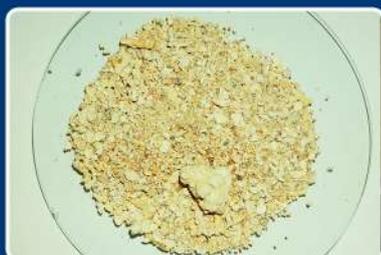


PROGRAMA OCEANOS, ZONA COSTEIRA E ANTÁRTICA

POTENCIALIDADE DOS GRANULADOS MARINHOS DA PLATAFORMA CONTINENTAL RASA DA PARAÍBA



INFORME DE RECURSOS MINERAIS

Série Recursos Minerais Marinhos, n° 06

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

Recife - 2023

SGBO
SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Vitor Eduardo de Almeida Saback

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Inácio Cavalcante Melo Neto

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Francisco Valdir Silveira

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 da Divisão de Geologia Marinha

Valter Rodrigues Santos Sobrinho

Chefe do Departamento de Geologia

Marcelo Esteves Almeida

Chefe da Divisão de Geologia Básica

Patrick Araújo dos Santos

Chefe da Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica

Iago Sousa Lima Costa

Chefe do Departamento de Recursos Minerais

Maísa Bastos Abram

Chefe da Divisão de Projetos Especiais e Minerais Estratégicos

Ioná de Abreu Cunha

Chefe da Divisão de Geologia Econômica

Guilherme Ferreira da Silva

Chefe da Divisão de Geoquímica

Daliane Bandeira Eberhardt

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 Durringer Jacques

Chefe do Núcleo de Comunicação

Heber Vieira de Oliveira

Chefe da Divisão de Editoração Geral

Hemilton Moraes Cunha

Coordenação Técnica do Projeto

Hortencia Maria Barboza de Assis

Ronaldo Gomes Bezerra

Márcio Martins Valle

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE RECIFE

Superintendente Regional de Recife

Adriano da Silva Santos

Gerência de Geologia e Recursos Minerais

Felipe da Cruz Lima

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS
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 RASA DA PARAÍBA

ORGANIZADORES

Márcio Martins Valle
Hortencia Maria Barboza de Assis
Ronaldo Gomes Bezerra
Cleide Regina Moura da Silva

INFORME DE RECURSOS MINERAIS

Série Recursos Minerais Marinhos, nº 06



Recife
2023

REALIZAÇÃO

Superintendência Regional de Recife

ORGANIZAÇÃO

Márcio Martins Valle
Hortencia Maria Barboza de Assis
Ronaldo Gomes Bezerra
Cleide Regina Moura da Silva

AUTORIA POR CAPÍTULO

1. Introdução

Hortencia Maria Barboza de Assis
Ronaldo Gomes Bezerra

2. Área de Pesquisa

Márcio Martins Valle
Hortencia Maria Barboza de Assis
Cleide Regina Moura da Silva

3. Zona Costeira e Plataforma Continental da Paraíba

Márcio Martins Valle

4. Métodos

Márcio Martins Valle

5. Mapeamento dos Recursos Minerais Marinhos

Márcio Martins Valle
Ronaldo Gomes Bezerra

6. Considerações Finais

Márcio Martins Valle

Anexos

Márcio Martins Valle
Patrícia Reis Alencar de Oliveira
Ronaldo Gomes Bezerra
Hortencia Maria Barboza de Assis

EQUIPE TÉCNICA

Coordenação técnica Nacional

Hortencia Maria Barboza de Assis
Luciana Felício Pereira

Coordenação técnica LGMA/UFC

George Satander Sá Freire

Serviço Geológico do Brasil - SGB-CPRM

www.sgb.gov.br
seus@sgb.gov.br

Revisão Técnica

Rafael Corrêa de Melo

Coordenação SGB-CPRM

Projeto Plataforma Continental Rasa do Brasil

Hortencia Maria Barboza de Assis
Ronaldo Gomes Bezerra

Colaboradores

George Satander Sá Freire (UFC)
Valdir do Amaral Vaz Manso (UFPE)
Diolande Ferreira Gomes Freire (UFC)
Lamarka Lopes Pereira (UFC)
Carlos Fernando de Andrade Soares Júnior (UFPE)
Sergio Ricardo Pinto Nogueira (UFC)
Carlos Márcio Soares Rocha (UFC)
Antonio Borges de Aguiar Neto (UFC)
Cláudia Wanderley Pereira de Lira (UFC)
Inácio Ocinai de Lima Neto (UFC)
Narelle Maia de Almeida (UFC)
Daniel de Ponti Souza (UFC)
Nilberto Carlos Teodósio Filho (UFC)
Maria Clara de Sousa Nascimento (UFC)
Aline Alves Aragão (UFC)
Antônio Solón Mendes Pereira (UFC)
Elenilton Bezerra Uchoa (UFC)
Patrícia Reis Alencar Oliveira (UFC/SGB-CPRM)

PROJETO GRÁFICO/EDITORIAÇÃO

Capa (DIEDIG)

Hemilton Moraes Cunha

Miolo (DIEDIG)

Andréia Amado Continentino
Agmar Alves Lopes

Diagramação (SUREG-RE)

Raphael Silva Tavares

Revisão Final

Irinéa Barbosa da Silva

FOTOS DA CAPA

Foto 1: Recife biogênico em franja na Praia de Carapibus, município de Conde/PB
Foto 2: Rodolito de alga coralínea da plataforma continental ao largo de João Pessoa/PB
Foto 3: Dunas frontais bem preservadas na Praia de Bonsucesso, município de Lucena/PB
Foto 4: Amostra de cascalho bioclástico da plataforma continental ao largo de Lucena/PB
Foto 5: Falésia ativa na região do farol do Cabo Branco, em João Pessoa/PB
Foto 6: Amostra de sedimento areno-cascalhoso da plataforma continental ao largo do município da Baía da Traição/PB

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) - DiDOTE- Processamento técnico

P861 Potencialidade dos granulados marinhos da plataforma continental
rasa da Paraíba / Organizadores Márcio Martins Valle ... [et al.]

- Recife : CPRM, 2023.

1 recurso eletrônico : PDF. - (Informe de recursos minerais. Série
recursos minerais marinhos ; 6)

Levantamento geológico, oceanográfico e ambiental do potencial
mineral do espaço marinho e costeiro

ISBN 978-65-5664-420-2

1. Recursos minerais marinhos. 2. Geologia econômica. I. Valle,
Márcio Martins (org.). II. Assis, Hortencia Maria Barboza de (org.).
III. Bezerra, Ronaldo Gomes (org.). IV. Silva, Cleide Regina Moura
da (org.). V. Título. VI. Série.

CDD 551.468

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Teresa Rosenhayme CRB / 7 5662

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil – CPRM

Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

APRESENTAÇÃO

Este 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 é o sexto volume da série editada pela Diretoria de Geologia e Recursos Minerais do Serviço Geológico do Brasil, 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;
- 3) Potencialidade dos granulados marinhos da plataforma continental rasa de Pernambuco;
- 4) Potencialidade dos granulados marinhos da plataforma continental rasa Oeste do Ceará: setor Bitupitá.
- 5) Projeto de prospecção e exploração de depósitos de fosforitas marinhas na Plataforma Continental Jurídica Brasileira.
- 6) Potencialidade dos granulados marinhos da plataforma continental rasa da Paraíba

Este volume, bem como o de todos os outros da série, estão disponíveis em formato digital no endereço eletrônico do repositório institucional do Serviço Geológico do Brasil, <https://rigeo.cprm.gov.br/>.

Inácio Cavalcante Melo Neto

Diretor-Presidente

Francisco Valdir Silveira

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

RESUMO

O Projeto Plataforma Rasa do Brasil dedica-se à condução de estudos com o intuito de gerar e disseminar informações geológicas sobre a plataforma continental brasileira, com ênfase em sua porção mais rasa, compreendida entre a linha costeira e profundidades inferiores a 30 metros. O propósito dessa iniciativa é prover os diversos atores envolvidos na gestão do ambiente marinho - sejam eles governamentais, privados, acadêmicos ou da sociedade civil - com dados acerca do potencial dos recursos minerais existentes nessa região, sempre levando em consideração as preocupações relacionadas aos impactos ambientais decorrentes de eventuais atividades de mineração marinha. Esses estudos abrangem levantamentos geológicos e geofísicos, cujo escopo não apenas detalha locais de potencial interesse geoeconômico, mas também fornece subsídios para estudos futuros de viabilidade técnica, econômica e ambiental da região. Os setores Cabedelo e João Pessoa, inseridos nesse projeto, abarcam toda a plataforma rasa do estado da Paraíba, e são caracterizados neste volume. Para sua elaboração, uma quantidade expressiva de dados foi coletada em campo, e processada e interpretada nos laboratórios da Universidade Federal do Ceará (UFC) e da Superintendência Regional de Recife do SGB-CPRM. Com base nas análises realizadas, foram elaborados mapas temáticos na escala 1:100.000, contemplando a batimetria, o diâmetro mediano dos sedimentos amostrados e a distribuição interpolada dos teores de cascalho, areia, lama e carbonato de cálcio. A partir da integração dessas informações, foram confeccionadas as cartas faciológicas da plataforma continental rasa da Paraíba, nos setores Cabedelo e João Pessoa, disponíveis no website do Repositório Institucional de Geociências do SGB (<http://rigeo.sgb.gov.br/>). De maneira geral, os sedimentos da plataforma paraibana são predominantemente arenosos (com diâmetros entre 0,063 mm e 2,0 mm) e cascalhosos (com diâmetros acima de 2,0 mm), sendo que o diâmetro mediano tende a ser maior no Setor Cabedelo do que no Setor João Pessoa. No que se refere à composição química, os sedimentos superficiais apresentam elevados teores de carbonato de cálcio (CaCO_3), quase sempre superiores a 75% em massa. Esses sedimentos são compostos, principalmente, por fragmentos de algas calcárias vermelhas não articuladas, maciças ou ramificadas, pertencentes à ordem *Corallinales*, e, em menor quantidade, por algas verdes do gênero *Halimeda*. Atualmente, diversos países ao redor do mundo já utilizam esses granulados marinhos em várias atividades econômicas, com destaque para as indústrias da construção civil, como fonte de calcário para fabricação de argamassa e derivados, e agropecuária, na produção de fertilizantes, corretivos de solo e suplementos alimentares para a criação de animais. Dessa forma, os recursos minerais da plataforma continental rasa contribuem para agregar valor socioeconômico às localidades litorâneas já valorizadas. No entanto, é fundamental realizar estudos mais detalhados para minimizar os custos de produção e, especialmente, mitigar o impacto ambiental das atividades, de modo que sua exploração possa ser economicamente viável e ambientalmente sustentável.

