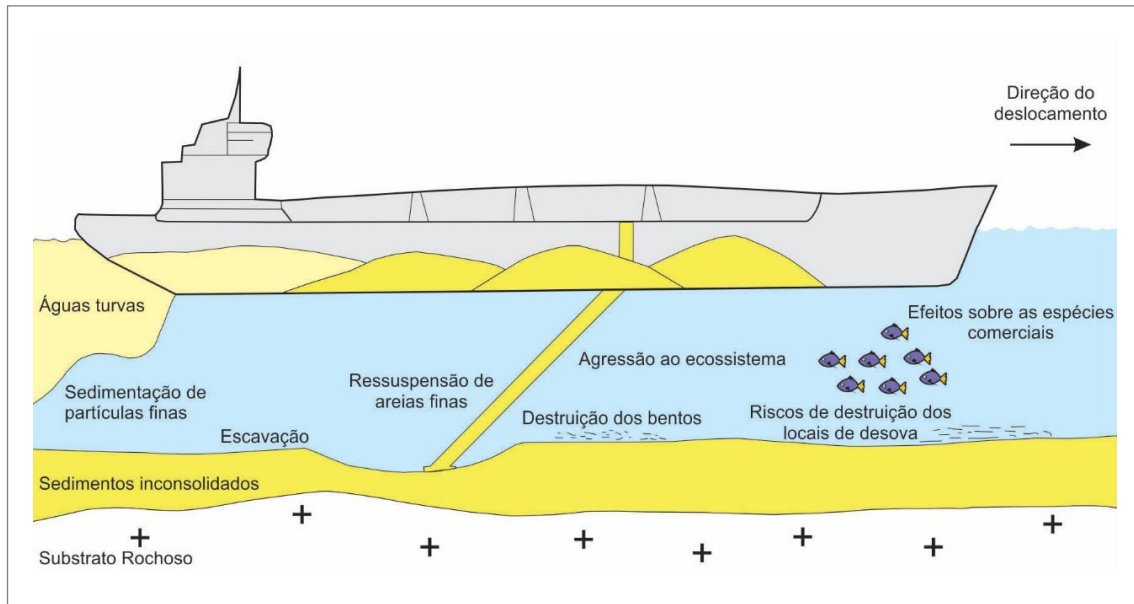
Todavia, não é apenas a retirada de material que causa impacto ao meio. O rejeito produzido durante a operação também contribui, em parte, para isto, pois este é descartado diretamente no mar, tanto em regiões rasas como profundas. O descarte, geralmente, é realizado por meio de tubulações, cujo material desloca-se como uma corrente de turbidez, que, caracteristicamente, apresenta baixa dispersão no ambiente (GOMES; PALMA; SILVA, 2000). Esta prática ocasiona tanto o soterramento de organismos, como também aumento na turbidez da água, bioacumulações de minerais traços e destruição dos habitats costeiros.

Assim, procurando minimizar os impactos da mineração marinha, uma série de medidas preventivas, regidas por medidas governamentais, devem ser tomadas durante a exploração visando à preservação ambiental. Muitas vezes, a exploração é regulada e confinada a áreas de concessões específicas. No Brasil, fica estabelecido que, no que concerne aos riscos potenciais de danos ambientais decorrentes da exploração mineral, a atividade de mineração está vinculada a três instrumentos de controle de poder público: o Estudo de Impacto Ambiental (EIA), o Licenciamento Ambiental (LA) e o Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) (CGEE, 2008).

Estes instrumentos são submetidos aos órgãos ambientais competentes, os quais têm sua definição, normas, critérios básicos e diretrizes de implementação estabelecidos (CGEE, 2008). Porém, propostas para a



**Figura 3** - Técnicas de extração e transporte de granulados marinhos: (A) draga de sucção em operação. (B) Descarregamento do material através de correias transportadoras. Fonte: A (AUGRIS E SIMPLET, 2013a); B (GÉOSCIENCES MARINES, 2016).



**Figura 4** - Impactos sobre ambiente decorrente da exploração de granulados marinhos.  
Fonte: Ifremer. Adaptado de: Augris e Simplet (2013a).

legislação brasileira vêm sendo discutidas, em especial, com aplicação mais direta na exploração dos granulados marinhos. As peculiaridades do ambiente marinho demandam a criação de alguns instrumentos específicos de legislação mineral e ambiental, de modo que a pesquisa e a lavra sejam desenvolvidas de forma sustentável (CGEE, 2008). Atualmente, a legislação apresenta alguns

pontos conflitantes, sendo necessário fazer uma compatibilização, para minimizar os problemas hoje existentes.

De todo modo, é preciso que sejam realizados estudos detalhados sobre o ambiente marinho e os processos naturais de sustentação destes, a fim de criar uma legislação que possa evitar danos irreversíveis a esse ambiente ou a outras atividades que o utilize.

## 2. AREA DA PESQUISA

A área de pesquisa será denominada setor Touros, com aproximadamente 1.522,8 km<sup>2</sup> de área mapeada, corresponde ao segmento de transição entre as porções oriental e setentrional da plataforma continental do Estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. Está inserido no domínio da Folha Touros (SB-25-V-C-II; SUDENE - SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE, 1971), na região compreendida entre o Cabo de São Roque (Município de Maxaranguape), a sul, e a Ponta do Calcanhar (Município de Touros), a norte, em uma faixa entre a linha de costa, a oeste, e a isóbata de 30 m, a leste (Figura 5).

### 2.1. CARACTERÍSTICAS DA ÁREA

Esta área abriga a Área de Proteção Ambiental (APA) dos Recifes de Corais, que abrange a faixa costeira dos Municípios de Maxaranguape, Rio do Fogo e Touros, compreendendo uma área de 1.363,44 km<sup>2</sup> (Decreto 15.746; IDEMA - INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE, 2015). Corresponde a uma zona de bancos recifais, denominados localmente como parrachos ou baixios, composta pelos complexos recifais de Maracajaú, Rio do Fogo e Cioba, os quais se encontram entre 5 e 7 km da linha de costa, alongados na direção NW-SE (Figura 5). A APA dos Recifes de Corais foi instituída pelo Governo do Estado do Rio Grande do Norte, através do Decreto no. 15.746, de 6 de junho de 2001, visando à proteção da biodiversidade e dos ecossistemas recifais e promovendo a sustentabilidade dos recursos naturais (IDEMA, 2014). Face às suas belezas naturais e diversidade biológica, a APA constitui-se como polo turístico do Estado, permitindo a prática do mergulho submarino, visitação aos bancos de corais, pesca artesanal, bem como servindo de laboratórios para diversas pesquisas científicas.

### 2.2. PARÂMETROS OCEANOGRÁFICOS

O pleno conhecimento do papel dos oceanos e seus componentes, da atmosfera e de suas interações, para o estudo de qualquer recurso no mar é primordial. Portanto a identificação dos elementos que podem influenciar a pesquisa no mar é de vital importância para o desenvolvimento correto do estudo. A seguir os principais parâmetros a serem considerados.

#### 2.2.1. Ondas

No litoral oriental do Estado do Rio Grande do Norte, não se tem conhecimento sobre medições diretas de longa duração de ondas, apresentando observações ocasionais de curto período. Assim, o clima de ondas que afeta o setor da costa pode ser conseguido a partir de estatísticas sobre ondas publicadas e do conhecimento dos mecanismos responsáveis pela geração das ondas no Oceano Atlântico Sul.

Davies (1972, p.204) identificou duas regiões no Oceano Atlântico Sul, onde as ondas são geradas. Destas, apenas uma, o cinturão de ventos alísios, parece exercer uma influência significativa no litoral do Nordeste. São ondas com direção E-SE, alturas médias entre 1 e 1,5 m e períodos de 5 a 7 s, em quase todo o ano.

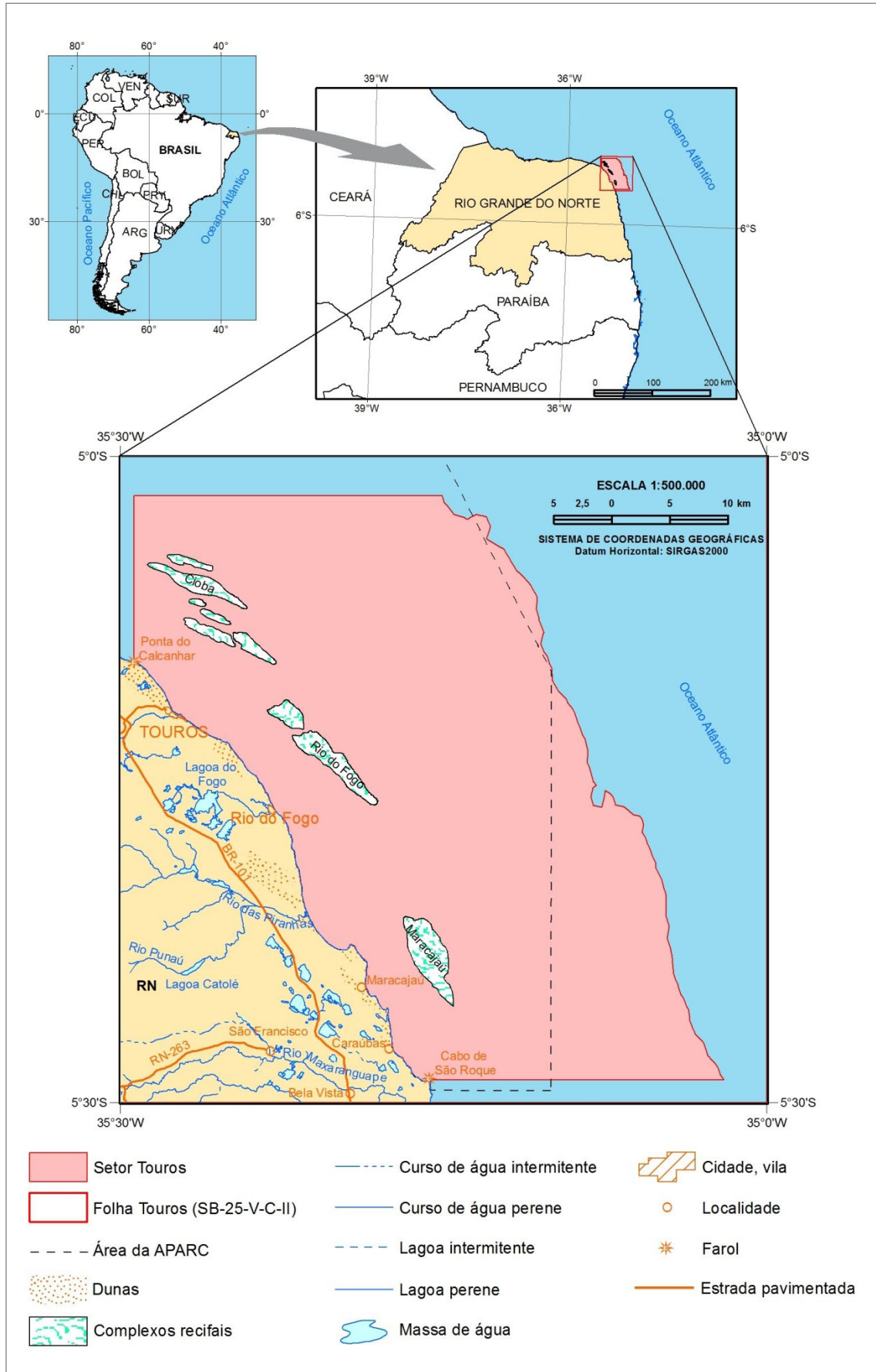
Testa e Bonsence (1999, p.301) estimaram medições de alturas de ondas na área entre as cidades de Touros e Rio do Fogo, realizadas durante mergulhos e em condições climáticas boas. Estas medições foram entre 1 e 1,5 m, a aproximadamente 16 m de profundidade. As formas de leito geradas por ondas foram registradas em toda parte da área até a profundidade 23 m. Bittencourt et al. (2002, p.518), com o objetivo de determinar o transporte longitudinal ao longo de um trecho da costa nordeste do Brasil, determinou o clima de ondas na área a partir de diagramas de refração. Segundo esses autores, o setor onde se enquadra a área de estudo apresentou altura significativa de onda de 1,0 m para direções de incidência de N45° (NE), N90° (E) e 1,2 m para ondas com direção N135° (SE).

Pianca, Mazzini e Siegle (2010, p.70) apresentaram o clima de ondas, por setores, ao longo da plataforma continental brasileira com base em uma série temporal de onze anos (Jan/1997-Dez/2007), obtida através de dados de reanálise do modelo operacional NWW3 (NOAA WAVEWATCH-III). Onde foi identificado que as ondas que se propagaram no setor mais próximo a área de estudo apresentaram direção dominante de E durante o verão, outono e primavera, enquanto que no inverno predominaram ondas a partir de SE. Os períodos das ondas variaram, predominantemente, de 6 a 8 s, chegando a atingir períodos mais longos de até 21 s. As alturas oscilaram entre 1 e 3 m, sendo observadas ondas de até 4,3 m originadas de SE.

#### 2.2.2. Correntes

Na plataforma do nordeste do Brasil, a circulação oceânica é dominada pela Corrente Sul-Equatorial, que





**Figura 5** - Localização do setor Touros, Estado do Rio Grande do Norte, com destaque para a Área de Proteção Ambiental (APA) dos Recifes de Corais. Fonte: Amaral, R.F.

flui de leste para oeste, atravessando o Oceano Atlântico. Nas proximidades do talude continental, a cerca de 15°S, a corrente se divide, formando duas ramificações que fluem em sentido opostos: Subcorrente norte do Brasil, deslocando-se para norte e oeste, ao longo da costa, com velocidades de 1 a 2 nós; e a Corrente do Brasil, dirigida para o sul, com velocidade de 0,5 nós (FRANÇA; COUTINHO; SUMMERHAYES, 1976; SILVEIRA; CASTRO; SOUTELINO, 2009).

Hazin et al. (2008), a partir do uso de um correntógrafo fundeado a uma profundidade de 35 m, verificaram as condições das correntes na região de transição entre os litorais oriental e setentrional do Estado. Os dados obtidos denotam uma variação da velocidade de 0,03 a 0,5 nós, com valor médio de 0,1 nó, e direção predominante para NW nos períodos de maior intensidade.

Fracasso et al. (2011, p.14), utilizando derivadores na região centro-sul da área, obtiveram velocidades médias de correntes entre, aproximadamente, 0,4 e 0,8 nós, com direções que variaram de N a NW. As maiores velocidades de corrente (entre 0,83 e 0,89 nós) foram registradas nas regiões mais distais da costa (entre 15 e 20 km), ao passo que as correntes mais próximas à costa (entre 3 e 10 km) apresentaram menores velocidades (entre 0,44 e 0,48 nós).

Em função do conhecimento da direção dos ventos superficiais e da observação da orientação geral e dos indicadores geomorfológicos na linha de costa, pode-se inferir a orientação preferencial das correntes costeiras. No litoral oriental do Estado, é previsível uma orientação geral da corrente longitudinal no sentido de sul para norte, ao passo que no litoral norte é observado o desenvolvimento de uma importante corrente de deriva para oeste.

### 2.2.3. Variação de Maré

A região experimenta um regime de maré semi-diurna, com uma amplitude média aproximada de 1,5 m, podendo chegar a 2,2 m nas marés de sizígia. Desta forma, os valores atribuídos às marés permitem seu enquadramento como do tipo fraco mesotidal (meso-maré) a forte mesotidal, conforme a classificação de marés de Hayes (1979 apud CUNHA 2004).

Os registros da amplitude de marés para a área de estudo são raros, sendo as previsões dos níveis de marés mais próximos são obtidas para o porto de Natal, realizadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil. Assim, segundo os registros disponibilizados pela DHN (2017) para os anos de 2008 e 2009, as marés apresentaram alturas máximas e mínimas que variaram, respectivamente, de 2,4 a 2,7 m e de 0,0 a 0,1 m, com nível médio de 1,28 m (Figura 6).

### 2.2.4. Temperatura e Salinidade

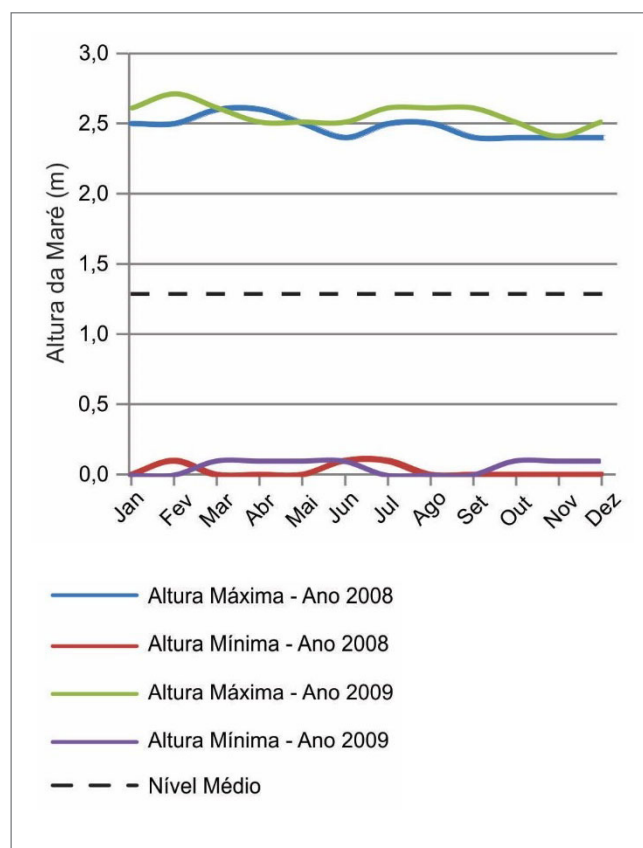
A temperatura das águas superficiais na área durante os meses de março a maio de 2009 apresentou uma variação de 27° a 29°C (ARAÚJO FILHO; AMARAL; SANTOS, 2009). De acordo com os dados apresentados por França, Coutinho e Summerhayes (1976), a temperatura superficial oscila entre 27° e 29°C durante o verão, e entre 25° e 27°C no inverno.

Através dos mapas de monitoramento da temperatura da superfície do mar disponíveis pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), pode-se observar a variação média da temperatura nos meses de aquisição dos dados na área (Figura 7).

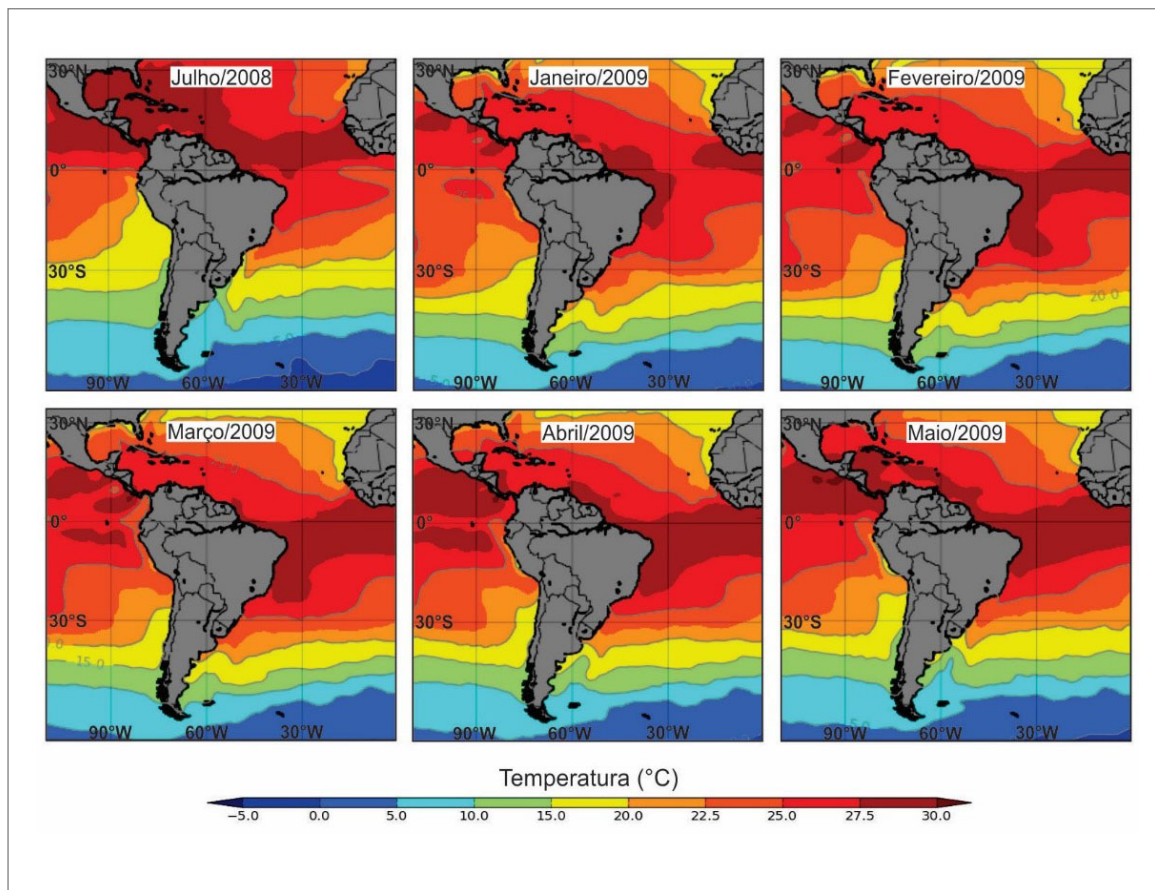
As águas da plataforma continental nordestina são moderadamente salinas, apresentando concentrações que variam de 36‰ a 37‰, com exceção ao largo e ao sul da foz do São Francisco, onde a influência da descarga fluvial é evidente.

### 2.3. PARÂMETROS CLIMATOLÓGICOS

O clima característico da área é do tipo As' (tropical; chuvas de inverno-outono) a BSh (semiárido quente), de



**Figura 6** - Registros de alturas de marés obtidos no porto de Natal nos anos de 2008 e 2009, tendo como base os dados de marés disponibilizados pela DHN (2017).  
Fonte: DHN (2017).



**Figura 7** - Mapas de monitoramento da temperatura da superfície do mar, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A média mensal da temperatura nos meses de aquisição dos dados na área, apresentando as menores temperaturas no mês de julho/2008. Fonte dos dados: NOAA/OAR/ESRL PSD (INMET, 2017).

acordo com a classificação de Köppen (KÖPPEN; GEIGER, 1928). O padrão climático local se deve, em grande parte, à influência das massas de ar oriundas do oceano Atlântico e dos ventos alísios de SE (SILVA, 2002).

As alterações sazonais no clima na região Nordeste estão, em grande parte, associadas à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Tais alterações são originadas pela oscilação em ciclos anuais, a qual atinge o território potiguar durante os meses de março a maio, provocando a sua principal e, muitas vezes, única estação chuvosa, cujos ventos atingem sua intensidade mínima anual. Nos meses subsequentes, a ZCIT retorna às latitudes equatoriais, resultando no predomínio do período seco, e a existência de grandes regiões com clima semiárido. É neste período seco que os ventos atingem seu máximo, com intensidades e constâncias notáveis (LOBO, 1982).

### 2.3.1. Precipitação

Na porção oriental do Estado, a estação chuvosa se concentra, principalmente, nos meses de fevereiro a julho, quando a precipitação total mensal varia, em média, de 120 a 230 mm. Por outro lado, nos meses de outubro a

dezembro, a precipitação total mensal, em média, é abaixo de 40 mm, sendo este o período mais seco do ano.

De acordo com a pluviometria mensal, o setor Touros apresenta índices de precipitação que oscilam entre 10 e 20 mm, nos meses de outubro a novembro, e entre 150 e 250 mm, de abril a junho. O período chuvoso na região se estende de março a julho. Já os meses de setembro a janeiro apresentam uma concentração pluviométrica, tanto mínima quanto máxima, abaixo de 100 mm. A região apresenta concentrações pluviiais anuais entre 1.000 e 1.600 mm (EMPARN - EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO RIO GRANDE DO NORTE S/A, 2009).

Os dados de análise de precipitação acumulada mensal obtidos através da EMPARN nos municípios adjacentes à área evidenciaram uma precipitação de 195,1 a 249,5 mm durante o mês de julho de 2008, sendo considerado um mês chuvoso, e de 0 a 419,7 mm nos meses de janeiro a maio de 2009, passando de um período muito seco a muito chuvoso.

### 2.3.2. Ventos

Os ventos incidentes apresentaram velocidade média de 27,4 km/h, com rajadas de 31,2 km/h, no mês de outubro, e de 23 km/h, durante os meses de

inverno ou de maior precipitação, principalmente em março (EMPARN, 2009).

A velocidade média dos ventos à superfície varia ao longo do ano, sendo que a partir do mês de novembro esta começa a diminuir, atingindo valores mínimos entre os meses de março e junho, aumentando a partir de então, atingindo valores máximos de agosto a outubro. Uma das explicações para este fato é que nos meses de fevereiro a maio ocorre a estação chuvosa nessa região, e de agosto a outubro, climatologicamente, o sistema de alta pressão do Atlântico Sul se desloca para posições mais ao norte, deixando os ventos alísios de sudeste mais intensos neste período do ano.

Na estação de Natal, nos anos de 2008 e 2009, foram registrados ventos provenientes predominantemente do quadrante SE.

### **2.3.3. Temperatura**

A variação térmica para a área é de 20° a 32°C, sendo a média oscilando entre 24° e 26°C. As temperaturas mais baixas foram registradas nos meses de maio a setembro e as mais elevadas de outubro a abril (EMPARN, 2009). As temperaturas médias observadas na região para os anos de 2008 e 2009 oscilaram entre 26° e 28° C, conforme dados do INMET (2017).



### 3. PLATAFORMA CONTINENTAL DO SETOR TOUROS

No nordeste do Brasil, a plataforma continental é caracterizada por sua reduzida largura, pouca profundidade e predominância de sedimentos carbonáticos, essencialmente de origem biogênica. Os sedimentos que constituem o substrato desta plataforma exibem um nítido limite entre as areias quartzosas terrígenas e os depósitos carbonáticos de algas calcárias, identificado pela presença de *Halimeda* e algas coralíneas vermelhas não articuladas (COUTINHO; MORAIS, 1970).

Basicamente, três coberturas sedimentares podem ser evidenciadas ao longo da plataforma, sendo que a caracterização das fácies se baseia, principalmente, em sua composição, com a definição da porcentagem de componentes bióticos e de carbonato de cálcio (FRANÇA; COUTINHO; SUMMERHAYES, 1976). Estas são caracterizadas como:

**Fácies Terrígenas:** a maior parte é constituída por areias quartzosas, com poucos fragmentos orgânicos. Compõem uma mistura de material terrígeno e biodetrítico. Subfácies arenosas, lamosas foram definidas preliminarmente.

**Fácies de Transição:** ocorre onde as fácies terrígenas e de algas calcárias apresentam-se misturadas em proporções mais ou menos iguais. Por exemplo: areia quartzosa e material biodetrítico ou de algas.

**Fácies de Algas Calcárias:** formada de sedimentos compostos quase que exclusivamente (>90%) pelas algas calcárias vermelhas não articuladas e *Halimeda Lamouroux*, 1816.

#### 3.1. SEDIMENTAÇÃO MARINHA SILICICLÁSTICA

Sedimentos siliciclásticos ou granulados marinhos terrígenos são constituídos por areias e cascalhos, originados

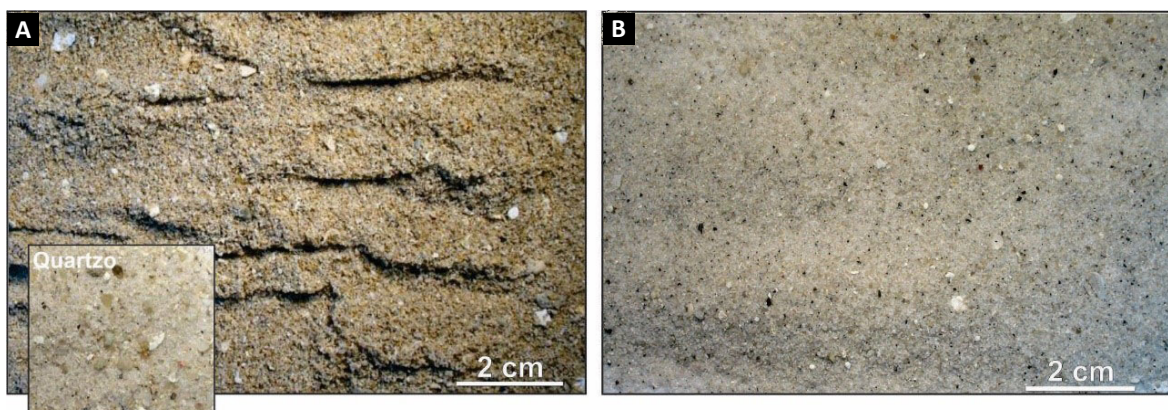
no continente, em decorrência do intemperismo, erosão e transporte de fragmentos de rochas ígneas, metamórficas e sedimentares. Tais sedimentos chegam ao litoral através de agentes transportadores, como rios, geleiras e vento, durante eventos de rebaixamento do nível do mar, sendo depositados em ambientes litorâneos e marinhos e retrabalhados pela ação das ondas, das marés e das correntes marinhas.

A maior parte destes depósitos é composta principalmente por areias e/ou cascalhos quartzosos, podendo ser constituída, ainda, por feldspatos, zirconita, ilmenita, fragmentos de rochas e outros (CAVALCANTI, 2011; SILVA; FIGUEIREDO JÚNIOR; BREHME, 2000; Figura 8).

#### 3.2. SEDIMENTAÇÃO MARINHA CARBONÁTICA

A sedimentação carbonática está ligada a atividade biogênica dos oceanos. Seus depósitos que podem variar da fração cascalho até lama, são constituídos por fragmentos, conchas e carapaças de animais marinhos, como corais, briozoários, foraminíferos, moluscos, e algas calcárias, dentre outros, podendo haver certa quantidade de material siliciclástico.

Os sedimentos carbonáticos são normalmente autóctones, ou seja, são produzidos e precipitados *in situ*. Logo, ao analisar a composição e grau de conservação do sedimento é possível identificar a relevância de cada organismo na produção sedimentar. Por exemplo, nas regiões onde ocorre a presença de algas calcárias, aquelas predominantes são as do tipo coralinas (algas vermelhas coralíneas não-articuladas), em formas



**Figura 8** - Sedimentação marinha siliciclástica, composta, predominantemente, por grãos de quartzo. Fonte: acervo do Projeto Plataforma Rasa do Brasil. Fonte: DHN (2017).

livres e ramificadas, e as verdes (do gênero *Halimeda*) (COUTINHO; MORAIS, 1970; SANTOS; AMARAL; ARAUJO FILHO, 2009). Estas algas são compostas basicamente por carbonatos de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e magnésio ( $\text{MgCO}_3$ ), contendo ainda mais de 20 oligoelementos, em quantidades variáveis, tais como Fe, Mn, B, Ni, Cu, Zn, Mo, Se e Sr (DIAS, 2000).

A plataforma continental do Estado do Rio Grande do Norte, assim como quase toda a plataforma N-NE brasileira, é caracterizada por uma ativa produção carbonática, favorecendo o desenvolvimento de um amplo fundo de algas calcárias. Em nível global, a plataforma continental brasileira representa a maior extensão coberta por sedimentos carbonáticos, sendo que as ocorrências mais contínuas se encontram, em geral, na plataforma média a externa (DIAS, 2000).

### 3.2.1. Algas Calcárias Vermelhas

As algas calcárias vermelhas ou coralinas são aquelas que precipitam em suas paredes celulares o carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e/ou de magnésio ( $\text{MgCO}_3$ ), sob a forma de cristais de calcita. São algas vermelhas não articuladas, as quais podem ocorrer como acumulações de talos ramificados e livres (rodolitos, nódulos e seus fragmentos; DIAS, 2000; Figura 9).

Bioconstruções destas algas podem ocorrer sob a forma de substratos crustosos e, também, como nódulos carbonáticos. Os nódulos ou rodolitos são formas de crescimento concrecional, compostos predominantemente, por crescimento de algas coralíneas, podendo apresentar três morfologias básicas de crescimento: laminar, ramificado e colunar. As duas últimas podem ser indicativas do aumento no regime de energia do ambiente onde foram formadas (BONSENCE, 1983).

As formas livres crescem sobre os substratos inconsolidados e são abundantes em regiões com

fortes correntes ou onde as ondas e correntes atuam fazendo com que estas sejam periodicamente reviradas (DIAS, 2000).

### 3.2.2. Algas Calcárias Verdes

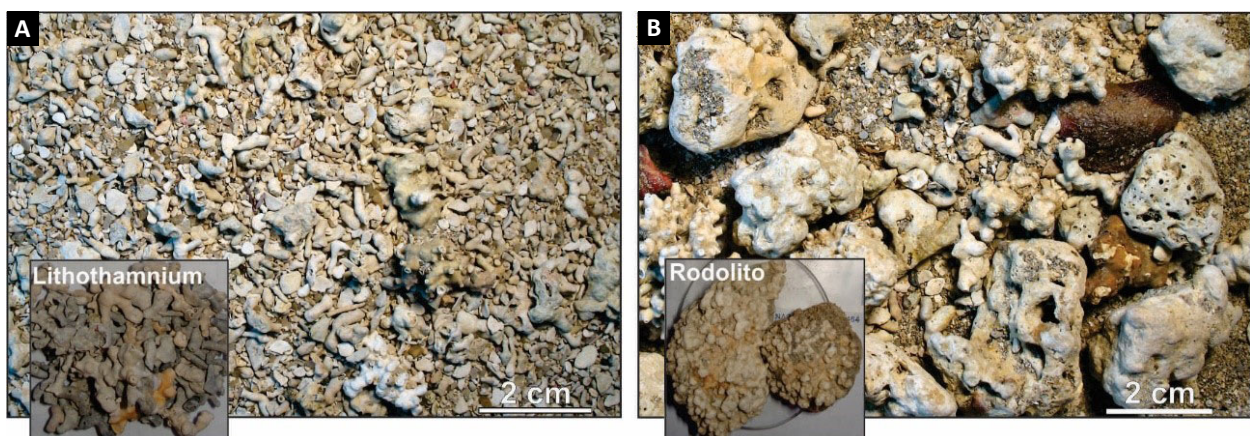
As algas calcárias verdes, representadas pelos gêneros *Halimeda*, *Udotea* e *Penicillius*, são, também, importantes formadoras de sedimentos biogênicos (COUTINHO, 1976).

As *Halimedas* estão limitadas aos trópicos e as espécies variam segundo as condições ecológicas, constituindo importantes formadoras de sedimentos carbonáticos das plataformas continentais (COUTINHO; MORAIS, 1970; KEMPF, 1972; Figura 10). Podem se desenvolver em diversos ambientes, desde recifes costeiros e de águas agitadas, até em lagunas dos atóis. As formas eretas podem crescer sobre sedimentos inconsolidados, enquanto que as formas prostradas preferem fundos duros (COUTINHO, 1981). Dependendo da forma de desagregação, estas algas podem gerar sedimentos de diversas texturas, desde cascalho a lama calcária.

Quando calcificados, os espécimes de *Halimeda* possuem um importante papel ecológico e podem se acumular formando depósitos de grande potencial econômico, como ocorre na plataforma continental do nordeste do Brasil (BANDERA-PEDROSA; PEREIRA; OLIVEIRA, 2004).

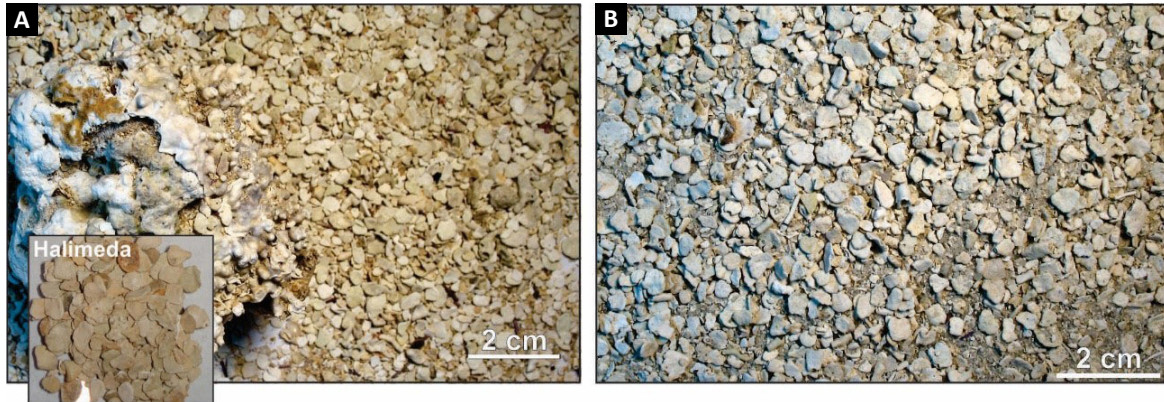
### 3.2.3. Recifes de Corais

Os recifes de corais correspondem a uma estrutura rochosa marinha formada pela acumulação de esqueletos carbonáticos de colônias predominantemente de corais, podendo ter associado também as algas calcárias (SUGUIO, 1992). Muitas das características e da distribuição geográfica dos recifes de corais devem-se ao fato dos corais construtores (escleractíneos) viverem



**Figura 9** - Exemplares de algas calcárias vermelhas, com predominância de (A) Algas vermelhas não articuladas e (B) rodolitos. Fonte: acervo do Projeto Plataforma Rasa do Brasil.





**Figura 10** - Sedimentação tipicamente carbonática constituída, predominantemente, por algas calcárias verdes, do gênero *Halimeda* Lamouroux 1816. Fonte: acervo do Projeto Plataforma Rasa do Brasil.

associados às microalgas zooxantelas, que dependem da luz solar para realizar a fotossíntese e produzir alimento ao coral.

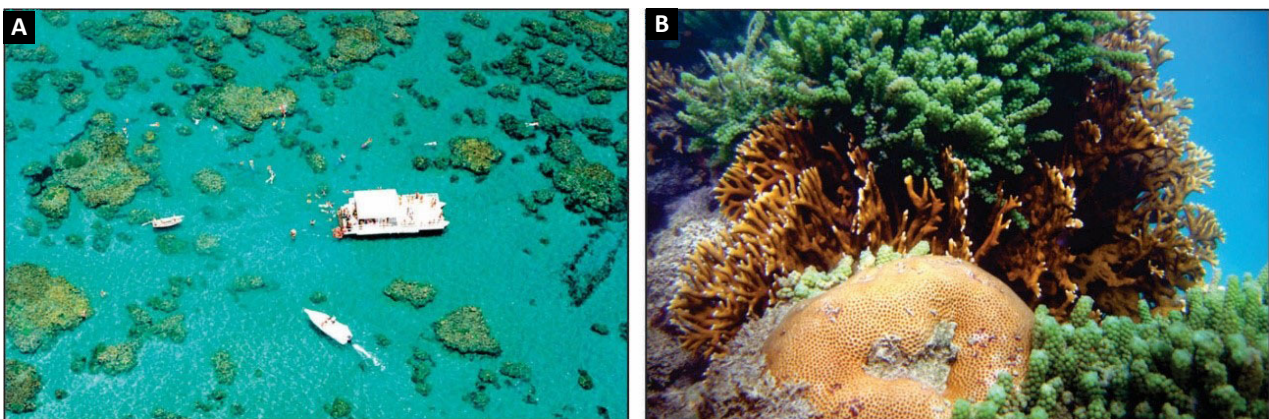
Para a existência dos corais, admite-se que as condições ideais para seu desenvolvimento são as águas claras, rasas (profundidade inferior a 40-50 m) e quentes (temperatura mínima superior a 20°C) (SUGUIO, 1992). Estes se encontram distribuídos por cerca de 3.000 km ao longo da costa do Nordeste, desde o sul da Bahia até o Maranhão, constituindo os únicos ecossistemas recifais do Atlântico sul. Na plataforma do Estado do Rio Grande do Norte, verifica-se uma baixa presença de corais em relação à alta ocorrência de algas calcárias. Neste caso, de acordo com Manso et al. (2003), o desenvolvimento dos corais ficou restrito aos substratos litificados, que podem representar antigas linhas de praias ou estruturas de recifes algálicos, sendo que o crescimento atual dos corais ocorre principalmente no lado externo dos substratos litificados ou em construções de algas calcárias incrustantes.

Os complexos recifais localizados no setor Touros estão inseridos em um dos cinco grupos de ambientes recifais existentes no Brasil. Estes representam

uma linha extensa de elevações rochosas espaçadas, suportados por uma base arenítica, sobre a qual estão incrustados corais e algas calcárias em locais concentrados, tendo o coral *Siderastrea stellata* como o principal construtor (MAIDA; FERREIRA, 1997; Figura 11). Santos et al. (2007) evidenciaram que as feições predominantes na plataforma interna da região de Touros estão representadas por um complexo de recifes, conhecidos, de norte a sul, como recifes de Cioba, Cação, Rio do Fogo e Maracajaú. São feições próximas à costa, alongadas em um eixo aproximadamente paralelo à costa, que variam entre 9 e 12 km de extensão, e a razão comprimento x largura destes corpos é de 3/1 a 4/1 (AMARAL, 2002, 2005).