ABSTRACT

*The “Brazil’s Shallow Continental Shelf Project” conducts its studies aiming to produce and disseminate geological information about the Brazilian continental shelf, particularly in its shallowest portion, between the coastline and -30 meters isobaths. The project seeks to provide governmental, private, academic, and civil society stakeholders involved in Marine Spatial Planning (MSP) with basic information about the potential of mineral resources present in that area, always considering the environmental impacts of potential marine mining activities. These studies encompass geological and geophysical surveys, not only detailing sites of potential geo-economic interest but also serving as a basis for future studies on technical, economic, and environmental feasibility of the region. Within this project, the Cabedelo and João Pessoa sectors, which comprise the entire shallow continental shelf off Paraíba state, are characterized in this volume of the Report on Marine Mineral Resources Series, edited by the Geological Survey of Brazil (SGB-CPRM), based on a significant amount of field-collected data specifically for this project, processed and interpreted in laboratories at the Federal University of Ceará (UFC) and the SGB-CPRM’s Regional Superintendence of Recife. Based on the analyses conducted, thematic maps were produced at 1:100,000 scale, including bathymetry, median diameter of the sampled sediments, interpolated distributions of gravel, sand, silt, and calcium carbonate content. Additionally, the facies maps of the shallow continental shelf of Paraíba, in the Cabedelo and João Pessoa sectors, were generated by integrating those information, and they are available on the website of the SGB-CPRM’s Geosciences Institutional Repository (<http://rigeo.sgb.gov.br/>). In general, the Paraíba shelf is predominantly covered by predominantly sandy sediments (with diameters between 0.063 mm and 2.0 mm) and gravelly sediments (with diameters larger than 2.0 mm), with the median diameter tending to be larger in the Cabedelo sector than in the João Pessoa sector. Regarding their chemical composition, the surface sediments exhibit high contents of calcium carbonate (CaCO₃), often exceeding 75% by mass, mainly composed by fragments of non-articulated, massive, or branched red calcareous algae of the Corallinales Order, and in smaller quantities, green algae of the genus *Halimeda*. Currently, numerous countries around the world already exploit marine aggregates in various economic activities, particularly in the civil construction and agricultural industries, where they are used for the production of cement, fertilizers and animal feed supplements. Therefore, the mineral resources of the shallow continental platform contribute to the socioeconomic value of the already valuable coastal localities, although more detailed studies are necessary to minimize production costs and, especially, the environmental impact of the activity, so that its exploitation can be economically viable and environmentally sustainable.*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1. AGREGADOS MARINHOS NO BRASIL E NO MUNDO	10
1.1.1. Especificações do material para usos.....	11
1.1.2. Situação da exploração no Brasil.....	12
1.1.3. O Estado da Paraíba	13
2. ÁREA DE PESQUISA	15
2.1. CONTEXTO GEOLÓGICO	15
2.2. ASPECTOS CLIMÁTICOS DA ZONA COSTEIRA DA PARAÍBA	17
2.3. ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS DA ZONA COSTEIRA DA PARAÍBA.....	20
3. ZONA COSTEIRA E PLATAFORMA CONTINENTAL DA PARAÍBA	23
3.1. ZONA COSTEIRA DO ESTADO DA PARAÍBA	24
3.2. PLATAFORMA CONTINENTAL DO NORDESTE BRASILEIRO	28
3.2.1. Plataforma continental da Paraíba.....	32
4. MÉTODOS	34
4.1. BATIMETRIA	34
4.1.1. Amostragem	34
4.1.2. Processamento dos dados.....	34
4.2. SEDIMENTOLOGIA.....	36
4.2.1. Amostragem	36
4.2.2. Análise granulométrica e tratamento estatístico.....	37
4.2.3. Análise composicional	37
4.2.4. Classificação faciológica	37
4.3. CARTOGRAFIA DIGITAL.....	37
4.3.1. Cartas batimétricas	38
4.3.2. Distribuição textural e composicional da cobertura sedimentar.....	38
5. MAPEAMENTO DOS RECURSOS MINERAIS MARINHOS	39
5.1. BATIMETRIA E MORFOLOGIA DO LEITO MARINHO	39
5.1.1. Setor Cabedelo	39
5.1.2. Setor João Pessoa	40
5.2. DISTRIBUIÇÃO DOS TEORES DE CASCALHO AREIA E LAMA.....	42
5.2.1. Setor Cabedelo	43
5.2.2. Setor João Pessoa	45
5.3. DISTRIBUIÇÃO DOS TEORES DE CARBONATO DE CÁLCIO (CaCO ₃)	45
5.3.1. Setor Cabedelo	45
5.3.2. Setor João Pessoa	47
5.4. DISTRIBUIÇÃO DO DIÂMETRO MEDIANO	47
5.4.1. Setor Cabedelo	47
5.4.2. Setor João Pessoa	49
5.5. CLASSIFICAÇÃO FACIOLÓGICA DOS SEDIMENTOS SUPERFICIAIS DA PLATAFORMA	49
5.5.1. Setor Cabedelo	50
5.5.2. Setor João Pessoa	52

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
6.1. ASPECTOS ECONÔMICOS E SOCIAIS.....	55
6.2. ASPECTOS AMBIENTAIS.....	58
6.2.1. Unidades de conservação ambiental na zona costeira paraibana	59
6.2.2. Critérios para a exploração sustentável de granulados marinhos	61
ANEXOS.....	67
ANEXO I	
CARTAS BATRIMÉTRICA E DE DECLIVIDADE SETOR CABEDELÓ	68
ANEXO II	
CARTAS BATRIMÉTRICA E DE DECLIVIDADE SETOR JOÃO PESSOA	70
ANEXO III	
CARTAS TEXTURAS - SETOR CABEDELÓ	72
ANEXO IV	
CARTAS TEXTURAS - SETOR JOÃO PESSOA	74
ANEXO V	
CARTA GEOQUÍMICA: TEOR DE CARBONATO DE CÁLCIO SETOR CABEDELÓ	76
ANEXO VI	
CARTA GEOQUÍMICA: TEOR DE CARBONATO DE CÁLCIO SETOR JOÃO PESSOA	78

1. INTRODUÇÃO

O Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), apresenta neste Informe a síntese dos resultados de uma pesquisa desenvolvida ao longo da plataforma continental rasa do estado da Paraíba. A pesquisa está inserida no Programa Oceanos, Zona Costeira e Antártica do Ministério da Defesa (MD), que tem como objetivo “promover o conhecimento científico e tecnológico, a conservação da biodiversidade, o uso sustentável dos recursos naturais, a gestão efetiva dos espaços costeiro e marinho e os interesses do país nos oceanos e Antártica”.

O projeto foi elaborado para realizar a aquisição de dados e informações da Plataforma Continental Jurídica Brasileira (PCJB), tendo como limite máximo profundidades de trinta metros. Esse limite foi definido em decorrência da viabilidade estratégica econômica de exploração dos recursos minerais marinhos em águas rasas, onde a tecnologia de exploração já está disponível.

Os estudos têm como objetivo difundir o conhecimento geológico e avaliar a potencialidade mineral da plataforma continental, contemplando levantamentos geológicos e geofísicos, no intuito de detalhar sítios de interesse geoeconômico e preparar estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental para a região.

O Projeto Plataforma Continental Rasa do Estado da Paraíba foi desenvolvido com a cooperação técnica do Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada (LGMA), da Universidade Federal do Ceará (UFC), por meio do contrato 093/PR/07, firmado entre o Serviço Geológico do Brasil e a Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura (FCPC) da UFC. A região estudada abrange a plataforma continental do estado da Paraíba, entre as fronteiras dos estados do Rio Grande do Norte e de Pernambuco.

Na pesquisa desenvolvida, foi dada ênfase ao mapeamento da faciologia sedimentar da plataforma continental rasa, na escala de 1:100.000, até a profundidade de 30 metros, associada aos aspectos texturais, características mineralógicas e geoquímicas dos sedimentos marinhos, tanto dos materiais bioclásticos quanto dos siliciclásticos.

O levantamento de campo realizou a coleta e análise de 830 amostras, ao longo da costa do estado, para pesquisa dos granulados marinhos.

A pesquisa foi desenvolvida em duas áreas, definidas a partir das cartas planialtimétricas da Sudene, na escala 1:100.000:

Setor Cabedelo: plataforma continental rasa adjacente à folha SB.25-Y-A-VI (Cabedelo) e parte da folha SB. 25-Y-C-III (João Pessoa);

Setor João Pessoa: plataforma continental rasa adjacente à folha SB. 25-Y-C-III (João Pessoa) e parte da folha SB. 25-Y-C-VI (Itamaracá).

Ao todo foram realizadas seis campanhas de campo, entre julho de 2009 e setembro de 2011, totalizando 69 perfis, aproximadamente, perpendiculares à linha de costa, até a isóbata de -30 metros.

Como a maior parte do assoalho marinho raso dos estados costeiros do Nordeste do Brasil, há um predomínio da sedimentação carbonática na plataforma continental rasa do estado da Paraíba. O interesse por áreas requeridas para areias e cascalhos marinhos vem aumentando, segundo informações do SIGMINE da ANM, em 2022, o que torna o mar adjacente à costa da Paraíba uma área potencial para a exploração dos granulados marinhos.

1.1. AGREGADOS MARINHOS NO BRASIL E NO MUNDO

A plataforma continental brasileira é citada na literatura como a mais longa plataforma contínua dominada por carbonato de cálcio, apresentando uma variedade de composições texturais relacionadas a uma ampla gama de condições ambientais (Pedley; Carranante, 2006). Estende-se desde a foz do Rio Pará, no estado de mesmo nome, até a proximidade de Cabo Frio (RJ), com pouca profundidade e inteiramente coberta por sedimentos carbonáticos biogênicos.

Além de sedimentos fluviais, o carbonato de cálcio (CaCO_3), oriundo da fragmentação de esqueletos de organismos marinhos, é a maior fonte de sedimentos no oceano atual. Uma diversidade de organismos marinhos, como corais, moluscos, foraminíferos, briozoários, algas coralinas vermelhas, algumas espécies de algas verdes, dentre outros, precipitam o carbonato de cálcio (na forma de aragonita ou calcita), que se fragmenta por processos de erosão física, química e biológica (Perry; Smithers, 2011) e se tornam grandes produtores dos sedimentos que capeiam o assoalho da plataforma continental.

A taxa de acumulação em plataformas ricas em carbonato não apresenta muitas citações na literatura. Isto se deve, em parte, a falta de conhecimento da área global ocupada por cada ambiente e as taxas médias de produção e acumulação de carbono nesse ambiente. Entretanto, conforme citado em Milliman e Droxler (1996), os carbonatos neríticos, precipitados por organismos bentônicos, são caracterizados pela sua produção relativamente rápida

de aragonita metaestável e calcita magnesiana, enquanto nas zonas pelágicas se produzem em taxas muito mais lentas, mas em áreas muito maiores, onde predominam na forma de calcita.

A deposição dos carbonatos é controlada por vários parâmetros ambientais, tais como luz, sedimentação, pressão, temperatura e profundidade da água. Estes últimos exercem controle sobre os demais. A temperatura se destaca como reguladora da distribuição dos organismos e do grau de saturação do carbonato de cálcio na água do mar.

Aplica-se neste texto o conceito de granulados (ou agregados) marinhos como depósitos de sedimentos não metálicos, encontrados na plataforma continental rasa, provenientes das partículas erodidas da terra e dos processos biológicos e químicos que ocorrem na água do mar, sejam contemporâneos (modernos) ou do passado (depósitos relíquias). Em relação ao tamanho dos grãos, optou-se pela consagrada classificação de Udden-Wentworth (Udden, 1914; Wentworth, 1922; Blair; Mcpherson, 1999), em que são considerados areia os sedimentos constituídos por partículas com diâmetros variando entre 0,063 mm e 2 mm e como cascalho, grãos com tamanhos superiores a 2mm. Na indústria de agregados marinhos, especialmente na Europa, classificam-se os sedimentos constituídos por partículas com diâmetros variando entre 0,063 e 4 (ou 5) mm como areias, e sedimentos com tamanhos de partícula maiores que 4 (ou 5) mm como cascalhos (Velegrakis *et al.*, 2010).