### 3.3. CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA E CLASSIFICAÇÃO DA PLATAFORMA DO NORDESTE ORIENTAL

A primeira tentativa de divisão fisiográfica da plataforma do nordeste brasileiro é reportada a Kempf (1970), que, através apenas de um estudo bionômico da plataforma no Estado de Pernambuco, estabeleceu a



**Figura 11** - Áreas recifais de Maracajaú: (A) visão geral; (B) coral *Siderastrea stellata*, coral de fogo (*Millepora alcicornis* Linnaeus, 1758) e algas verdes. Fonte: IDEMA (2014).

profundidade de 35-40 m como sendo o limite entre as zonas infralitoral e circalitoral. Por outro lado, Kempf et al. (1970) dividiram parte da plataforma pernambucana em: zona litorânea, com recifes como feições topográficas mais proeminentes; uma zona entre as isóbatas de 10 e 40 m, sem acidentes topográficos mais importantes; uma zona abaixo dos 40 m, com uma depressão longitudinal com profundidades de 70 m e pequenas elevações, até a quebra da plataforma, a 70 m.

Coutinho (1976) propôs uma nova divisão para a plataforma do Nordeste, considerando critérios sedimentológicos associados a feições morfológicas. Deste modo, a plataforma foi dividida nos seguintes trechos:

**(1) Plataforma interna:** limitada pela isóbata de 20 m. O relevo é suave, com a presença de recifes, canais e ondulações, coberta por areia terrígena e pouco cascalho e lama. Os componentes bióticos são muito retrabalhados. Dominam associações de moluscos com ou sem foraminíferos bentônicos e em menor quantidade restos de equinóides e algas coralináceas ramificadas e incrustantes (Coutinho, 2000). O teor em carbonato de cálcio inferior a 25 %, e a sedimentação carbonática cobre parte dos depósitos relíquias areno-quartzosos da plataforma pré-Pleistocênica.

**(2) Plataforma média:** limita-se entre as isóbatas de 20 e 40 m, com um relevo mais irregular, recoberto por sedimentos grosseiros de origem biogênica (COUTINHO, 2000). O teor de carbonato de cálcio superior a 90%, que marca o aparecimento do gênero lithothamnium, em formas livres e ramificadas. As associações carbonáticas não mostram sinais de retrabalhamento e as algas incrustantes vivas parecem ser mais abundantes.

**(3) Plataforma externa:** a partir de 40 m de profundidade. É coberta por areias biodetríticas, cascalhos de algas e lama cinza-azulada. As Halimedes tendem a ser mais abundantes e o teor em carbonato de cálcio é superior a 75% (Coutinho, 2000). As associações carbonáticas são muito retrabalhadas. São sedimentos relíquia, no sentido de Emery, 1968 apud Coutinho, 2000).

### 3.3.1. Morfologia de Estruturas Sedimentares e a Morfologia da Plataforma do Nordeste Oriental

Com base no conhecimento sobre a plataforma do Nordeste, algumas feições morfológicas podem ser destacadas na plataforma do Rio Grande do Norte, dentre elas:

**Alinhamentos de arenito:** Um dos traços morfológicos mais marcantes da zona litorânea são as rochas praias, sedimentos arenosos litificados, que constituem corpos de arenito, usualmente recobertos por formações biogênicas, quando encontrados na antepraia. Estas formações também podem ocorrer acima do nível relativo do mar atual (CALDAS, 1996) e sob uma lâmina de água de 12 a 20 m (VIANNA; SOLEWICZ; CABRAL, 1989; COSTA

NETO, 1997), e a 35 m de profundidade. Tem expressão morfológica vertical de 3 a 10 m, largura entre 100 e 500 m e pode ultrapassar os 10 km de extensão.

Vianna, Solewicz e Cabral (1989), com base principalmente em imagens de satélite, identificaram uma série de feições na plataforma rasa na altura da cidade de Touros. Um lineamento externo observado foi relacionado, por sua morfologia, a uma linha de arenito de praia e estaria a aproximadamente 20 m de profundidade. Mergulhos e análise petrográfica confirmaram a morfologia e características petrográficas de uma fácies de praia.

**Canais:** A superfície da plataforma pode apresentar-se, ainda, ligeiramente irregular, cortada por um sistema de canais estreitos e pouco profundos, como descreve (COUTINHO, 1976). Estes canais situados em frente às atuais lagunas do litoral alagoano são, provavelmente, associados à existência de antigos rios afogados (ZEMBRUSCKI et al., 1971) ou mesmo processos hidrodinâmicos atuais. A profundidade da maioria destes canais é inferior a 20 m. Alguns apresentam vales em forma de “U”, preenchidos com sedimentos acusticamente transparentes, enquanto outros são desprovidos de qualquer sedimentação. Perfis sísmicos da plataforma mostram as camadas sub-horizontais ligeiramente inclinadas para o mar. Localmente, os sedimentos apresentam dobras muito suaves, refletindo, provavelmente, uma compactação diferencial sobre estruturas do embasamento profundo (OJEDA, 1976). Outros canais, no entanto, formam feições imponentes, como aquele descrito por Costa Neto (1997), na foz do Rio Açu. Finalmente, alguns canais já preenchidos por sedimentação mais recente podem exibir expressão topográfica já nas bordas do talude. Como parece ser o caso do Cânion de Natal (FRANÇA, 1979).

**Terraços:** Foram individualizados, na plataforma, terraços em profundidades entre 23-40 m, 50-55 m, 90-95 m (BOYER, 1969; SUMMERHAYES, FAINSTEIN e ELLIS, 1976), sendo que os dois primeiros são mais comumente encontrados (COUTINHO, 1976). Tais níveis foram interpretados como correspondentes a prováveis superfícies de erosão, associados ao nível do mar pretérito.

**Formas de fundo:** Na plataforma à frente da cidade de Touros, na isóbata de -20 m, foi observado um campo de dunas transversais assimétricas, com alturas entre 5 e 7 m e extensão transversal de 500 m, cuja distância entre as cristas é de 1.700 m e faces de sotamar com inclinação de 45°. Sobre estas, foram marcas onduladas (*ripples*) com 5 cm de altura por 20 cm de comprimento. Um campo com formas de leito longitudinais foi observado e identificado como sendo composto por faixas de areias com comprimentos entre 5 e 10 km e larguras inferiores a 100 m. Entre o campo de faixas de areias e o antigo lineamento de face de praia, grandes ondulações de areia e bancos de areias foram identificados (VIANNA & SOLEWICZ, 1988; VIANNA, CABRAL e GHERARDI, 1993).

Foi identificada, ainda, uma feição alongada e estreita, paralela à costa, correspondente à chamada Risca do Meio, sendo considerada como constituída por detritos de algas calcárias.

Costa Neto (1997) realizou um dos mais detalhados levantamentos batimétricos já executados na plataforma interna do nordeste brasileiro. Em seu trabalho, realizado na plataforma adjacente à cidade de Macau (litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte), Costa Neto (1997) indicou que a composição dos sedimentos é predominantemente de algas calcárias e areia bioclástica a litoclástica, e descreveu as seguintes feições na área pesquisada:

**Paleocanal do Rio Açu:** Com largura média de 4 km, estende-se até a isóbata de 24 m, a aproximadamente 23 km da linha de costa. O canal é preenchido por sedimentos pelíticos trazidos pelos rios e por areias trazidas pela corrente de deriva litorânea.

**Bancos arenosos longitudinais:** São feições topograficamente elevadas em relação ao fundo da plataforma, de caráter contínuo e com orientação preferencial paralela à linha de costa, localizado entre as profundidades de 2 e 5 m. Apresentam morfologia de cristas e cavas com larguras entre 300 e 800 m, alturas entre 1 e 3 m e comprimento entre 600 e 1500 m, com o flanco abrupto voltado para o mar. As faixas alongadas, de coloração amarronzada, devem-se à presença de sedimentos lamosos depositados

nas cavas, onde também são encontrados fragmentos de conchas e areia biodetrítica. Nas cristas dos bancos, predominam areias quartzosas. Quando ocorrem próximas à costa, estas feições recebem a denominação de “crôa”.

**Bancos de Algas Calcárias:** estes bancos foram identificados a partir da profundidade de 15 m. Apresentam-se em sucessivas cristas de bancos, simétricos, cujos comprimentos variam de 600 a 1500 m, e as alturas vão desde 1,5 a 4,0 m. Algumas cristas apresentam topo plano devido ao desenvolvimento de algas calcárias e vermetídeos. Possuem um lineamento geral NE-SW.

**Recifes:** Estes corpos foram classificados em lineares e isolados. Os primeiros ocorrem em profundidades que variam de 12 a 18 m e possuem direção NW-SE. Apresentam altura entre 2,5 e 5 m acima do relevo do assoalho, e uma largura entre 500 e 1.000 m. Trata-se de um arenito carbonático. São representantes de antigos alinhamentos de arenito de praia, formados durante o período de estabilização do nível do mar. Os recifes isolados têm altura entre 2 e 10 m e largura de 100 a 500 m. São total ou parcialmente cobertos por algas calcárias, vermetídeos e sedimentos bioclásticos. Ocorrem em profundidades que variam de 1 a 11 m.

**Fundo plano:** Apresenta-se plano a suavemente ondulado, podendo possuir formas de leito do tipo marcas de ondas e megamarcas de onda.



## 4. MÉTODOS

Com base nos dados batimétricos e sedimentológicos obtidos, associados a imagens de sensores remotos, foi possível caracterizar a morfologia e a sedimentologia de fundo da plataforma no setor Touros. Para tanto, vários métodos foram aplicados durante as fases de aquisição, tratamento e resultados dos dados, conforme evidenciados a seguir.

### 4.1. ESTUDO BATIMÉTRICO

A análise preliminar ao levantamento batimétrico consistiu na elaboração de um mapa batimétrico com uso de dados preexistentes, contidos na carta náutica nº 803 – Canal de São Roque, em escala de 1:50.000, disponibilizada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil, os quais foram digitalizados e interpolados pela equipe de trabalho envolvida. Esta carta foi atualizada em 25/05/2007 e possui 1.293 pontos cotados, com profundidades que variam de 0,20 a 36 m, distribuídos aleatoriamente na Folha Touros, cobrindo toda a área de estudo.

Os pontos cotados, com as suas respectivas profundidades, foram vetorizados para um arquivo *shapefile* e inseridos em um sistema de informação geográfica. Com estes dados, posteriormente, foram realizados vários testes de interpolação, no *software* ArcGis, para selecionar o método que melhor representaria a área submersa do projeto.

Subsequentemente, em complementação aos dados da carta náutica e desenvolvimento do trabalho, foram executadas três campanhas de perfilagem batimétrica para a coleta detalhada de dados, abrangendo três diferentes subsetores, sendo estes, de sul para norte, as regiões dos baixios de Maracajaú, Rio do Fogo e Cioba (Figura 12). A separação das coletas em três campanhas levou em consideração: (1) a posição da linha de costa, procurando coletar dados de profundidade em rotas perpendiculares à mesma, e (2) as condições de maré, em que se priorizaram coletas em marés de quadratura, condições estas que propiciam menores variações de maré, minimizando os erros de coleta e correção dos dados.

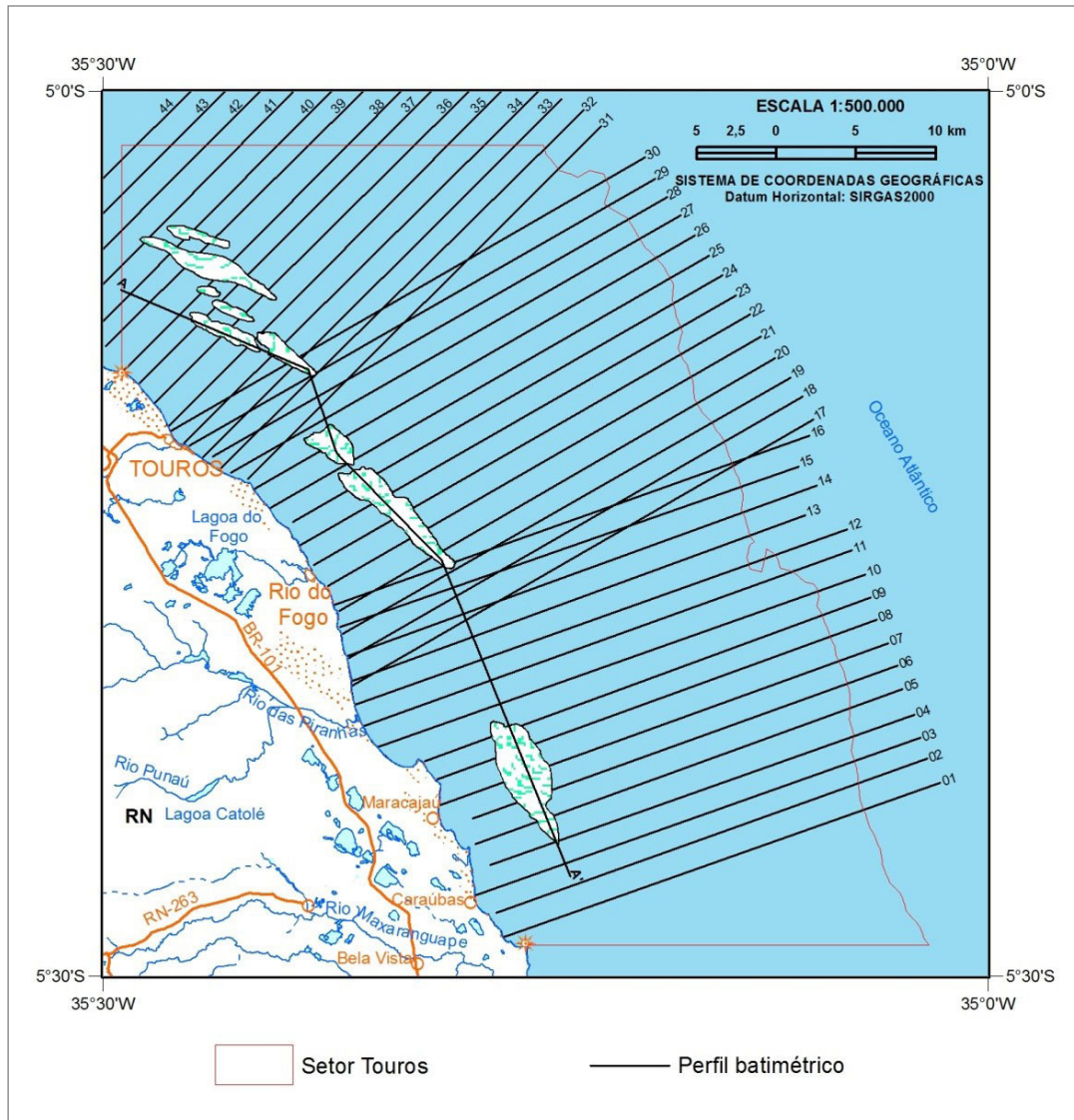
As etapas de campo foram realizadas entre os meses de março e maio de 2009, utilizando-se uma embarcação de 10 m de comprimento e calado de 0,70 m, equipada com sistema de posicionamento global (GPS – Global Position System) e ecossonda GPSmap 520s – Garmim (feixe duplo, 200 Hz, 14°). O planejamento dos trabalhos

foi feito com base nas informações obtidas a partir da bibliografia existente e do conhecimento empírico da região. Desta forma, foi possível determinar a direção - objetivo primordial para levantar informações perpendicularmente às feições geomorfológicas - e o comprimento das rotas a serem realizadas.

Como resultado, foram realizados 44 perfis batimétricos (rotas), com espaçamento entre estes de 1,5 km e extensão média de 30 km (Figura 12). O total de dados coletados nas campanhas foi de 111.200 pontos válidos de medidas de profundidade, com 1.395,7 km navegados em uma área total de 1.850 km<sup>2</sup>. Os perfis batimétricos foram agrupados nos subsetores e o quantitativo dos dados adquiridos em cada subsetor está disponível na Tabela 3. Os dados batimétricos obtidos foram corrigidos em três etapas: (1) verificação da veracidade das informações das profundidades observadas, fazendo-se, por exemplo, a remoção dos registros com valores iguais a zero, decorrentes ou da perda do sinal acústico ou de momentos em que a embarcação estava parada; (2) ajuste ao nível de maré, e (3) ajuste do calado da embarcação.

Posteriormente, estes dados foram inseridos em um sistema de informações geográficas para outras operações, a partir das quais pode-se gerar os Modelos Digitais de Terreno (MDT) e as curvas para cada perfil batimétrico, utilizados para analisar e delimitar feições geomorfológicas da área. A construção das curvas utilizou a totalidade de pontos válidos obtidos para cada perfil. De modo a minimizar os ruídos produzidos por pequenas oscilações registradas durante a navegação, as curvas geradas para cada perfil foram ajustadas utilizando-se a média móvel, em que é obtida a média dos dados dentro de um intervalo especificado para ambos os lados de um dado ponto amostral. A largura desta janela foi calculada por avaliação visual, em que foram definidas para cada ponto amostral, a média dos seus 8 valores anteriores e posteriores.

Para o MDT, após vários modelos gerados e analisados, optou-se, aqui, por apresentar uma modelagem gerada por meio de uma malha de intervalos de 3 m, sob a qual foi aplicado o método de interpolação IDW (Inverso da Distância Ponderada), através da ferramenta *Geostatistical Analyst Tools*, disponível no *software* ArcGIS. Para este modelo, além dos pontos válidos utilizados, foram acrescentados 80 pontos com profundidade igual a zero na linha de costa. Assim, foi criada uma barreira estatística, tornando as curvas mais próximas à linha de costa mais realistas. O MDT obtido é apresentado na Figura 13.



**Figura 12** - Localização dos perfis batimétricos (rotas) obtidos durante a etapa de campo, nos limites da Folha Touros. Os perfis estão enumerados em ordem crescente, de sul para o norte da área, sendo reunidos nos subsetores Maracajaú (01 ao 16), Rio do Fogo (17 ao 30) e Cioba (31 ao 44). O perfil A-A' corresponde a um perfil interpolado, paralelo a direção preferencial dos complexos recifais. Fonte: Amaral, R.F.

**Tabela 3** - Quantitativo dos dados coletados durante as campanhas batimétricas, apresentando dados além dos limites da Folha Touros. Fonte: Amaral, R.F.

SUBSETORES	PERFIS	KM NAVEGADOS	PONTOS VÁLIDOS DE PROFUNDIDADE	DIREÇÃO DO LEVANTAMENTO
Maracajaú	01 a 16	504,1	35.360	N70°E
Rio do Fogo	17 a 30	433,2	31.399	N60°E
Cioba	31 a 44	458,4	34.440	N45°E

Vale ressaltar que alguns dados foram adquiridos além dos limites da Folha Touros, porém, para este estudo, as análises dos mesmos restringem-se, apenas, à área do Setor Touros. Contudo, o Anexo 01 contempla os 44 perfis batimétricos gerados através do MDT apresentado, apresentando extensão máxima de 30 km.

Os resultados das análises realizadas permitiram gerar mapas temáticos, através de métodos de interpolação, sendo, no entanto, utilizado aqui como parâmetro para todos os mapas o método IDW (Inverso da Distância Ponderada), através da ferramenta Geostatistical Analyst, acessível no *software* ArcGIS.

Contudo, em decorrência de erros estatísticos inerentes ao método de interpolação empregado neste estudo, deve-se ter em mente que os valores quantitativos representados nos mapas não podem ser vistos como valores absolutos e isolados. Assim, os mapas devem ser analisados de forma qualitativa, ponderando-se às limitações do método. Em alguns casos, fez necessário o uso das imagens de satélites sob os mapas interpolados com o intuito de gerar mapas com menos erros oriundos da interpolação. Em algumas porções, especialmente nas bordas da área de estudo, a interpolação não apresentou resultados, devido à falta de dados pontuais, porém estas foram interpretadas até a isóbata de 30 m, com base em observações de campo, na análise da textura das imagens de satélite e no MDT gerado.

Os mapas obtidos correspondem: mapa de diâmetro médio (Figura 14); mapa de teor de carbonato (Figura 15); mapas de biogênicos (Figura 16); mapa textural (Figura 17).

## 4.2. ESTUDO SEDIMENTOLÓGICO

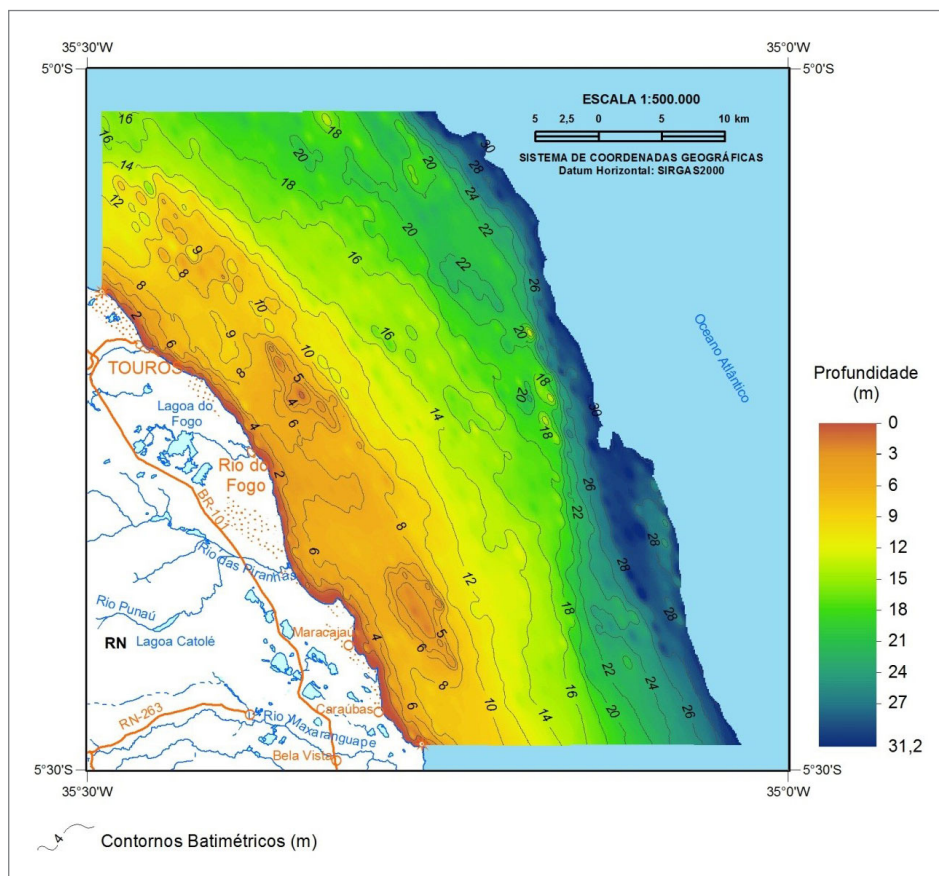
A análise dos sedimentos de fundo da plataforma estudada sucedeu-se em várias etapas, incluindo desde a coleta de sedimentos até a sua classificação textural, permitindo a geração de mapas temáticos.

### 4.2.1. Coleta de Amostras de Sedimentos de Fundo

A amostragem de sedimentos de fundo foi realizada durante duas fases de campo, a primeira ocorrida no mês de julho de 2008, e a segunda nos meses de janeiro, fevereiro e maio de 2009. Um total de 1.186 amostras de sedimentos foi coletado, apresentando uma distribuição regular ao longo da área, com espaçamento de 1 km entre as mesmas, a profundidades de até 30 m (Figura 19).

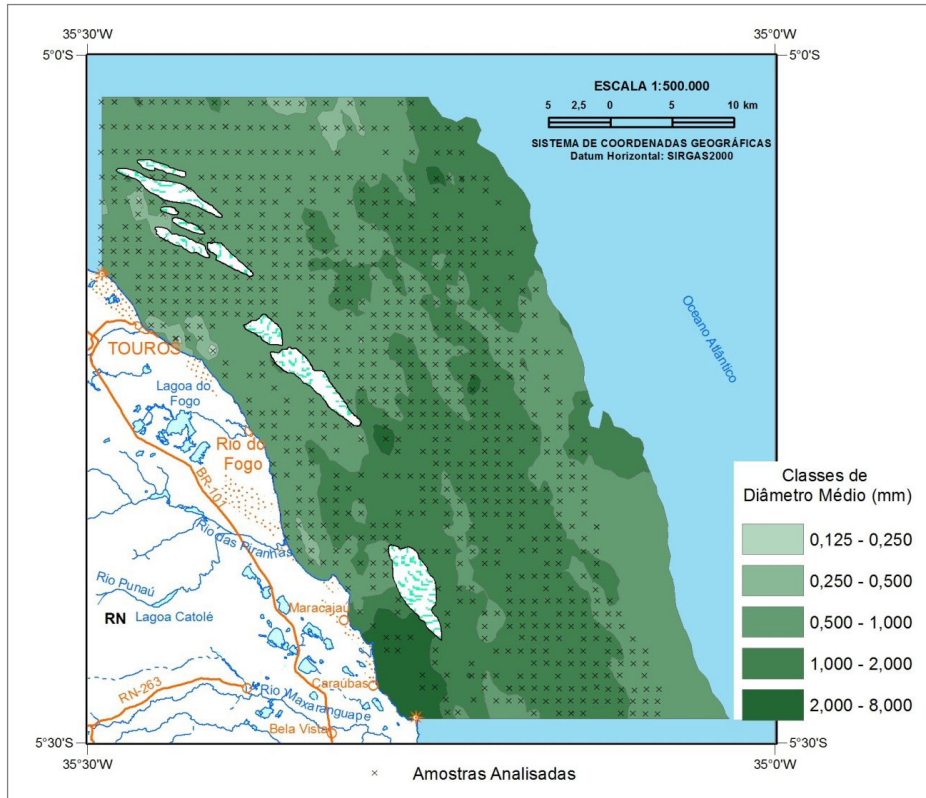
O posicionamento para a coleta das amostras foi realizado com o auxílio de um GPS (Sistema de Posicionamento Global), dando-se, em seguida, início às atividades de coleta. A coleta foi realizada com um amostrador pontual do tipo Van Veen, de aço inoxidável, com capacidade de 8 kg (Figura 20). O material recolhido pelo amostrador foi armazenado em sacolas plásticas, devidamente etiquetadas. Os dados de coordenadas do ponto eram anotados na ficha de bordo, assim como os horários iniciais e finais das coletas e o número de vezes que o amostrador foi lançado.

Para a execução deste trabalho foi utilizado uma embarcação de pesca do tipo lagosteira, equipada com computador, GPS, ecossonda, guincho e um gerador de energia (Figura 20).

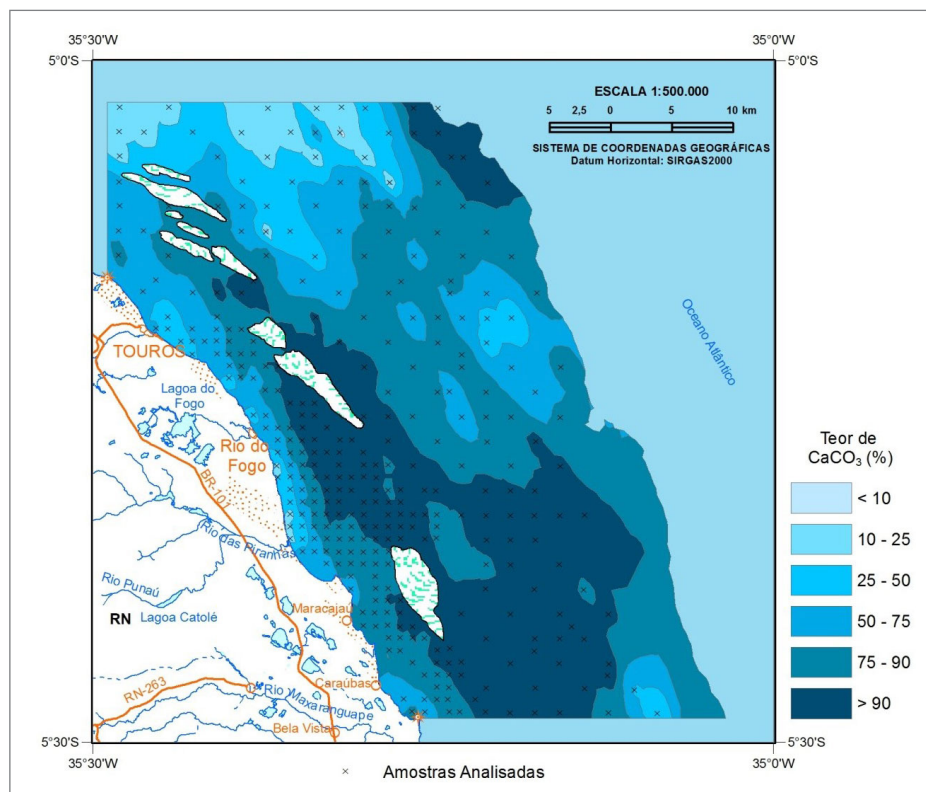


**Figura 13** - Mapa batimétrico da plataforma continental do setor Touros. O modelo digital do terreno (MDT) foi gerado a partir de uma malha de intervalos de 3 m, sob a qual foi aplicado o método de interpolação IDW. Fonte: Equipe do LEGEO/UFRN.

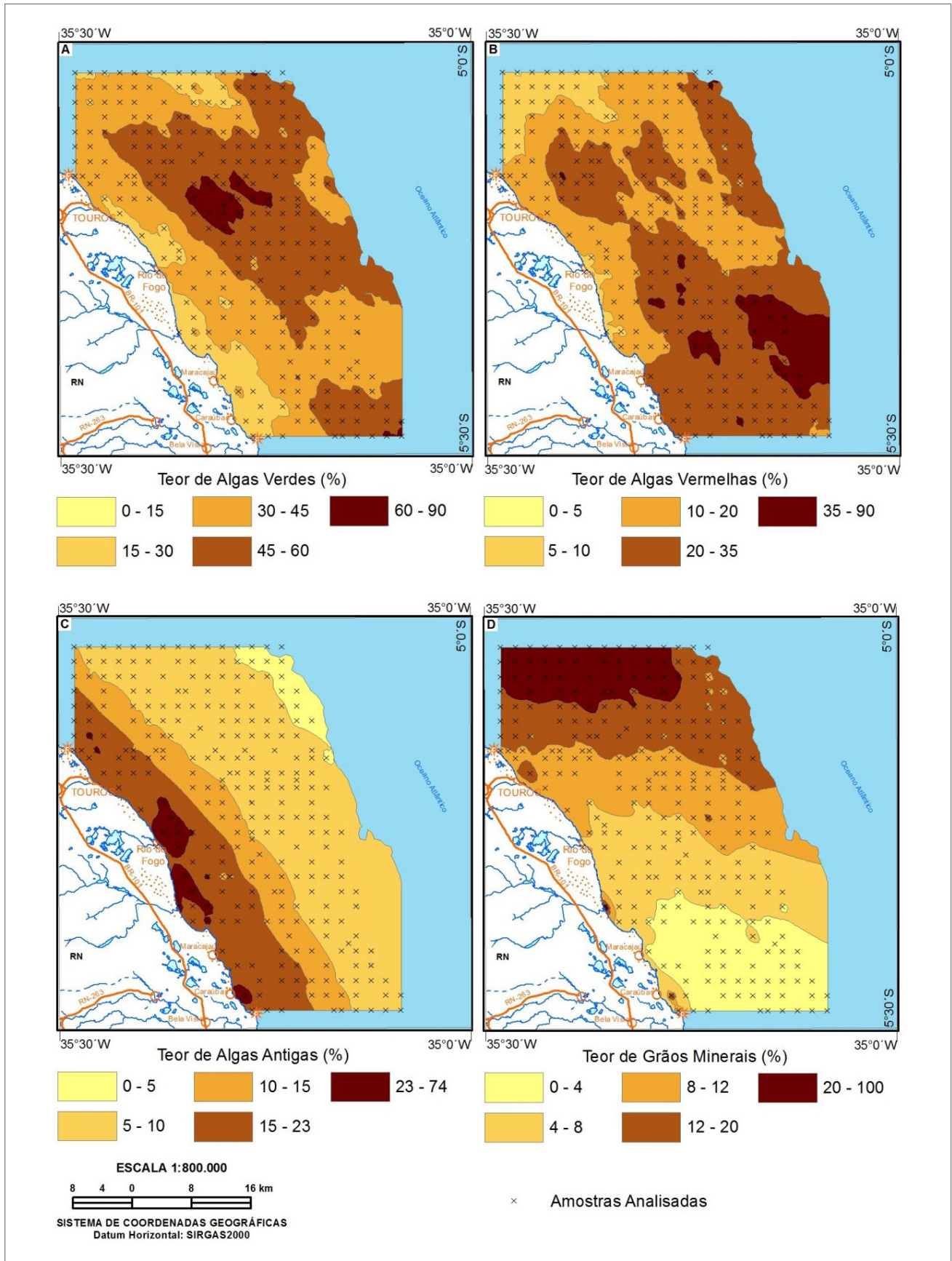




**Figura 14** - Mapa de distribuição do diâmetro médio, classificado de acordo com a metodologia de Folk e Ward (1957), gerado através do método de interpolação IDW. Nas porções em que a interpolação não apresentou resultados, devido à falta de dados pontuais, a interpretação foi baseada em observações de campo, na análise da textura das imagens de satélite e no MDT gerado. Fonte: Elaborado pela equipe do LEGEO/UFRN.

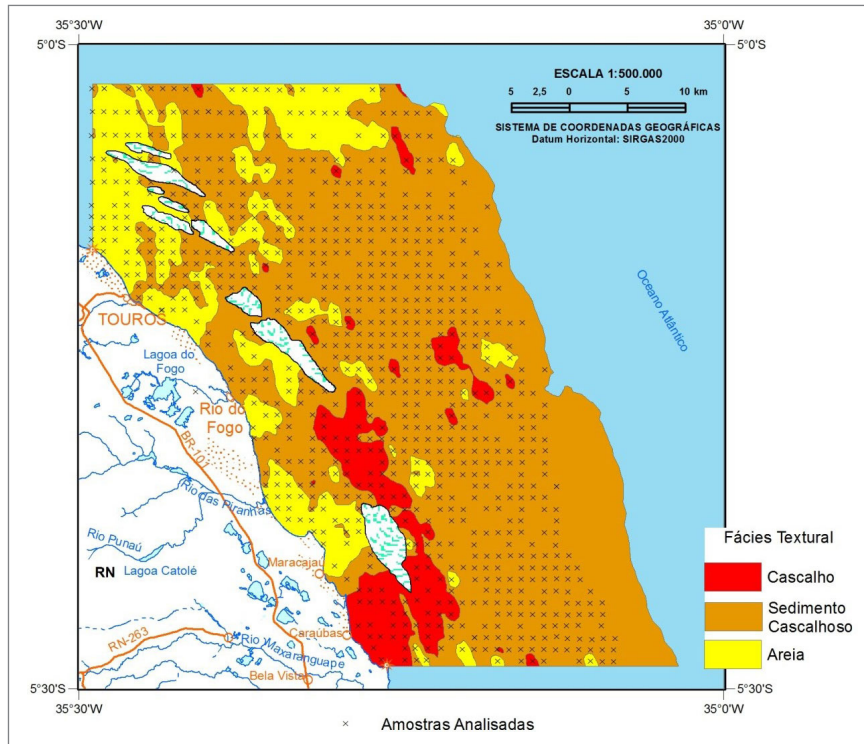


**Figura 15** - Mapa de teor de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) do setor Touros, gerado através do método de interpolação IDW. Nas regiões em que a interpolação não apresentou resultados, devido à falta de dados pontuais, a interpretação foi com base em observações de campo, na análise da textura das imagens de satélite e no MDT gerado. Fonte - Elaborado pela equipe do LEGEO/UFRN.

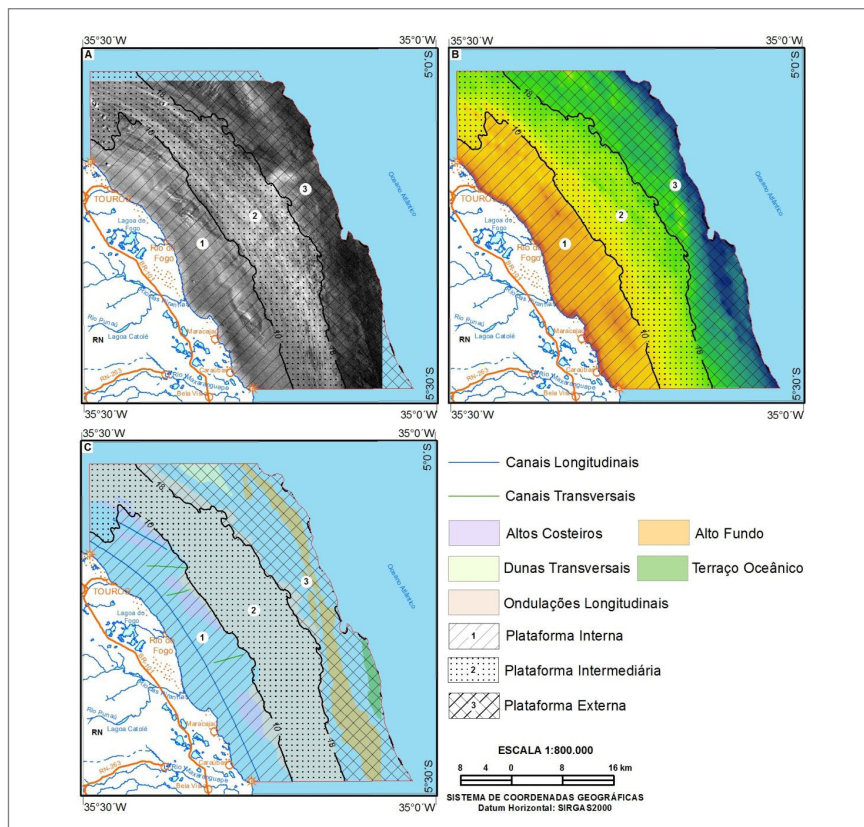


**Figura 16** - Mapas de distribuição dos biogênicos no setor Touros, gerados a partir do método de interpolação IDW: (A) Algas verdes; (B) Algas vermelhas; (C) Algas antigas, e (D) Grãos minerais. Nas porções em que a interpolação não apresentou resultados, devido à falta de dados pontuais, a interpretação foi com base em observações de campo, na análise da textura das imagens de satélite e no MDT gerado. Fonte: Elaborados pela equipe do LEGEO/UFRN.





**Figura 17** - Mapa textural do setor Touros, de acordo com a classificação de Shepard (1954, modificado por SCHLEE, 1973), gerado através do método de interpolação IDW. Nas porções em que a interpolação não apresentou resultados, devido à falta de dados pontuais, foram interpretadas com base em observações de campo, na análise da textura das imagens de satélite e no MDT gerado. Fonte - Elaborado pela equipe do LEGEO/UFRN.



**Figura 18** - Divisão da plataforma continental do setor Touros, realizada com base nas características geomorfológicas da área e na classificação descrita por Coutinho (1976), sobreposta à imagem de satélite (A), ao modelo digital do terreno (B) e às feições geomorfológicas mapeadas (C). Fonte: Amaral, R.F.

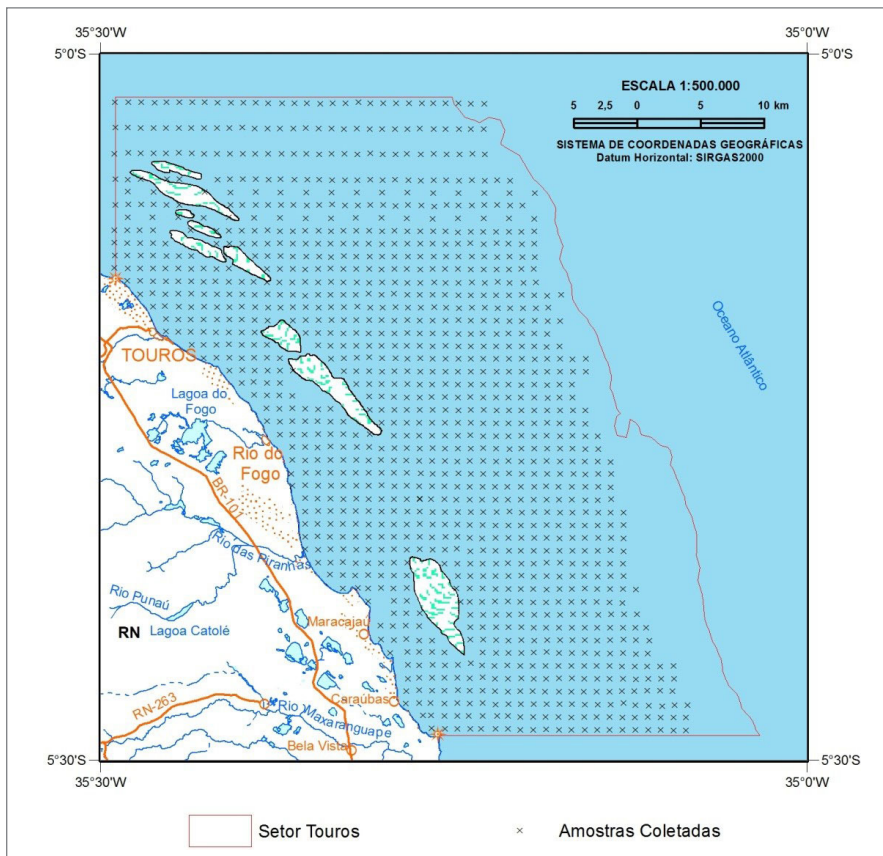


Figura 19 - Mapa da distribuição dos pontos de amostragem dos sedimentos de fundo. Fonte: Amaral, R.F.