Os sedimentos terrígenos, geralmente, são classificados como siliciclastos por terem composição predominantemente silicosa. Nesse caso, dependendo de suas características físicas, podem ser usados como material para regeneração de praias ou componente de massas e concretos na indústria de construção civil, onde concorrem com agregados naturais do continente (grãos e miúdos) e artificiais (*e.g.* areia de britagem e pó de pedra). Quando esses materiais combinam propriedades físicas e químicas dentro de especificações bem definidas, podem ser usados também como fonte de sílica na indústria de transformação.

Os agregados marinhos de origem biogênica são classificados como bioclastos, com composição, predominantemente, de carbonato de cálcio e, nesse caso, concorrem com outras fontes de rochas calcárias do continente.

Apesar da abundância desses recursos minerais na plataforma brasileira, ainda não estão bem estabelecidos pelos órgãos competentes os critérios necessários à regulamentação para concessão e para licenciamento ambiental de áreas de dragagem de agregados marinhos.

A exploração desse material requer estudos prévios de avaliação da potencialidade exploratória e análise

dos impactos ambientais, no sentido de viabilizar uma gestão racional e equilibrada dos recursos, obedecendo aos preceitos da sustentabilidade. Nos países em que a mineração de agregados já ocorre, há critérios para exploração definidos levando-se em consideração o impacto físico, decorrente da atividade.

Assim, na França, a dragagem só é permitida a uma distância mínima de 3 km da costa e em profundidades superiores à 20 m. No Reino Unido, é proibida a dragagem até as isóbatas de 19 a 22 m e dentro de 600 m de distância da costa. Na Holanda e em Nova Iorque, nos EUA, aplicam-se como critério limitante apenas a profundidade mínima, respectivamente, de 20 m e 18 m (Hilton, 1994).

A exploração de agregados marinhos já se constitui em um valor econômico para o PIB de alguns países. Estados Unidos, Japão, Reino Unido, França, Bélgica, Canadá e Dinamarca estão entre aqueles que mais fazem uso dos granulados de origem marinha como matéria-prima, principalmente, para a construção civil, remediação de problemas ambientais e correção de solos. No substrato oceânico raso, em diversos países, especialmente no Reino Unido, os minérios estão sendo extraídos como areia e cascalho para a defesa da erosão costeira e uso em obras de infraestrutura, como a construção de estradas e a produção de concreto (European Commission, 2023).

Ao largo da costa da Inglaterra e País de Gales, há uma produção de mais de 20 milhões de toneladas de areia e cascalho marinho todos os anos. A literatura cita que 1.274 km² do fundo marinho estão licenciados para a extração de agregados marinhos, o que representa cerca de 0,15% da área total da plataforma continental do Reino Unido, que é de 867.000 km². (Russel, 2010).

A indústria de agregados marinhos fornece mais de 20% da demanda de areia e cascalho na Inglaterra, para agregado de concreto. Isto representa suprimentos para a sustentação do setor de construção nacional no valor de 12% do PIB do Reino Unido (Russell, 2010).

1.1.1. Especificações do material para usos

Para uso dos agregados marinhos na construção civil, é necessário que o material atenda, a princípio, às especificações tecnológicas já normalizadas pela ABNT para agregados do continente e especificidades, dependendo do uso a que se destina.

O conceito de agregado para a construção civil, de acordo com a NBR 9935/2005, são materiais sem forma ou volume definidos, geralmente inertes, de dimensões e propriedades adequadas para a produção de argamassas e concreto (Luz; Lins, 2008). Os agregados têm um vasto campo de aplicações na indústria de construção civil. Além do uso para fabricação de concreto e argamassa de cimento *Portland*, entre outros, também pode ser

utilizado para a construção de aterros, implantação de sistemas de drenagem de solos e fabricação de filtros de água. Outras normas da ABNT são importantes, tais como a NBR 7211/2005 atualizada em 10/2022, que descreve os requisitos exigíveis para recepção e produção dos agregados miúdos e graúdos, destinados à produção de concretos de cimento *Portland*. Além da NBR NM 45, que dispõe sobre o ensaio utilizado para determinar a relação entre o volume do agregado e sua massa, a NBR NM 248 descreve a análise granulométrica e trata das dimensões das partículas dos agregados e as porcentagens de ocorrência que influenciam nas argamassas e nos concretos; e, por fim, a NBR 7218/2010 avalia a qualidade do agregado conforme a contaminação por torrões e resistência dos grãos que interferem no concreto.

Em relação ao uso de areia marinha na fabricação de concreto, a aplicação na construção civil tem sido observada há décadas. Os britânicos parecem ser os precursores do uso de areia marinha dessalinizada como agregado miúdo em concreto, tendo iniciado na década de 1960. Em média, agregados marinhos dessalinizados representaram aproximadamente 17% da quantidade total de agregado fino e cascalho usados na produção de concreto na Inglaterra e no País de Gales (Xiao *et al.*, 2017).

Seguindo a tendência do Reino Unido, o Japão, em 1973, tornou a areia do mar dessalinizada como uma das principais fontes de agregado miúdo na produção de concreto. “Em 2011, aproximadamente 70 milhões de toneladas de agregado fino foram usadas na produção de concreto no Japão, com areia marinha dessalinizada, respondendo por 12,2% (8,54 milhões de toneladas), areia de rio (13,9%), areia de montanha (40,2%) e areia manufaturada (33,6%)” (Xiao *et al.* 2017).

A perspectiva do uso do granulado marinho na construção civil nasceu em função das restrições ambientais no continente (incluindo areia de rio e outras de água doce) que impactam negativamente os ecossistemas fluviais, a navegação e o controle das enchentes. No caso específico do Nordeste do Brasil, a exploração de areia nos rios costeiros afeta o balanço sedimentar, podendo intensificar tendências naturais à erosão costeira.

A demanda mundial é bastante expressiva. No ano de 2016, a quantidade de cimento produzida no mundo atingiu 4,20 bilhões de toneladas, e a produção estimada de concreto foi de cerca de 25 bilhões de toneladas (Xiao *et al.*, 2017).

A areia marinha tem algumas restrições de uso na construção civil. A mais evidente é a necessidade de se dessalinizar com água doce para evitar problemas de corrosão do aço em estruturas de concreto armado, o que leva a um custo econômico e ambiental extra.

As composições minerais da areia siliciclástica fluvial e marinha são similares, mas há diferença na textura da superfície dos grãos de areia marinha, que geralmente

é mais polida e influencia na resistência do concreto. Também, as presenças de sal e bioclastos são potencialmente nocivas e podem afetar a resistência à compressão, segundo He e Zhou (2021). De acordo com Yang, Li e Leem, 2005, a presença de conchas no agregado miúdo altera o módulo de elasticidade do concreto, que diminui à medida que aumenta o teor de conchas.

Soma-se a isto, em comparação com o concreto comum, o fato do concreto de areia marinha ter uma menor resistência ao congelamento e degelo, portanto experimenta maiores quantidades de retração por secagem, principalmente, devido ao teor de cloreto e presença de bioclastos.

Em relação ao granulado biogênico, formado, principalmente, por algas calcárias (*Mäerl*, como é conhecido na Europa, e *Lithothamnium*, como é comumente referenciado no Brasil), apresenta os depósitos com potencialidade de exploração econômica formado por rodolitos, nódulos e seus fragmentos.

A França foi um dos pioneiros na exploração dos granulados marinhos biogênicos. As areias calcárias ou conchíferas são usadas, principalmente, para a correção de solos ácidos em regiões desprovidas de depósitos terrestres de calcário, como ocorre na Bretanha (Avezard *et al.*, 2017).

De acordo com a União Nacional dos Produtores de Agregados (UNPG, na sigla em francês), a produção de agregados marinhos na França, em 2015, foi de 6,5 Mt, sendo 6,1 Mt de sedimentos siliciclastos e 0,4 Mt de bioclastos. Apesar de ser um precursor, nos últimos 30 anos, os agregados marinhos tornaram-se, gradualmente, um recurso mineral importante em vários países europeus, como Holanda, Grã-Bretanha (especialmente, Inglaterra e País de Gales) e Dinamarca. A França, juntamente com a Bélgica, Alemanha e Polônia extraem em menor escala em decorrência de regulamentos rígidos de mineração. (Avezard *et al.*, 2017).

1.1.2. Situação da exploração no Brasil

No Brasil, atualmente, as áreas destinadas à exploração mineral no mar totalizam 731 blocos de até 2.000 ha (20 km²) cada. Isto representa uma área total, ocupada pelos processos ativos, de cerca de 10.500 km², sendo em torno de 6.000 km² localizados além do mar territorial brasileiro, limitado pela distância de 12 milhas náuticas da costa. Entretanto, apenas 7% dos processos estão na fase de requerimento ou autorização de lavra (SGB-CPRM - PNM 2050 – Caderno 1, no prelo).

Nas Figuras 1.1 e 1.2 são apresentados, respectivamente, os principais bens minerais e o seu percentual de ocorrência na zona costeira e no mar adjacente até 12 milhas e o destino de uso desses bens (SGB-CPRM - PNM 2050 – Caderno 1, no prelo).

Dos recursos minerais, o calcário marinho destaca-se pela maior área de ocorrência, representado por sedimentos de origem biogênica, formado por algas calcárias vermelhas e verdes e carapaças de foraminíferos e de outros organismos marinhos.

A plataforma continental brasileira possui o calcário marinho em abundância, rico em carbonato de cálcio e magnésio, e sua exploração já é uma realidade em alguns estados. Segundo informações de uma das empresas que exploram esse recurso, a aplicação dos bioclásticos tem apresentado ganho produtivo em diferentes lavouras. A soja teria apresentado um aumento de 14% na produção (7,7 sacas por hectare), em Uruaí (PI). No tratamento de sementes de milho em Balsas (MA), o calcário marinho teria rendido 17% a mais de produção, com 141 sacas por hectare contra 121 sacas com o tratamento padrão. Na cultura de feijão em Campos Lindos (TO), a produtividade teria passado de 65,9 para 72,4 sacas por hectare, representando aumento de 9,8%.

Os resultados na cultura do algodão, com o produto granulado de calcários marinhos, teriam rendido aumentos de 24, 49 e 61 arrobas por hectare, respectivamente, nos municípios de Jaciara, Campo Verde e Juscimeira, no Tocantins (SGB-CPRM - PNM 2050 – Caderno 1, no prelo).

1.1.3. O Estado da Paraíba

O Estado da Paraíba apresenta uma economia voltada para agricultura (principalmente, de cana-de-açúcar, abacaxi, mandioca, milho e feijão), indústria de transformação (bebidas, alimentícia, têxtil, sucoalcooleira e minerais não metálicos), construção civil, pecuária (sobressaindo a criação de ovinos e caprinos) e no turismo.

Portanto, o estudo de mercado estadual deve focar, prioritariamente, as mesorregiões: Agreste paraibano, que tem Campina Grande como principal polo de desenvolvimento, e a Zona da Mata paraibana, centrada em João Pessoa, capital do estado.

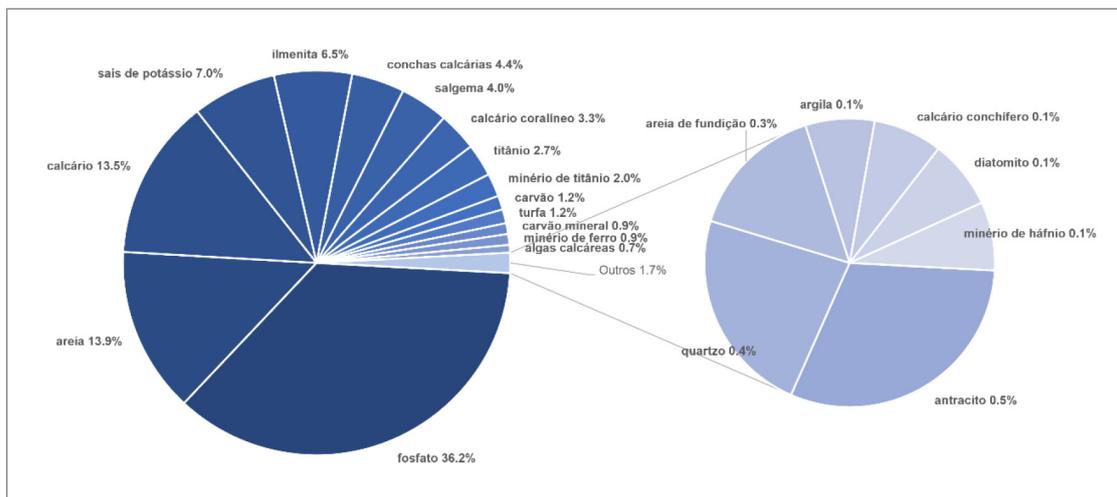


Figura 1.1 - Distribuição dos processos quanto à substância-alvo. (Fonte: SIGMINE/ANM, Novembro de 2021.)

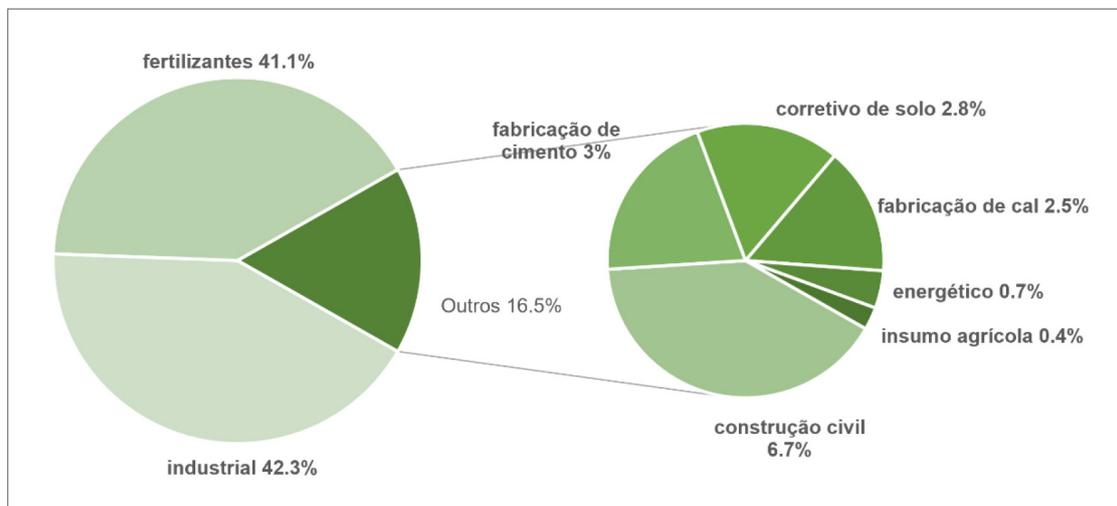


Figura 1.2 - Finalidade da exploração mineral dos processos. (Fonte: SIGMINE/ANM, Novembro de 2021)

No território paraibano, a areia é encontrada em depósitos lavrados em diferentes terrenos geológicos, como em leitos e várzeas de rios, em depósitos de decomposição *in situ* de rochas, como quartzito e arenito, nas dunas de praia e em depósitos de material clástico sedimentados no mar.

Especificamente a areia industrial, formalizada no regime de autorização e concessão da Agência Nacional de Mineração (ANM, antigo DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral), o Anuário Mineral Brasileiro DNPM (DNPM, 2006) mostra o registro de uma reserva nos municípios de Caaporã e Mataraca, correspondente a 8,9 milhões de toneladas, sendo 2,18 milhões classificadas como reserva lavrável.

Em relação às rochas carbonatadas, as áreas potenciais de ocorrência na Paraíba se distribuem por todo o território e se referem aos calcários do tipo cristalino, que formam lentes associadas às rochas ultramáficas e metassedimentares mais antigas e, geralmente, apresenta produção para fabricação de cal, tinta ou cerâmica. Destacam-se os calcários sedimentares da Formação Gramame, onde estão contidos os depósitos mais bem conhecidos geologicamente, estendendo-se do município de Cabedelo até o litoral sul do estado, adentrando em Pernambuco, constituindo-se em importante fonte de suprimento de carbonatos. Na plataforma continental, encontram-se os granulados bioclastos, uma nova alternativa mineral em estágio de avaliação.

As rochas carbonatadas estão ligadas aos segmentos industriais do cimento, papel, tintas, rações, plástico, cerâmica, borracha, produtos químicos, argamassa industrial e agroindústria. A indústria de cerâmica está representada pelos segmentos dos revestimentos (pisos

e porcelanatos). A agroindústria da cana-de-açúcar utiliza toneladas de calcário para corretivo de solos em área plantada, bem como de cal para neutralização do meio e eliminação de impurezas na moagem. Além disso, há a indústria de artefatos de borracha, que utiliza o carbonato de cálcio na fabricação de compostos de TR (borracha termoplástica estireno/butadieno) e EVA (copolímero emborrachado e flexível de etileno - acetato de vinila).

O mercado consumidor local é dependente, predominantemente, da construção civil, quer seja pelo uso da areia e do calcário britado, como agregados em argamassas e concretos, quer seja pela transformação química da areia e do calcário em produtos de uso intensivo na construção, como o cimento, a cal, as tintas e as cerâmicas. Há sinais de que a demanda pode superar o fornecimento das fontes atuais, o que mostra que os depósitos de granulados bioclásticos marinhos constituiriam uma alternativa a ser considerada.

O desafio do *marketing*, apoiado no desempenho funcional de produtos tecnologicamente evoluídos, tem sido prognosticado por especialistas como o caminho para a consolidação dos minerais industriais brasileiros no cenário internacional, aplicando os granulados marinhos como estratégia para atingir os mercados dos setores regional (ração animal e corretivo de solos), nacional (tintas, papéis e plásticos) e internacional (biocerâmicas, dietética e indústria farmacêutica).

A estratégia de *marketing* deve ser precedida pela caracterização tecnológica dos materiais, complementados por ensaios de tratamento mineral, que serão os indicativos da performance do mineral em cada aplicação industrial.

2. ÁREA DE PESQUISA

2.1. CONTEXTO GEOLÓGICO

A área de pesquisa está quase totalmente inserida na Bacia Paraíba, que teve sua origem no Cretáceo Superior (aproximadamente entre 100,5 Ma e 66 Ma) e teria sido a última ligação entre a África e a América do Sul, durante a separação desses continentes. Do ponto de vista geotectônico e estrutural, o estiramento crustal e o afinamento litosférico durante a formação do Atlântico submeteram a bacia a uma lenta e continuada subsidência, gerando uma rampa de transferência (*relay ramp*), tendo como característica estrutural principal uma rampa de blocos falhados de gradiente muito suave com seguimentos de direção E-W, perpendiculares à linha de costa (Mabesoone; Alheiros, 1988; Lima Filho, 1998). Os blocos falhados e desnivelados tiveram preenchimento sedimentar diferenciado e vieram a formar as sub-bacias

Olinda, Alhandra e Miriri (Barbosa *et al.*, 2003). Durante muito tempo, a Bacia Paraíba foi descrita, juntamente com a Bacia Pernambuco, como uma única unidade estrutural, embora suas estratigrafias fossem diferentes entre si. Entretanto, Lima Filho (1998) e Lima Filho, Monteiro e Souza (1998) demonstraram que são bacias independentes, com arcabouços estruturais e estratigrafias próprias.

A Bacia Paraíba, como definida atualmente, cobre uma área de 5.300 km² em sua porção emersa, abrangendo parte dos estados de Pernambuco e da Paraíba, entre as cidades de Recife (PE) e Marcação (PB), a norte de João Pessoa. Geologicamente, limitada a sul, próximo a Recife, pelo Lineamento Pernambuco e, a norte, pela Falha de Mamanguape, segundo Barbosa (2004) (Figura 2.1). Essa bacia é composta por três sub-bacias: Olinda, Alhandra e Miriri. A Sub-bacia Olinda, está localizada entre o Lineamento de Pernambuco e a Falha de Goiana.

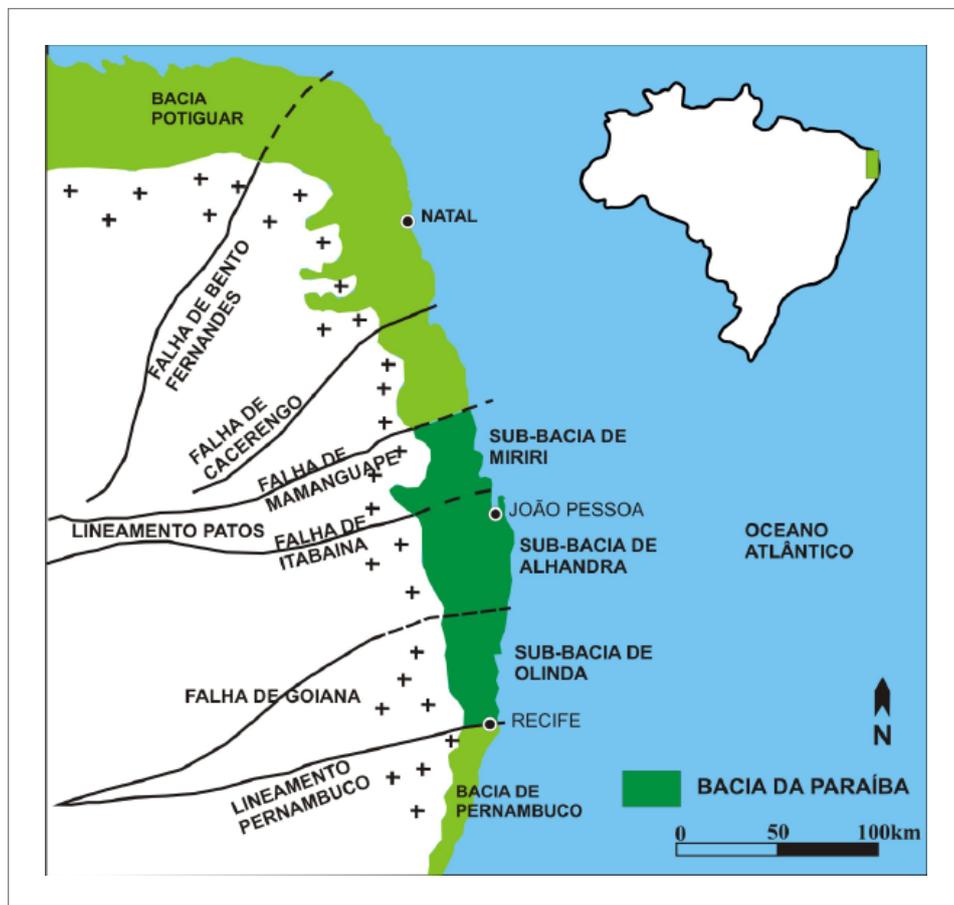


Figura 2.1 - Localização da Bacia da Paraíba no Nordeste brasileiro, entre Recife e o município de Marcação na Paraíba.(Fonte: modificado de Mabesoone e Alheiros, 1988).