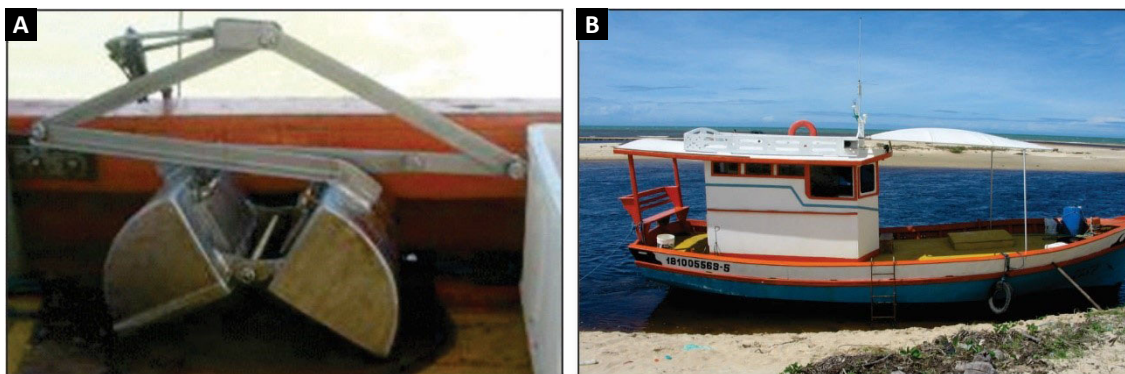


Figura 20 - (A) Coletor de amostra de fundo tipo Van Veen, e (B) embarcação utilizada nos trabalhos de campo. Fonte: Acervo do Projeto Plataforma Rasa do Brasil.

## 5. MAPEAMENTO DOS RECURSOS MINERAIS MARINHOS

A análise integrada dos produtos gerados, juntamente à base bibliográfica analisada, permitiu identificar algumas feições geomorfológicas na plataforma do setor Touros, sendo estas: canais longitudinais (São Roque e Cioba de Dentro), canais perpendiculares (Pititinga, Barretas e Touros), altos costeiros (Maracajaú, Rio do Fogo e Cioba), ondulações longitudinais, dunas transversais, altos fundos (riscas de Pititinga, do Zumbi, da Gameleira e do Liso) e terraço oceânico (Figura 21).

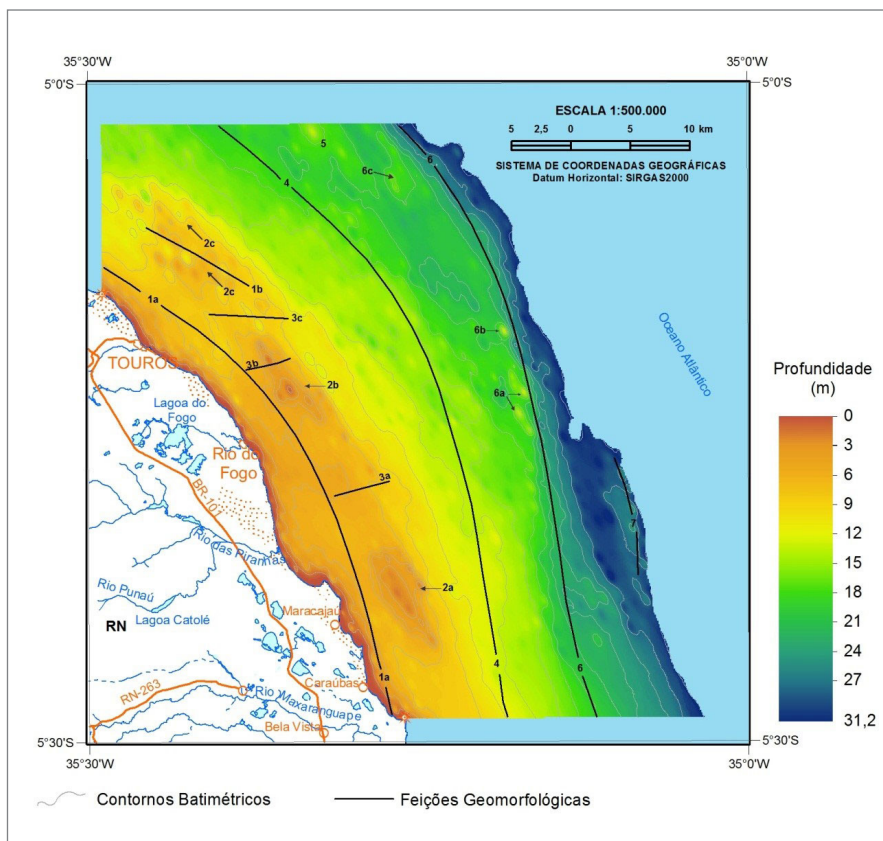
### 5.1. ANÁLISE DAS FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS

Num contexto geral, estas feições geomorfológicas serão descritas a seguir e demarcadas em alguns perfis batimétricos (Figura 22 a Figura 24), ressaltando-se que suas dimensões correspondem a valores médios extraídos com base na análise dos perfis gerados.

#### 5.1.1. Canais Longitudinais

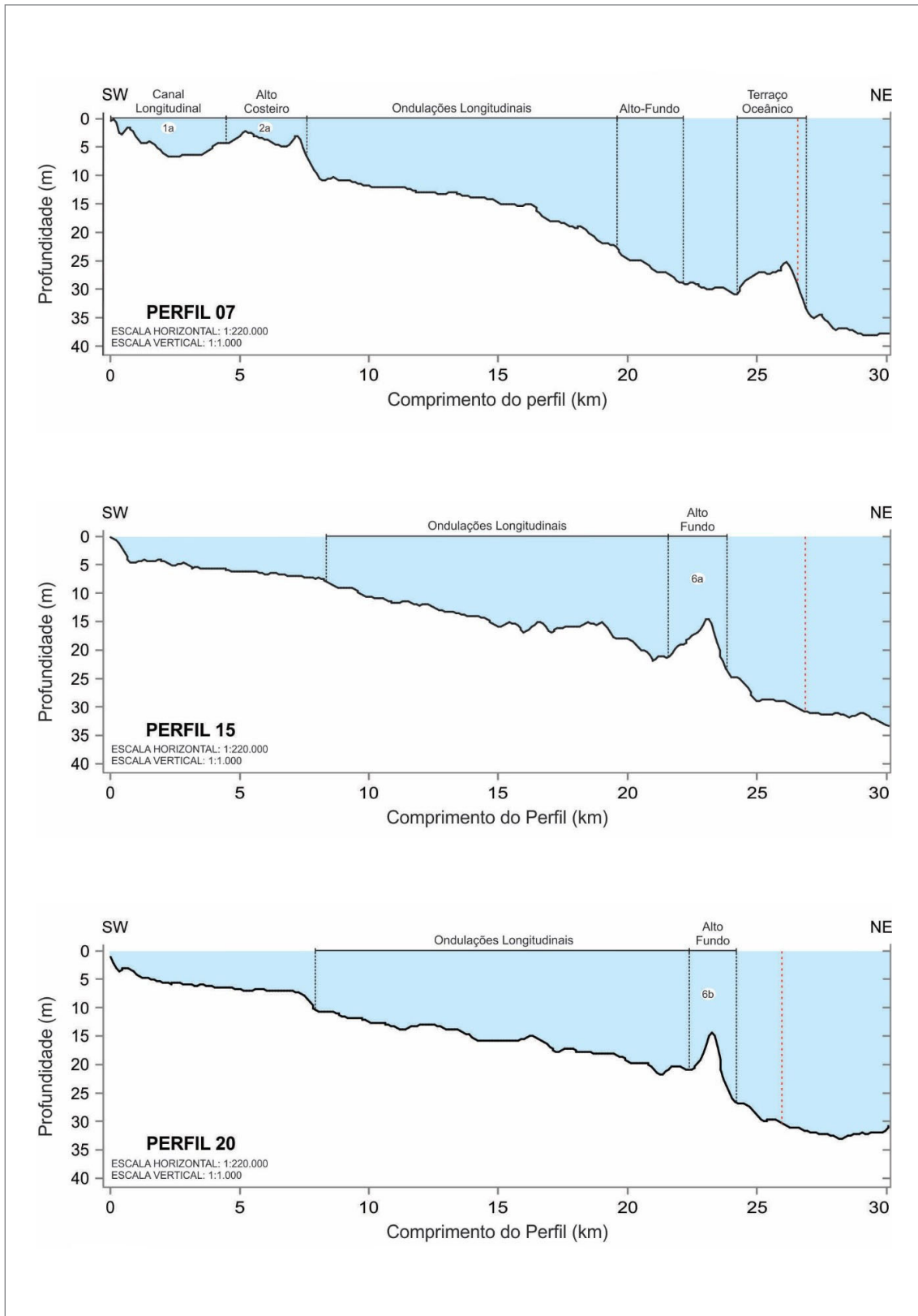
Os canais longitudinais ocorrem paralelos à linha de costa e o mais representativo destas feições constitui o canal de São Roque, dispendo-se ao longo de toda a área, entre a linha de costa e os altos costeiros (Figura 21). Esta feição apresenta, aproximadamente, 55 km de extensão no eixo N-S, largura média de 4,55 km e profundidade média de 8 m, podendo chegar aos 12 m (Figura 22 a Figura 24). Sua morfologia muda ao longo da área, sendo melhor evidenciada nas porções próximas aos altos costeiros.

Outros dois canais foram identificados entre o relevo do alto costeiro de Cioba (noroeste do setor), denominados de Cioba de Dentro (Figura 21) e Cioba de Fora, ambos com orientação SE-NW. O canal Cioba de Dentro apresenta, aproximadamente, 845 m de

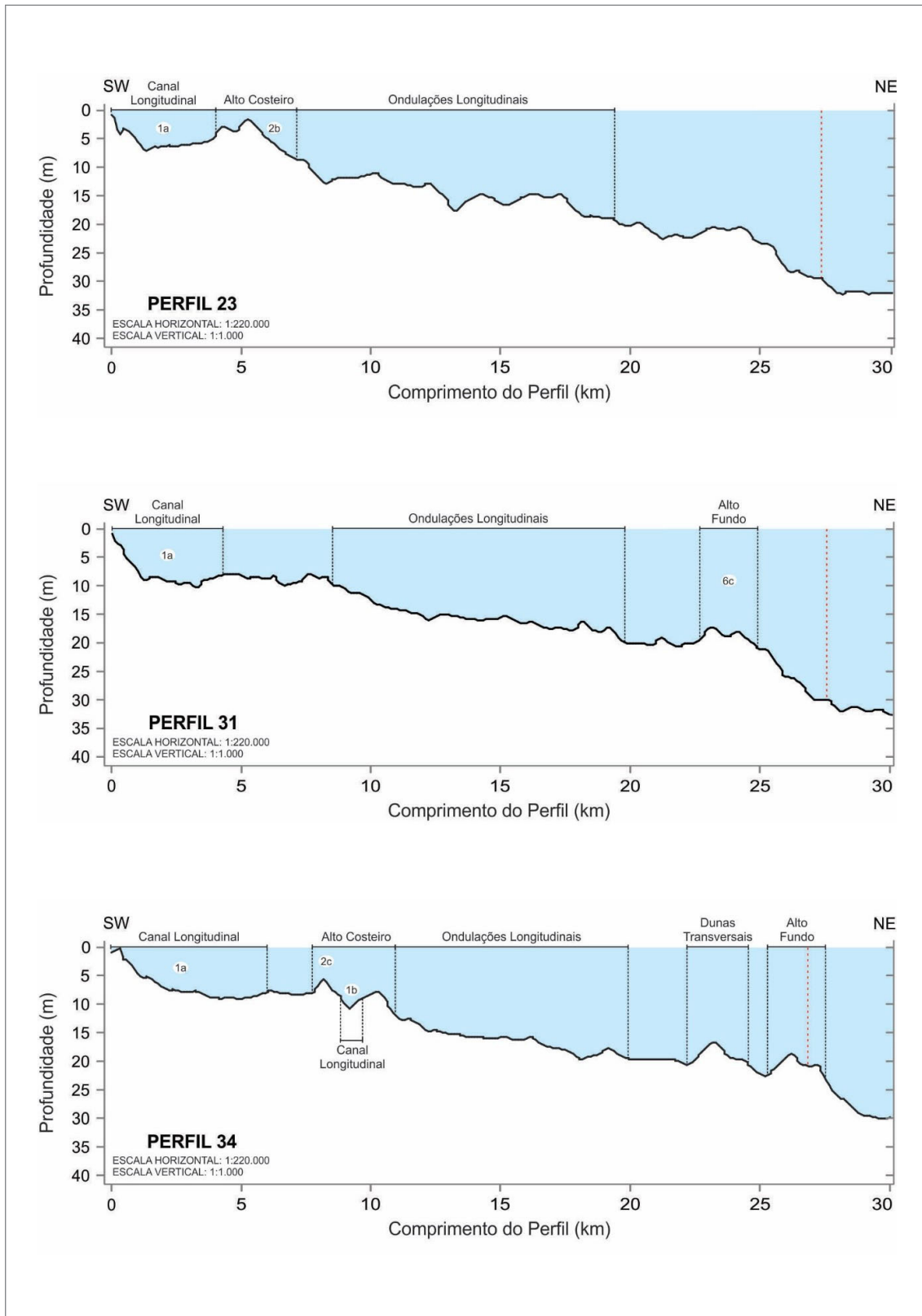


**Figura 21** - Mapa batimétrico com a representação das principais feições geomorfológicas identificadas: (1) canais longitudinais: (1a) canal de São Roque, (1b) canal Cioba de Dentro; (2) altos costeiros: (2a) Maracajaú, (2b) Rio do Fogo e (2c) Cioba; (3) canais transversais: (3a) canal de Pititinga, (3b) canal Barretas e (3c) canal de Touros; (4) ondulações longitudinais; (5) dunas transversais; (6) altos fundos: (6a) risca de Pititinga, (6b) risca do Zumbi; (6c) risca da Gameleira; e (7) terraço oceânico. Fonte: Amaral, R.F.

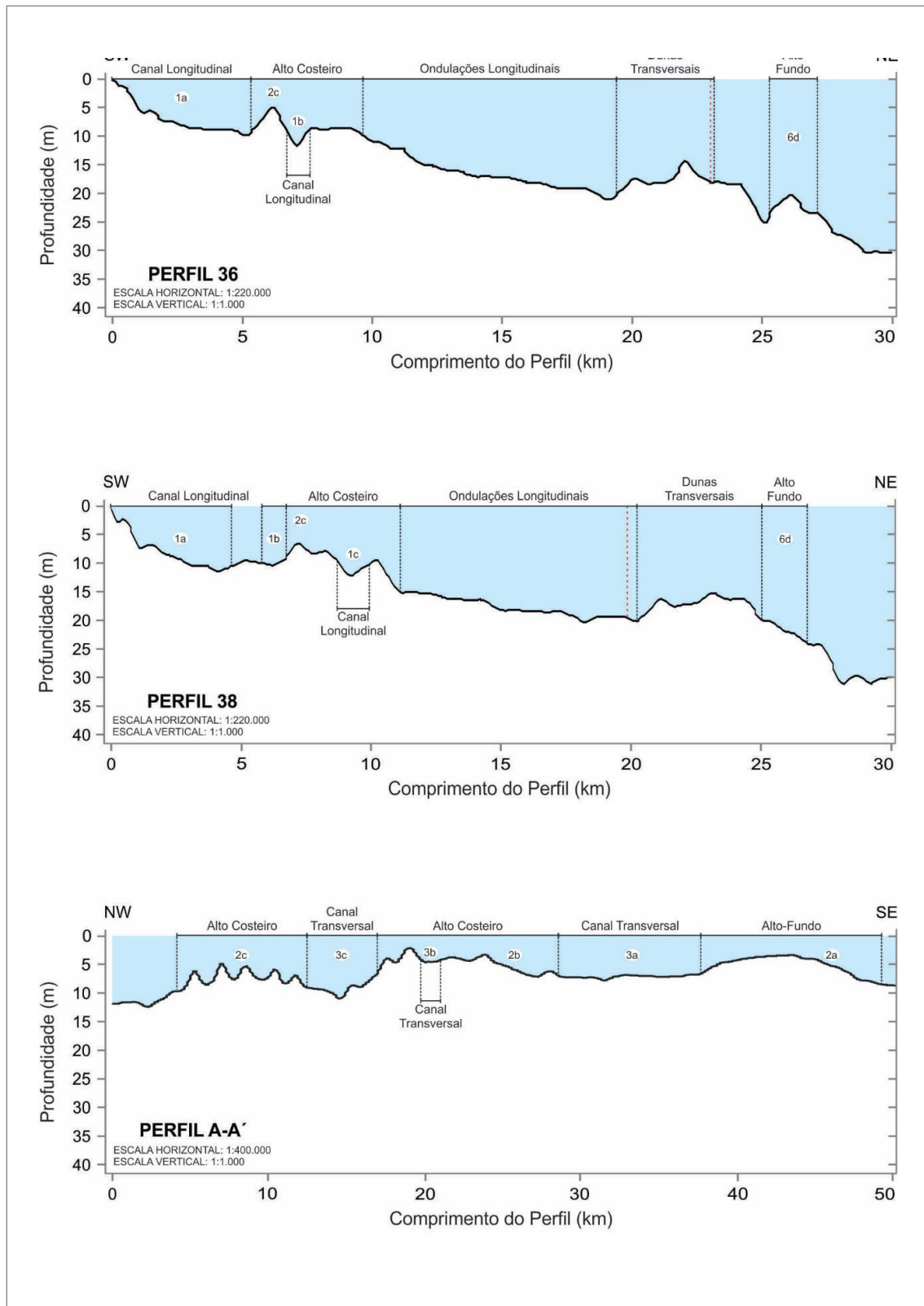




**Figura 22** - Perfis batimétricos 07, 15 e 20, evidenciando as principais feições geomorfológicas reconhecidas nos mesmos: canais longitudinais: (1a) canal de São Roque; Altos costeiros: (2a) Maracajaú; ondulações longitudinais; altos fundos: (6a) risca de Pititinga, (6b) risca do Zumbi; e terraço oceânico. A linha tracejada em vermelho representa o limite do setor Touros. Ver localização dos perfis na Figura 12. Perfis obtidos a partir do MDT gerado. Fonte: Amaral, R.F.



**Figura 23** - Perfis batimétricos 23, 31 e 34, com ênfase nas principais feições geomorfológicas reconhecidas nos mesmos: canais longitudinais: (1a) canal de São Roque e (1b) canal Cioba de Dentro; altos costeiros: (2b) Rio do Fogo e (2c) Cioba; ondulações longitudinais; dunas transversais; alto fundo: (6c) risca da Gameleira. A linha tracejada em vermelho representa o limite do setor Touros. Ver localização dos perfis na Figura 12. Perfis obtidos a partir do MDT gerado. Fonte: Amara, R.F.



**Figura 24** - Perfis batimétricos 07, 15 e 20, evidenciando as principais feições geomorfológicas reconhecidas nos mesmos: canais longitudinais: (1a) canal de São Roque; Altos costeiros: (2a) Maracajaú; ondulações longitudinais; altos fundos: (6a) risca de Pititinga, (6b) risca do Zumbi; e terraço oceânico. A linha tracejada em vermelho representa o limite do setor Touros. Ver localização dos perfis na Figura 12. Perfis obtidos a partir do MDT gerado. Fonte: Amaral, R.F.



largura e 6 m de profundidade, enquanto que o canal Cioba de Fora tem largura de 1,7 km e profundidade de 8 m (Figura 23 e Figura 24).

### 5.1.2. Canais Transversais

Estes canais ocorrem perpendicularmente à linha de costa e, na plataforma estudada, foram reconhecidos os canais de Touros, Barretas e Pititinga, localizados entre os altos costeiros (Figura 21 e Figura 24).

O canal de Touros (SE-NW) apresenta largura aproximada de 8 km, com profundidades variando entre 6,8 e 12,1 m. Já o canal Barretas (NE-SW) tem largura de 1 km em sua porção central e profundidades entre 3 e 7 m. O canal de Pititinga (NE-SW), por sua vez, é o mais largo, com, aproximadamente, 11 km de largura, e apresenta profundidades no intervalo de 4,5 a 9,5 m (perfil A-A'; Figura 24).

### 5.1.3. Altos Costeiros

Os altos costeiros são as feições mais relevantes evidenciadas no setor Touros, consistindo em elevações próximas à costa, correspondentes aos recifes de corais de Maracajaú, Rio do fogo e Cioba (Figura 21). Estes recifes de corais se encontram entre 5 e 7 km da linha de costa e são, essencialmente, bioconstruções carbonáticas, com a presença de corais *Siderastrea stellata* e *Millepora spp.* em associação com algas coralinas (TESTA; BONSENCE, 1999; SANTOS et al., 2007). Apresentam formas alongadas, com 8 km a 12 km de extensão, e orientados na direção NW-SE, paralelos à linha de costa. Durante a maré baixa, estes recifes tornam-se praticamente emersos.

O alto de Maracajaú, ao sul da área, dista cerca de 4 km da costa, e apresenta, aproximadamente, 8,5 km de extensão no eixo N-S e 3,3 km de largura no eixo E-W, totalizando uma área de 17.000 m<sup>2</sup>. Analisando os contornos batimétricos (Figura 13 e Figura 21), verificou-se que a isóbata de -5 m delimita a feição, formando uma estrutura única, de formato oval.

Nos perfis batimétricos analisados (perfis 4 ao 9; Figura 22; Anexo 01), observou-se que o alto de Maracajaú tem variações de relevo, apresentando a face

externa mais íngreme em relação à face voltada para o continente. Com base nos dados dos perfis obtidos, a profundidade do topo desta feição oscila entre 2,4 m e 3,8 m, tendo sua base os valores máximos em torno de 7,2 m de profundidade e 3.297 m de largura (Tabela 4).

O alto de Rio do Fogo, localizado mais na porção central da área, encontra-se a 5 km da costa e delimitado pela isóbata de -5 m (Figura 13 e Figura 21). Este alto apresenta, aproximadamente, 12 km de extensão no eixo SE-NW, largura variável com até 3 km no eixo NE-SW e uma área total de 15.000 m<sup>2</sup>. Está compartimentado em dois segmentos, ocorrendo entre estes o canal de Barretas (Figura 21).

Na análise dos perfis batimétricos (perfis 20 ao 26; Figura 23; Anexo 01), observa-se que o alto de Rio do Fogo apresenta, no geral, a face voltada para o continente mais íngreme em relação a face oposta. A morfologia do revelo varia ao longo da área de ocorrência, verificando-se uma oscilação na profundidade do topo entre 1,5 a 6,9 m, conforme observado na Tabela 5. Os valores máximos para a base são da ordem de 8,4 m de profundidade e 3.161 m de largura.

Por sua vez, o alto de Cioba, mais ao norte da área, foi delimitado em torno das profundidades de 12 m, na parte externa (voltada para o oceano), e 9 m para a parte interna (Figura 13 e Figura 21). Assim, como foi possível constatar, através da análise dos dados, esta feição está segmentada em dois grandes recifes. A feição mais profunda apresenta cerca de 13 km de extensão no eixo SE-NW e largura média de 1,2 km, ao passo que o recife mais raso possui, aproximadamente, 8 km de extensão SE-NW e largura máxima em torno de 1,5 km. A área total de ocorrência desta feição foi estimada em 60.000 m<sup>2</sup>.

Em decorrência da complexidade de sua morfologia, o alto de Cioba difere dos altos de Maracajaú e Rio do Fogo, fato este que não permitiu, utilizando-se os mesmos procedimentos, a sua delimitação precisa e determinação de suas características. A análise dos perfis batimétricos (perfis 33 ao 41; Figura 23 e Figura 24; Anexo 01) permitiu compreender melhor sua morfologia, complementando as informações obtidas por meio da modelagem dos dados. Com isto, foi possível identificar outro recife, não observado anteriormente sendo, deste modo, o alto de

**Tabela 4** - Dados obtidos a partir da análise dos perfis batimétricos para alto costeiro de Maracajaú.

Fonte: Amaral, R.F.

PERFIL	PROFUNDIDADE MÍNIMA (M)	PROFUNDIDADE MÁXIMA (M)	LARGURA DA BASE (M)	DIFERENÇA DE RELEVO (M)
04	3,6	5,4	556,0	-1,88
05	3,7	5,9	1.385,3	-2,16
06	2,5	7,2	2.416,6	-4,71
07	2,4	4,9	3.297,5	-2,53
08	3,0	6,6	2.890,1	-3,62
09	3,8	5,2	2.127,4	-1,38

Cioba compartimentado em três recifes (perfil 38, Figura 24). Estes totalizam, aproximadamente, 4,3 km de largura, cuja base e topo da feição encontram-se em torno de 15 m e 6m de profundidade, respectivamente.

#### 5.1.4. Alto Fundo

O alto fundo corresponde a um alinhamento rochoso paralelo a linha de costa, presente ao longo da borda leste do setor Touros (Figura 21). Esta feição dista, em média, 25 km da costa e o ocorre em profundidades entre 22 e 28 m, sendo que também foi evidenciada a existência de locais, denominados riscas, onde a profundidade diminui abruptamente, em torno dos 18 m. Na área, esta feição apresenta, aproximadamente, 67 km de extensão.

Analisando os contornos batimétricos e o MDT (Figura 13), foi possível observar que a expressão vertical do alto fundo varia em algumas regiões da plataforma, sendo que no extremo sul da área da feição é menor em relação às partes central e norte, verificando a maior inclinação na face voltada para leste. De acordo com Vianna e Solewicz (1988), este alto fundo corresponde a uma antiga face de praia, típica de recifes de arenito de praia. Indício desta descrição pode estar relacionado ao seu paralelismo com a atual linha de costa.

#### 5.1.5. Riscas

As riscas, como são conhecidas estas feições na região, e denominação esta também utilizada por Vianna e Solewicz (1988), compreendem, de sul para norte, as riscas de Pititinga, do Zumbi, da Gameleira e do Liso, sendo que esta última não foi observada no setor Touros, encontrando-se mais ao norte da área (Figura 21).

A risca de Pititinga (Figura 21 e Figura 22) situa-se de frente a localidade de mesmo nome, no Município de Rio do Fogo. Esta apresenta forma alongada, com 6 km de comprimento no eixo norte-sul e, em média, 1 km de largura. Esta feição está delimitada pela isóbata de -18 m.

A risca do Zumbi (Figura 21 e Figura 22), localiza-se na porção central da área, em frente ao Município de Rio

do Fogo. Esta feição apresenta uma forma ovalada, com 1,3 km de extensão no eixo norte-sul. Esta feição apresenta uma maior variação de profundidade em relação às demais riscas, em torno de 10 a 12 m, e sua delimitação é dada pela isóbata de -19 m.

A risca da Gameleira (Figura 21 e Figura 23) encontra-se na porção nordeste da área, na plataforma adjacente ao Município de Touros. Seu relevo é mais suave dentre as demais riscas e está delimitada pela isóbata de -18 m. Suas dimensões são de 4 km do eixo longitudinal e de 1,6 km de largura máxima.

Por sua vez, a risca do Liso (Figura 24) não está inserida na área de estudo, estando localizada no extremo norte da Folha Touros, entre as dunas transversais e a região do alto fundo. Delimita-se pela isóbata de -22 m, apresentando-se de forma alongada, na qual ocorre um estreitamento do centro para o norte da estrutura. Suas dimensões são, aproximadamente, de 7 km para o eixo longitudinal (SE-NW) e de, no máximo, 1 km para o eixo transversal.

#### 5.1.6. Ondulações longitudinais

As ondulações longitudinais correspondem à zona de dunas longitudinais ou faixa de areia, com comprimentos entre 5 e 10 km e larguras inferiores a 100 metros (TESTA; BONSENCE, 1999). Estas feições foram observadas em todos os perfis batimétricos obtidos (Figura 22 a Figura 24; Anexo 01), e juntamente com o MDT, foi possível delimitar sua área de ocorrência entre os altos costeiros e altos fundos (Figura 21). O início destas feições se dá em torno de 9 km de distância da costa, apresentando extensão (SE-NW) de, aproximadamente, 60 km e largura média (NE-SW) de 17 km. Estas feições não apresentam elevações expressivas do terreno, sendo evidenciadas ondulações com variação positiva do relevo inferior a 2 m de altura.

#### 5.1.7. Dunas transversais

O campo de dunas transversais ou dunas subaquosas (Figura 21) localiza-se a, aproximadamente, 17 km da costa do Município de Touros, apresentando cerca de 17

**Tabela 5** - Dados obtidos a partir da análise dos perfis batimétricos para alto costeiro de Rio do Fogo.  
Fonte: Amaral, R.F.

PERFIL	PROFUNDIDADE MÍNIMA (M)	PROFUNDIDADE MÁXIMA (M)	LARGURA DA BASE (M)	DIFERENÇA DE RELEVO (M)
20	6,9	7,8	763,4	-0,85
21	4,2	6,3	1256,1	-2,09
22	3,3	6,6	3095,3	-3,32
23	1,5	8,4	3161,1	-6,85
24	4,2	7,7	2513,6	-3,48
25	2,4	6,2	1798,6	-3,78
26	3,7	7,6	1859,6	-3,92

km de extensão (SE-NW) e 7 km de largura (NE-SW). As cristas destas estruturas estão distantes entre si entre 300 e 600 m, e a extensão das mesmas varia entre 880 e 3.750 m. Contudo, no setor Touros, esta feição limita-se a, aproximadamente, 8 km de extensão e 4 km de largura, com profundidade mínima registrada em torno dos 14 m.

Quando analisados os perfis batimétricos (perfis 32 ao 44; Figura 23 e Figura 24; Anexo 01), esta feição não apresentou resultados significativos em relação as suas características geomorfológicas, sendo apenas delimitada sua área de ocorrência. De modo geral, a feição apresenta uma elevação do relevo da face oeste, seguida de um declive para o lado oceânico.

### 5.1.8. Terraço Oceânico

A partir da análise dos contornos e perfis batimétricos, foi possível observar a presença de uma feição geomorfológica na região mais profunda da plataforma, denominada terraço oceânico (perfis 02 ao 10; Figura 21 e Figura 22; Anexo 01). Esta feição localiza-se a, aproximadamente, 25 km da costa, em frente ao Município de Maxaranguape, e encontra-se delimitada pela isóbata de -28 m. A partir desta delimitação foram obtidas as dimensões de 13 km de comprimento (N-S) e 1,5 km de largura média. As diferenças de relevo também são evidenciadas, apresentando a face leste mais íngreme do que a face oposta, voltada para o continente.

## 5.2. DADOS SEDIMENTOLÓGICOS E GEOQUÍMICOS

As amostras de sedimentos coletadas foram preparadas para se realizar as análises de granulometria, teor de carbonato, composição dos sedimentos e geoquímica.

### 5.2.1. Preparação Prévia das Amostras

A preparação prévia das amostras de sedimentos para as análises foi baseada, em partes, no método descrito por

Suguio (1973), seguindo o procedimento habitual aplicado em amostras de sedimento. As análises, com exceção da análise geoquímica, foram realizadas no Laboratório de Sedimentologia – Departamento de Geologia/UFRN.

### 5.2.2. Secagem de amostras

Após a lavagem e remoção dos sais das amostras, estas foram colocadas em bandejas plásticas e foram postas para secar em estufa, em chapas quentes, ou mesmo naturalmente. A temperatura de secagem não foi superior a 60°C, pois temperaturas mais elevadas poderiam modificar a estrutura dos argilo-minerais, que porventura estivessem presentes, e promoveria o endurecimento excessivo do sedimento.

### 5.2.3. Separação e Quarteamento

A separação granulométrica sucedeu-se ao procedimento de secagem, em que as amostras foram submetidas, inicialmente, à separação na peneira de 4 mm, sendo a fração da amostra maior que esse diâmetro representado, principalmente, por biodetritos e rodolitos (Figura 25).

O quarteamento das amostras foi realizado manualmente e consistiu em dividir a amostra que passou pela peneira de 4 mm em partes iguais e assim sucessivamente, até obter o peso desejado. Este processo permite também que se tenha uma boa representatividade da amostra a ser analisada.

### 5.2.4. Análise Granulométrica dos Sedimentos

Das amostras de sedimentos coletadas, apenas 923 delas foram analisadas granulometricamente. Isto se deve ao fato de algumas amostras coletadas terem apresentado erros acima de 2% na análise granulométrica ou inexatidão nos valores das coordenadas. Algumas amostras de rodolitos ou contendo predominantemente rodolitos foram consideradas com teor 100% de cascalho.



**Figura 25** - Preparação prévia das amostras: (A) separação na peneira de 4 mm e (B) quarteamento.

Fonte: acervo do Projeto Plataforma Rasa do Brasil.

Nesta análise, as amostras foram submetidas a um processo de peneiramento mecânico, em que se separaram as frações areia e cascalho. Foram utilizadas 100 g de cada amostra e colocadas em um conjunto de treze peneiras com aberturas entre 8,0 e 0,062 mm, com intervalos de malha de 0,5  $\phi$ , dispostas em granodrecrescência. Este conjunto de peneiras foi colocado em um agitador mecânico tipo “rot-up”, por um período de 15 minutos, para que as partículas fossem separadas de acordo com a fração correspondente. A quantidade de sedimento retido em cada peneira foi pesada e registrada em uma planilha.

A determinação das classes granulométricas das amostras analisadas foi baseada na escala de Wentworth (1922). Desta forma, foi estabelecida a composição granulométrica dos sedimentos em função da quantidade (peso em gramas) de cascalho (8,0 a 2,0 mm), areia (2,0 a 0,062 mm) e lama (silte e argila; < 0,062 mm) retida em cada intervalo granulométrico analisado. A fração areia, por sua vez, foi classificada em: areia muito grossa (2,0 a 1,0 mm), areia grossa (1,0 a 0,5 mm), areia média (0,5 a 0,250 mm), areia fina (0,250 a 0,125 mm) e areia muito fina (0,125 a 0,063 mm).

Com os intervalos granulométricos definidos, realizaram-se análises estatísticas, com o intuito de obter, principalmente, os valores de tamanho médio, moda, mediana, desvio padrão, assimetria, curtose e percentuais de cascalho, areia e lama. Para tanto, utilizou-se o programa estatístico de análise granulométrica GRADISTAT (BLOTT; PYE, 2001), no entanto, aqui, optou-se pelos parâmetros calculados de acordo com a metodologia de Folk e Ward (1957). Porém, do total de amostras analisadas, apenas 867 (94%) destas foram utilizadas nesta fase, sendo as demais (6%), retidas na fração acima de 8 mm, consideradas rodólitos. Assim, como resultado, de acordo com as frequências das observações do diâmetro médio obtidas, nota-se que as 3 classes granulométricas predominantes na área são areia grossa (47,1%), areia muito grossa (31%) e areia média (14,6%), seguidas pelas classes correspondentes a cascalho (5,3%) e areia fina a argila (1,9%). A Figura 26 ilustra algumas amostras de sedimentos classificadas de acordo com esta metodologia.

### 5.2.5. Análise do Teor de Carbonato

Esta análise determinou a concentração de carbonato total nos sedimentos, através da eliminação dos componentes carbonáticos presentes por meio do tratamento com ácido clorídrico (HCl), seguindo a metodologia apresentada por Suguio (1973).

Nesta análise, 338 amostras foram contempladas (Figura 27), sendo que 10 g de cada amostra foram atacadas com HCl diluído a 10%. A reação do HCl com os

carbonatos, comumente o  $\text{CaCO}_3$ , produz sal ( $\text{CaCl}_2$ ), gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e água. Com a adição do HCl, ocorre a produção de  $\text{CO}_2$  e, enquanto houver efervescência, dá-se a continuidade ao processo. Assim, considera-se a eliminação total dos carbonatos na amostra quando não ocorrer mais a efervescência.

Os resultados obtidos foram agrupados nos intervalos de 0 - 10%; 10 - 25%; 25 - 50%; 50 - 75%; 75 - 90%, e 90 - 100% e, assim, constatou-se que 239 amostras apresentaram concentrações de  $\text{CaCO}_3$  maiores que 75%, ao passo em apenas 27 amostras as concentrações foram inferiores a 25% (Figura 28). Isto evidencia que, aproximadamente, 71% das amostras analisadas apresentam altos teores de  $\text{CaCO}_3$  em sua composição. A Figura 29 exemplifica os teores obtidos em algumas amostras analisadas.

### 5.2.6. Análise da Composição dos Sedimentos

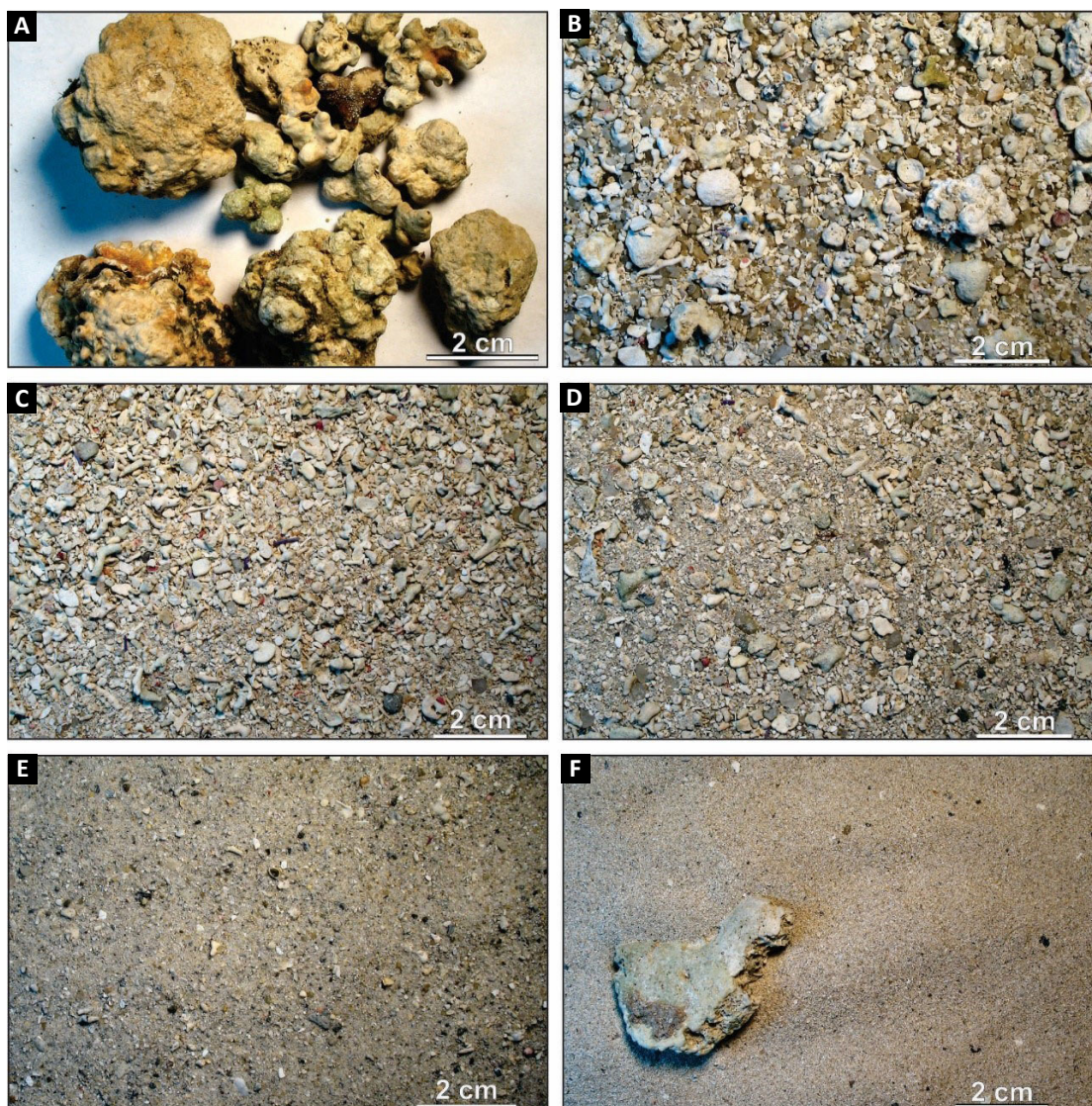
O reconhecimento dos componentes dos sedimentos foi feito utilizando-se bases bibliográficas especializadas (DROOGER; KASCHIETER, 1958 apud TINOCO, 1989), que possibilitaram determinar a abundância relativa dos grupos taxonômicos presentes nos sedimentos denominados biogênicos.