Segundo Mabesoone e Alheiros (1988), na Sub-bacia Olinda estão presentes as formações Beberibe, Gramame, Maria Farinha e Itamaracá. A Sub-bacia Alhandra é limitada pela Falha de Goiana e pela Falha de Itabaiana, sendo litoestratigraficamente preenchida por todas as unidades citadas anteriormente. Por fim, a Sub-bacia Miriri, que está localizada entre as falhas de Itabaiana e Mamanguape, apresenta a mesma sequência de unidades, com exceção da Formação Maria Farinha.

O preenchimento sedimentar (Figura 2.2) teve início, segundo Beurlen (1967), possivelmente no Santoniano (entre 86,3 Ma e 83, Ma), com depósitos de origem aluvionar e fluvial da **Formação Beberibe**, definida inicialmente por Kegel (1957) e redefinida por Beurlen (1967). Essa unidade repousa de forma discordante sobre o embasamento cristalino proterozóico e ocorre, localmente, interdigitada com a Formação Itamaracá. Sendo caracterizada por sedimentos siliciclásticos, representados por arenitos médios, grossos a conglomeráticos, depósitos finos de siltitos e argilitos de planície de inundação e níveis basais conglomeráticos de canais, originados por um sistema de leques aluviais com canais fluviais entrelaçados, aos quais foi atribuída idade coniaciano-santoniano-campaniana (entre 89,8 Ma e 72,1 Ma) (Souza, 2006).

A **Formação Itamaracá** foi proposta, por Kegel (1957), datada do Campaniano-Maastrichtiano (entre 86,3 Ma e 66 Ma) (Tinoco, 1971; Souza, 2006), como uma unidade de transição para a fase marinha. Caracteriza-se por depósitos costeiros de estuários a marinho raso plataformar, representados por sedimentos siliciclásticos, constituídos por arenitos finos a médios, siltitos e argilitos de fácies transicionais a marinho raso, evidenciados por estruturas sedimentares e conteúdo fóssilífero; culminando com camadas de rochas fosfáticas e fosforitos, no topo da unidade, de ambiente de plataforma média (Souza; Lima Filho, 2005; Silva, 2014). Sobre a Formação Itamaracá, encontra-se a **Formação Gramame**, definida por Oliveira (1940), e datada como do Maastrichtiano (entre 72,1 Ma e 66 Ma) (Maury, 1930; Muniz 1993; Souza, 2006; Fauth; Koutsoukos, 2002; Moura, 2007). Essa unidade é representada por alternâncias de calcários (*mudstones/wackestones a mudstones/weckestones argilosos*) e margas caracterizadas por ciclicidade, em clima árido e com baixo influxo terrígeno de sedimentos, depositados num período de estabilidade do mar em plataforma continental (Barbosa, 2004; Fauth; Koutsoukos, 2002). Por fim, ocorrem os depósitos de calcários mais puros, algumas vezes pouco granulosos, com lentes de argila e bancos de calcários detríticos retrabalhados e redepositados,

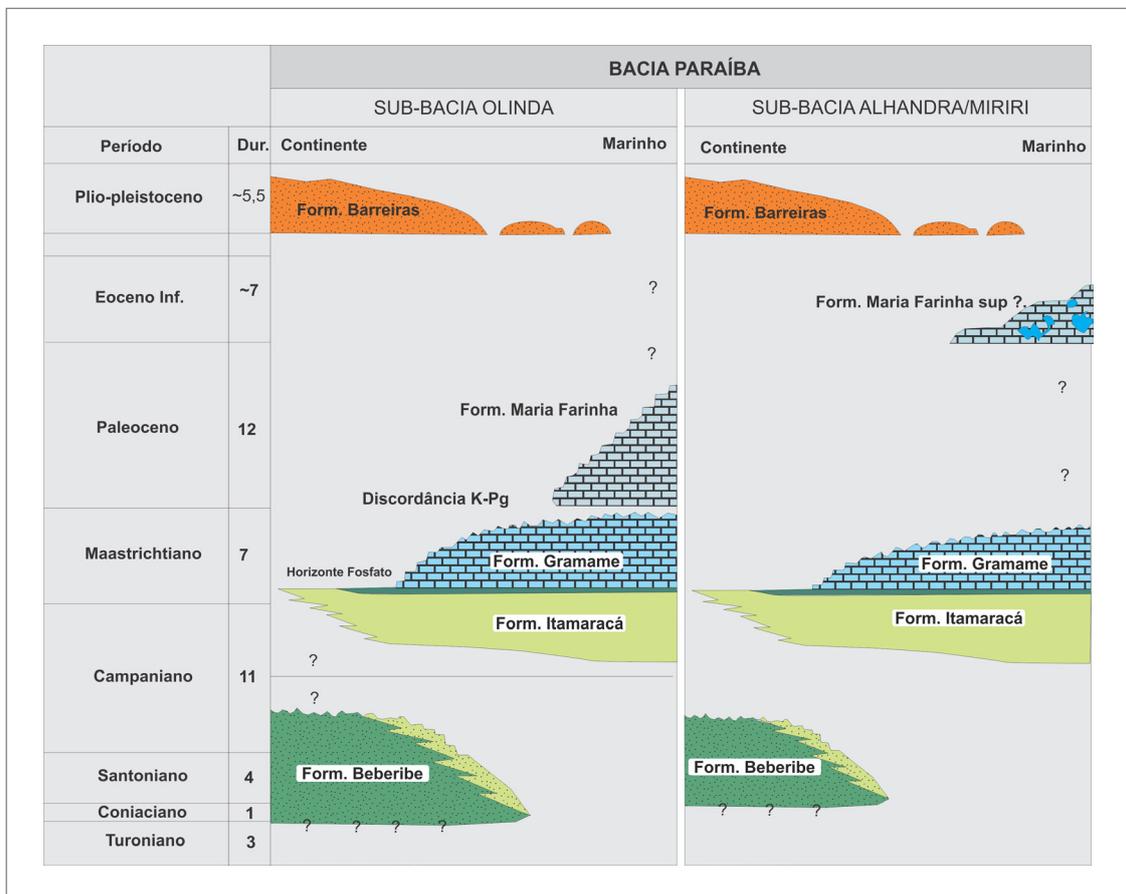


Figura 2.2 - Estratigrafia da Bacia Paraíba (Fonte: adaptado de Barbosa, 2004).

sem periodicidade, da **Formação Maria Farinha**, de idade paleocênica (entre 66 Ma e 56 ma) (Beurlen, 1963; Mabesoone, 1967; Muniz, 1993).

A Bacia Paraíba é predominantemente recoberta por depósitos cenozoicos classificados como Grupo Barreiras e depósitos Pós-Barreiras I e II (Rossetti *et al.*, 2011), que formam os tabuleiros costeiros. Secundariamente, ocorrem depósitos aluvionais, de mangue, litorâneos e os colúvio-eluvionares. Segundo Mabesoone (1972), o Grupo Barreiras, de idade entre o Mioceno e o Plioceno (entre 23,03 Ma e 2,58 Ma), é caracterizado por sedimentos pouco ou não consolidados, com cores variegadas, litotipos constituídos por argilitos, arenitos médios a grossos e conglomerados, que podem ocorrer discordantes sobre o embasamento cristalino, na borda da bacia, ou sobre unidades sedimentares. Essa unidade é bastante expressiva na parte sul da bacia, na Sub-bacia Olinda e em parte da Sub-bacia Alhandra, onde ocorre em vales e falésias (Silva, 2014). Depósitos Pós-Barreiras é uma terminologia introduzida na Região Nordeste por Rossetti *et al.* (2011), na Bacia Paraíba, para caracterizar depósitos quaternários encontrados sobre o Grupo Barreiras. Esses depósitos foram subdivididos em unidades Pós-Barreiras PB1 e PB2. A Unidade PB1, de idade pleistocênica, consiste em arenitos mal selecionados, coloração amarelo-acinzentada, contendo intraclastos e intercalado com argilitos, conglomerados e brechas em discordância com o Grupo Barreiras ou com o embasamento cristalino, com idade variando entre 178.300 (± 26.800) anos e 15.100 (± 1.800) anos. A Unidade PB2, de idade holocênica, ocorre sobre os depósitos PB1, o Grupo Barreiras e o embasamento cristalino, sendo constituído por sedimentos arenosos quartzosos e inconsolidados, com grânulos de quartzos dispersos, datados de 11.300 (± 1700) anos a 1800 (± 200) anos. Essas unidades ocorrem predominantemente nas sub-bacias Alhandra e Miriri (Silva, 2014).

2.2. ASPECTOS CLIMÁTICOS DA ZONA COSTEIRA DA PARAÍBA

Sabe-se que o clima exerce uma influência considerável tanto sobre os componentes bióticos e abióticos da paisagem quanto sobre uma boa parte das atividades humanas. Nas latitudes intertropicais, o fato mais característico do regime climático é a existência de duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa.

De maneira resumida, o clima na maior parte da costa paraibana é do tipo tropical quente e úmido, com uma breve estação seca entre os meses de outubro e dezembro, chuvoso no restante do ano e com chuvas eventualmente monçônicas entre os meses de maio e junho. A Figura 2.3, adaptada de Francisco *et al.* (2015), mostra

os detalhes do clima na Zona da Mata, Agreste e parte do Planalto da Borborema, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger.

A costa do estado da Paraíba está situada dentro da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Nessa região, em torno das baixas latitudes equatoriais e nas proximidades da superfície terrestre ocorre a convergência dos ventos alísios de sudeste (provenientes do Hemisfério Sul) e de nordeste (provenientes do Hemisfério Norte) (Wells, 2012). Segundo Schneider, Bischoff e Haug (2014), durante os meses de janeiro a março (verão no Hemisfério Sul), a ZCIT, no Oceano Atlântico, alcança sua posição mais ao sul e, nos meses de julho a setembro (inverno no Hemisfério Sul), a posição mais ao norte (Figura 2.4).

Essa sazonalidade da ZCIT é refletida em alguns dos parâmetros meteorológicos e oceanográficos na costa paraibana. Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), como se pode ver na Figura 2.5, para os anos entre 2001 e 2022, o período chuvoso inicia-se em janeiro, com médias consistentemente crescentes até o mês de junho, quando a precipitação acumulada ultrapassa os 370 mm, em média, e o número de dias chuvosos chega a 24. Os meses mais chuvosos são os meses de maio a julho. O período mais seco ocorre entre os meses de outubro e dezembro, sendo que os mínimos são alcançados em novembro, quando a precipitação acumulada é de 23 mm, mais de 16 vezes mais seco do que o mês de junho, e o número de dias chuvosos não chega a 10, em média.