Nesta análise, 267 amostras (Figura 30) foram selecionadas a partir de perfis perpendiculares à linha de costa, a fim de avaliar a composição dos sedimentos, permitindo que se tenha uma ideia de possíveis variações no conteúdo dos biogênicos ao longo da plataforma estudada.

A determinação dos componentes foi realizada para as frações granulométricas entre 1 e 4 mm (areia muito grossa e cascalho), separadas previamente por processo de peneiramento. Os grãos constituintes foram fotografados através de uma lupa digital, com ampliações de 30x e 40x e resolução de 1.3 MB. Posteriormente, as fotografias foram lançadas em um ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica), utilizando o software Quantum GIS 1.7.3-Wroclaw, para a separação dos primeiros 50 grãos aleatórios de cada fração. Ao final, foi gerado um arquivo de pontos, juntamente com uma tabela da identificação dos grãos, de acordo com a classificação proposta, elaborada a partir de dados pretéritos e análises preliminares.

A classificação dos grãos foi embasada no estudo de Tinoco (1988), no qual definiu doze classes para os componentes dos sedimentos marinhos. Deste modo, os grãos selecionados foram classificados como: algas calcárias vermelhas (rodólitos), verdes (*Halimedas*) e antigas (algas retrabalhadas); foraminíferos (bentônicos e planctônicos); tubos de vermes; briozoários; moluscos (gastrópodes e bivalves na maioria); equinoderma (espinho de ouriço e fragmentos de carapaças); esponjas e suas espículas; artrópodes (patas, fragmentos





**Figura 26** - Exemplares de amostras utilizadas na análise granulométrica, classificadas de acordo com as observações do diâmetro médio: (A) Rodolitos; (B) Cascalho; (C) Areia muito grossa; (D) Areia grossa; (E) Areia média, e (F) Areia fina.

Fonte: acervo do Projeto Plataforma Rasa do Brasil.

de carapaças de crustáceos); corais, e grãos minerais (quartzo e mineral pesado).

Através da quantificação dos pontos nas amostras analisadas, os constituintes predominantes são as algas calcárias verdes (43,1%) e vermelhas (20,9%), seguidas pelos grãos minerais (12,3%) e algas antigas (11,5%). No entanto, fragmentos de moluscos, briozoários, foraminíferos, corais, artrópodes, equinodermas entre outros podem estar presentes em menor quantidade (Figura 31 e Figura 32).

### 5.2.7. Classificação Textural dos Sedimentos

A classificação textural dos sedimentos marinhos foi determinada a partir valores percentuais de cascalho, areia, silte e argila, adotando a classificação proposta por Shepard (1954, modificado por SCHLEE, 1973), na qual

utiliza diagramas ternários com as proporções relativas entre estas classes em uma amostra. Para tanto, fez-se o uso do programa SEDCLASS.EXE (Sediment Classification Program - USGS), o qual segue a metodologia apresentada por Poppe, Eliason e Hastingsa (2003). Como resultado, constatou-se que as 923 amostras analisadas são, predominantemente, de sedimentos cascalhosos (68,5%), seguidos por areia (19,3%) e cascalho (12,1%) (Figura 33). A distribuição destas amostras nos diagramas ternários, por intervalos de profundidades (0 a 10 m; 10 a 18 m, e 18 a 30 m), pode ser evidenciada na Figura 34.

### 5.2.8. Análise Geoquímica

A determinação dos elementos químicos constituintes dos sedimentos se deu a partir de procedimentos analíticos realizados nos laboratórios Acme

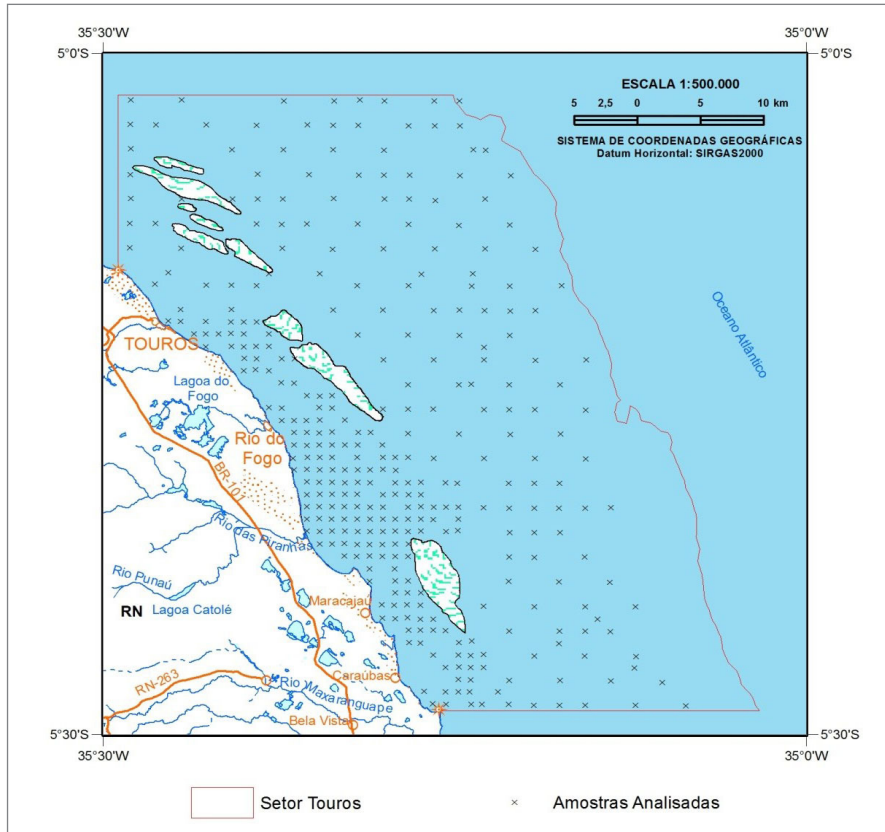


Figura 27 - Localização das amostras selecionadas para análise de teor de  $\text{CaCO}_3$ . Fonte: Amaral, R.F.

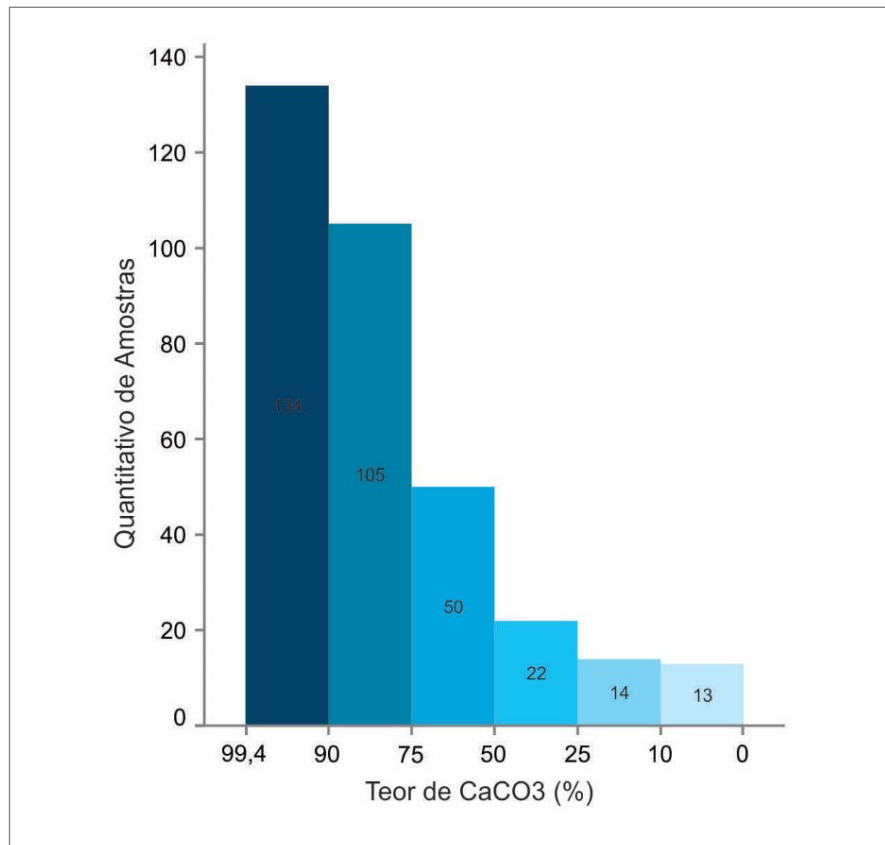
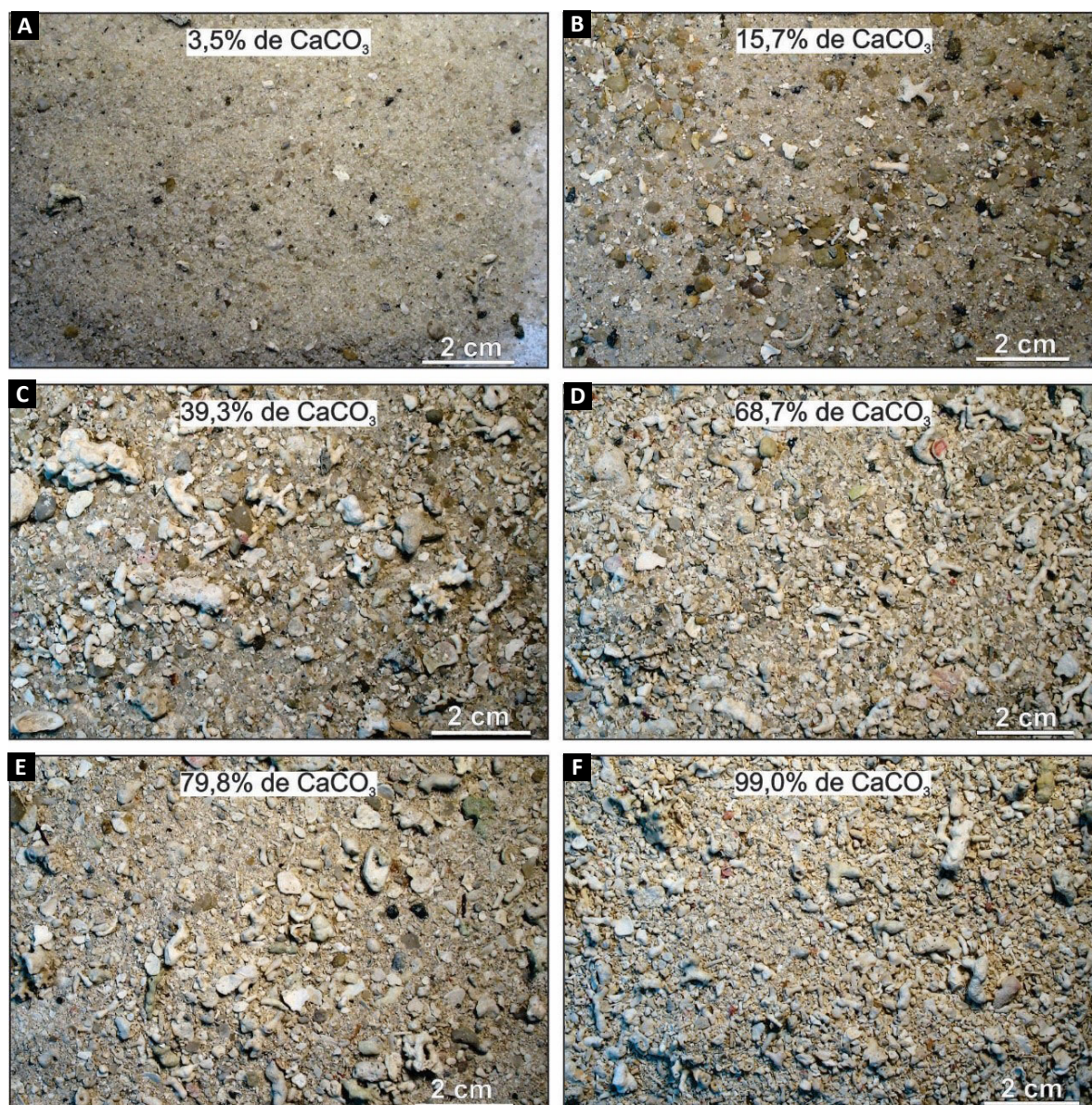


Figura 28 - Resultado obtido da análise do teor de  $\text{CaCO}_3$ , evidenciando o quantitativo de amostras dentro dos intervalos estipulados. Fonte: Amaral, R.F.





**Figura 29** - Exemplares de amostras (brutas) selecionadas para a análise do teor de  $\text{CaCO}_3$  e seus respectivos resultados, representando, cada uma delas, os intervalos definidos: (A) 0 - 10%; (B) 10 - 25%; (C) 25 - 50%; (D) 50 - 75%; (E) 75 - 90%, e (F) 90 - 100%. Fonte: Acervo do Projeto Plataforma Rasa do Brasil.

Analítica Laboratórios Ltda. e SGS Geosol laboratórios Ltda., cada qual utilizando a sua metodologia de análise. A utilização de dois laboratórios para a realização das análises foi decorrente da finalização do contrato com a Acme Analítica Laboratórios Ltda. e firmamento de um novo contrato da CPRM com a SGS Geosol laboratórios Ltda. durante o envio de cada lote das amostras para análise. Deste modo, os resultados das análises de cada laboratório são apresentados separadamente.

Um total de 638 pontos de amostragem foi selecionado para a análise química (Figura 35), em que 100g de cada amostra bruta e homogênea foi enviada para os laboratórios. Posteriormente, as amostras

foram submetidas às técnicas<sup>2</sup> multielementares por ICP (Plasma Acoplado Indutivamente), e a decomposição das mesmas foi realizada, principalmente, através dos métodos de fusão com metaborato de lítio e digestão por água régia.

As análises determinaram as concentrações de elementos maiores ou óxidos fundamentais ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{TiO}_2$ ) e de vários elementos menores nas amostras de sedimentos coletados. Com os resultados analíticos, separados por laboratório, foram gerados gráficos (Anexos 02 e 03) e matrizes de correlação (Figura 36) entre os óxidos

<sup>2</sup>As técnicas de utilizadas foram ICP-MS (Espectrometria de Massa com Plasma Acoplado Indutivamente) e ICP-OES (Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente).



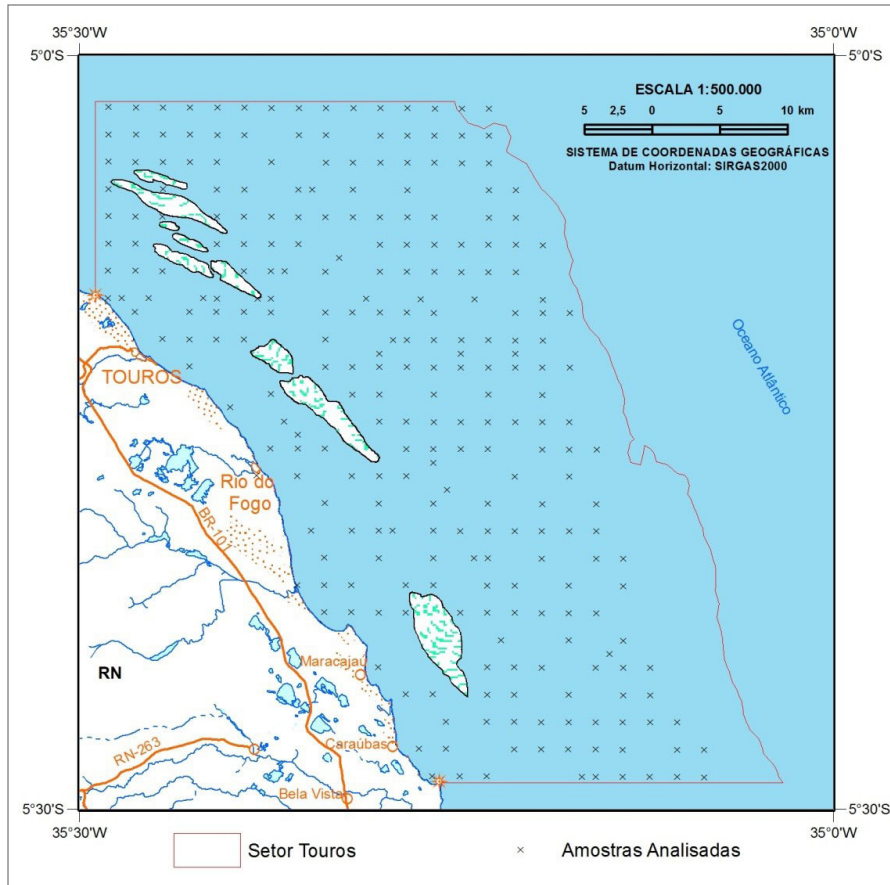


Figura 30 - ELocalização das amostras selecionadas para a análise composicional dos sedimentos. Fonte: Amaral, R.F

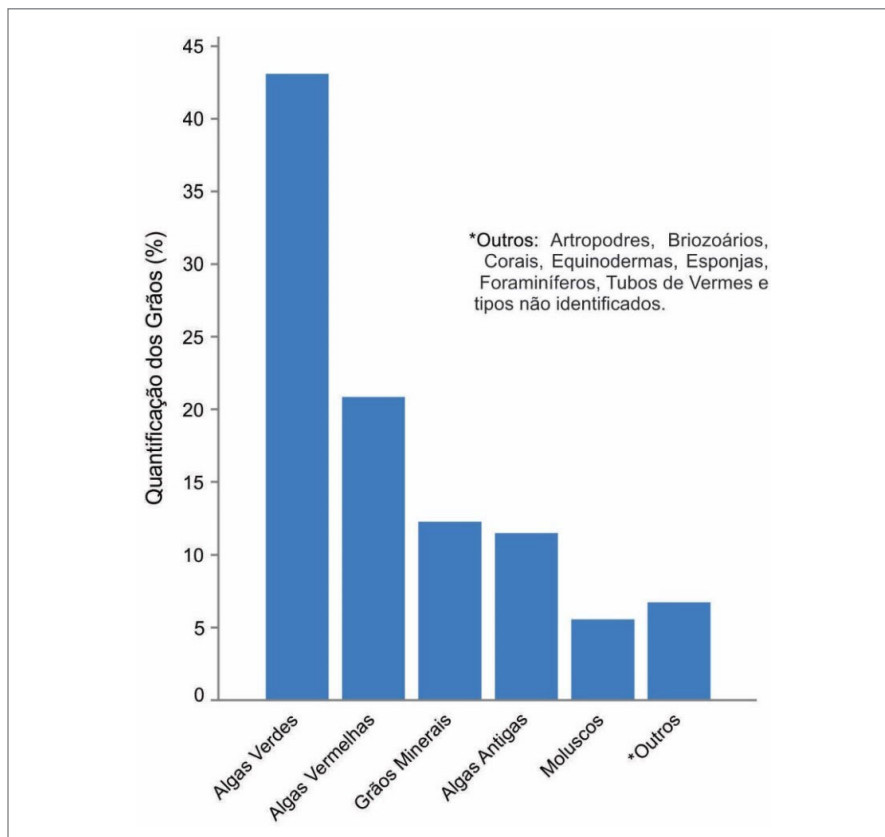
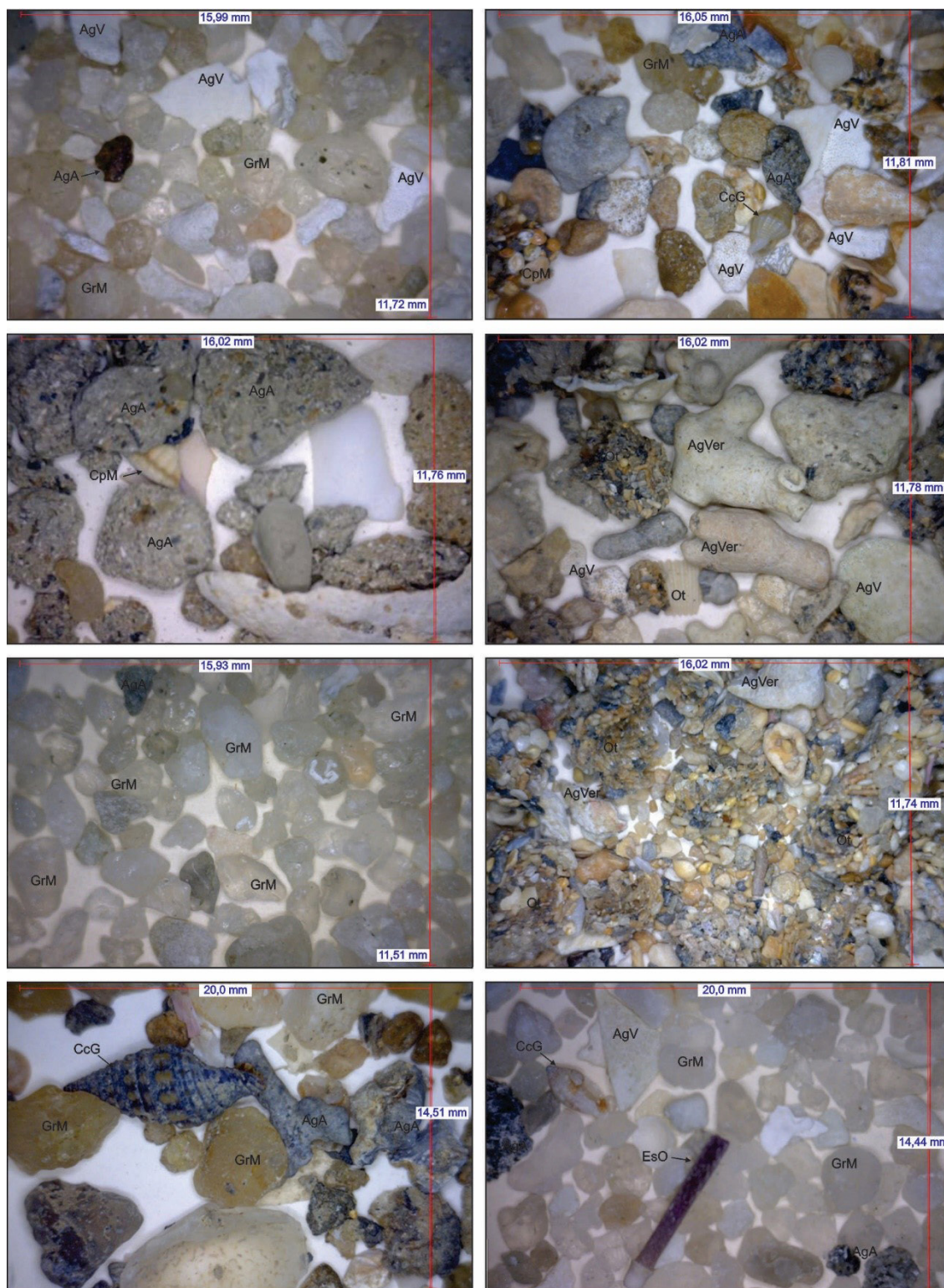
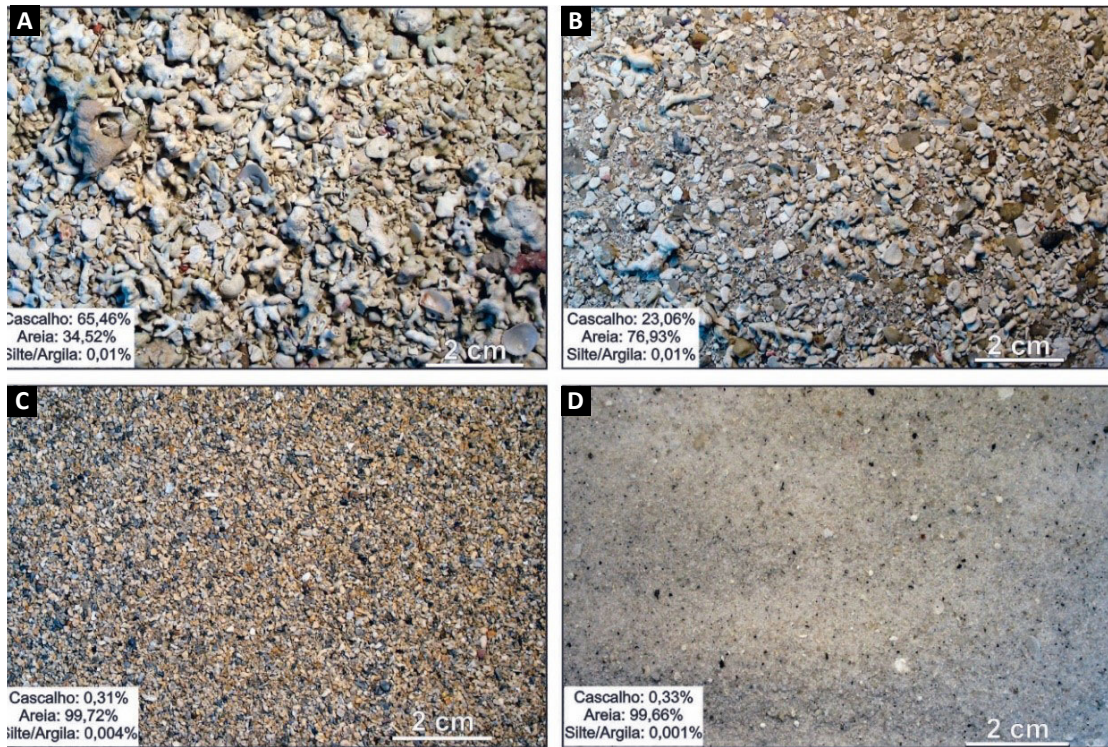


Figura 31 - Quantificação dos constituintes principais dos sedimentos nas amostras analisadas. Fonte: Amaral, R.F.

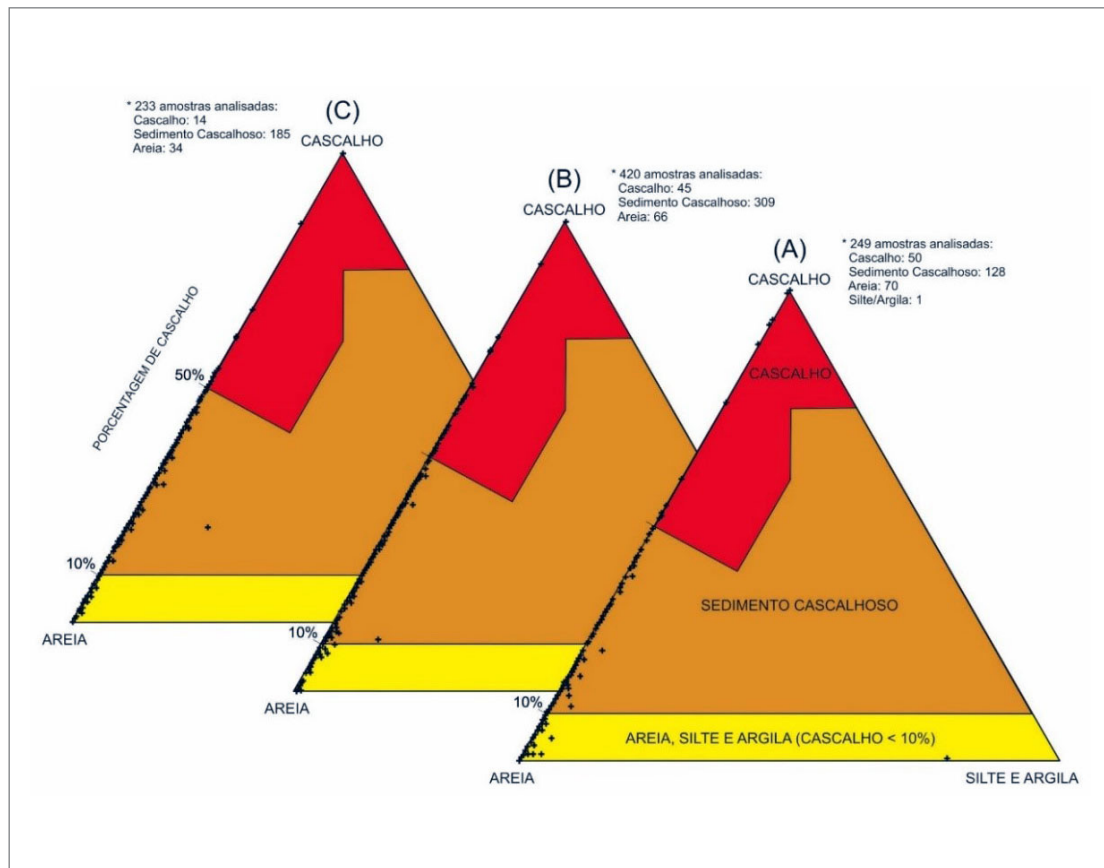


**Figura 32** - Análise da composição dos sedimentos biogênicos, em lupa digital, evidenciando alguns de seus constituintes principais: AgV – Algas Calcárias Verdes; AgVerm – Algas Calcárias Vermelhas; AgA – Algas Calcárias Antigas; GrM – Grãos Minerais; CpM – Carapaça de Moluscos; CcG – Concha de Gastrópodes; EsO – Espinho de Ouriço (equinoderma); Ot- Outros.  
Fonte: acervo do Projeto Plataforma Rasa do Brasil.

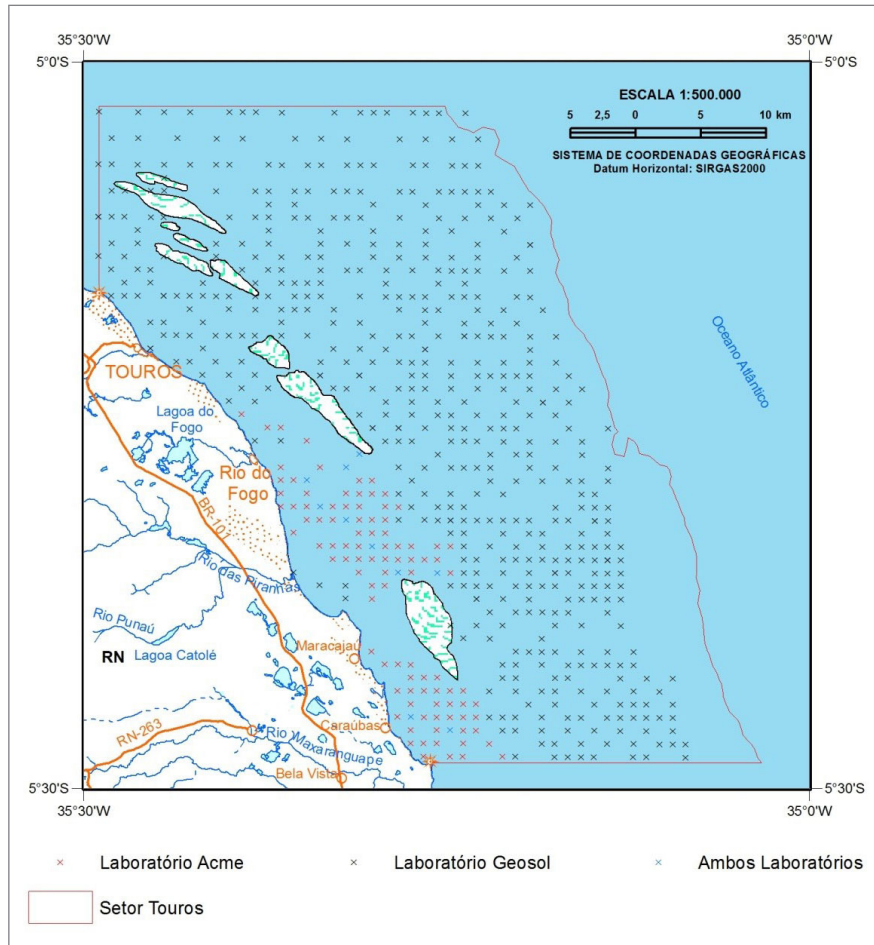




**Figura 33** - Classificação textural dos sedimentos com base na classificação de Shepard (1954, modificado por SCHLEE, 1973): (A) cascalho; (B) sedimento cascalhoso, (C) e (D) areia. Fonte: acervo do Projeto Plataforma Rasa do Brasil.



**Figura 34** - Diagramas ternários com a distribuição das amostras por intervalos de profundidades: (A) 0 a 10 m; (B) 10 a 18 m, e (C) 18 a 30 m. Nota-se que a maior parte das amostras analisadas corresponde a sedimentos cascalhosos, seguidos por areias e cascalhos. Fonte: Shepard (1954, modificado por SCHLEE, 1973). Os dados foram plotados no programa SEDCLASS.EXE.



**Figura 35** - Localização das amostras selecionadas para análise geoquímica, sendo evidenciado, para cada uma delas, o laboratório ao qual foi realizado a análise. Fonte: Amaral, R.F.

considerados. Nestas últimas, algumas associações possibilitaram evidenciar correlações ( $r^2$ )<sup>3</sup>, ora positiva, ora negativa, das quais as mais notórias são entre CaO-MgO; CaO/MgO-SiO<sub>2</sub>; CaO/MgO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; SiO<sub>2</sub>-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/K<sub>2</sub>O; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub>/MnO.

### 5.3. INTEGRAÇÃO DOS DADOS BATIMÉTRICOS E SEDIMENTOLÓGICOS

A plataforma continental no setor Touros, com base nos dados sedimentológicos obtidos e analisados, apresenta dois tipos de sedimentação marinha, uma de composição carbonática e outra siliciclástica.

Notadamente, a sedimentação carbonática predomina na área, principalmente na porção centro-sul, onde se constataram teores de CaCO<sub>3</sub> superiores a 75% (Figura 15). Isto se deve ao fato desta sedimentação ser composta, predominantemente, por biodetritos de algas calcárias (*Halimeda*, *Lithothamnium* e rodolitos), cuja abundância na região sugere que estas algas são as principais fontes na produção

de sedimentos carbonáticos, conferindo-lhe, assim, uma origem biogênica (autóctone) para os mesmos (Figura 16).

De acordo com a distribuição do diâmetro médio dos grãos, estes biodetritos abrangem fragmentos, em grande parte, nas classes areia grossa (noroeste e sudeste da área) e areia muito grossa (nordeste e sudoeste da área) (Figura 14).

Acumulações de cascalho médio a muito fino, juntamente com a maior concentração de rodolitos, ocorrem no extremo sudoeste da área, entre a linha de costa e o alto costeiro de Maracajaú. Do ponto de vista textural, esta sedimentação é representada, predominantemente, por sedimento cascalhoso, principalmente a profundidades superiores a 10 m (Figura 17). Todavia, em algumas regiões, especialmente entre a linha de costa e aos altos costeiros, há uma maior ocorrência de areia e cascalho.

A sedimentação siliciclástica, por outro lado, ocorre principalmente na porção norte da área, estando também presente em pontos mais próximo à linha de costa e no setor sudeste da mesma. Caracteriza-se por apresentar altas concentrações de SiO<sub>2</sub>, ao passo que os teores de CaCO<sub>3</sub> são inferiores a 20% (Figura 15). Compreende

<sup>3</sup>Coefficiente de correlação (r), assumindo valores entre -1 e +1. Apresentando as variáveis analisadas valores de r = -1, a correlação é tida como perfeitamente negativa, e r = +1, a correlação é perfeitamente positiva.

LABORATÓRIO GEOSOL	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	MnO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1										
CaO	-0,5	1									
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0,001	-0,001	1								
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,6	-0,7	0,02	1							
K <sub>2</sub> O	0,7	-0,7	-0,01	0,6	1						
MgO	-0,5	0,9	0,01	-0,6	-0,7	1					
MnO	0,3	-0,2	0,01	0,4	0,2	-0,2	1				
Na <sub>2</sub> O	0,3	0,3	-0,03	-0,1	0,1	0,2	-0,02	1			
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-0,1	0,6	-0,02	-0,3	-0,4	0,6	-0,1	0,2	1		
SiO <sub>2</sub>	0,5	-1,0	0,002	0,7	0,7	-0,9	0,2	-0,3	-0,6	1	
TiO <sub>2</sub>	0,7	-0,4	0,06	0,6	0,4	-0,4	0,3	0,1	0,003	0,3	1

LABORATÓRIO GEOSOL	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	MnO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1										
CaO	-0,6	1									
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,2	-0,1	1								
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,8	-0,6	0,3	1							
K <sub>2</sub> O	0,5	-0,5	0,0	-0,001	1						
MgO	-0,3	0,3	-0,1	-0,3	-0,2	1					
MnO	0,4	-0,5	0,0	0,2	0,5	-0,3	1				
Na <sub>2</sub> O	-0,1	0,3	-0,1	-0,2	0,2	-0,1	-0,1	1			
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,1	0,1	0,0	-0,1	0,2	0,2	0,2	-0,1	1		
SiO <sub>2</sub>	0,5	-0,9	0,1	0,4	0,5	-0,5	0,5	-0,3	-0,1	1	
TiO <sub>2</sub>	0,8	-0,8	0,2	0,6	0,6	-0,4	0,6	-0,2	0,1	0,7	1

**Figura 36** - Matrizes de correlação dos parâmetros geoquímicos analisados. Fonte: Resultados analíticos fornecidos pelos laboratórios SGS Geosol laboratórios Ltda. e Acme Analítica Laboratórios Ltda.

sedimentos, predominantemente, quartzosos, cujo diâmetro médio dos grãos é, em sua maioria, areia grossa (Figura 14) e, texturalmente, são classificados como areia. Na porção norte da área, a aproximadamente 17 km da costa do Município de Touros, parte destes depósitos compõe o campo de dunas subaquosas ou transversais. A origem destes sedimentos é atribuída a uma sedimentação terrígena e, em grande parte, é tida como depósito reliquiar, já que contribuições recentes são pouco evidenciadas na área. Tal sedimentação foi, provavelmente, transportada por rios e retrabalhada pela ação das ondas, das marés e das correntes marinhas.

A caracterização dos depósitos marinhos é também corroborada pela não correlação entre alguns óxidos principais, refletindo as fontes principais de sedimentos para a plataforma (Figura 36). A forte correlação negativa entre SiO<sub>2</sub> e CaO/MgO (r= -1 a -0,9) já evidencia a ocorrência de sítios deposicionais distintos. Os componentes de filiação carbonática, típicos de origem marinha, estão representados por CaO, MgO e Sr, e a estes se associa o P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, possivelmente

devido a presença de matéria orgânica autóctone nos ambientes plataformais (MARQUES, 2008). Por outro lado, SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub> e Mn são componentes de filiação terrígena, apresentando correlações positivas entre si. Estes componentes podem estar relacionados a minerais de quartzo, feldspato potássico, argilominerais, Mn e Fe pedogênicos, e ilmenita/rutilo (MARQUES, 2008).

Em termos de distribuição espacial relativa dos principais constituintes analisados (Figura 16), verifica-se que, entre os sedimentos carbonáticos e siliciclásticos, tem-se uma relação inversa, visto o fato que, de maneira geral, nos locais com maior abundância de algas calcárias, tem-se uma menor ocorrência de grãos minerais e vice-versa. Esta situação é evidenciada na porção mais a norte da área, onde se tem os grãos minerais em maior abundância relativa, diminuindo, consideravelmente, em direção à porção sul, na qual as algas calcárias começam a predominar. Já com relação à distribuição das algas verdes e vermelhas, estas estão presentes na maior parte da área, todavia são mais abundantes a leste dos altos



costeiros, na região de ocorrência das ondulações longitudinais. As algas antigas, por sua vez, estão mais restritas à região entre a linha de costa e os altos costeiros, local este que ocorre intenso revolvimento e suspensão dos sedimentos, promovendo o retrabalhamento dos grãos.

Então, pelo exposto, pode-se inferir que uma ativa produção carbonática contribui para o desenvolvimento de um amplo fundo de algas calcárias na região. Esta condição é ainda favorecida pela pouca entrada de sedimentos terrígenos no sistema, já que águas barrentas não apenas interferem, como também diluem a contribuição de carbonato biogênico na composição dos sedimentos de fundo de plataforma (SANTOS, 2010).