Conforme esperado, padrão sazonal muito semelhante é observado na umidade relativa do ar (Figura 2.6). Entretanto, a proximidade com o mar, faz com que a umidade relativa do ar seja alta durante todo o ano na zona costeira paraibana, mesmo nos meses da estação pouco chuvosa. Os valores da umidade relativa do ar variam entre 72%, em novembro, e 83%, em junho.

A temperatura do ar, medida na mesma estação João Pessoa, também, segue um padrão sazonal semelhante ao da posição da ZCIT. A amplitude térmica média diária praticamente não muda ao longo do ano, oscilando ligeiramente em torno de 6,5° C. As temperaturas médias diárias também variam pouco, entre cerca de 25° C, em julho, até pouco mais de 28° C, nos meses de dezembro a março (Figura 2.7).

Os ventos são, talvez, o principal agente responsável pela dinâmica costeira, na medida em que geram as ondas e as correntes costeiras, modelando a linha de costa por meio da distribuição de sedimentos na costa e na plataforma continental. Segundo Neves (2003, *apud* Reis, 2008), usando dados então disponíveis no Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (INPH), os ventos na costa paraibana predominam de sudeste.

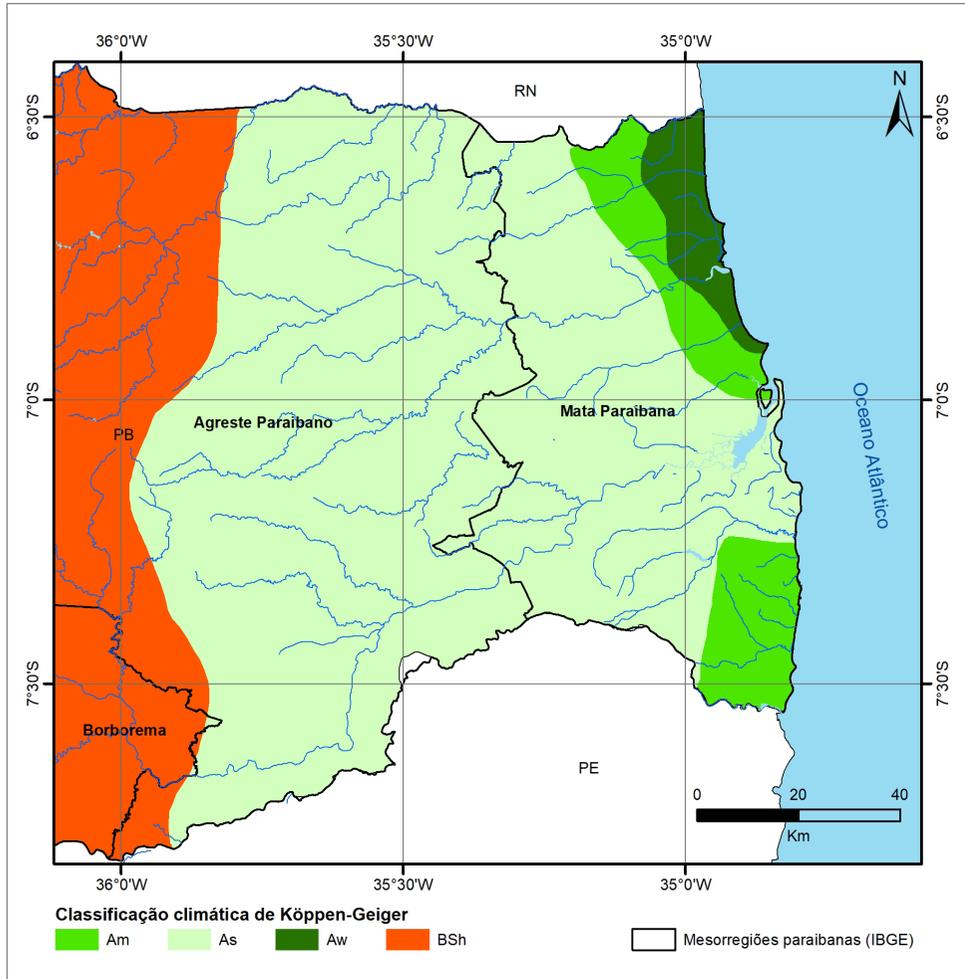


Figura 2.3 - Classificação climática de Köppen-Geiger na Zona da Mata, Agreste e parte do Planalto da Borborema da Paraíba. Am = Clima tropical com inverno seco e chuvas monçônicas no verão; As = Clima tropical com verão seco; Aw = Clima tropical com inverno seco; BSh = Clima semiárido de baixas latitudes e altitudes. (Fonte: adaptada de Francisco *et al.*, 2015).

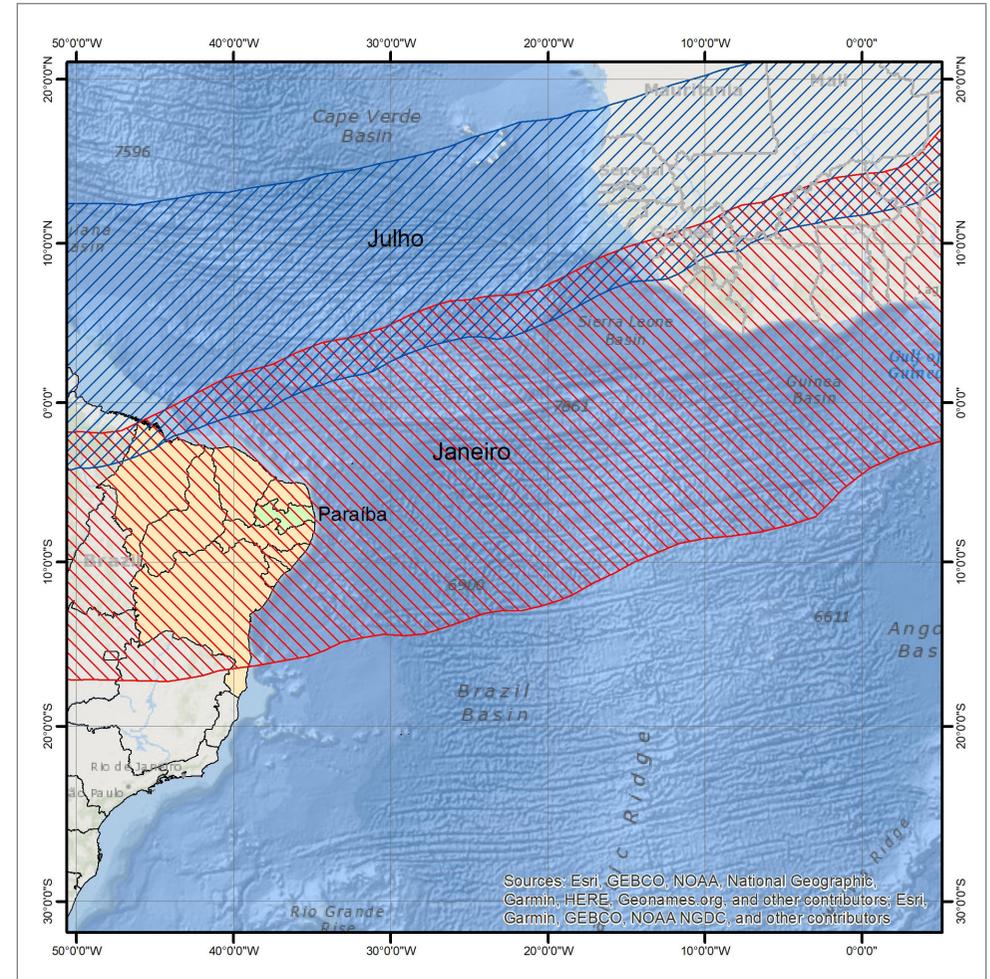


Figura 2.4 - Migração sazonal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (Fonte: o autor, com informações de Schneider, Bischoff e Haug, 2014 e Aragão, 2004).

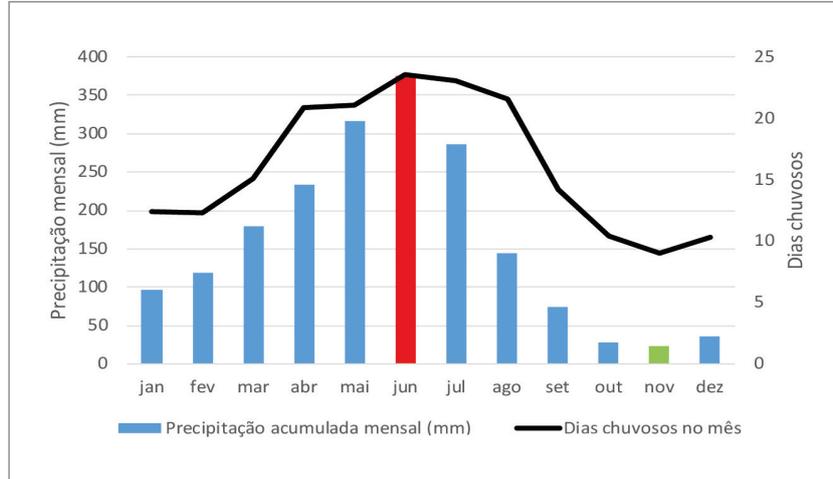


Figura 2.5 - Pluviosidade na estação convencional João Pessoa (código 82798), do INMET. Nas barras, é mostrada a pluviosidade mensal média em mm e, na linha preta, a quantidade média de dias chuvosos por mês, contabilizados entre os anos 2001 e 2022.

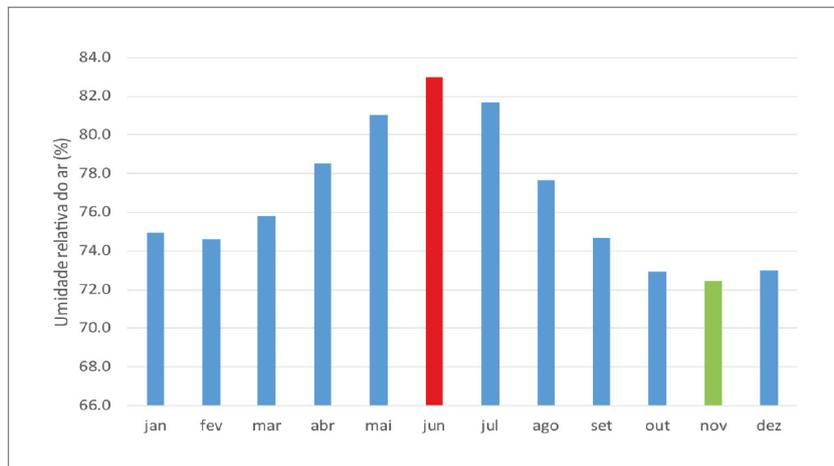


Figura 2.6 - Umidade relativa do ar na estação convencional João Pessoa (código 82798) do INMET. Em destaque, o mês mais úmido, junho, e o mais seco, novembro, em média calculada entre os anos de 2001 e 2022.