#### 5.4. CARACTERIZAÇÃO DA PLATAFORMA CONTINENTAL DO SETOR TOUROS

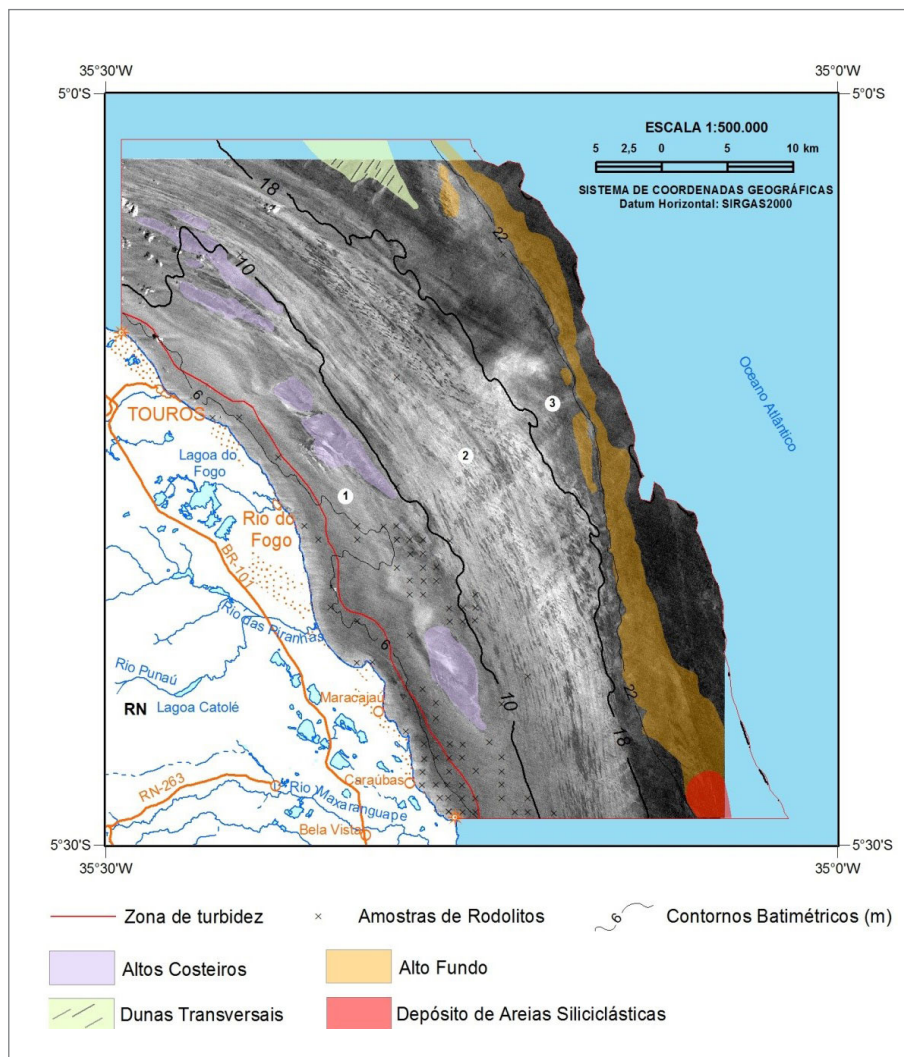
Existem, na literatura, propostas de divisão da plataforma continental do nordeste do Brasil, porém tais propostas não

se enquadram dentro das características da plataforma estudada, a qual limita-se, neste estudo, a profundidade de 30 m. Deste modo, através da análise e integração dos dados obtidos, associados aos conhecimentos de geomorfologia, as três regiões da plataforma continental do setor Touros, propostas anteriormente, puderam ser melhor caracterizadas, cada qual apresentando suas peculiaridades (Figura 37).

##### 5.4.1. Região Interna

A região interna corresponde à região mais próxima à costa, estando limitada pela isóbata de 10 m. Esta região tem os altos costeiros de Maracajaú, Rio do Fogo e Cioba como feições geomorfológicas mais relevantes, porém o canal de São Roque, identificado principalmente através da análise batimétrica, encontra-se inserido nesta região.

A sedimentação carbonática é dominante, recobrindo, por vezes, os depósitos siliciclásticos presentes.



**Figura 37** - Divisão da plataforma continental proposta neste estudo, evidenciando algumas de suas principais feições reconhecidas na área através da integração dos dados: (1) região interna; (2) região intermediária; (3) região externa. Recorte da imagem digital do Landsat 7 ETM+ (órbita 214/064 de 19 de novembro de 1999). Fonte: acervo do Projeto Plataforma Rasa do Brasil.



Tem-se, ainda, grande ocorrência de rodolitos na porção centro-sul desta região, próximo ao alto costeiro de Maracajaú (Figura 38). Os sedimentos, no geral, são mal selecionados, variando em dimensão desde argila/silte a cascalho.

Por estar mais próximo à zona costeira, é nesta região que sucede intenso revolvimento e suspensão dos sedimentos, dando a mesma um aspecto túrbido (zona de turbidez; Figura 37). Mediante a apreciação da imagem de satélite, analisando-se o sentido de deriva do material particulado em suspensão, foi possível induzir a presença de correntes próximo à costa, cujo sentido é, preferencialmente, SE-NW, limitadas entre a linha de costa e cota batimétrica de -6 m, podendo atingir maiores profundidades.

#### 5.4.2. Região Intermediária

A região Intermediária, por sua vez, encontra-se limitada entre as profundidades de 10 e 18 m (Figura 37), apresentando as ondulações longitudinais como as feições de relevo mais relevantes.

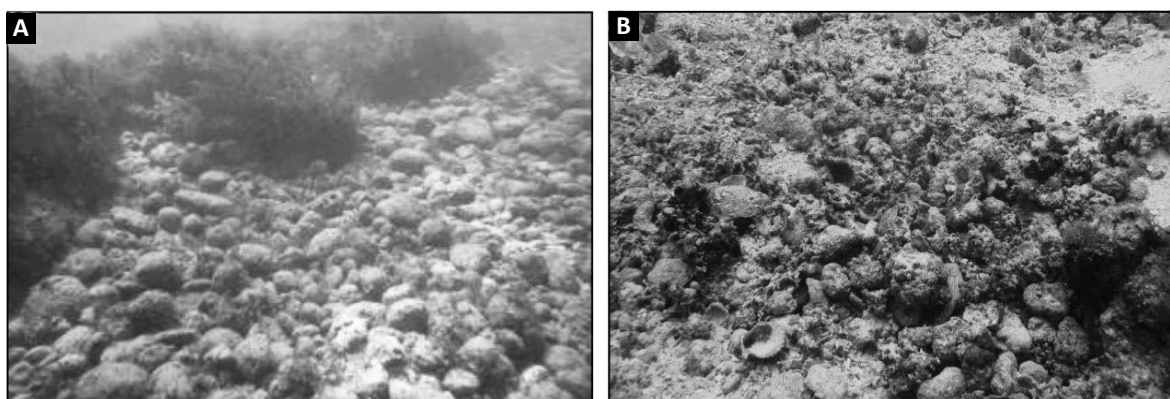
Caracteriza-se por uma sedimentação predominantemente carbonática (mista), em que Algas Calcáreas Vermelhas (em formas livres e ramificadas), *Halimeda* e carapaças de organismos, nas frações areia a cascalho, são os constituintes principais. Em consequência desta composição, esta região apresenta altos teores em  $\text{CaCO}_3$ .

Comumente, as ondulações longitudinais observadas apresentam um padrão de distribuição dos sedimentos entre as cristas e cavas, tendo o predomínio de areia mais fina nas cristas e material cascalhoso (algas coralinas e rodolitos) nas cavas (Figura 39).

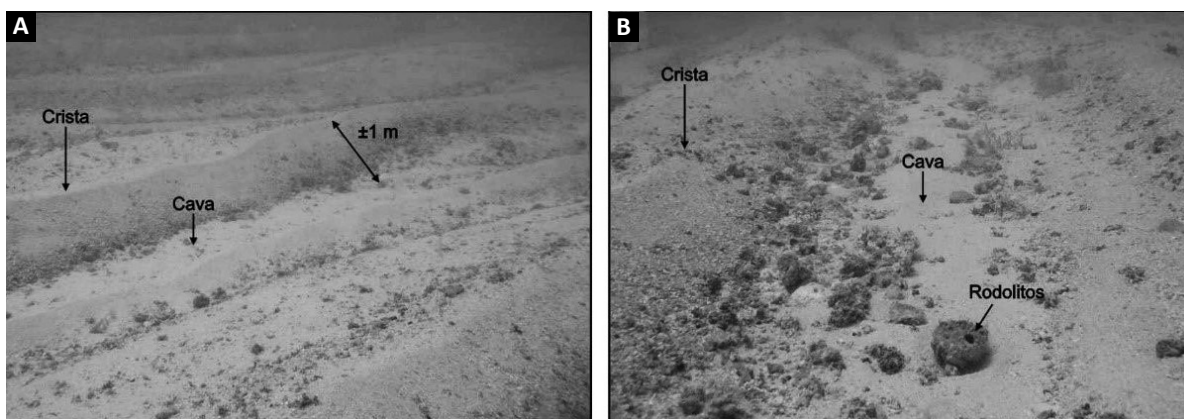
#### 5.4.3. Região Externa

A região externa é a porção mais distal da plataforma estudada, limitando-se às isóbatas de 18 e 30 m (Figura 37). Esta região caracteriza-se pela predominância de algas calcárias incrustantes, no entanto também foram reconhecidos o campo de dunas subaquosas, o alinhamento rochoso e um depósito de areias siliciclásticas.

As algas calcárias incrustantes ocorrem entre as profundidades de 18 e 22 m, entre o campo de dunas



**Figura 38** - Visão geral de locais com alta ocorrência de rodolitos, em especial próximo ao alto costeiro de Maracajaú. Fonte: acervo do Projeto Plataforma Rasa do Brasil.



**Figura 39** - Visão geral do fundo de sedimentos carbonáticos: (A) marcas onduladas; (B) intercalação de sedimento cascalhoso nas cavas e material fino nas cristas destas marcas onduladas. Fonte: acervo do Projeto Plataforma Rasa do Brasil.

subaquosas e o alinhamento rochoso, apresentando largura máxima de 7 km e comprimento aproximado de 37 km. A sedimentação é dominada por sedimentos cascalhosos e cascalhos, em decorrência do acúmulo de algas coralinas em forma de talos ramificados e livres (rodolitos; Figura 40). A forma de desenvolvimento destas algas se dá por incrustações resultantes de laminações superpostas por sucessivos episódios de crescimento carbonático (GIUSTINA, 2006).

O campo de dunas subaquosas ou transversais, na porção norte da área (Figura 37), é composto, predominantemente, por areias quartzosas, cujos teores de  $\text{CaCO}_3$ , oriundos das algas calcárias, são inferiores a 10% (Figura 41). Sobre estas dunas, foram observadas marcas onduladas (ripples), formando, assim, uma sobreposição de formas de fundo (VIANNA; SOLEWICZ, 1988; TESTA; BONSENCE, 1999).

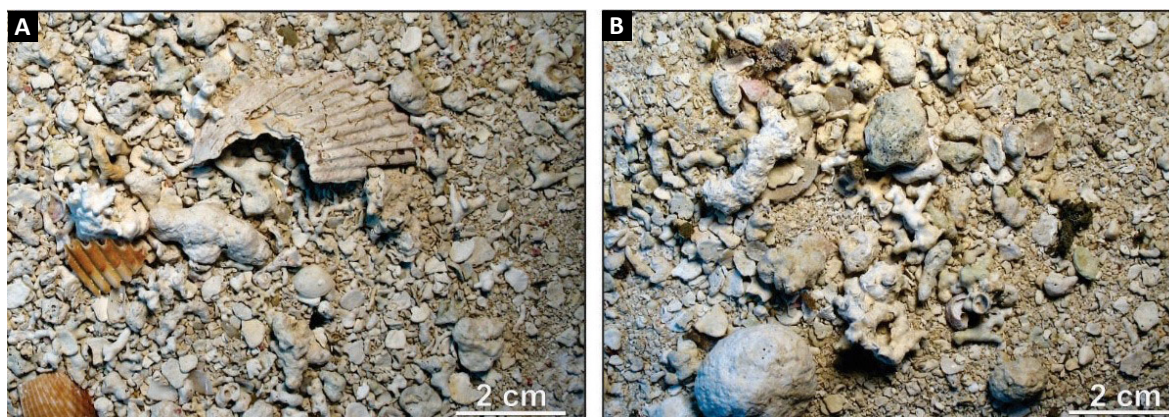
O alinhamento rochoso (Figura 42 (A)) é uma estrutura linear NW-SE, formada por arenito quartzoso, de cimentação carbonática, cujos grãos de quartzo apresentam-se arredondados a subarredondados. Conchas e restos de fauna marinha estão ausentes

(VIANNA; SOLEWICZ, 1988). Este lineamento é sugestivo de: (a) uma antiga linha de costa formada durante a estabilização do nível do mar, correspondente a um "beach rock" (SOLEWICZ, 1989; VIANNA; SOLEWICZ, 1988); (b) de uma faixa de bancos areníticos (SANTOS et al., 2007), ou (c) simplesmente como sendo sedimentos litificados, descritos como afloramentos submersos de arenitos cimentados por carbonato, e incrustados por algas coralinas e esponjas (TESTA; BONSENCE, 1999).

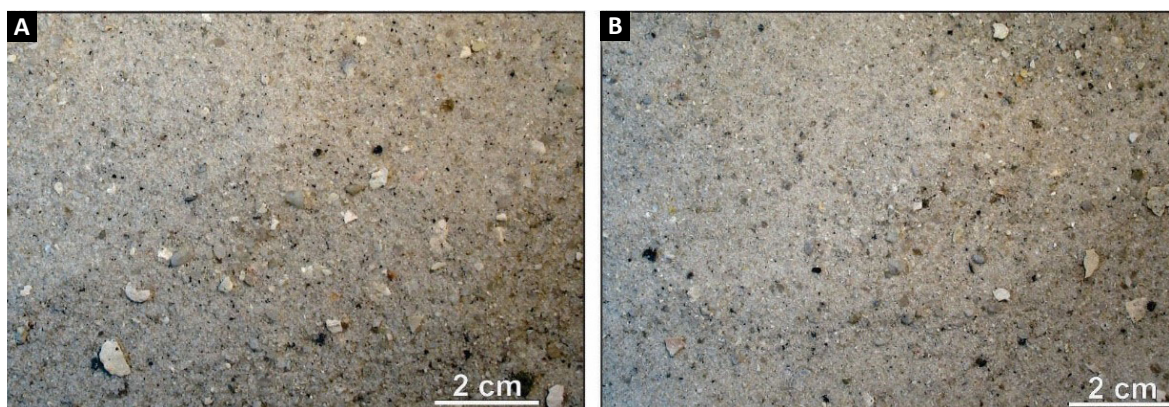
No extremo sudoeste da região externa, um depósito de sedimentos siliciclásticos foi identificado, caracterizando-se por apresentar, predominantemente, areias quartzosas, bem selecionadas, com teor de  $\text{CaCO}_3$  inferior a 10% (Figura 42 (B)).

## 5.5. CARTA TEXTURAL

Como produto final da integração dos dados adquiridos, foi elaborada a Carta Textural da Plataforma Rasa do Rio Grande do Norte - Setor Touros, em escala de 1:100.000, conforme apresentado no Anexo 04.

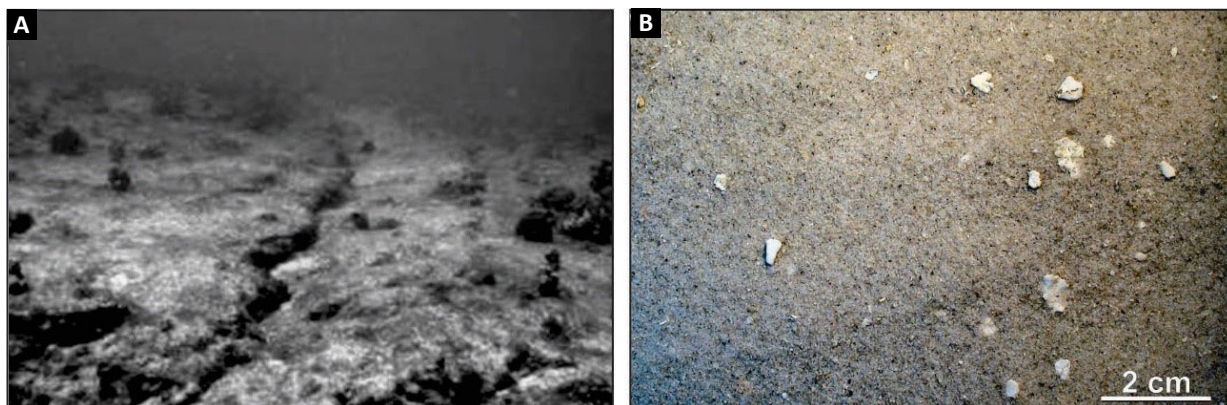


**Figura 40** - Sedimentos carbonáticos, compostos, predominantemente, por algas vermelhas em forma de talos ramificados e livres (rodolitos), conferindo altos teores de  $\text{CaCO}_3$  na região  
Fonte: acervo do Projeto Plataforma Rasa do Brasil.



**Figura 41** - Sedimentos siliciclásticos pertencentes ao campo de dunas transversais, apresentando concentrações de  $\text{CaCO}_3$  inferiores a 10%. Fonte: acervo do Projeto Plataforma Rasa do Brasil.





**Figura 42** - (A) Visão geral do alinhamento rochoso típico de um banco de arenito quartzoso. (B) Amostra do depósito de areias siliciclásticas, predominantemente quartzosas, encontrado no extremo sudoeste da região externa da plataforma.

Fonte: Acervo do Projeto Plataforma Rasa do Brasil.

## 6. AVALIAÇÃO DA POTENCIALIDADE DOS RECURSOS MINERAIS MARINHOS

Neste capítulo será descrito as potencialidades dos recursos minerais identificados na plataforma continental no setor touros.

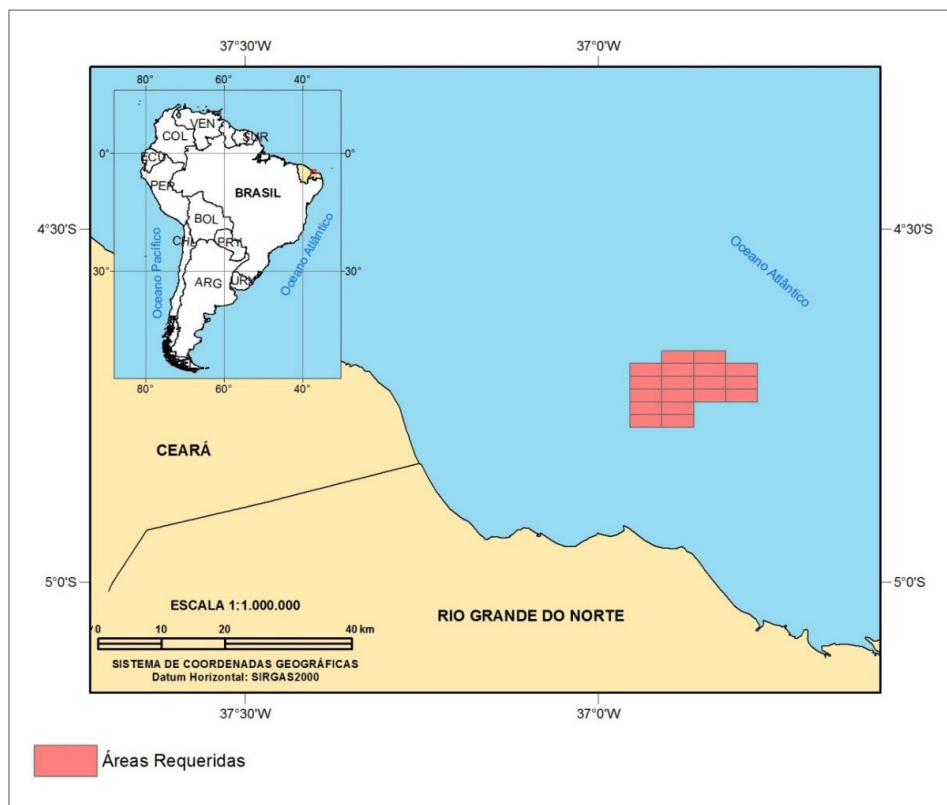
### 6.1. OFERTA DE AGREGADOS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

O Rio Grande do Norte apresenta grande potencial para a exploração de agregados minerais, os quais assumem um importante papel na economia do Estado. Diversas áreas estão em fase de concessão de lavra, requerimento de pesquisa, licenciamento, autorização de pesquisa junto ao DNPM, para a exploração de areia e cascalho siliciclásticos e carbonáticos, destinados, principalmente, à construção civil, fins industriais, fabricação de cimento e revestimentos. Atualmente, estes agregados são oriundos, em sua totalidade, de fontes continentais, o que tem propiciado a exaustão das reservas, se tornando indispensável à determinação de

novas áreas potenciais no Estado. Uma alternativa para suprir a demanda interna é a exploração dos agregados marinhos, já que o Estado apresenta uma ampla área de sedimentação, especialmente, carbonática ao longo da plataforma continental adjacente. Por ora, apesar do potencial existente, o Estado tem apenas 18 áreas marinhas em fase de requerimento de pesquisa para granulados carbonáticos, para uso em corretivo de solo (Figura 43).

### 6.2. POTENCIAL MINERAL DO SETOR TOUROS

O setor Touros, apesar de representar uma área promissora de granulados marinhos, por apresentar uma expressiva cobertura sedimentar carbonática, está, em quase sua totalidade, dentro de uma APA, inviabilizando quaisquer atividades exploratórias na região. Assim, a identificação preliminar do potencial mineral deste setor teve como suporte apenas as



**Figura 43** - Mapa de áreas oneradas na ZEE do Estado do Rio Grande do Norte, com as atuais áreas requeridas para granulados marinhos. As áreas estão na fase de autorização de pesquisa junto ao DNPM, para exploração de carbonatos marinhos com uso para corretivo de solo. Fonte: SIGMINE - Sistema de Informações Geográficas da Mineração/DNPM (2020).



informações contidas no presente estudo, servindo apenas para caracterizar a área, não apresentando dados de reserva e produção. No entanto, o estudo deste setor permite correlações através do padrão de sedimentação em outras áreas, auxiliando na identificação de locais que possam vir a ser considerados estratégicos para a economia do Estado.

A potencialidade do uso aqui enfocada destina-se, apenas, à avaliação da areia e cascalhos marinhos, de composição siliciclástica e carbonática. A partir do cruzamento de informações, algumas possibilidades de usos para os insumos são apontadas, que podem ser empregados tanto em seu estado bruto ou com processamento simples, no caso da construção civil, como também nos setores que necessitam de beneficiamento e transformação, como para os diversos setores da indústria.

As especificações do material determinam o seu potencial de uso nos diferentes segmentos da indústria. Desta forma, o emprego nos setores consumidores requer testes com ensaios complementares específicos, regulados por normas técnicas, referentes às suas propriedades (física, química, mecânica e mineralógica), para sua qualificação. Além disso, é importante conhecer o limite máximo de impurezas permitido e os teores em conchas e em sais presentes, para que estes não interfiram nas características físicas e químicas dos produtos fabricados.

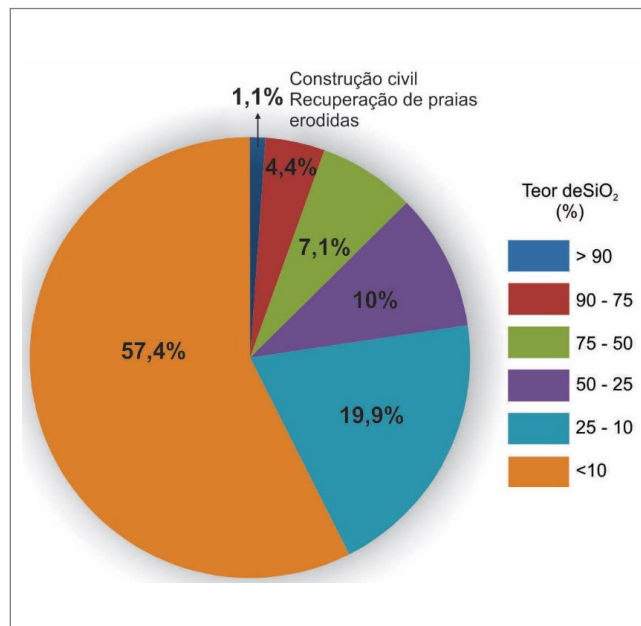
### 6.2.1. Granulados Marinhos Siliciclásticos

Areias e cascalhos siliciclásticos têm suas aplicações na indústria determinadas, em grande parte, por suas especificações químicas, em especial pelos teores de  $\text{SiO}_2$  e de outros óxidos, e pela granulometria do material.

Os resultados analíticos obtidos denotam teores de  $\text{SiO}_2$  variáveis ao longo da área, na faixa entre 0,23 e >90%, sendo que intervalo inferior a 10% de  $\text{SiO}_2$  é mais dominante. Os teores maiores do que 90% de  $\text{SiO}_2$ , os quais são mais interessantes para a indústria, foram verificados em poucas amostras analisadas (aproximadamente 1,1%; Figura 44).

Deste modo, a princípio, com base apenas nos resultados de teor de  $\text{SiO}_2$  acima de 90%, pode-se indicar a utilização deste material nos setores consumidores da indústria da construção civil. Outra utilização é na recuperação de praias erodidas, sendo que, neste caso, é necessário um estudo de compatibilidade granulométrica com os grãos da areia da praia original. Para as indústrias do vidro, fundição, cerâmica e dentre outras, qualquer tipo de areia quartzosa deve conter, pelo menos, 98,5% de  $\text{SiO}_2$  (LUZ; LINS, 2005), além de observar os teores dos outros elementos químicos exigidos.

Mesmo que grande parte do material siliciclástico apresente teores não aceitáveis para a sua utilização,



**Figura 44** - Distribuição dos teores de  $\text{SiO}_2$  das amostras analisadas no setor Touros. Observa-se que cerca de 1% das amostras apresenta concentrações favoráveis (>90%) a sua utilização nas indústrias da construção civil e recuperação de regiões costeiras erodidas. Fonte: Amaral, R. F.

se o mesmo for sujeito a processos de beneficiamento, este poderá obter teores que atendam às especificações exigidas para o seu devido uso.

### 6.3. GRANULADOS MARINHOS CARBONÁTICOS

Os granulados carbonáticos têm, assim como os siliciclásticos, suas aplicações direcionadas pelas suas características físicas e químicas, sendo, sem dúvida, estas últimas as mais relevantes. Assim, é essencial especificar os teores de  $\text{CaCO}_3$  (ou  $\text{CaO}$ ),  $\text{MgCO}_3$  (ou  $\text{MgO}$ ) e a quantidade máxima de impurezas que pode ser tolerada (SAMPAIO; ALMEIDA, 2008).

Os teores de  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaO}$  e  $\text{MgO}$  são variáveis ao longo da área, conforme observados na Tabela 6 e no Anexo 03.

Os resultados analíticos revelaram que grande parte das amostras apresentam altos teores de  $\text{CaCO}_3$  (superiores a 75%) e, juntamente aos teores dos óxidos e elementos menores, permitem, grosso modo, direcionar seu uso para alguns setores da indústria (Figura 45). Porém, um fator relevante é que os padrões qualitativos para utilização industrial do calcário (teores mínimo e máximo aceitáveis) são variáveis, conforme evidenciado nas especificações químicas para uso dos calcários continentais apresentadas nos trabalhos de Menor et al., (1997), Sampaio e Almeida (2005), Calcário Paraíso (2015), dentre outros.

Tendo como base os padrões apresentados nos trabalhos supracitados, as concentrações dos óxidos obtidas

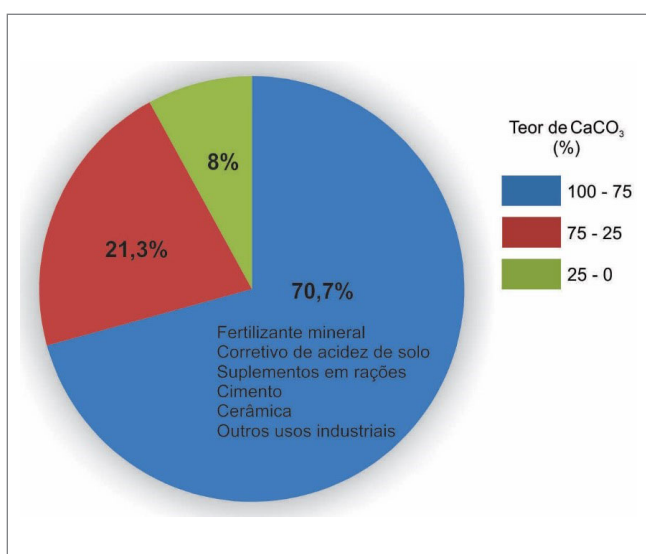
**Tabela 6** - Teores mínimos e máximos de  $\text{CaCO}_3$ , CaO e MgO obtidos nos resultados analíticos da área. \* Acme Analítica Laboratórios Ltda.; \*\* SGS Geosol laboratórios Ltda; \*\*\*Resultado com base apenas na análise composicional dos sedimentos, não implicando que não possa estar presente outro tipo de alga calcária.

LOCALIZAÇÃO	TEOR (%)						TEOR MÉDIO (%)			ALGA CALCÁRIA PREDOMINANTE ***
	MÍNIMO			MÁXIMO			$\text{CaCO}_3$	CaO	MgO	
	$\text{CaCO}_3$	CaO	MgO	$\text{CaCO}_3$	CaO	MgO				
Plataforma Interna	4,6	4,9* 4,71**	0,48* 0,55**	97,9	50,32* 47,43**	7,24* 6,8**	80,0	42,85* 37,15**	5,57* 4,45**	Algas Verdes
Plataforma Intermediária	3,8	40,96* 3,56**	5,63* 0,28**	99,4	45,64* 49,41**	6,18* 6,87**	77,63	44,13* 38,95**	5,88* 4,53**	Algas Verdes
Plataforma Externa	3,5	1,28**	0,16**	99	50,12**	06,39*	65,9	34,84**	3,29**	Algas Verdes

indicam que algumas amostras da área apresentam especificações químicas aplicáveis na fabricação de cimento, cerâmica e ração animal.

As amostras com garantias mínimas de 32% de Ca e 2% de Mg podem ser utilizadas como um fertilizante mineral e corretivo de acidez de solo (CAVALCANTI, 2011), e ainda como suplementos em rações para animais, haja vista a biodisponibilidade dos nutrientes que se encontram adsorvidas nas paredes celulares, sendo facilmente incorporados pelas plantas e animais.

É importante ressaltar que os resultados analisados foram obtidos a partir do material bruto, não apresentando, em grande parte, características químicas e físicas adequadas para o uso nos diversos setores da indústria. Desta forma, assume-se que, se o material for submetido a um processo de beneficiamento, este poderá obter os padrões que atendam às especificações exigidas para a sua utilização nos diversos setores.



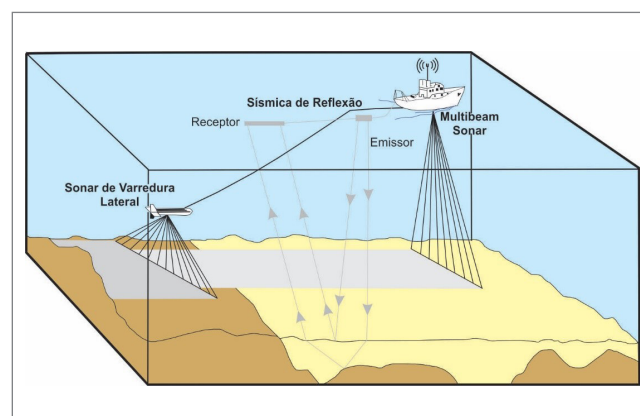
**Figura 45** - Distribuição dos teores de  $\text{CaCO}_3$  nas amostras analisadas no setor Touros. Nota-se que cerca de 70% das amostras apresentam concentrações favoráveis (>75%) a sua utilização nos diversos setores da indústria. Fonte: Amaral, R. F.

#### 6.4. RECURSOS ESTIMADOS

Nenhuma quantificação das ocorrências destes materiais foi realizada neste trabalho, nem mesmo preliminarmente. Os locais abordados são recomendados para avaliações futuras de recursos.

Neste caso, o uso de algumas técnicas geofísicas (métodos indiretos) tornaria imprescindíveis na caracterização destes depósitos marinhos. Assim sendo, as espessuras médias dos depósitos, bem como suas geometrias, poderiam ser estimadas através levantamentos com sísmica de reflexão de alta resolução. Por sua vez, a extensão lateral dos depósitos e de suas características superficiais poderiam ser melhor caracterizadas por meio da aquisição de dados de sonografia ao longo do setor (Figura 46).

Vale ressaltar que o setor Touros, apesar de ser uma região promissora de granulados marinhos, este consiste numa área de proteção ambiental (APA) e, desta forma, não podem ser realizadas quaisquer atividades de mineração. Entretanto a importância da pesquisa realizada na área destaca-se no fornecimento de dados



**Figura 46** - Esquema ilustrando o princípio de funcionamento das diferentes técnicas de aquisição de dados geofísicos marinhos, visando à quantificação das reservas dos depósitos marinhos. Fonte: Ifremer. Adaptado de Augris e Simplet (2013).

e informações, com fidelidade espacial útil ao PEM – Planejamento Espacial Marinho o qual se constitui um instrumento de gestão integrada para compatibilizar as atividades humanas no ambiente marinho, considerando a conservação dos ecossistemas, objetivos econômicos e sociais. A APA (Figura 5) assegura a preservação da biodiversidade marinha presente na região. Assim,

conforme estabelecido pelo Decreto nº15.746, ficam proibidas as atividades de coleta de substrato, tal qual cascalho, areia, lama, rocha, algas calcárias, corais e todos e qualquer material orgânico ou inorgânico que esteja fixo no substrato ou pertencente a este, salvo no caso de pesquisa científica de instituições com competência comprovada para o estudo de ambientes marinhos.

## 7. CONCLUSÕES

---

A plataforma continental do nordeste brasileiro apresenta uma ampla área de depósitos de granulados carbonáticos e siliciclásticos com grande potencial econômico, sendo, estes, uma alternativa para suprir a demanda interna, haja vista a exaustão de suas fontes continentais.

O setor Touros, por sua vez, configura uma região a qual apresenta uma ampla cobertura sedimentar predominantemente carbonática, de origem biogênica, caracterizada pela ocorrência, principalmente, de algas calcárias verdes e vermelhas. Apesar de ocorrer em menor quantidade, os sedimentos siliciclásticos provenientes de fontes continentais, que são essencialmente quartzosos, também constituem depósitos relevantes para a região. Desta forma, o setor Touros abriga uma sedimentação, em grande parte, com altos teores de  $\text{CaCO}_3$  (acima de 75%), ao passo que nos locais onde os teores de  $\text{CaCO}_3$  estão abaixo de 20%, a concentração de  $\text{SiO}_2$  é alta.

Assim, sob o ponto de vista de recursos minerais marinhos, o setor Touros apresenta áreas características de reservas potenciais (ainda não estimadas) de granulados marinhos carbonáticos e siliciclásticos. Porém, no que tange a questão ambiental, o setor Touros compreende uma unidade de conservação ambiental, sendo, desta forma, proibitivas quaisquer atividades de relacionadas à mineração.

Deste modo, os resultados aqui apresentados consistem apenas em informações técnicas que permitem o conhecimento do ambiente marinho local e o dimensionamento de suas limitações, mas que possam servir

de subsídio a futuras pesquisas científicas e às entidades reguladoras de atividade no mar.

A pesquisa em áreas com características sedimentológicas semelhantes às encontradas no setor Touros e que estas não se encaixem em áreas de preservação ambiental é de fundamental importância, pois podem se tornar áreas promissoras para a exploração de insumos minerais. Estes insumos poderão assumir um papel de relevante interesse para o suprimento aos segmentos na indústria da construção civil, reconstrução de praias erodidas, como também em fertilizantes e suplementos em rações para animais, principalmente, dando um valor socioeconômico às localidades próximas.

De todo modo, quaisquer que sejam os locais, o grande desafio da mineração marinha seria criar áreas prioritárias que possibilitassem a exploração de recursos marinhos de forma sustentável. Isto poderia ser feito por meio de tecnologias adequadas e pesquisas científicas, como estudos de impacto ambiental, processos oceânicos e recursos minerais, por exemplo, que permitissem minimizar o dano ao meio. Apesar do Brasil ainda não ter se desenvolvido muito na indústria mineral marinha, como também não possuir uma legislação mineral e ambiental específica que contemple as peculiaridades do ambiente marinho, é um mercado que tende a se fortalecer devido à crescente demanda interna. Em suma, o Brasil tem um grande potencial para adaptar e inovar as tecnologias existentes para a exploração ambientalmente sustentável de recursos minerais marinhos na plataforma continental, protegendo os ecossistemas associados.



## REFERÊNCIAS

- AMARAL, R. F. Mapeamento da Área de Proteção Ambiental dos Recifes de Corais – Fase Exploratória. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Geologia/IDEMA, SUGERCO. **Relatório Interno**. Natal: UFRN, 2002. 50p. Ilustrado.
- AMARAL, R. F. Diagnóstico ambiental da “Área de Uso Turístico Intensivo” no parracho de Maracajaú. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Geologia/IDEMA, SUGERCO. **Relatório Interno**. Natal: UFRN, 2005. 157p. Ilustrado.
- ANDRADE, C. D. P. **Áreas potenciais à exploração de granulados marinhos siliciclásticos para a recuperação artificial de praias na plataforma continental interna adjacente ao porto do Recife-PE**. Orientador: Eduardo Guimarães Barboza. Porto Alegre, 2013. 71 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.
- ARAÚJO FILHO, L. P.; AMARAL, R. F.; SANTOS, J. R. Temperatura superficial do mar na APA dos recifes de corais - RN. In: CONGRESSO SOBRE PLANEJAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA, 5., Itajaí, SC. **Anais...** Itajaí, SC: CZCPP, 2009.
- AUGRIS, C.; SIMPLET, L. Les matériaux marins. **Géosciences**, n. 17, p. 82-89, 2013.
- AUGRIS, C.; SIMPLET, L. Les matériaux marins. **Géosciences**, n. 17, 2013a. Disponível em: <<http://www.ifremer.fr/gm/Activites/Ressources-minerales-non-energetiques/Granulats-marins/Presentation-generale>>. Acesso em: 08 de março de 2016.
- BANDERA-PEDROSA, M. E.; PEREIRA, S. M. B.; OLIVEIRA, E. C. Taxonomy and distribution of the green algal genus *Halimeda* (Bryopsidales, Chlorophyta) in Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**. v.27, n.2, p. 363-377, 2004.
- Bittencourt, A. C. S. P. et al. Significant longshore transport divergence zone at the Northeastern Brazilian coast: implications on coastal Quaternary evolution. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 74, n 3, p. 505-518, 2002.
- BLOTT, S. J.; PYE, K. GRADISTAT: A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 26, n. 11, p.1237–1248, 2001.
- BONSENCE, D. W. J. Description and classification of Rhodoliths (rhodoids, rhodolites). **Coated Grains**, (ed. by T.M. Peryt), Springer Verlag, p. 217-224, 1983.
- Boyer, P. R. Structure of the continental margins of Brazil, Natal to Rio de Janeiro. 1969. 93 p. Thesis - University of Illinois at Urbana-Champaign, 1969.
- CALCÁRIO PARAÍSO. Disponível em: <<http://www.calcarioparaiso.com.br/curiosidades.htm>>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2015.
- CALDAS, L. H. O. **Geologia costeira da região de São Bento do Norte e Caiçara do Norte, Litoral Norte Potiguar**. 1996. 83 p. Natal. Relatório de Graduação - Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 1996.
- CAVALCANTI, V. M. M. Plataforma continental: a última fronteira da mineração brasileira. Brasília: DNPM, 2011. 104 p.: il.
- CAVALCANTI, V. M. M.; PARAHYBA, R. E. R. **A indústria de agregados para construção civil na Região Metropolitana de Fortaleza. Fortaleza**: DNPM, 2012. 110 p.:il.
- CAVALCANTI, V. M. M.; FREIRE, G. S. S. A possibilidade de utilização de areias marinhas como agregado na construção civil na região metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará. **Gravel**, v. 5, n. 1, p. 11-24, 2007.
- CENTRO DE EXCELÊNCIA PARA O MAR BRASILEIRO. **O Brasil e o mar no século XXI**: Relatório aos tomadores de decisão do País. 2. ed. Niterói, RJ: Cembra, 2012. 540 p.: il.
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Mar e Ambientes Costeiros**. Brasília, DF: CGEE, 2008.
- Costa Neto, L. X. **Evolução Geológica–Geomorfológica Recente da Plataforma Continental Interna ao Largo do Delta do Rio Açu, Macau–RN**. 1997. 212 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Pós–Graduação em Geologia e Geofísica Marinha, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 1997.
- COUTINHO, P. N. 1976. **Geologia marinha da plataforma continental Alagoas-Sergipe**. 1976. 112 p. Recife. Tese (Livro docência) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco, 1976.
- COUTINHO, P. N. Sedimentação na Plataforma Continental de Alagoas-Sergipe. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v.21, n.1/2, p.1-18, 1981.
- COUTINHO, P. N. Oceanografia Geológica. Paulo da Nóbrega Coutinho. (Coord.). **Levantamento do Estado da Arte da Pesquisa dos Recursos Vivos Marinhos do Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal - MMA, Secretaria de Coordenação dos

- Assuntos do Meio Ambiente – SMA (Programa REVIZEE), 75 p, 2000.
- COUTINHO, P. N.; MORAIS, J. O. Distribución de los Sedimentos en la Plataforma Continental Norte y Nordeste del Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, v.10, n.1, p. 79-90, 1970.
- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Potencialidade dos granulados marinhos da plataforma continental leste do Ceará. Hortencia Maria Barboza de Assis (Coord.). **Informe de Recursos Minerais Marinhos**, n. 1. Recife: CPRM, 2007.
- CUNHA, E. M. S. **Evolução atual do litoral de Natal – RN (Brasil) e suas aplicações a gestão integrada**. Barcelona. Tese (Doutorado). Universitat de Barcelona, Departament d'Ecologia, Facultat de Biologia, 2004.
- DAVIES, J. L. **Geographical variations in coastal development**. New York: Longman Group, 1972. 204p.
- DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO. Disponível em: <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-previsao-mare/tabuas/index.htm>. Acesso em: 10 de abril de 2017.
- DIAS, G. T. M. Granulados Bioclásticos – algas calcárias. **Revista Brasileira de Geofísica**, v.18, n.3, p. 307-318, 2000.
- DIAS, J. A. **Evolução do conceito de sedimento relíquia** (versão preliminar). 2004. Disponível em: <<http://w3.ualg.pt/~jrdias/JAD/ebooks/Reliquias.pdf>>. Acesso em: 12 de agosto de 2009.
- DINIZ, R. F. A. **Erosão costeira ao longo do litoral oriental do Rio Grande do Norte**: causas, consequências e influência nos processos de uso e ocupação da região costeira. 2002. Salvador. Tese (Doutorado) - Pós Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, 2002.
- EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO RIO GRANDE DO NORTE. Disponível em: <<http://www.emparn.rn.gov.br>>. Acesso em: 06 de novembro de 2009.
- FOLK, R. L.; WARD, W. C. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 27, n. 1, p. 3-26, 1957.
- FRACASSO, P. et al. Medição de correntes oceânicas utilizando derivador na área de proteção ambiental dos recifes de corais – RN. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS MARINHAS, 14., nov. 2011, Balneário de Camboriú, SC. **Anais... Balneário de Camboriú, SC: AOCEANO**, 2011.
- FRANÇA, A. M. C. Geomorfologia da margem continental leste brasileira e da bacia oceânica adjacente. In: **Projeto REMAC**, v. 7, p. 89-127, 1979.
- FRANÇA, Augusto M. C.; COUTINHO, Paulo N.; SUMMERHAYES, Colin P. Sedimentos superficiais da margem continental nordeste brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 6, p. 147-164, 1976.
- GÉOSCIENCES MARINES. Disponível em: <<http://wwz.ifremer.fr/gm/Activites/Ressources-minerales-non-energetiques/Granulats-marins/Techniques-d-extraction>>. Acesso em 08 de março de 2016.
- GIUSTINA, I. D. D. **Sedimentação carbonática de algas vermelhas coralíneas da plataforma continental da bacia de campos**: um modelo carbonático análogo para o terciário. Orientador: Luiz Jose Tomazelli. Porto Alegre, 2006. 134 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.
- GOMES, Abílio S.; PALMA, Jorge J. C.; SILVA, Cleverson G. Causas e consequências do impacto ambiental da exploração dos recursos minerais marinhos. **Brazilian Journal of Geophysics**, v. 18, n. 3, p. 447-454, 2000.
- HAZIN, F.H.V. et al. Resultados obtidos por meio do fundeio de um correntógrafo na plataforma continental do Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 41, n.1, p. 30-35, 2008.
- INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE. Zoneamento e plano de manejo da APARC (Resumo executivo). 2014. Disponível em: <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/Conteudo.asp?TRAN=PASTAC&TARG=574&ACT=&PAGE=&PARAM=&LBL>. Acesso em: 14 de Julho de 2015.
- INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE. 2015. Disponível em: <<http://www.idema.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=944&ACT=null&PAGE=0&PARAM=null&LBL=Unidades+de+Conserva%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em: 14 de Julho de 2015.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/temperaturaSuperficieMar>. Acesso em: 12/04/20017
- KEMPF, M. Plataforma Continental de Pernambuco (Brasil): nota sobre a natureza do fundo. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, v.9/11, p. 111-124, 1970.
- KEMPF, M. Shelf off Alagoas and Sergipe (northeastern Brazil) 5 station list and notes on benthic bionomy. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, v.13, p. 7-28, 1972.
- KEMPF, M. Perspectiva de exploração econômica dos fundos de algas calcárias da plataforma continental do nordeste do Brasil. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, v. 15, p. 139-164, 1980.
- KEMPF, Marc; MABESOONE, Jannes Markus; TINOCO, Ivan de Medeiros. Estudo da plataforma continental na área do Recife (Brasil). **Trabalhos Oceanográficos**, Pernambuco, v.9, n.11, p.125-148. 1970
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes, 19xc28. Wall-map, 150 x 200 cm.

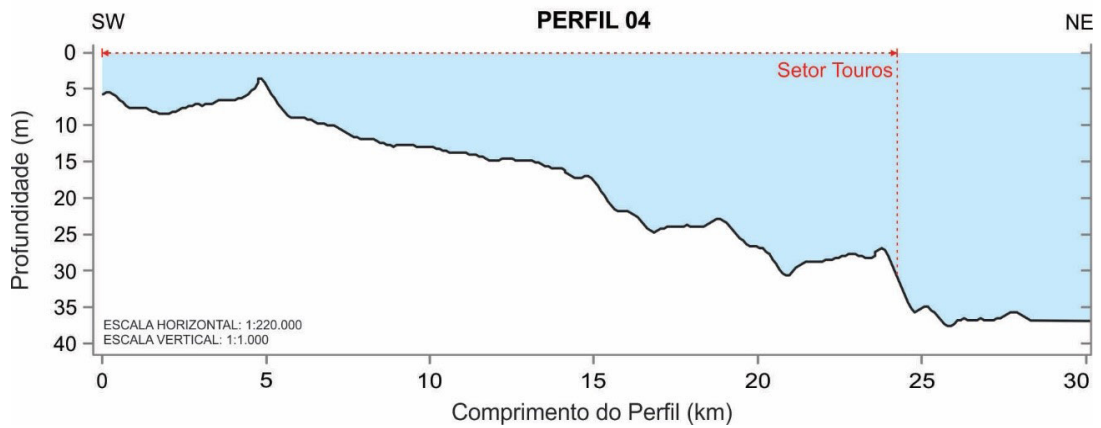
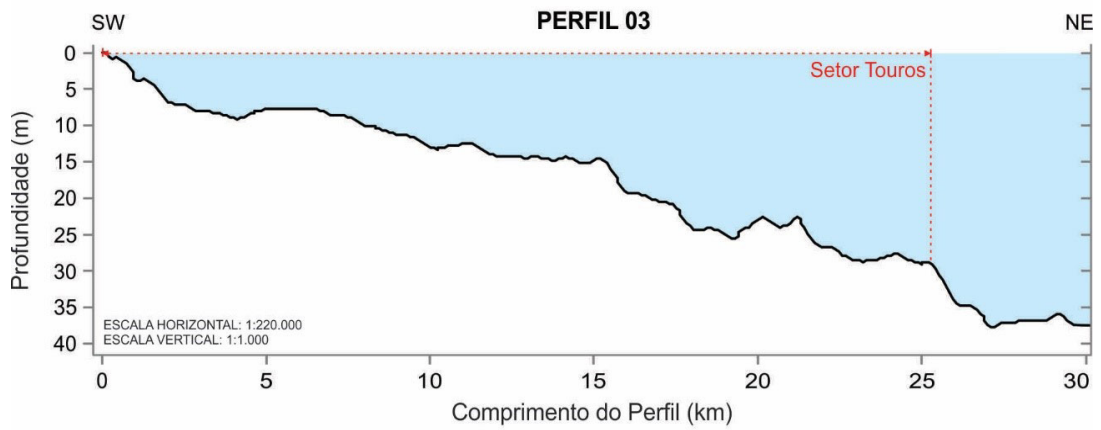
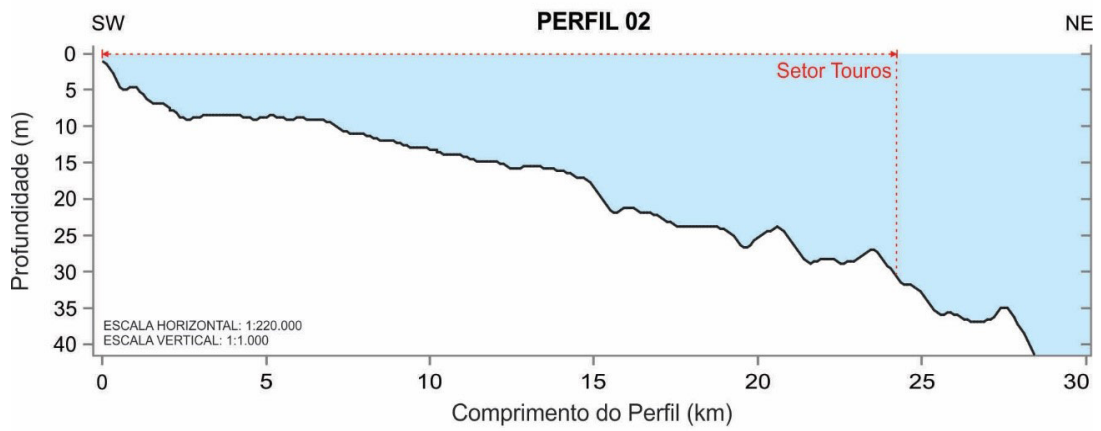
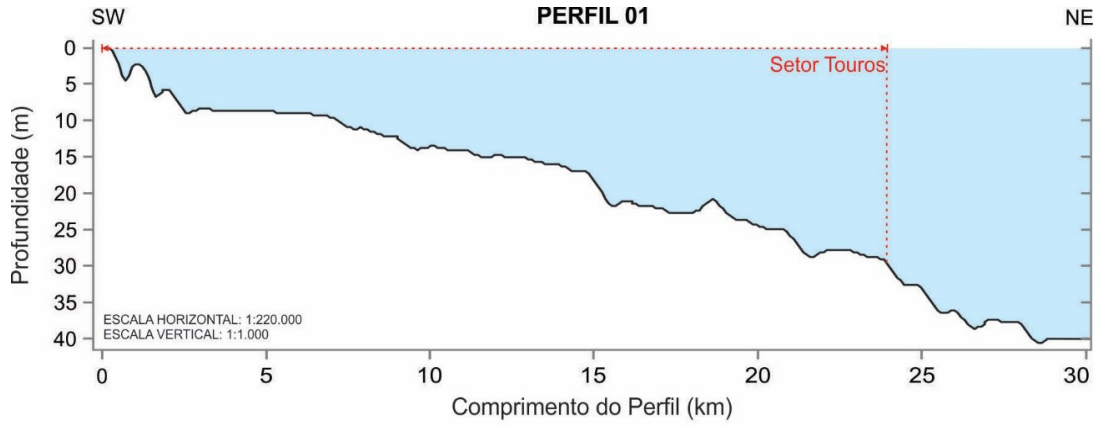
- LOBO, P. R. V. **Um estudo climatológico da zona de convergência intertropical (ZCIT) e sua influência sobre o nordeste do Brasil**. São José dos Campos, SP, 1982. 93 p. Dissertação (Mestrado em meteorologia), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, 1982.
- LUZ, A. B.; LINS, F. F. Areia Industrial. **Rochas & Minerais Industriais: Usos e Especificações**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005. p. 107-126, 2005.
- MAIDA, M.; FERREIRA, B.P. Coral reefs of Brazil: Overview and field guide. In: H.A. Lessios, I.G. Macintyre (eds.). INTERNATIONAL CORAL REEF SYMPOSIUM, 8., v.1, Panamá, 1997. **Anais...** ICRS: 1997. p. 263-274.
- MANSO, V. A. V.; CORRÊA, I. C. S.; GUERRA, N. C. Morfologia e sedimentologia da plataforma continental interna entre as praias de Porto de Galinhas e Campos – litoral sul de Pernambuco, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, v.30, n.2, p.17-25, 2003.
- MARQUES, W. S. **Geoquímica de carbonatos da Plataforma Continental Nordeste do Brasil**. 2008. 117 f. Recife. Tese (Doutorado em Geociências) -Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, 2008.
- MARTINS, L. R.; COUTINHO, P. N. The Brazilian Continental Margin. **Earth-Science Reviews**, v. 17, p. 87-107, 1981.
- MARTINS L.R.; NUNES J.C. Granulados Marinhos Terrígenos. **Gravel**, v. 5, n. 1, p. 39-46, 2007.
- MELO, T. V.; MOURA, A. M. Utilização da farinha de algas calcáreas na alimentação animal. **Archivos de zootecnia**, v. 58, p. 99-107, 2009.
- MENOR, E. A. et al. Projeto calcário de Flores/Carnaíba para fins industriais. **Relatório final**. Recife: SUDENE, AD/DIPER, 1997. 57p.: il.
- OJEDA, H. A.O. Bacia Pernambuco-Paraíba-Rio Grande do Norte: integração geológica regional, perspectivas petrolíferas e programa exploratório. **Relatório Interno**. Rio de Janeiro: Petrobrás/Divex, 1976. 38p.
- PIANCA, Cássia; MAZZINI, Piero Luigi F.; SIEGLE, Eduardo. Brazilian offshore wave climate based on NWW3 Reanalysis. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 58, n. 1, p. 53-70, 2010.
- POGGIO, C. A. et al. Distribuição dos componentes biogênicos nos sedimentos da área do canal de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v.1, n.1, p.10-15, 2009.
- POPPE, L.J.; ELIASON, A.H.; HASTINGS, M.E. A Visual Basic program to classify sediments based on gravel–sand–silt–clay ratios. **Computers & Geosciences**, v. 29, n. 6, p. 805–809, 2003.
- SAMPAIO, A. S.; ALMEIDA, S. L. M. Calcário e Dolomito. **Rochas & Minerais Industriais: Usos e Especificações**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008, 2. ed. p. 363-387, 2008.
- SANTOS, J. R. **Caracterização morfodinâmica e sedimentologia da plataforma continental rasa na APA estadual dos recifes de corais, RN**. Orientador: Ricardo Farias do Amaral. Natal, 2010. 73 p. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) - Programa de pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.
- SANTOS, C. L. A. et al. Mapeamento de recifes submersos na costa do Rio Grande do Norte, NE Brasil: Macau a Maracajaú. **Revista Brasileira de Geofísica**, v.25, supl. 1, p. 27-36, 2007.
- SANTOS, Jonas Ricardo dos; AMARAL, Ricardo Farias do; ARAUJO FILHO, Lino Pedro de. Mapeamento das Feições Submersas da Plataforma Continental Oriental do Rio Grande do Norte, Brasil. In: CONGRESSO SOBRE PLANEJAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA. 5., Itajaí, SC. **Anais...** Itajaí, SC: CZCPP, 2009.
- SCHLEE, J. Atlantic Continental Shelf and Slope of the United States -Sediment Texture of the Northeastern Part. U.S. **Geological Survey Professional Paper 529-L**. 1973. 64 p.
- SILVA, E. A. J. **As dunas eólicas de Natal / RN: datação e evolução**. Orientador: Francisco Pinheiro Lima Filho. Natal, 2002. 127 p. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica). Programa de Pós-Graduação em Geofísica e Geodinâmica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2002.
- SILVA, C. G.; FIGUEIREDO Jr., A. G.; BREHME, I. Granulados Litoclásticos. **Brazilian Journal of Geophysics**, v. 18, n. 3, 2000.
- SILVEIRA, Ilson Carlos Almeida; CASTRO, Belmiro Mendes; SOUTELINO, Rafael Guarino. **A dinâmica vital das correntes marinhas. História, ciência e culturas do mar**. São Paulo. Duetto, p. 24-29, 2009.
- SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS DA MINERAÇÃO. Disponível em: <<http://sigmine.dnpm.gov.br/webmap/>>. Acesso em: 04 de março de 2016.
- SOLEWICZ, R. **Feições fisiográficas submarinas da Plataforma Continental do Rio Grande do Norte visíveis por imagens de satélite**. São José dos Campos, 1989. 163 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos – SP. 1989.
- SOUZA, K. G. O futuro da exploração mineral em águas brasileiras e internacionais. **Ciência e Cultura**, v. 62, n. 3, p. 23-25, 2010.
- SOUZA, K. G.; MARTINS L. R. Recursos minerais marinhos: Pesquisa, lavra e beneficiamento. **Gravel**, v. 6, n. 1, p. 99-124, 2008.
- SOUZA, K. G. et al. Recursos não-vivos da plataforma continental brasileira e áreas oceânicas adjacentes. **Gravel**, ed. especial, 2009. 86 p.
- SUMMERHAYES, Colin P.; FAINSTEIN, Roberto; ELLIS, Jeffrey P. Continental margin of Sergipe and Alagoas, Northeastern Brazil: a reconnaissance geophysical study of morphology and structure. **Marine Geology**, v. 20, p.345-361, 1976.

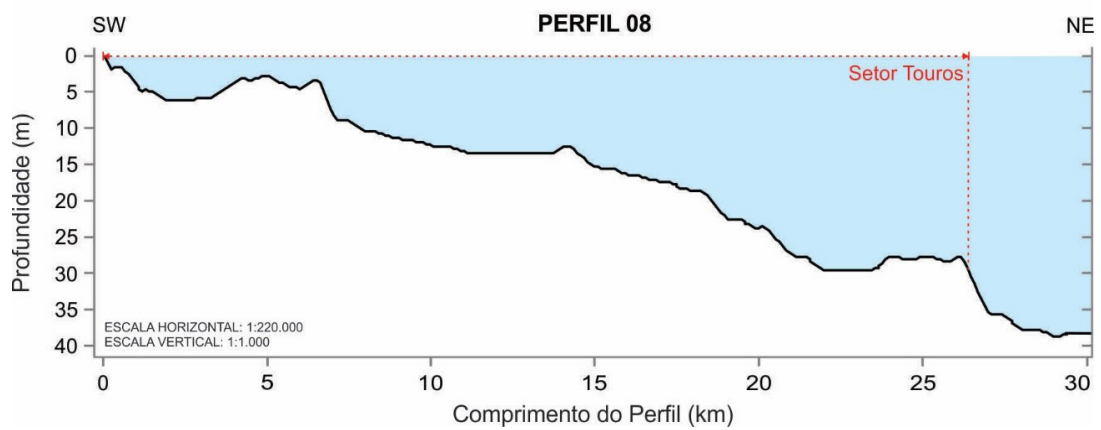
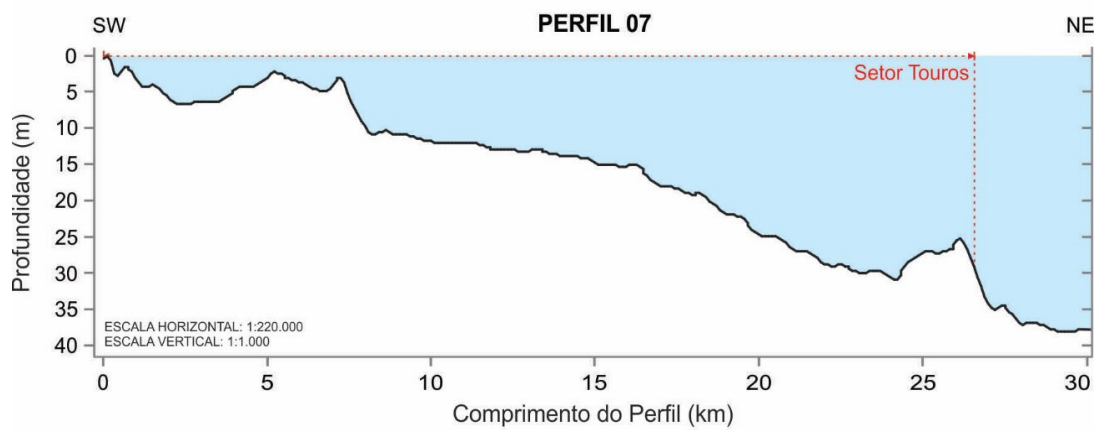
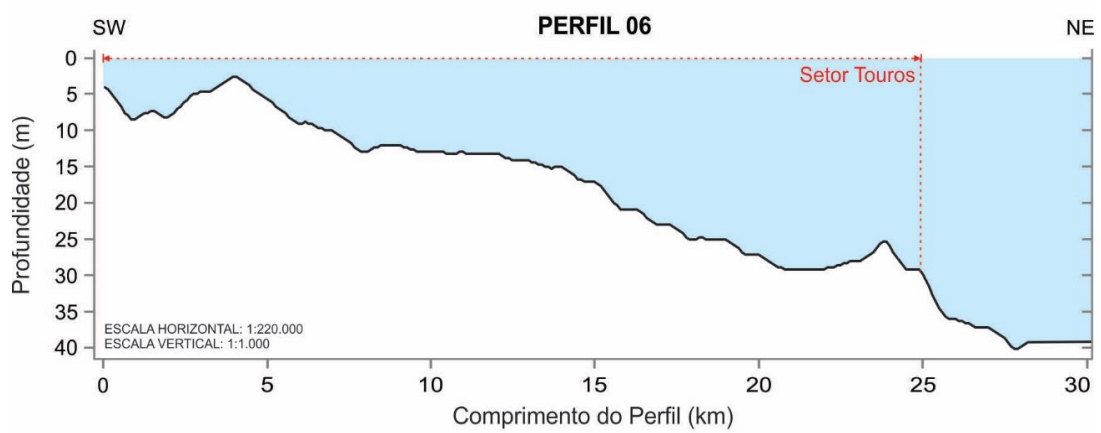
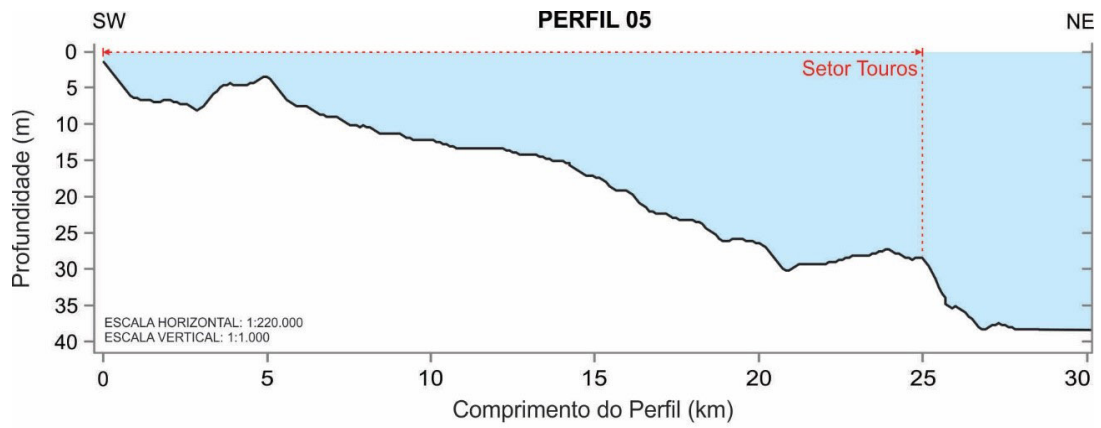
- SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. **Touros, Rio Grande do Norte**: folha SB-25-V-C-II. [s.l.]: SACS, 1971. Escala 1:100.000 Impresso.
- SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. (ed. Edgard Blücher), Universidade de São Paulo, 1973. 317p.
- SUGUIO, K. **Dicionário de Geologia Marinha**, (ed. T.A. Queiroz), Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992. 171p.
- TESTA, V., BONSENCE, D. W. J. Physical and biological controls on the formation of carbonate and siliciclastic bedforms on the north-east Brazilian shelf. **Sedimentology**, v. 46, n. 2, p. 279-301, 1999.
- TINOCO, I. M. **Introdução ao estudo dos componentes bióticos dos sedimentos marinhos recentes**. 1ª ed. Pernambuco, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1988. 219p.
- TINOCO, I. M. **Introdução ao estudo dos componentes bióticos dos sedimentos marinhos recentes**. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1989. 220p.
- VASCONCELOS, Y. Uso de algas calcárias como adubo em lavouras de cana pode elevar a produtividade em até 50%. **Revista Pesquisa FAPESP**, v. 197, p. 62-65, 2012.
- VIANNA, M. L., SOLEWICZ, R. Feições fisiográficas submarinas da plataforma continental do RN visíveis por imagens de satélite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 5., Natal, 1988. **Anais...SBSR**, 1988. v.3. p. 581-587.
- VIANNA, Márcio Luiz, SOLEWICZ, Reinaldo; CABRAL, Alexandre Pereira. Early Holocene stillstands in the Brazilian northeast mapped by satellite. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GLOBAL CHANGES IN SOUTH AMERICA DURING THE QUATERNARY: PAST-PRESENT-FUTURE, São Paulo, 1989. **Anais... São Paulo**, 1989. p. 250-254.
- VIANNA, Márcio Luiz; CABRAL, Alexandre Pereira; GHERARDI, Douglas Francisco Marcolino. TM-Landsat imagery to the study of the impact of global climate change on a tropical coastal environment during the last deglaciation. **Int. Journal Remote Sensing**, v. 14, n.14, p. 2971-2983, 1993.
- WENTWORTH, C. K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**, v. 30, n. 5, p. 377-392, 1922.
- ZEMBRUSCKI, S. G. et al. Fisiografia e distribuição dos sedimentos superficiais na Plataforma Continental Norte Brasileira. **Boletim Técnico da Petrobras**, v. 14, p. 127-155, 1971.

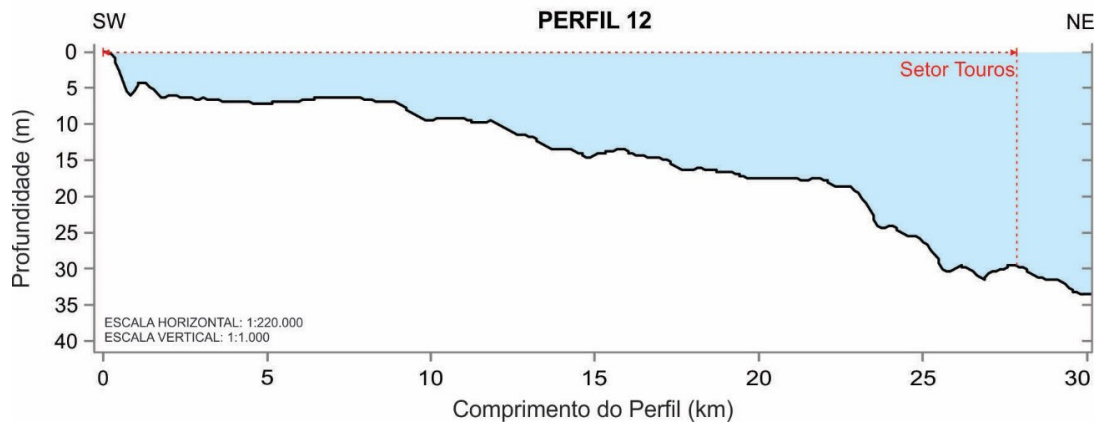
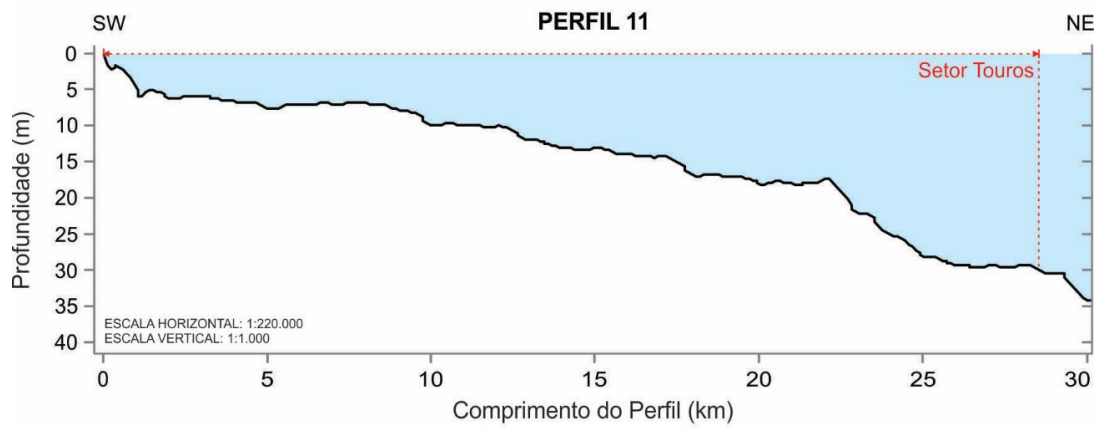
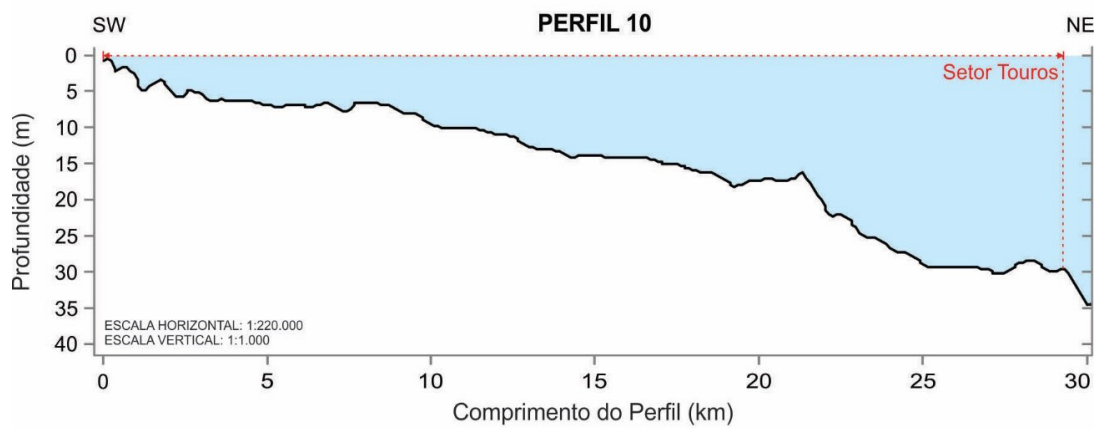
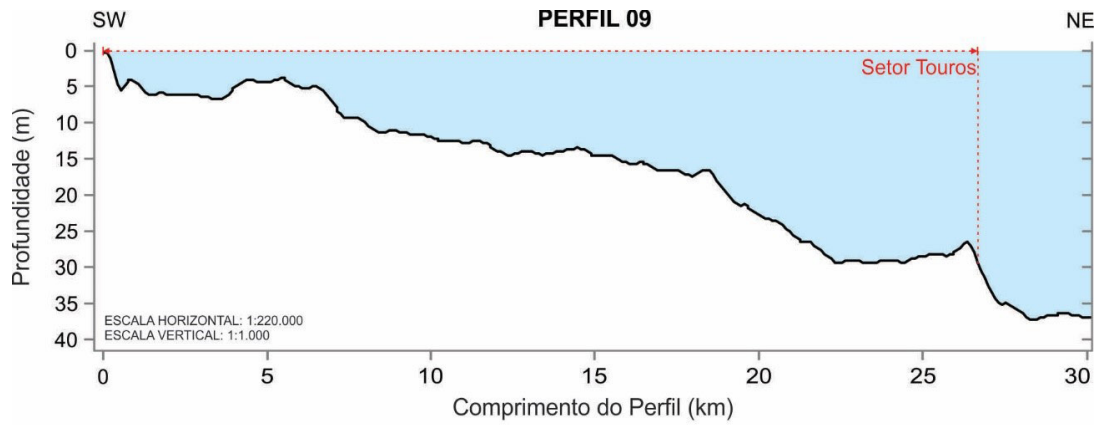


## **ANEXO A - PERFIS BATIMÉTRICOS**

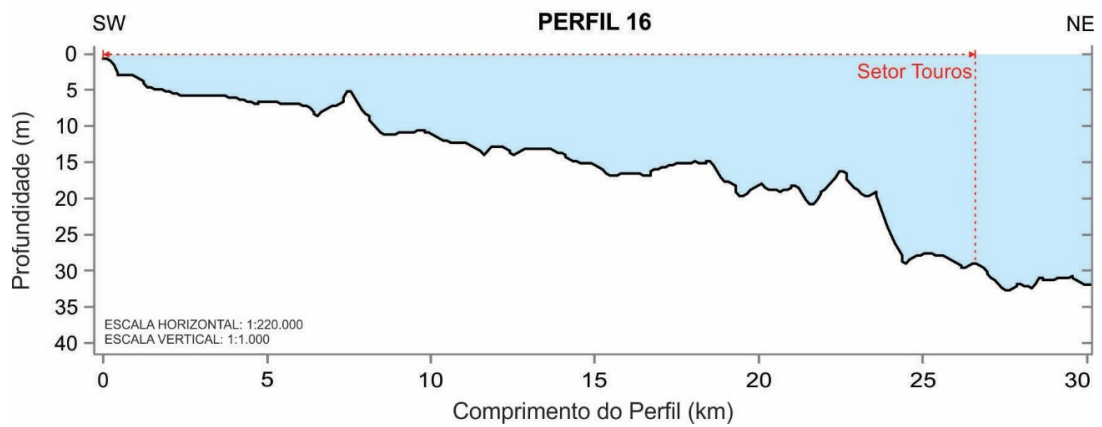
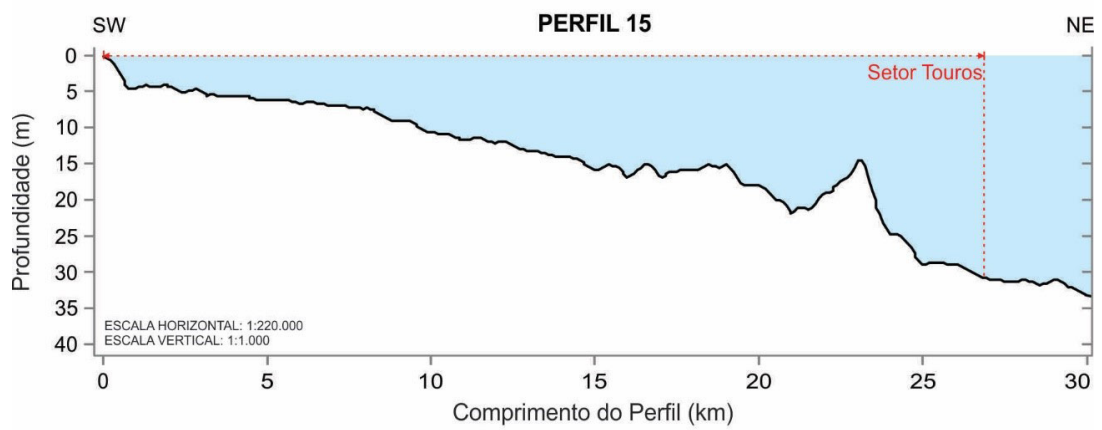
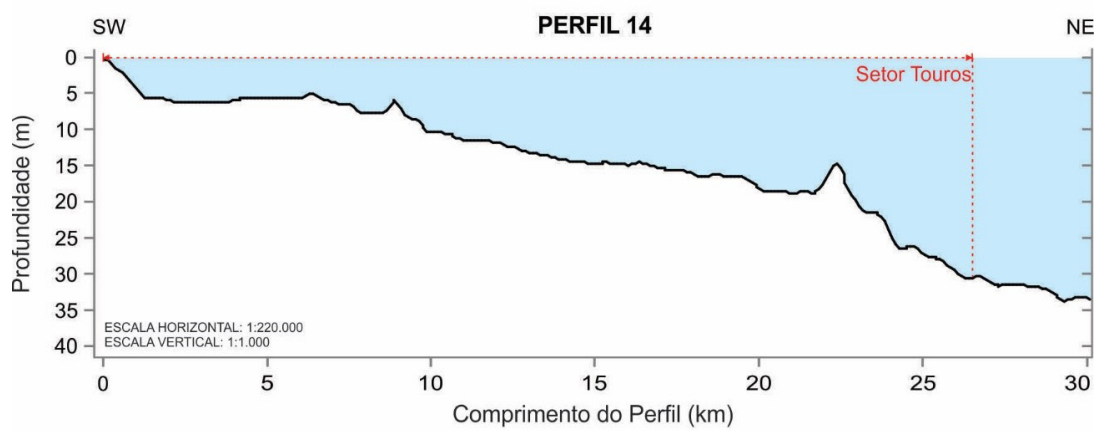
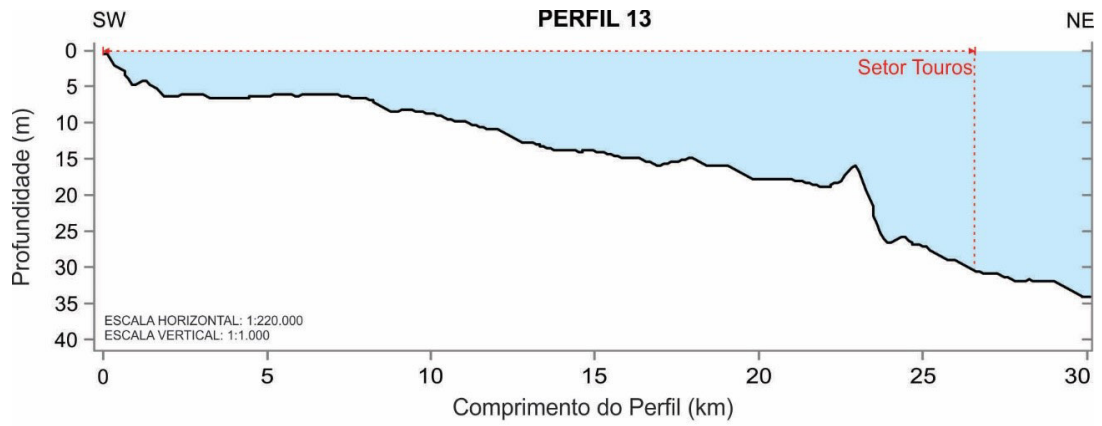
---

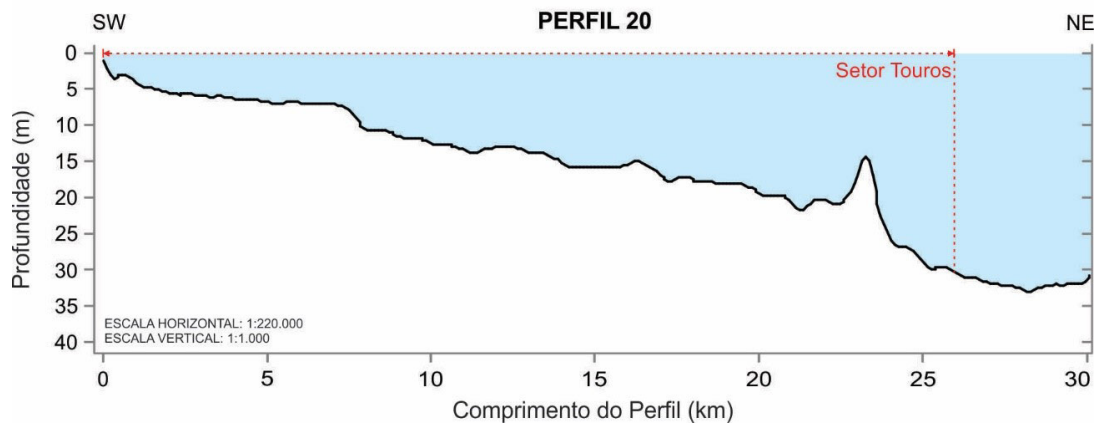
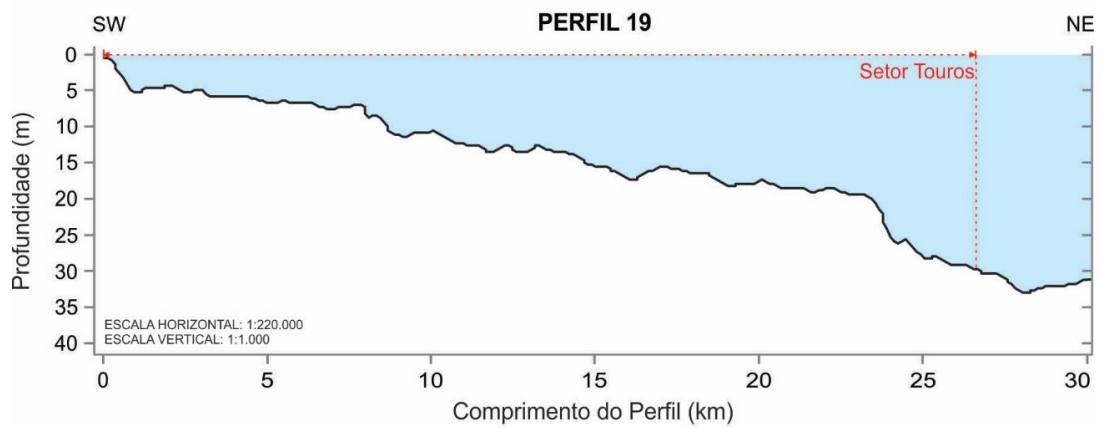
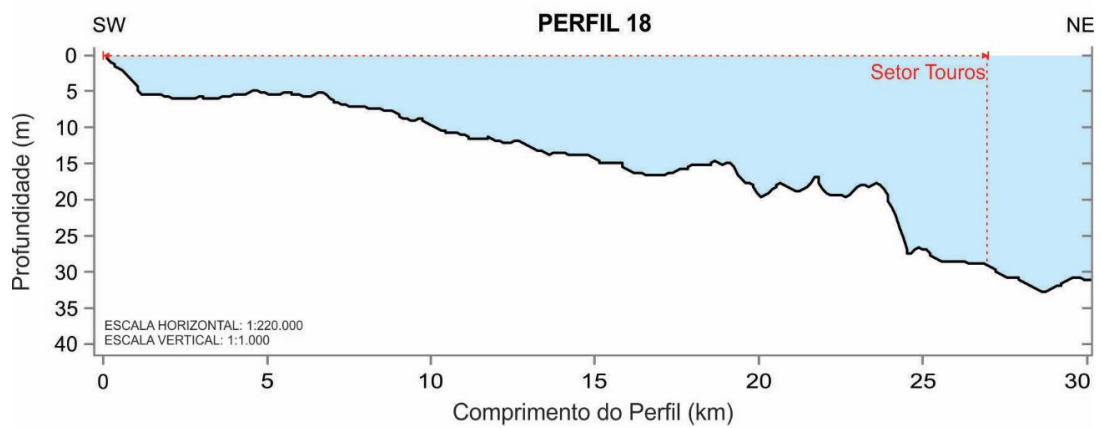
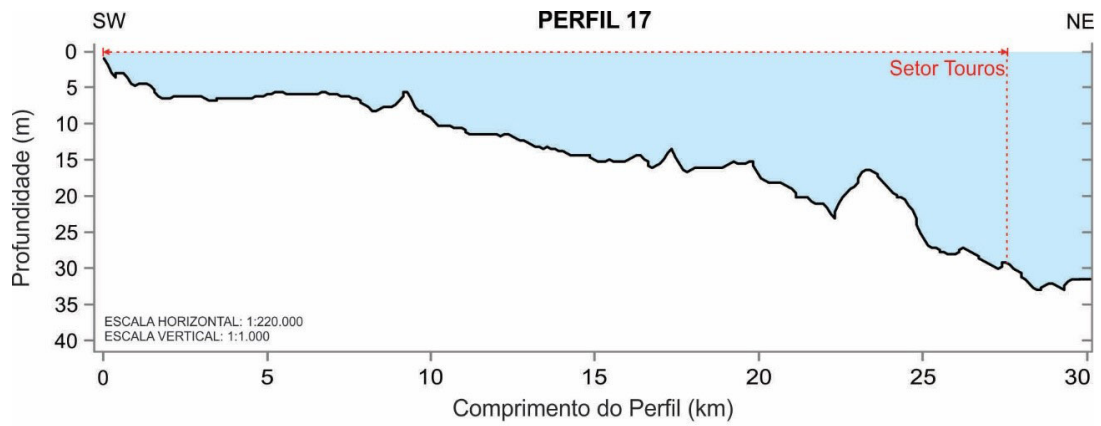