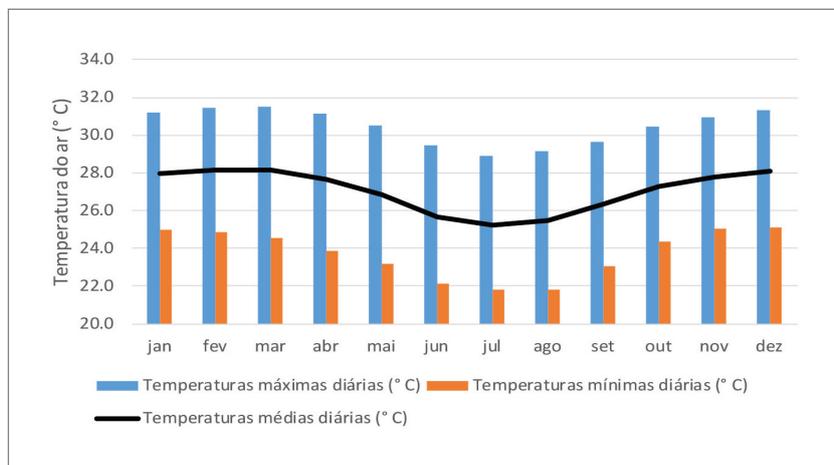


Figura 2.7 - Temperatura do ar na estação convencional João Pessoa (código 82798) do INMET. Médias mensais das temperaturas máximas (barras azuis), mínimas (barras laranjas) e médias diárias (linha preta), contabilizadas entre os anos de 2001 e 2022.

Essa informação é corroborada pelos dados horários de velocidade do vento na estação automática João Pessoa (código A320), com dados entre 2007 e 2022 (Figura 2.8). A direção predominante é de sudeste, com cerca de 42% das ocorrências. Em seguida, ocorrem ventos de leste e de sul, com aproximadamente 19% e 10% das ocorrências, respectivamente. Os ventos de sudeste também são mais intensos, variam entre ventos frescos e muito frescos na escala de Beaufort, alcançando mais de 9 m/s de valores médios horários e mais de 12 m/s nas rajadas.

Quanto aos valores médios mensais, entretanto, observa-se que na costa da Paraíba os ventos são fracos, de acordo com a escala de Beaufort. Ao longo do ano, há pouca variação de velocidade média mensal, entre 4 m/s e 5,5 m/s, sendo os meses de março e agosto os que apresentam ventos menos e mais intensos, respectivamente (Figura 2.9).

2.3. ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS DA ZONA COSTEIRA DA PARAÍBA

A plataforma continental da margem leste do Nordeste brasileiro, entre os estados de Alagoas e Rio Grande do Norte, é coberta por águas tipicamente claras, quentes e com alta salinidade. A salinidade e a temperatura médias são praticamente sempre maiores do que 36,5 g/kg e 26° C, respectivamente, caracterizando a massa d'água como Água Tropical (AT). Exceções ocorrem em poucas localidades com características particulares, como nas proximidades de desembocaduras fluviais ou de enseadas e baías semifechadas, e apresentam pouca variação sazonal. Embora seja uma região caracterizada por águas claras, devido à ausência de grandes rios, o que imprime um caráter faminto à zona costeira e à plataforma continental, a turbidez da água é maior durante o inverno, provavelmente devido à maior ação de ondas que, eventualmente, remobilizam os sedimentos depositados no leito (Zanardi-Lamardo; Schettini, 2022). Como se pode ver na Figura 2.10, a temperatura da superfície do mar (TSM) na plataforma nordestina, ao longo do ano de 2022, variou entre 25° C e 27,5° C, sendo mais quente no primeiro semestre do que no segundo.

As marés na costa paraibana, de acordo com as previsões da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (DHN/MB), para o Porto de Cabedelo, são do tipo semidiurno, com período aproximado de 12,5 h e amplitude de 2,1 m nas marés de sizígia e 1,0 m nas de quadratura. Trata-se, portanto, de uma região de mesomarés modelada pela ação de ondas, cuja atuação sobre o leito e a costa é parcialmente governada pela fase da maré.

Segundo Neves, Dominguez e Bittencourt (2001), baseado-se em dados da Marinha dos Estados Unidos da América de 1978, as frentes de onda mais

atuantes ao largo da plataforma continental nordestina são oriundas de NE, E, ESE e SE. As ondas de NE e E são mais frequentes nos meses de verão, possuem alturas significativas de 1,0 m, períodos de 5,0 s e atuam sobre o leito em profundidades menores do que 20 m. As ondas de SE e ESE, por sua vez, ocorrem mais frequentemente no inverno, tem alturas significativas de 1,5 m, períodos de 6,5 s, e passam a interagir com o leito marinho a partir de 35 m de profundidade, aproximadamente. As ondas de ESE e de SE são as mais frequentes ao longo do ano (Dominguez; Bittencourt, 1996), ocorrendo em mais de 55% do tempo, seguidas das ondas de E, com cerca de 15% de frequência e de NE, com menos de 10% (Reis, 2008).

Ao atravessarem a plataforma continental, essas ondas sofrem os fenômenos de refração e difração, que alteram localmente sua direção de propagação e, portanto, o ângulo de incidência sobre a costa. A interação das ondas com o leito e com a face de praia determina as correntes costeiras, especialmente o sentido da deriva litorânea, influenciando, consequentemente, a modelagem da linha de costa.

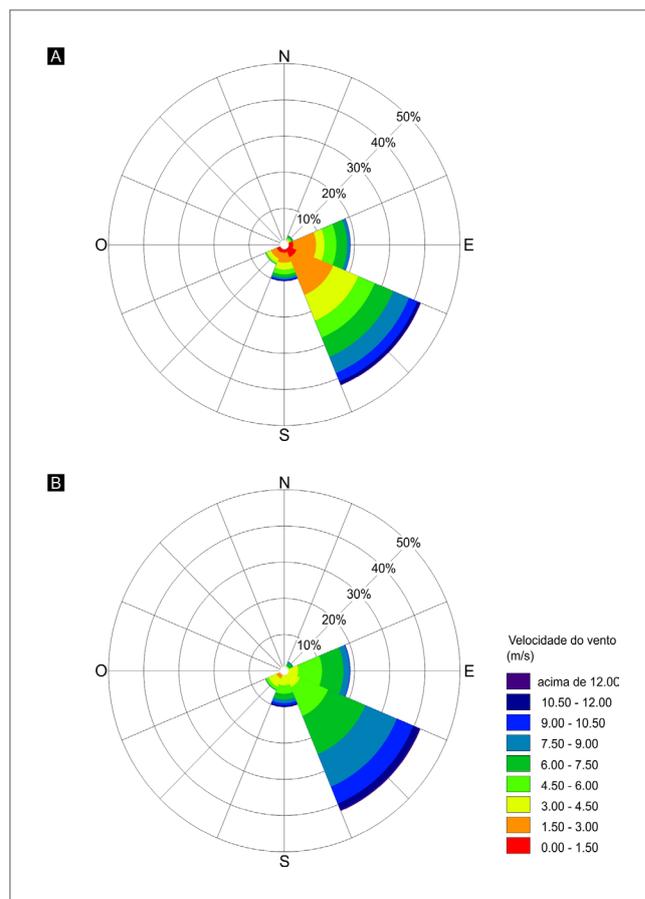


Figura 2.8 - Velocidade e direção dos ventos na estação automática João Pessoa (código A320) do INMET. (A) Velocidades médias horários e (B) velocidades máximas horários contabilizadas entre 2007 e 2022.

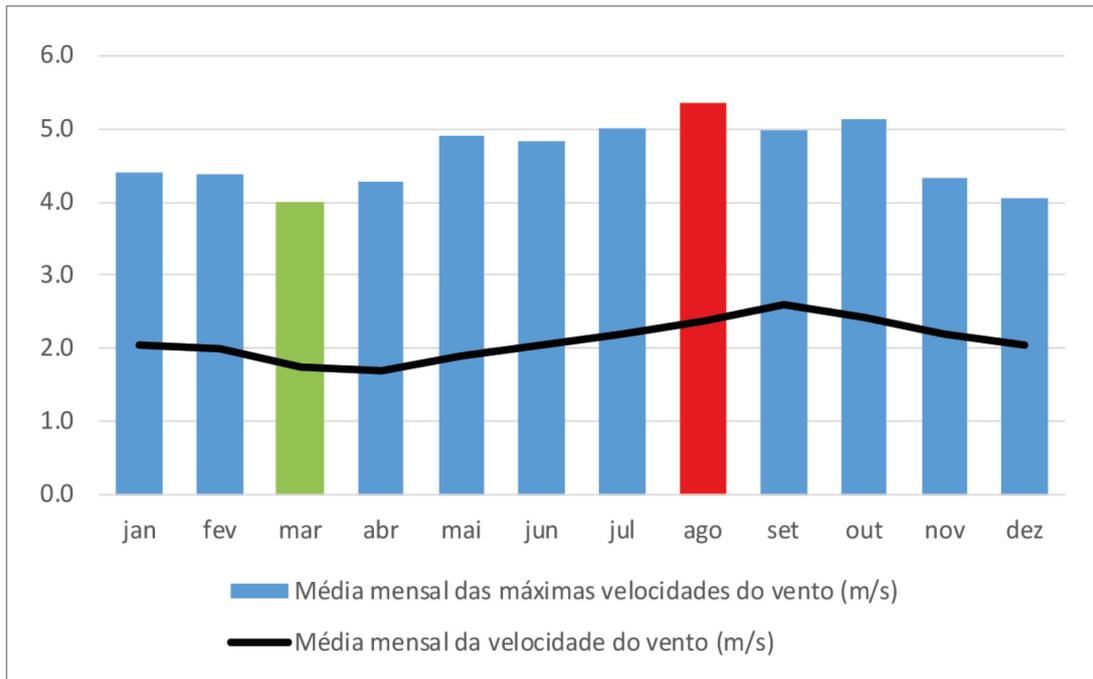


Figura 2.9 - Velocidades mensais médias e máximas do vento (m/s) na estação automática João Pessoa (código A320) do INMET, calculadas entre 2007 e 2022.