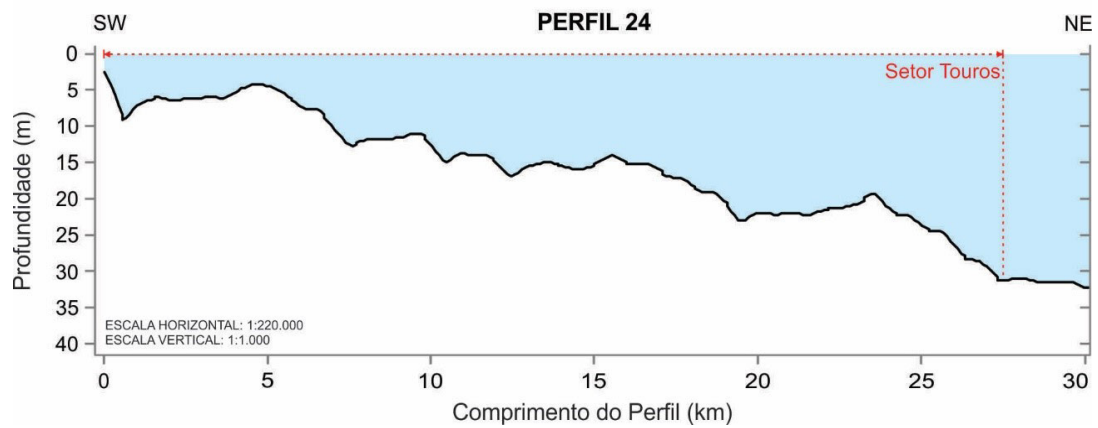
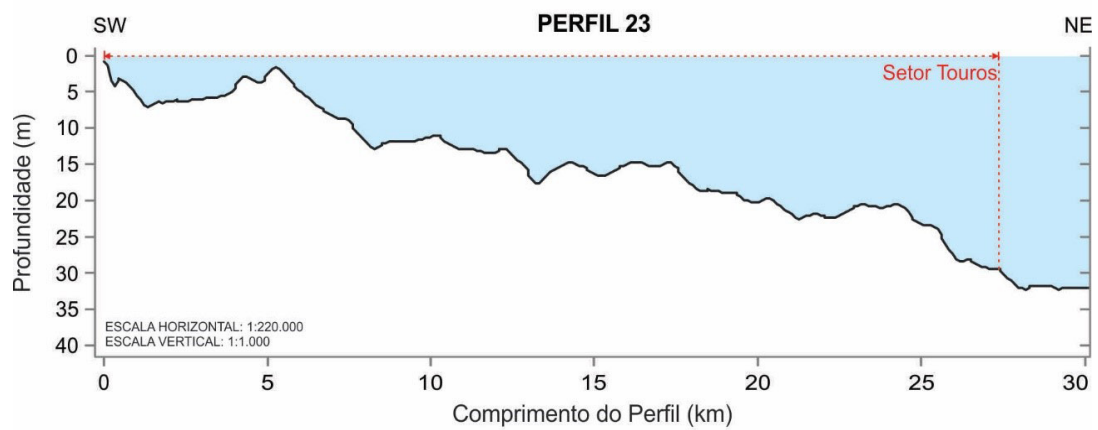
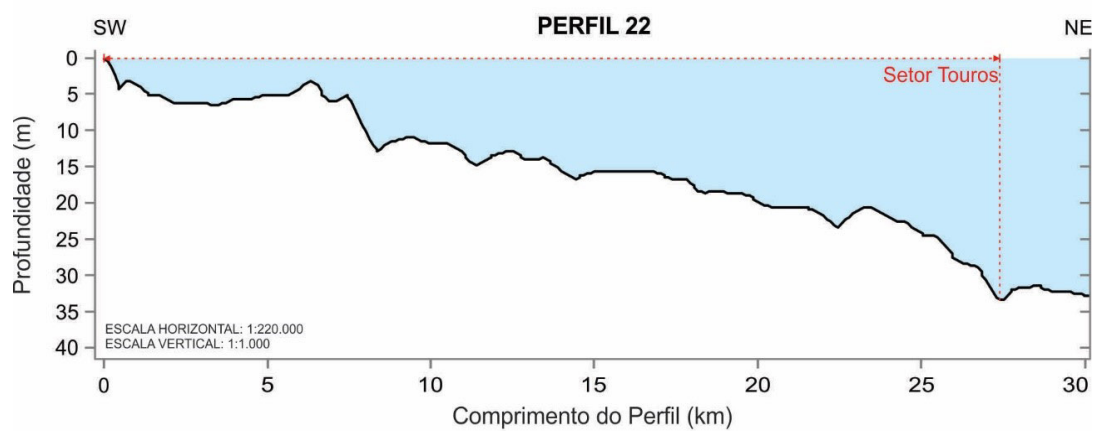
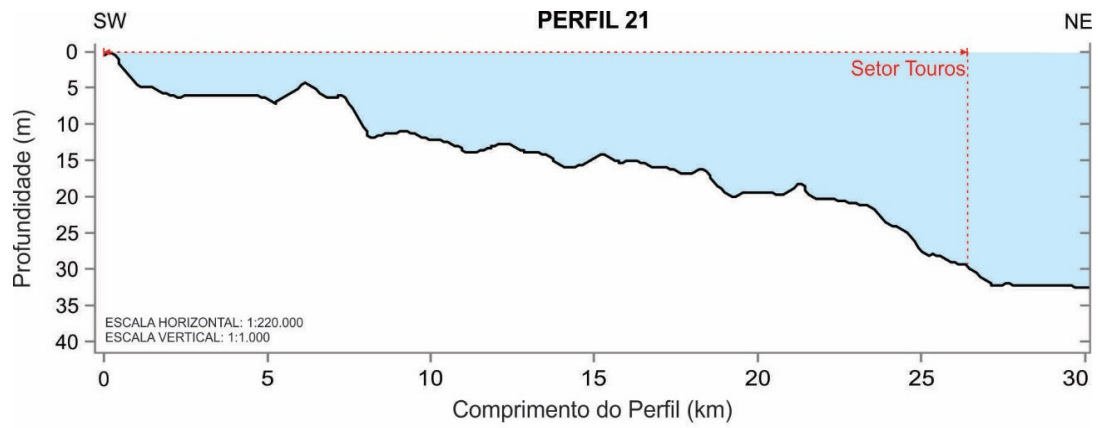


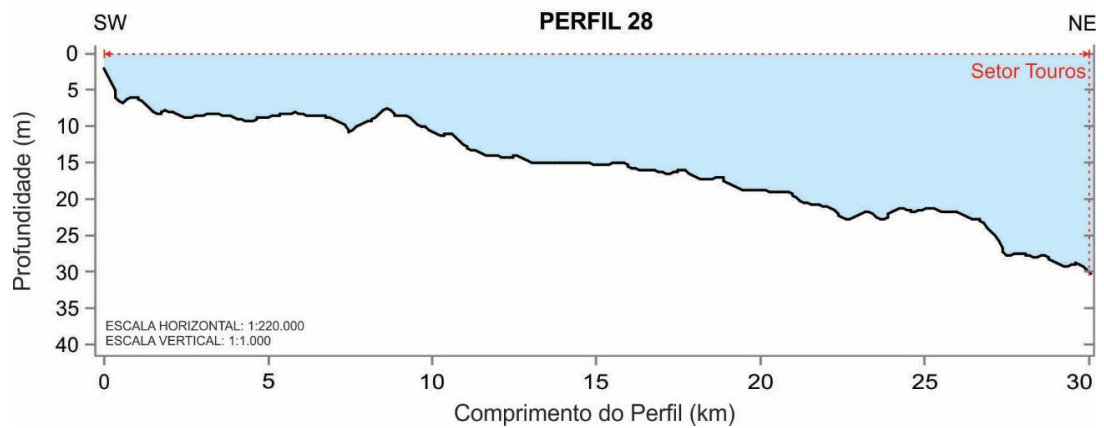
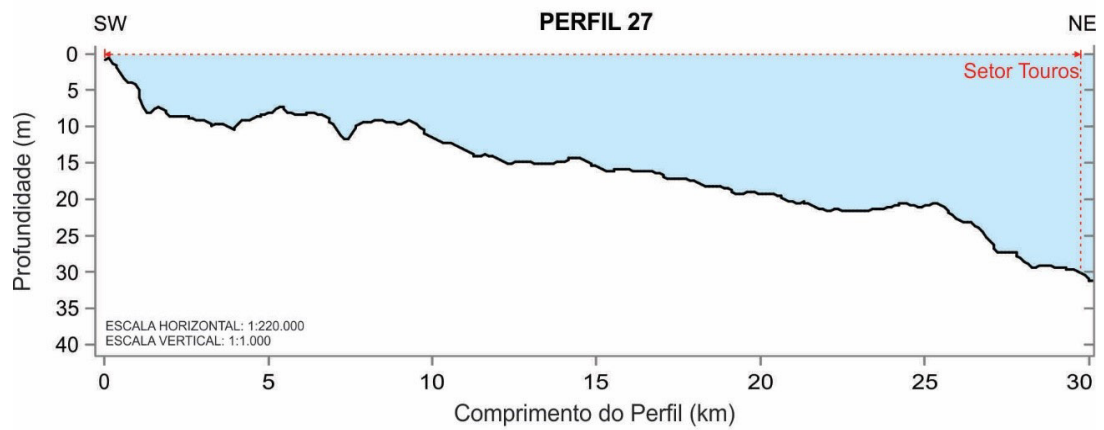
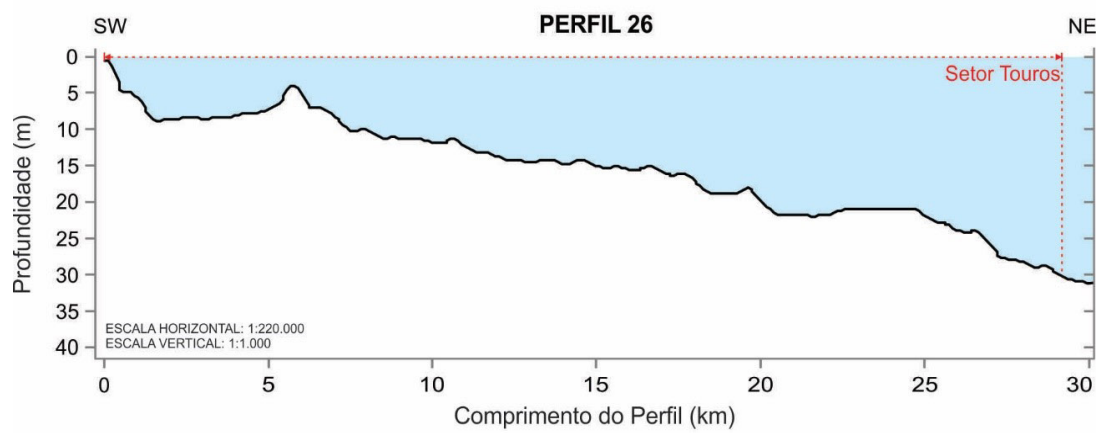
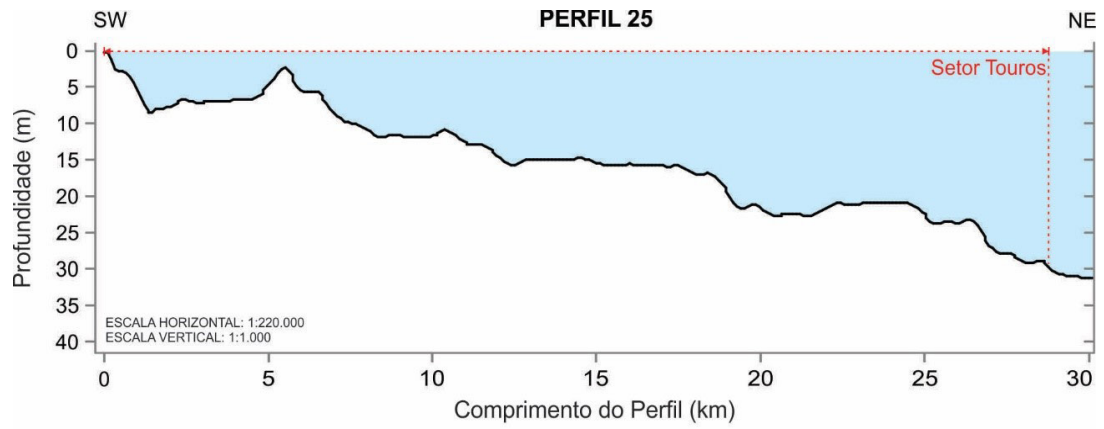




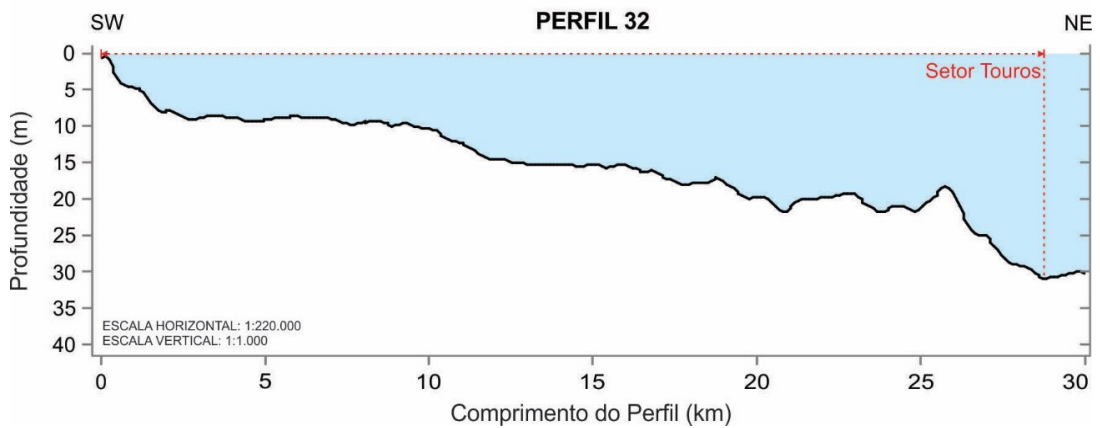
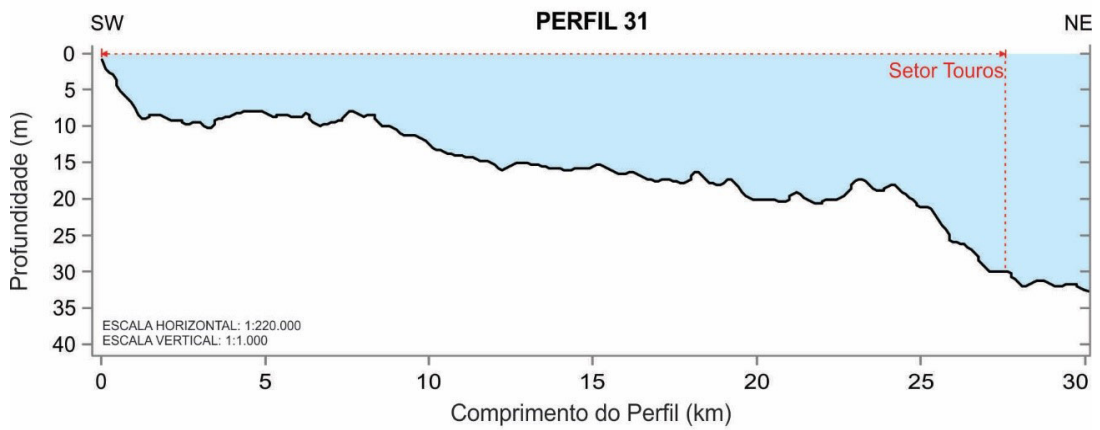
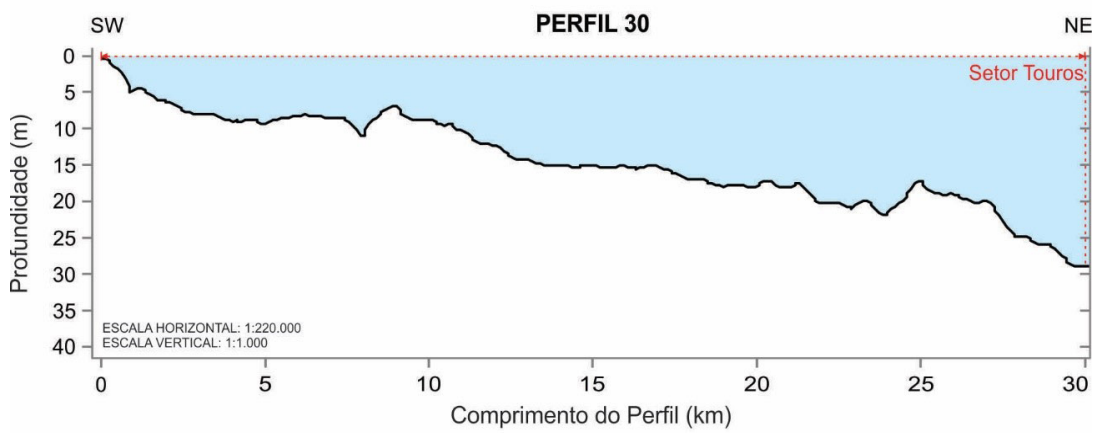
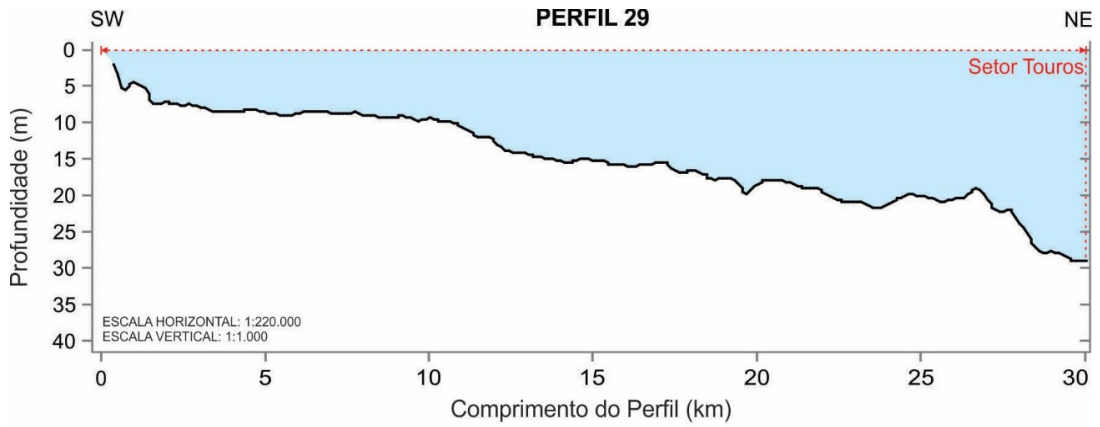


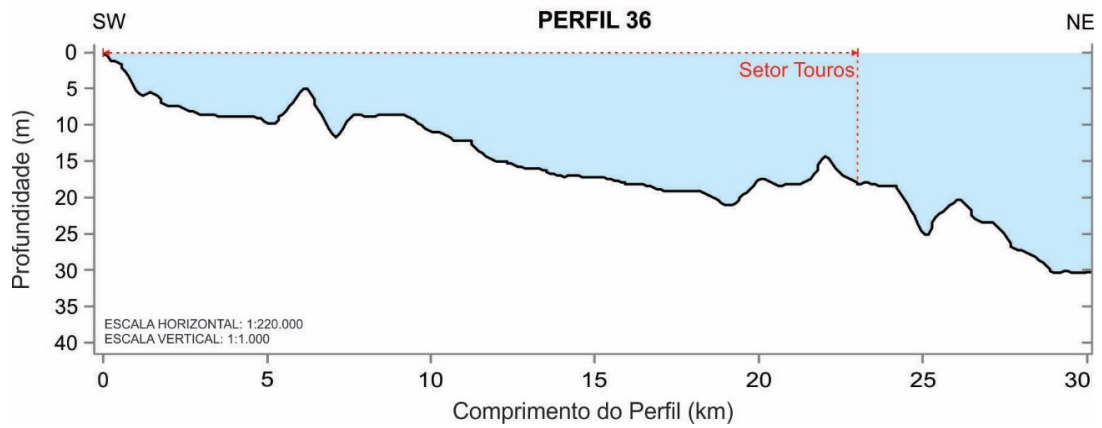
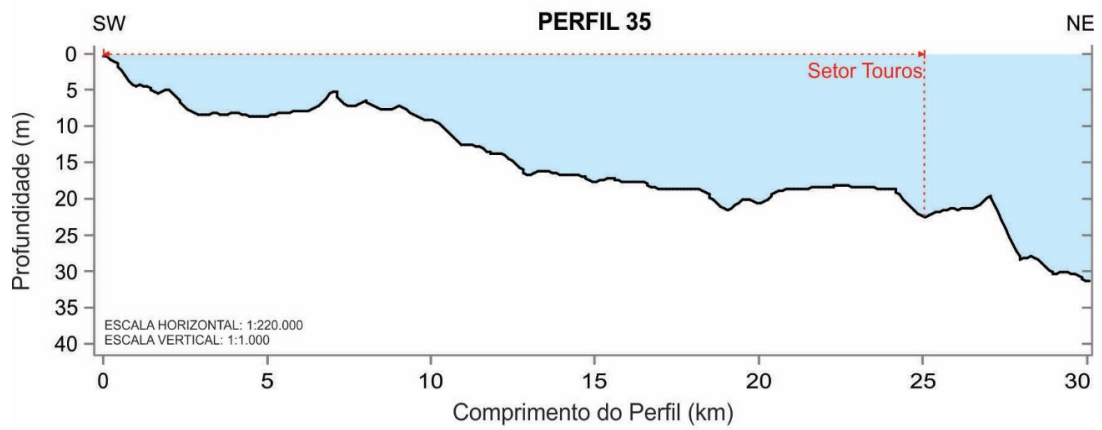
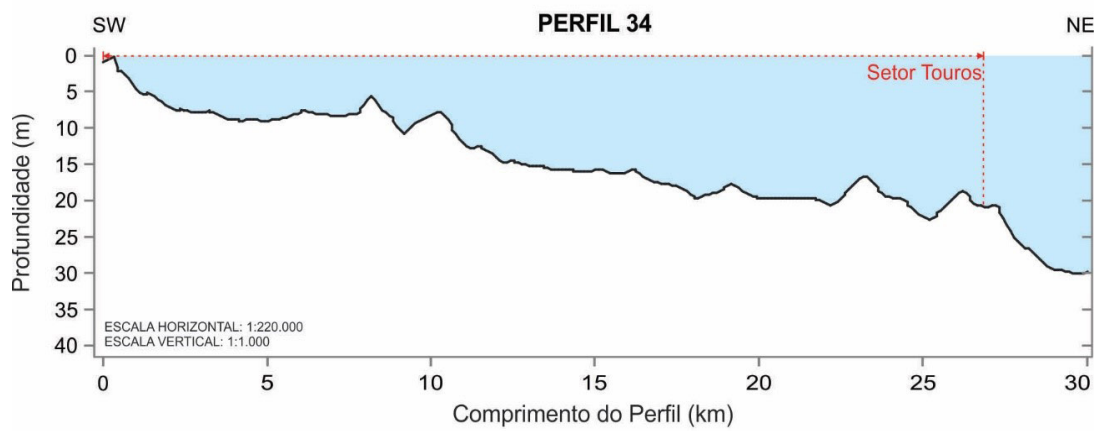
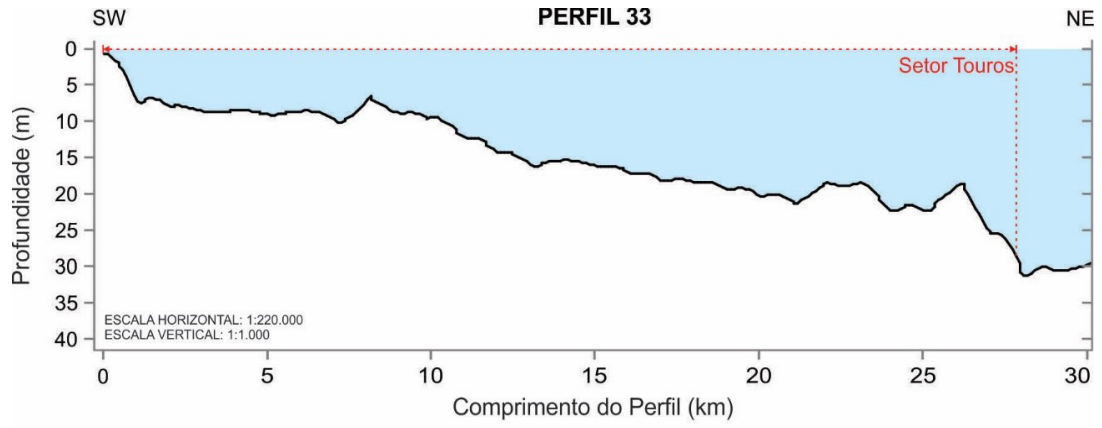


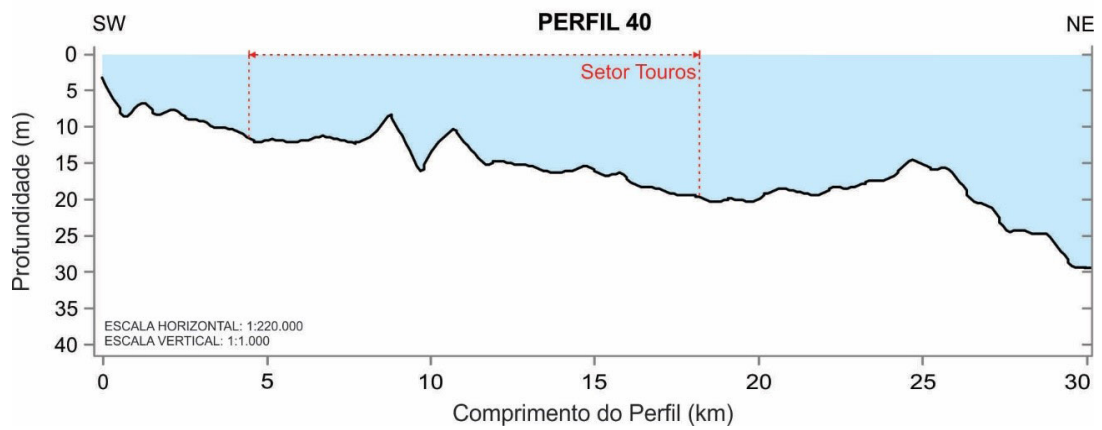
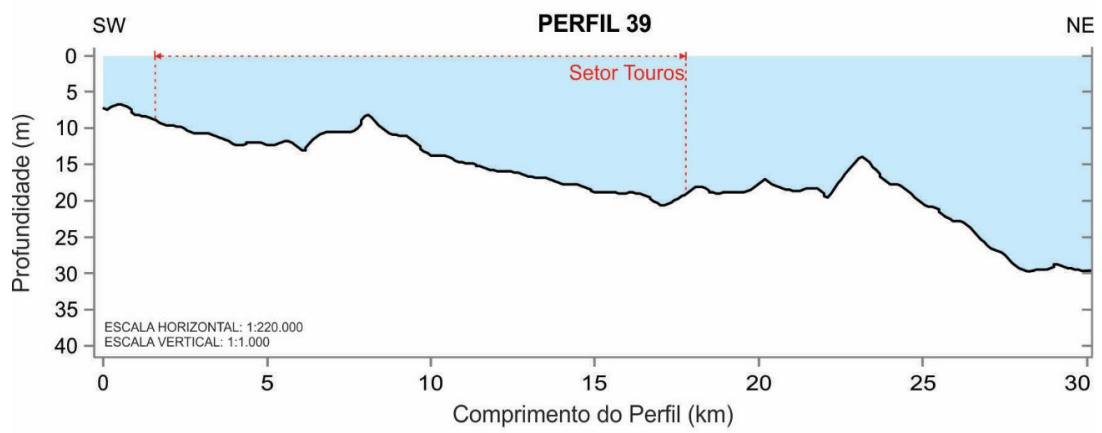
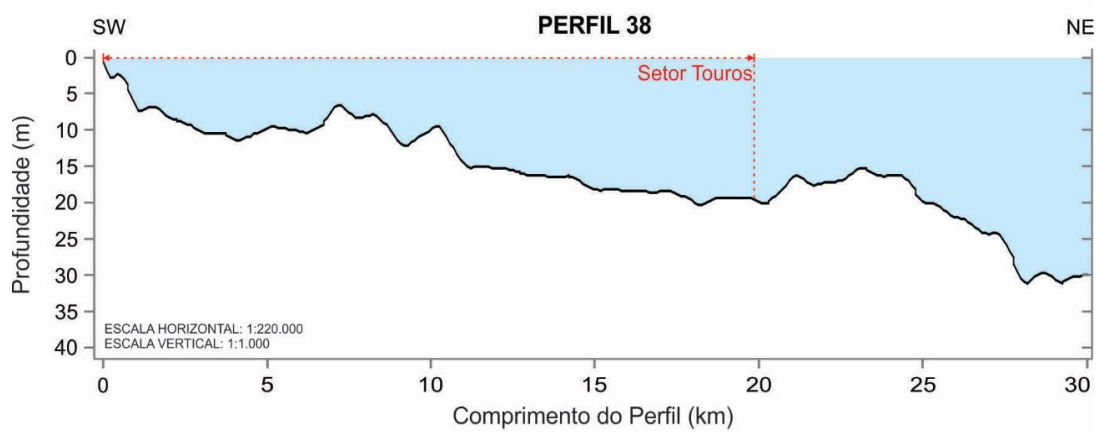
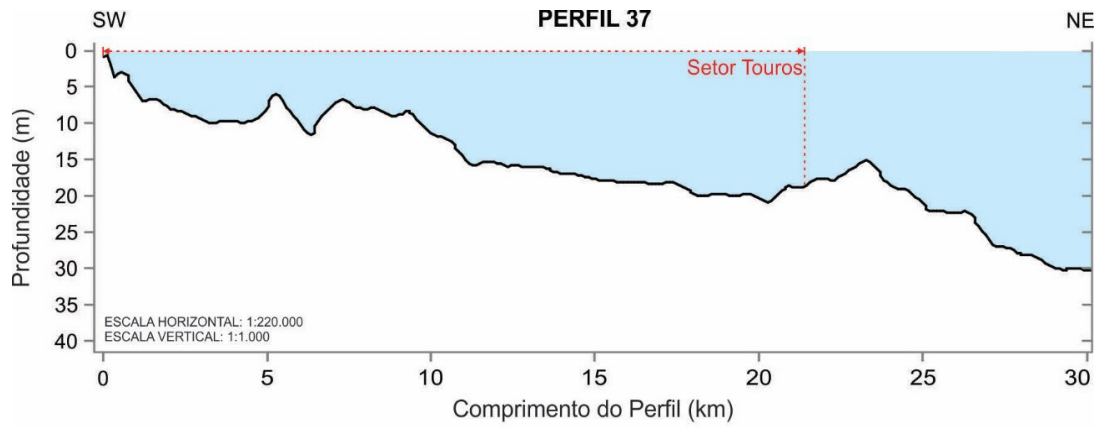


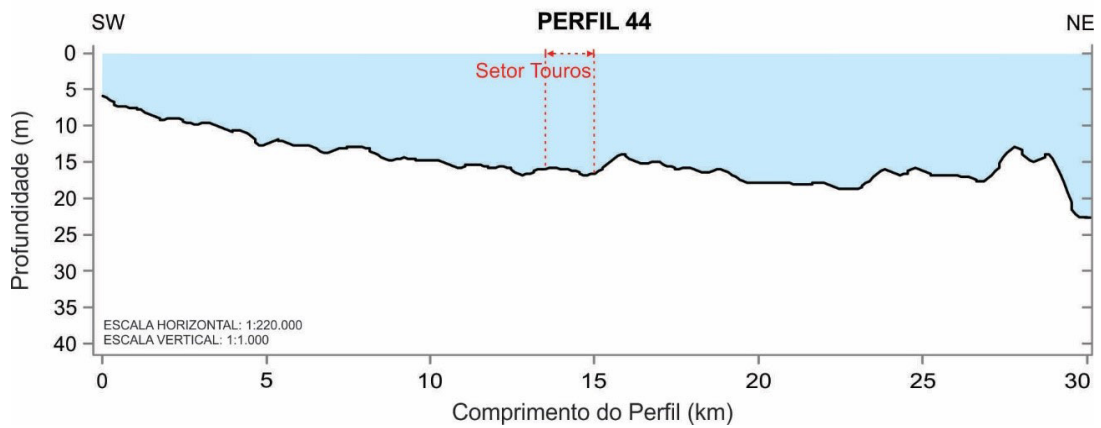
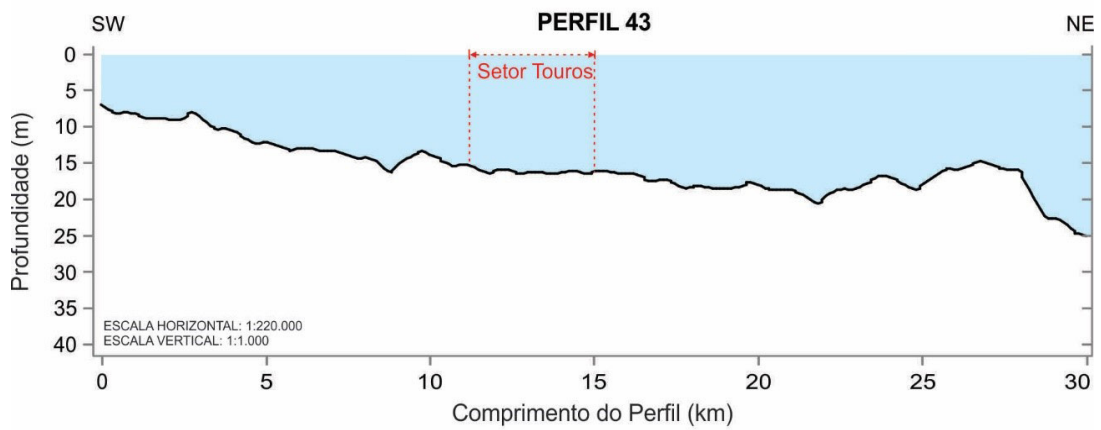
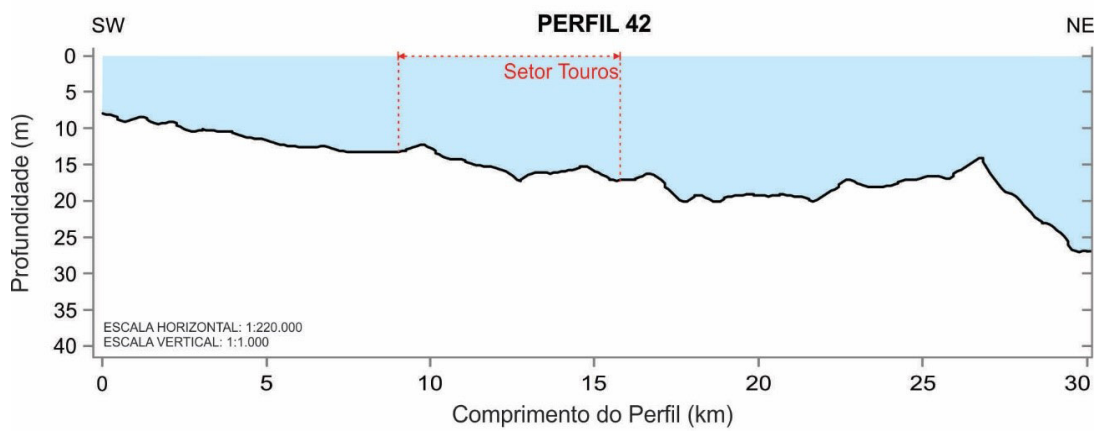
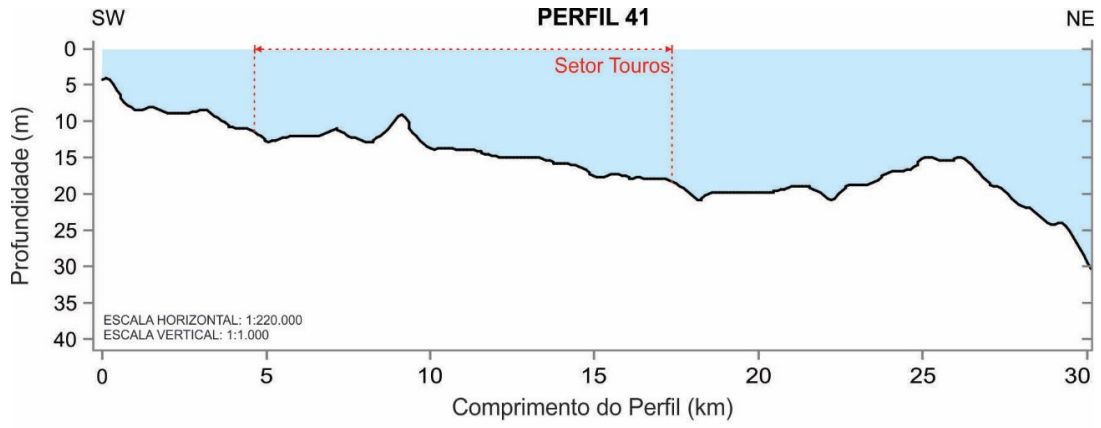








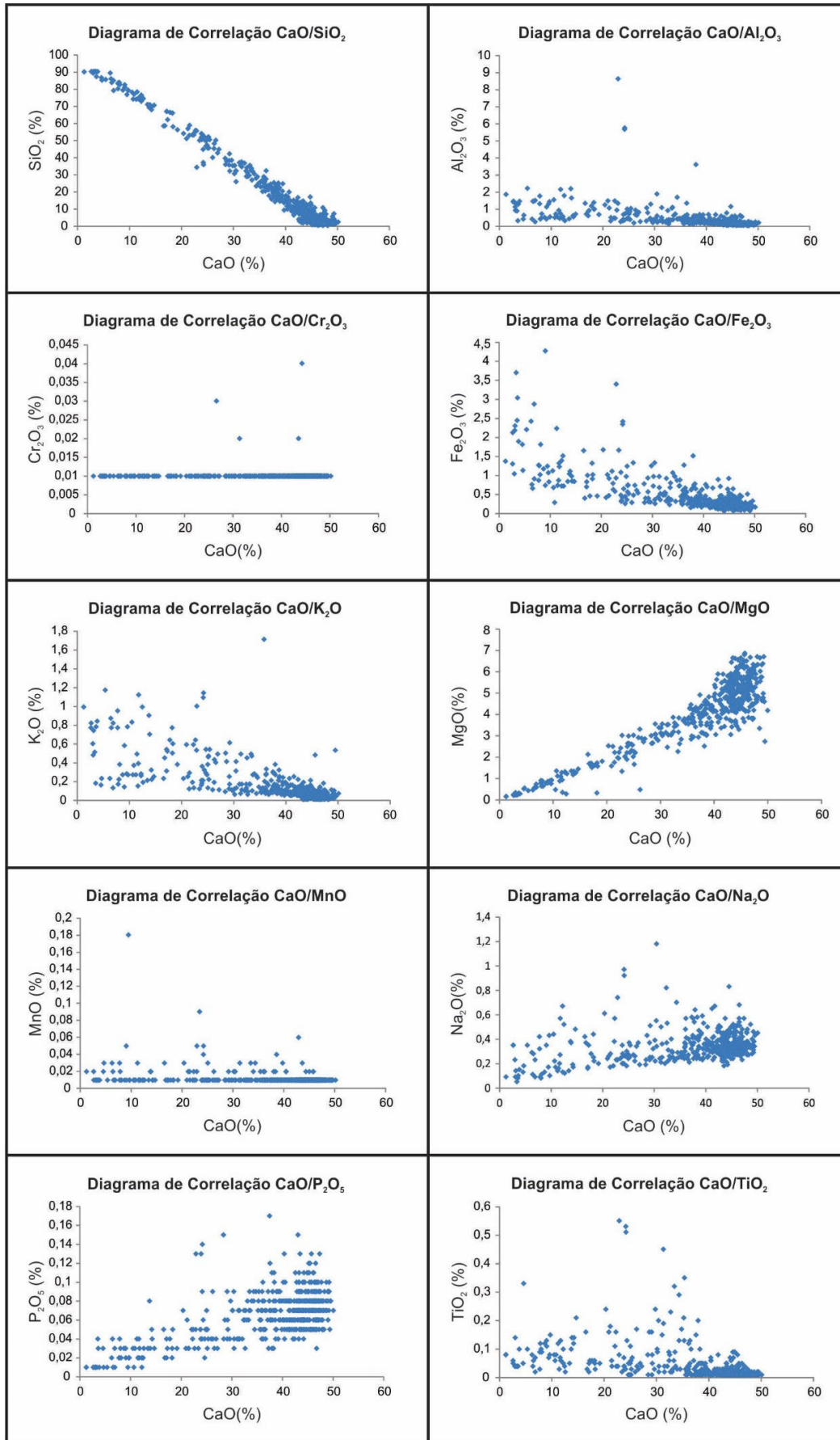




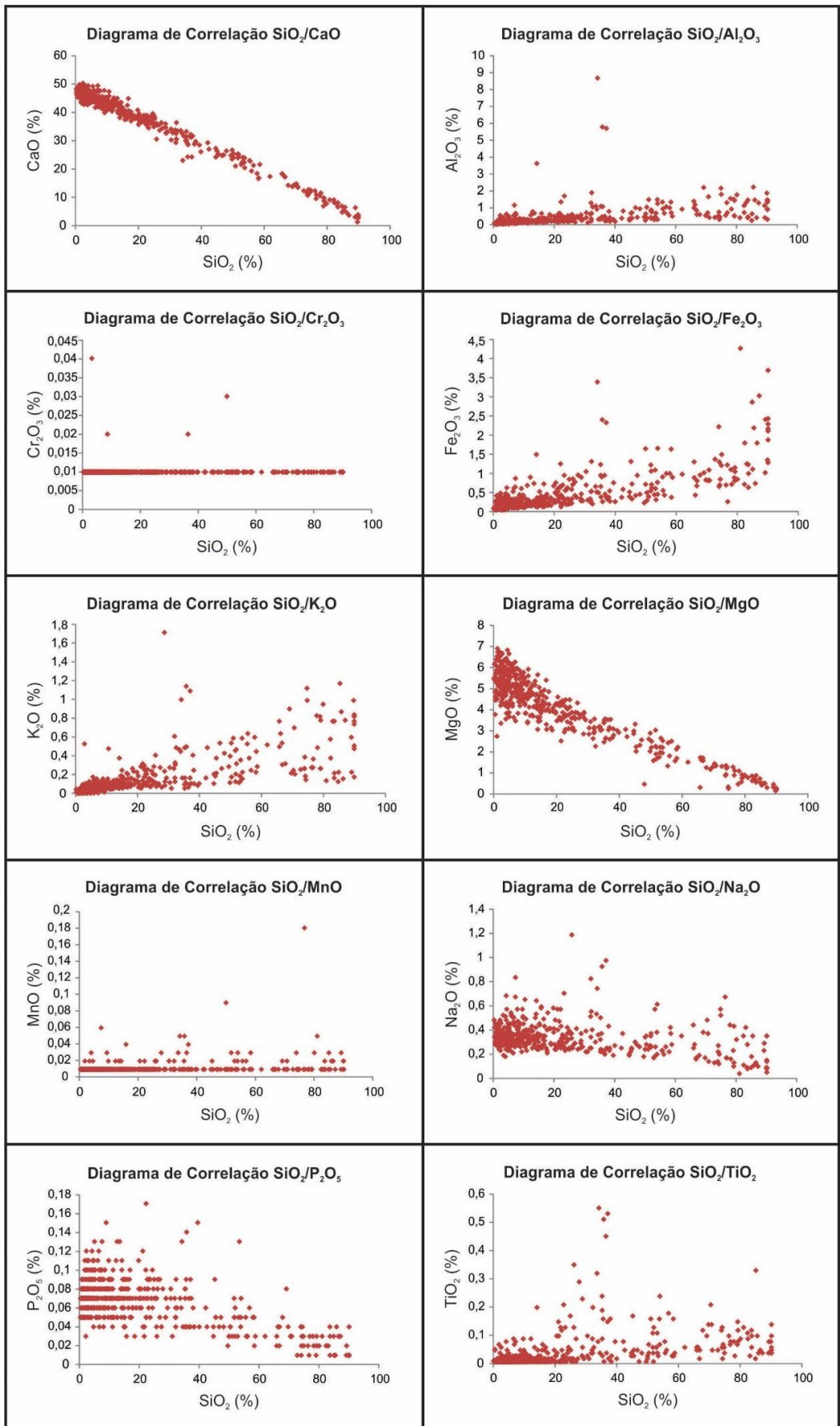


**ANEXO B - DIAGRAMAS DE CORRELAÇÃO ENTRE CAO E  $\text{SiO}_2$   
COM OS DEMAIS ÓXIDOS ANALISADOS**

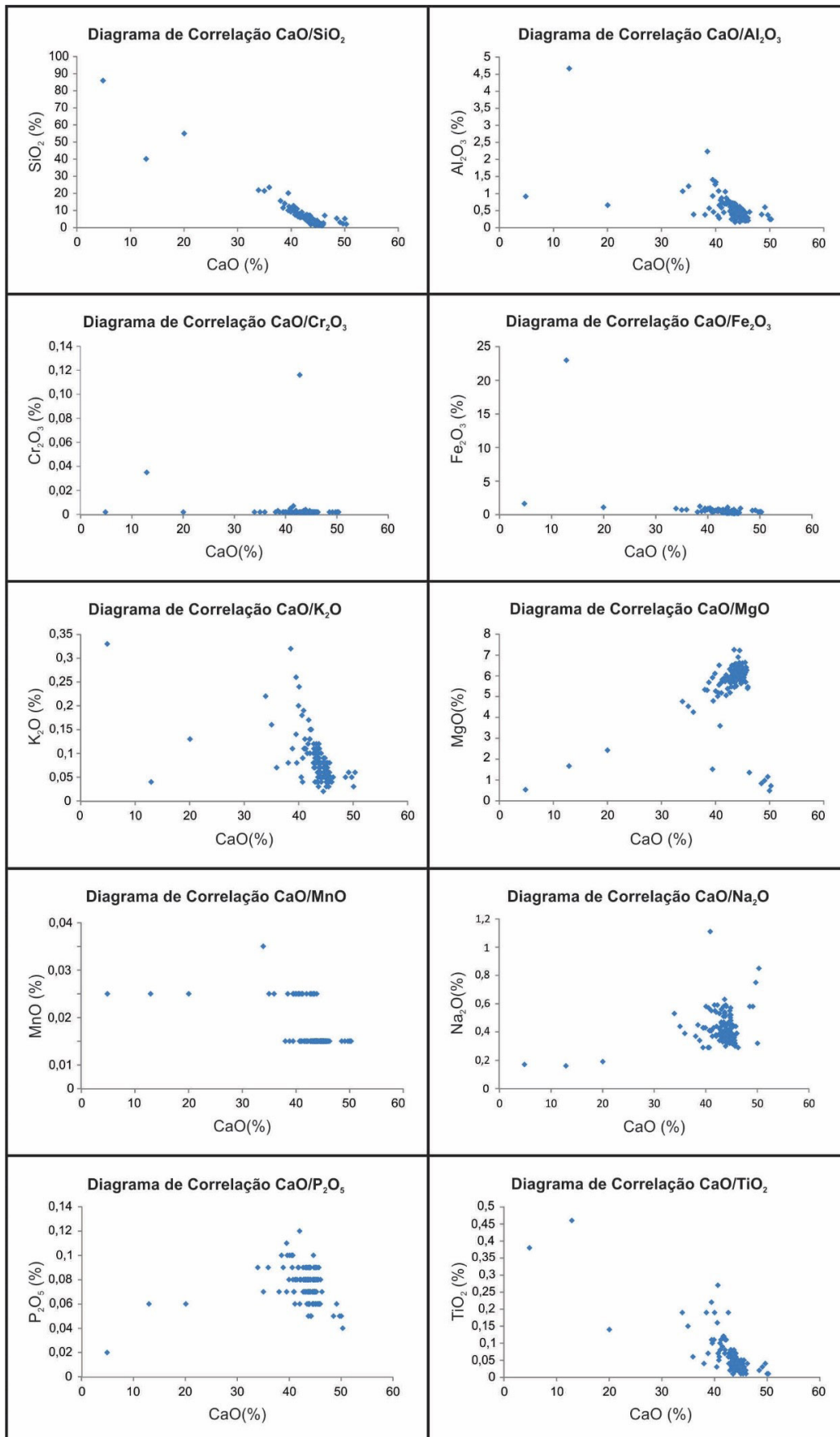
---



\*Com base nas análises obtidas do SGS Geosol laboratórios Ltda.

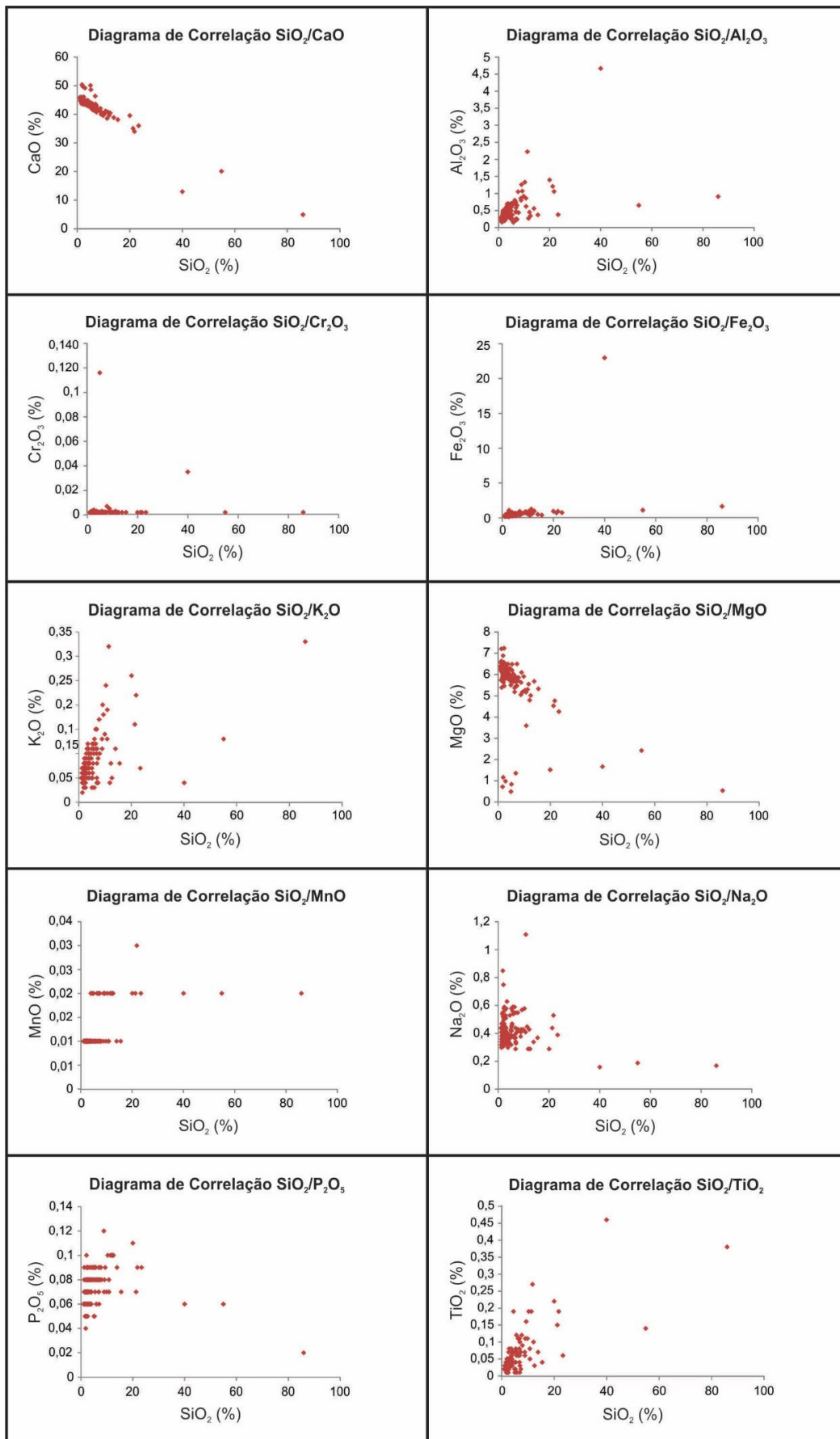


\*Com base nas análises obtidas do SGS Geosol laboratórios Ltda.



\* Com base nas análises obtidas da Acme Analítica Laboratórios Ltda.





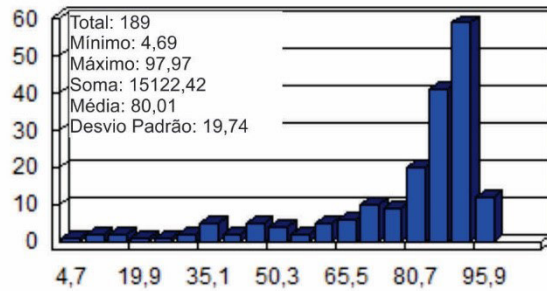
\* Com base nas análises obtidas da Acme Analítica Laboratórios Ltda.

**ANEXO C - DADOS ESTATÍSTICOS DOS TEORES DE  $\text{CaCO}_3$ ,  
CAO E MGO NAS AMOSTRAS ANALISADAS**

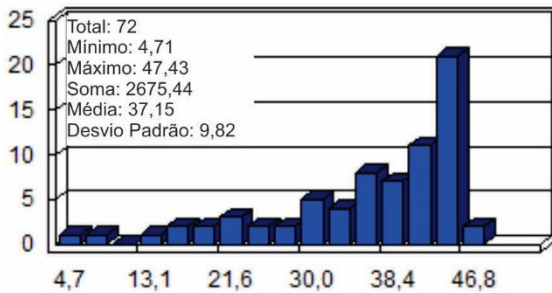
---

## Plataforma Interna

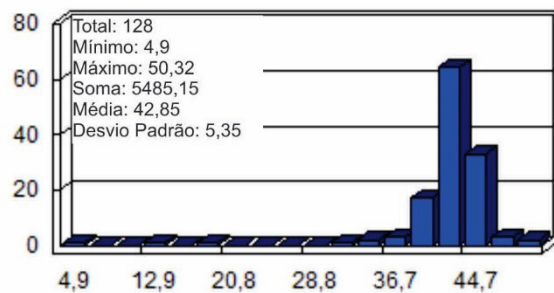
Distribuição de Frequência - CaCO<sub>3</sub>



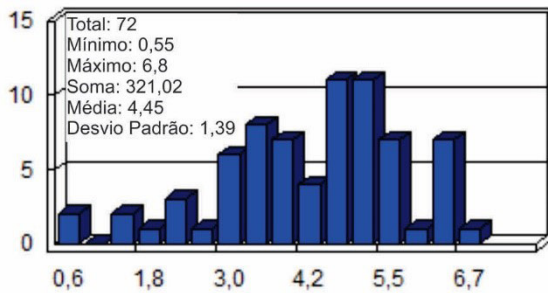
Distribuição de Frequência - CaO (GeoSol)



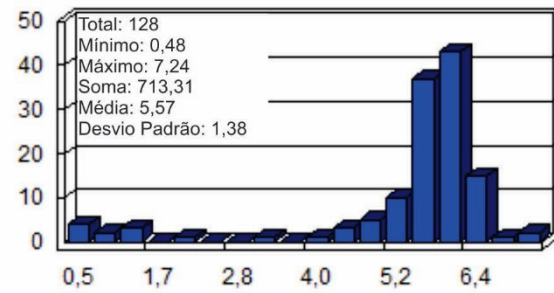
Distribuição de Frequência - CaO (Acme)



Distribuição de Frequência - MgO (GeoSol)

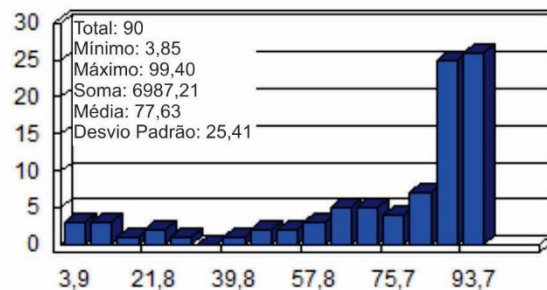


Distribuição de Frequência - MgO (Acme)

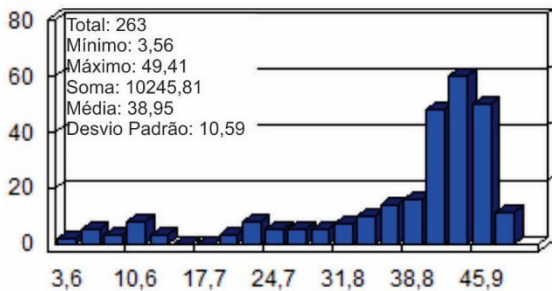


## Plataforma Intermediária

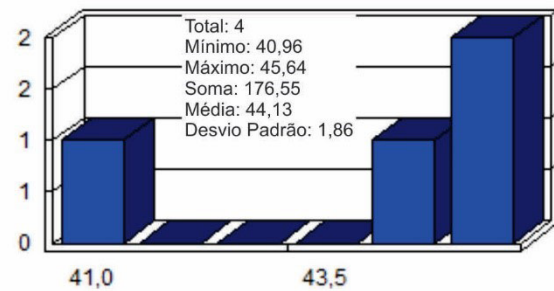
Distribuição de Frequência - CaCO<sub>3</sub>



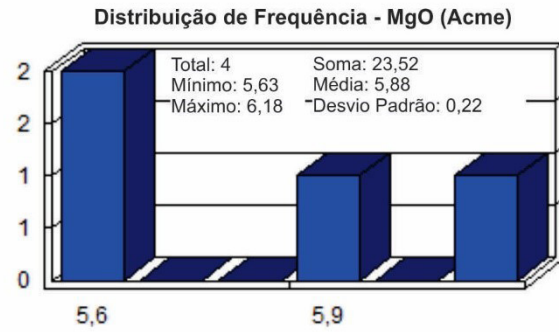
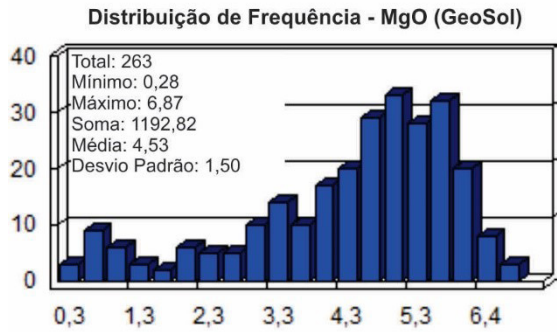
Distribuição de Frequência - CaO (GeoSol)



Distribuição de Frequência - CaO (Acme)

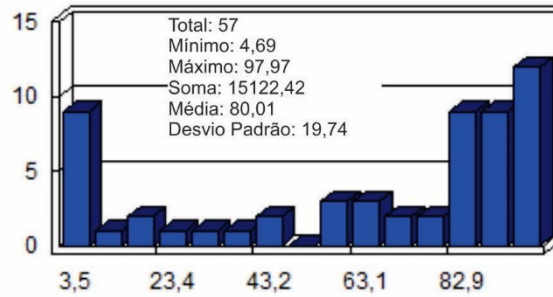


## Plataforma Intermediária

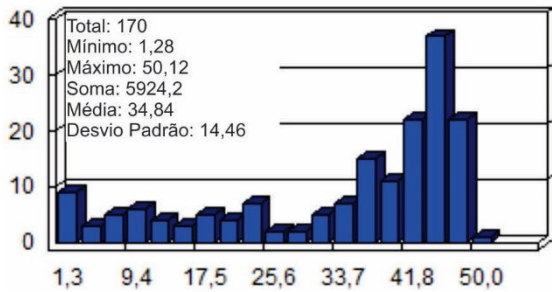


## Plataforma Externa

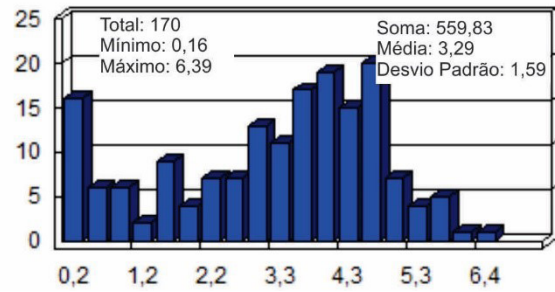
**Distribuição de Frequência - CaCO<sub>3</sub>**



**Distribuição de Frequência - CaO (GeoSol)**



**Distribuição de Frequência - MgO (Geosol)**





**ANEXO D - CARTA TEXTURAL DA PLATAFORMA RASA  
DO RIO GRANDE DO NORTE - SETOR TOUROS**

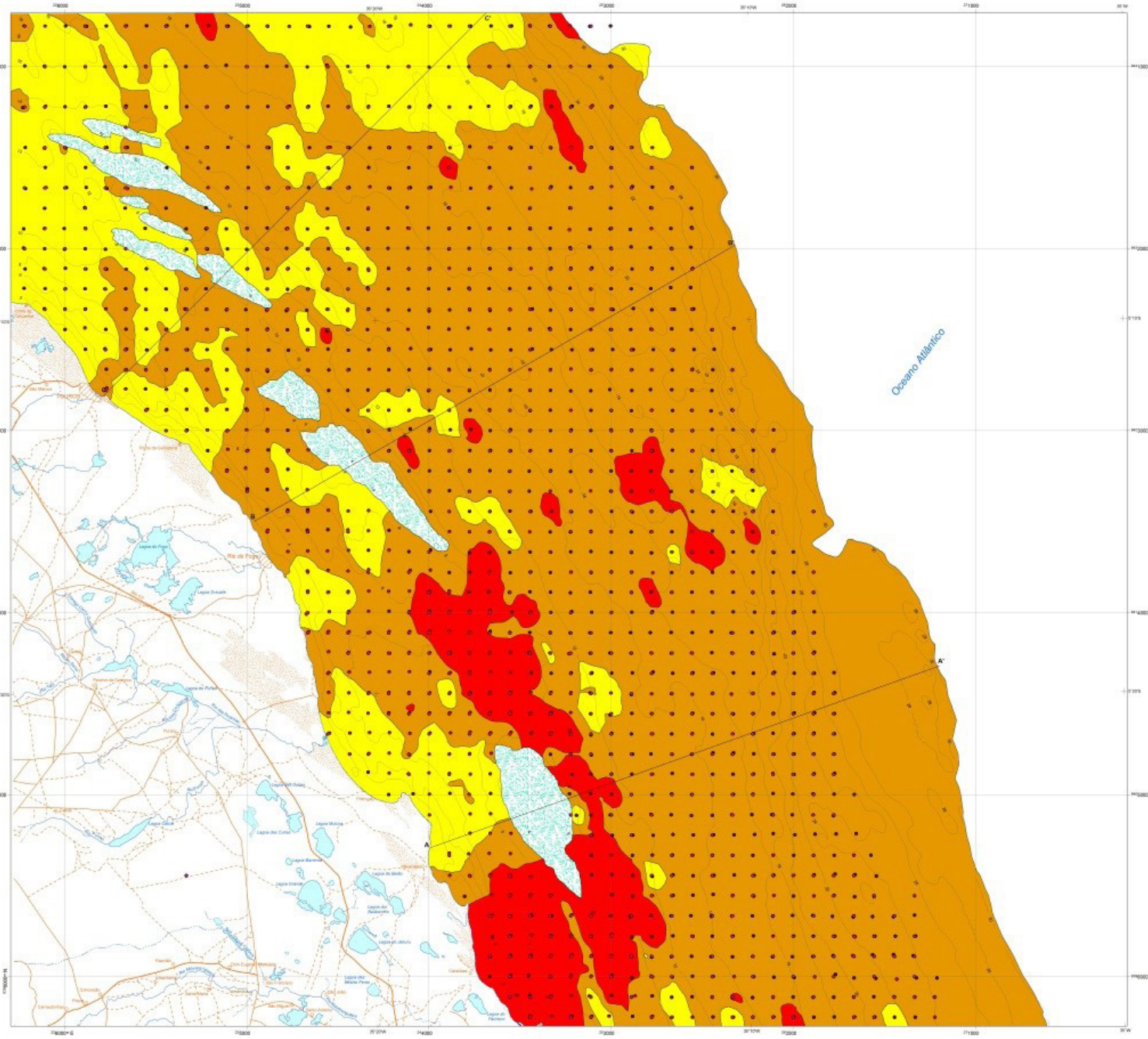
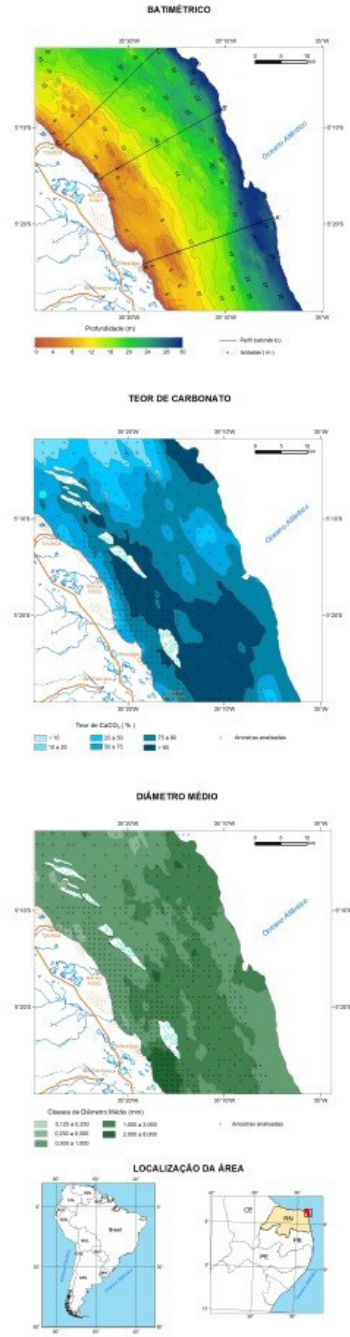
---

CARTA TEXTURAL  
PLATAFORMA CONTINENTAL  
RASA DO ESTADO DE  
RIO GRANDE DO NORTE  
ESCALA 1:100.000

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL  
CPRM - SERVIÇO GEOLOGICO DO BRASIL

PROGRAMA MAR, ZONA COSTEIRA E ANTÁRTICA  
CARTA TEXTURAL - ESCALA 1:100.000

AÇÃO: AVALIAÇÃO DOS RECURSOS NÃO-VIVOS DA ZONA ECONÔMICA EXCLUSIVA (ZEE)  
PROJETO PLATAFORMA RASA DO BRASIL



O Projeto Plataforma Rasa do Brasil insere-se no Programa Mar, Zona Costeira e Antártica, inserido pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM, órgão de base Unidades Regionais, formado com recursos do Programa de Amparo ao Desenvolvimento (PAD).

Os principais objetivos consistem no conhecimento geológico e na avaliação da potencialidade mineral de Plataforma Continental do Estado Rio Grande do Norte, em âmbito de levantamento geológico-geotectônico, abrangendo as áreas de interesse geológico e as áreas de interesse geotectônico, com ênfase na identificação de recursos minerais e energéticos.

A pesquisa realizada no Setor Torres, localizada continentalmente no Estado do Rio Grande do Norte, tem por finalidade fazer o reconhecimento preliminar dos recursos minerais, em especial, as grandes silicatos e carbonatos, na escala de 1:100.000, em a profundidade de 20 metros.

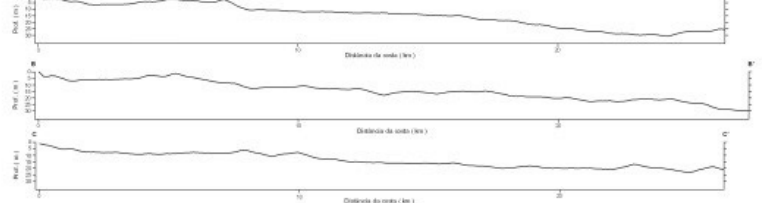
Nesta escala, foram levantados levantamentos batimétrico e geológico, que integram ao uso de imagens de satélite, com o objetivo de obter informações sobre a morfologia, a litologia, a estratigrafia, a tectônica e a localização de recursos minerais e energéticos. Os resultados obtidos possibilitam o reconhecimento de áreas com potencialidade de grandes reservas, principalmente hidrocarbonetos.

A pesquisa no Setor Torres foi realizada através de levantamentos batimétrico e geológico - Serviço Geológico do Brasil - CPRM - Unidades Regionais do Rio Grande do Norte - URG, inserido no Programa de Amparo ao Desenvolvimento (PAD) - Projeto Plataforma Rasa do Brasil - URG, inserido no âmbito do Projeto de Trabalho de Pesquisa e Desenvolvimento em Recursos Minerais e Energéticos - PDRME - inserido no âmbito do Projeto de Trabalho de Pesquisa e Desenvolvimento em Recursos Minerais e Energéticos - PDRME - inserido no âmbito do Projeto de Trabalho de Pesquisa e Desenvolvimento em Recursos Minerais e Energéticos - PDRME.

A base cartográfica utilizada na carta impressa BR 23. V. C. II, II e III, é a escala de 1:100.000, de autoria do Serviço Geológico do Brasil - CPRM, inserido no âmbito do Projeto de Trabalho de Pesquisa e Desenvolvimento em Recursos Minerais e Energéticos - PDRME, inserido no âmbito do Projeto de Trabalho de Pesquisa e Desenvolvimento em Recursos Minerais e Energéticos - PDRME, inserido no âmbito do Projeto de Trabalho de Pesquisa e Desenvolvimento em Recursos Minerais e Energéticos - PDRME.

Esta base foi editada e atualizada pelo Serviço de Cartografia - DICART, para atender ao requerimento batimétrico do Serviço Geológico do Brasil - CPRM.

PERFIS BATIMÉTRICOS  
(ESCALA HORIZONTAL: 1:100.000; ESCALA VERTICAL: 1:200; EIXO VERTICAL: 50m)



**FÁCIES TEXTURAL**  
Segundo a classificação de Shepard (1954, exibido por Soltes, 1973)

Amarelo	Complexos Rochosos
Amarelo claro	Dunas
Amarelo escuro	Sedimentos (M)
Verde	Plata caroliniana
Verde escuro	Carvalho
Verde muito escuro	Canais de água e drenagem
Verde muito escuro (com pontos)	Canais de água primários
Verde muito escuro (com pontos)	Logos primários
Verde muito escuro (com pontos)	Logos intermediários
Verde muito escuro (com pontos)	Massas de água

**CARTA TEXTURAL DA PLATAFORMA CONTINENTAL RASA DO ESTADO DE RIO GRANDE DO NORTE - SETOR TOUROS**



**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME**  
Câmara Brasileira de Recursos Minerais  
Ministério de Minas e Energia  
Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão  
Serviço Geológico do Brasil - CPRM  
Departamento de Geologia, Mineração e Transformação Mineral  
Departamento de Geologia e Transformação Mineral  
Departamento de Geologia e Transformação Mineral  
Departamento de Geologia e Transformação Mineral

**CPRM - SERVIÇO GEOLOGICO DO BRASIL**  
Ministério de Minas e Energia  
Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão  
Serviço Geológico do Brasil - CPRM  
Departamento de Geologia, Mineração e Transformação Mineral  
Departamento de Geologia e Transformação Mineral  
Departamento de Geologia e Transformação Mineral

**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
Ministério de Minas e Energia  
Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão  
Serviço Geológico do Brasil - CPRM  
Departamento de Geologia, Mineração e Transformação Mineral  
Departamento de Geologia e Transformação Mineral  
Departamento de Geologia e Transformação Mineral

**UNIDADES REGIONAIS DO RIO GRANDE DO NORTE**  
Serviço Geológico do Brasil - CPRM  
Departamento de Geologia, Mineração e Transformação Mineral  
Departamento de Geologia e Transformação Mineral  
Departamento de Geologia e Transformação Mineral

**UNIDADES REGIONAIS DO RIO GRANDE DO NORTE**  
Serviço Geológico do Brasil - CPRM  
Departamento de Geologia, Mineração e Transformação Mineral  
Departamento de Geologia e Transformação Mineral  
Departamento de Geologia e Transformação Mineral

**UNIDADES REGIONAIS DO RIO GRANDE DO NORTE**  
Serviço Geológico do Brasil - CPRM  
Departamento de Geologia, Mineração e Transformação Mineral  
Departamento de Geologia e Transformação Mineral  
Departamento de Geologia e Transformação Mineral

**UNIDADES REGIONAIS DO RIO GRANDE DO NORTE**  
Serviço Geológico do Brasil - CPRM  
Departamento de Geologia, Mineração e Transformação Mineral  
Departamento de Geologia e Transformação Mineral  
Departamento de Geologia e Transformação Mineral



# O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM E OS OBJETIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS

Em setembro de 2015 líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e formularam um conjunto de objetivos e metas universais com intuito de garantir o desenvolvimento sustentável nas dimensões econômica, social e ambiental. Esta ação resultou na *Agenda 2030*, a qual contém um conjunto de *17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS*.

A Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Busca fortalecer a paz universal, e considera que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões é o maior desafio global, e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável.

Os 17 ODS incluem uma ambiciosa lista 169 metas para todos os países e todas as partes interessadas, atuando em parceria colaborativa, a serem cumpridas até 2030.



O **Serviço Geológico do Brasil – CPRM** atua em diversas áreas intrínsecas às Geociências, que podem ser agrupadas em quatro grandes linhas de atuação:

- Geologia
- Recursos Minerais;
- Hidrologia; e
- Gestão Territorial.

Todas as áreas de atuação do SGB-CPRM, sejam nas áreas das Geociências ou nos serviços compartilhados, ou ainda em seus programas internos, devem ter conexão com os ODS, evidenciando o comprometimento de nossa instituição com a sustentabilidade, com a humanidade e com o futuro do planeta.

A tabela a seguir relaciona as áreas de atuação do SGB-CPRM com os ODS.

# Áreas de atuação do Serviço Geológico do Brasil – CPRM e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS

## ÁREA DE ATUAÇÃO GEOCIÊNCIAS

### LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS



### LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS



### AValiação DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL



### LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS MARINHOS



### LEVANTAMENTOS GEOQUÍMICOS



### LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS



### SISTEMAS DE ALERTA HIDROLÓGICO



### AGROGEOLOGIA



### LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS



### RISCO GEOLÓGICO



### GEODIVERSIDADE



### PATRIMÔNIO GEOLÓGICO E GEOPARQUES



### ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO



### GEOLOGIA MÉDICA



### RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO



## ÁREA DE ATUAÇÃO SERVIÇOS COMPARTILHADOS

### GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO



### TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO



### LABORATÓRIO DE ANÁLISE MINERAIS



### MUSEU DE CIÊNCIAS DA TERRA



### PALEONTOLOGIA



### PARCERIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS



### REDE DE BIBLIOTECAS



### REDE DE LITOTECAS



### GOVERNANÇA



## ÁREA DE ATUAÇÃO PROGRAMAS INTERNOS

### SUSTENTABILIDADE



### PRÓ-EQUIDADE



### COMITÊ DE ÉTICA





## **PROGRAMA OCEANOS, ZONA COSTEIRA E ANTÁRTICA**

### **INFORME DE RECURSOS MINERAIS**

#### **Série Recursos Minerais Marinhos, nº 02**

**Levantamento Geológico, Oceanográfico  
e Ambiental do Potencial Mineral do  
Espaço Marinho e Costeiro**

#### **POTENCIALIDADE DOS GRANULADOS MARINHOS DA PLATAFORMA CONTINENTAL DO RIO GRANDE DO NORTE - SETOR TOUROS**

Os produtos da Série Recursos Minerais Marinhos, parte integrante do Programa Oceanos, Zona Costeira e Antártica, objetivam sistematizar e divulgar os resultados das atividades e projetos desenvolvidos pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM nas áreas de Geologia e Geofísica Marinhas, Geoquímica, Sedimentologia e Oceanografia, com foco no campo da Geologia Econômica, Prospecção, Meio Ambiente, pesquisa e Economia Mineral.

Cada exemplar da Série de Recursos Minerais Marinhos apresenta os resultados da abordagem temática, relacionada à potencialidade estratégica dos bens minerais da Plataforma Continental Jurídica do Brasil, na perspectiva de promover o interesse da indústria de mineração para novos alvos de investimento no país, em compatibilidade com o equilíbrio ambiental. São apresentados sob a forma de estudos, artigos, relatórios e mapas.

Neste segundo volume da série, são apresentados os granulados marinhos do mar adjacente a Região de Touros, no Rio Grande do Norte onde concentra-se uma sedimentação predominantemente carbonática, constituída, em grande parte, por fragmentos de algas calcárias verdes do gênero *Halimeda* ou vermelhas não-articuladas da família *Corallinacea*.

Os dados levantados foram integrados neste Informe Mineral e em ambiente de Sistema de Informações Geográficas, bases de dados e mapas temáticos, vinculados ao banco de dados corporativo da CPRM, o GeoSGB, e disponíveis para *download* no portal [www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br).

#### **Sede**

Setor Bancário Norte - SBN - Quadra 02, Asa Norte  
Bloco H - 5º andar - Edifício Central Brasília  
Brasília - DF - CEP: 70040-904  
Tel: 61 2108-8400

#### **Escritório Rio de Janeiro**

Av Pasteur, 404 - Urca  
Rio de Janeiro - RJ - Cep: 22290-255  
Tel: 21 2295-5337 - 21 2295-5382

#### **Diretoria de Geologia e Recursos Minerais**

Tel: 21 2546-0212 - 61 3223-1166

#### **Departamento de Geologia**

Tel: 91 31821326

#### **Centro de Desenvolvimento Tecnológico**

Tel: 61 2108-8415

#### **Divisão de Geologia Marinha**

Tel: 85 3878-0213

#### **Diretoria de Infraestrutura Geocientífica**

Tel: 21 2295-5837 - 61 2108-8457

#### **Superintendência de Recife**

Avenida Sul, 2291 - Afogados  
Recife - PE - CEP: 50770-011  
Tel.: 81 3316-1400

#### **Assessoria de Comunicação**

Tel: 61 2108-8468  
E-mail: [asscomdf@cprm.gov.br](mailto:asscomdf@cprm.gov.br)

#### **Divisão de Marketing e Divulgação**

Tel: 31 3878-0333  
E-mail: [marketing@cprm.gov.br](mailto:marketing@cprm.gov.br)

#### **Ouvidoria**

Tel: 21 2541-6344  
E-mail: [ouvidoria@cprm.gov.br](mailto:ouvidoria@cprm.gov.br)

#### **Serviço de Atendimento ao Usuário – SEUS**

Tel: 21 2295-5997  
E-mail: [seus@cprm.gov.br](mailto:seus@cprm.gov.br)

[www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)