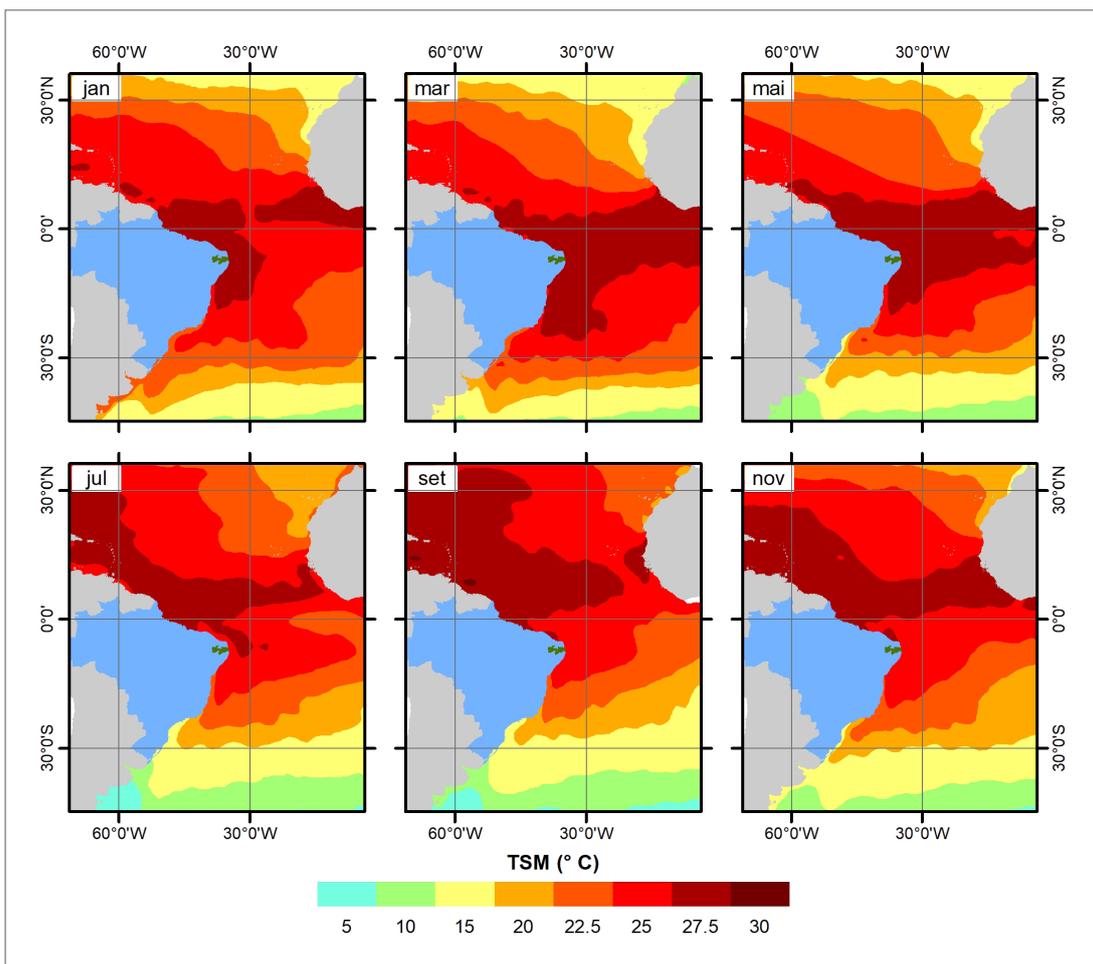


Figura 2.10 - Evolução da temperatura da superfície do mar (TSM), em graus Celsius (°C), ao longo do ano de 2022 no Oceano Atlântico Tropical (Fonte: adaptada de INMET, com dados orbitais do NCEP-NCAR/NOAA).

Na zona costeira paraibana, os ventos alísios de SE, cuja intensidade varia de fracos a muito frescos (entre 3 m/s e 12 m/s, aproximadamente) são responsáveis pela incidência de ondas provenientes da mesma direção SE. Essas ondas dão origem a correntes de deriva litorânea na face de praia, transportando sedimentos, preferencialmente, de sul para norte. Desta forma, o regime de ventos

alísios na costa paraibana atua diretamente no controle das feições do litoral, como se observa na formação das praias em zeta do compartimento II da zona costeira e nos campos de dunas do compartimento III (Figuras 3.3 e 3.4). Apenas em alguns pontos do litoral, devido a particularidades batimétricas locais, é que se observam inversão nesse sentido de transporte preferencial (Figura 2.11).

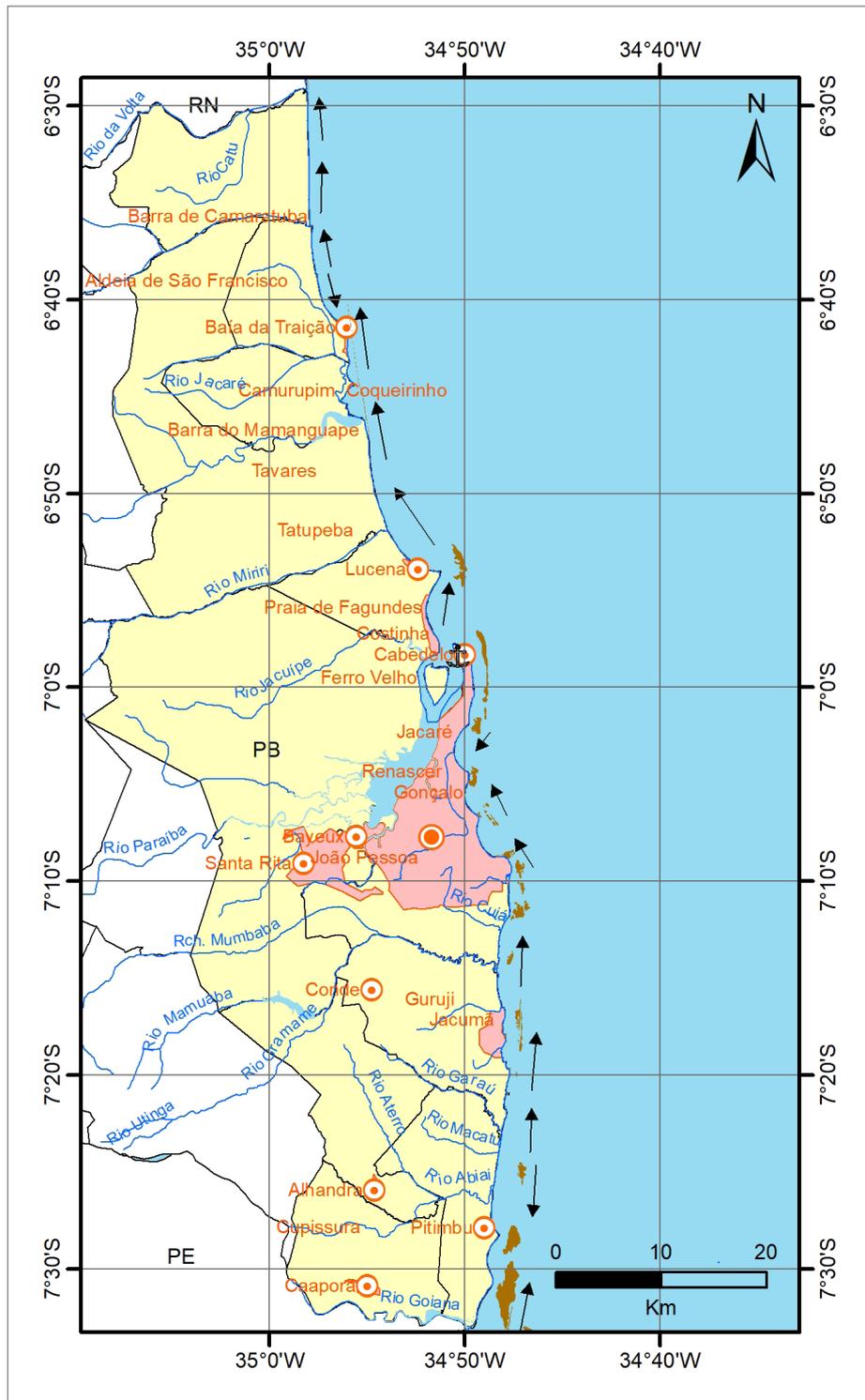


Figura 2.11 - Sentido do transporte sedimentar por deriva litorânea na costa da Paraíba (Fonte: adaptada de Dominguez e Bittencourt, 2016).

3. ZONA COSTEIRA E PLATAFORMA CONTINENTAL DA PARAÍBA

De maneira simplificada, a zona costeira (ZC) pode ser definida como zona de interação direta entre os três grandes compartimentos naturais da superfície da Terra: a atmosfera, os oceanos e os continentes. Trata-se de uma região de transição entre o continente e o mar, incluindo as terras emersas afetadas por processos marinhos e a zona marinha afetada por processos continentais (Silva *et al*, 2004; Suguio, 1998; Davidson-Arnott, 2010; Davis Jr.; Fitzgerald, 2004). No entanto, uma vez que, a cada dia, os processos atmosféricos e oceânicos são melhor compreendidos de forma integrada e em escala global, essa definição torna-se imprecisa e muito ampla.

Por outro lado, o artigo 3º do Decreto 5.300/2004, que regulamenta o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), define o conceito de forma mais inequívoca, como requer o campo jurídico, em que está inserido:

“A zona costeira brasileira (...) corresponde ao espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e uma faixa terrestre, com os seguintes limites:

I - faixa marítima: espaço que se estende por doze milhas náuticas, medido a partir das linhas de base, compreendendo, dessa forma, a totalidade do mar territorial;

II - faixa terrestre: espaço compreendido pelos limites dos municípios que sofrem influência direta dos fenômenos ocorrentes na zona costeira”.

Em seguida, em seu artigo 4º, estabelece os detalhes definidores da faixa terrestre e atribui ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e ao Ministério do Meio Ambiente (MMA) os deveres de manutenção de lista anualmente atualizada dos municípios defrontantes com o mar e componentes da zona costeira, respectivamente. Trata-se de uma definição jurídica, que atende às demandas da divisão político-administrativa brasileira, mas que não necessariamente coincide com os conceitos científicos e as feições geomorfológicas observadas na natureza.

Essas duas definições, embora distintas, se complementam no sentido de apresentar a precisão tão cara às discussões jurídicas e a materialidade necessária às discussões científicas. Neste capítulo, com base na literatura disponível, foram tratados os aspectos geográficos, geológicos e geomorfológicos da zona costeira que guardam relação com o tema central deste volume: como se distribuem e se caracterizam as feições sedimentares

da plataforma continental rasa adjacente ao estado da Paraíba e sua potencial implicação social, econômica e ambiental.

De acordo com os dados disponibilizados pelo IBGE e MMA, o estado da Paraíba tem 13 municípios em sua zona costeira, sendo 10 defrontantes com o mar, incluindo a capital João Pessoa (Figura 3.1). Ao todo, vivem nesses municípios quase 1,3 milhão de pessoas, segundo estimativa do IBGE para 2021, a maior parte (90%) concentrada na capital e nos municípios do seu entorno.

De modo geral, neste texto, o termo zona costeira será reservado à faixa terrestre da definição dada pelo decreto 5.300/2004, especialmente, à região que tem ou teve contato direto com o mar durante o Quaternário (últimos 2,6 Ga).

A faixa marítima do marco legal, por sua vez, será incluída e referida no conceito de plataforma continental. Esse termo, também, se apresenta definido de formas diferentes de acordo com o campo semântico em que é aplicado. Porém, neste texto, utilizou-se sua definição geomorfológica, segundo a qual esta é a porção mais interna e rasa da margem continental. Esta última é um prolongamento natural dos continentes em direção ao mar e se divide em plataforma, talude e sopé continentais, nessa ordem (Heezen, 1962; Nichols, 2009). A plataforma continental é uma feição aproximadamente plana e sub-horizontal, que se estende inclinada suavemente mar adentro. Seu limite externo situa-se onde a declividade aumenta abruptamente e se inicia o talude continental (Chaves; Zembruski; França, 1979). Em alguns casos, como ocorre no Setor Cabedelo da plataforma continental da Paraíba, aqui marcada pela isóbata de -50 m, a plataforma praticamente coincide com a faixa marítima da ZC (mar territorial), conforme definida no decreto 5.300/2004 (Figura 3.1), mas esta não é a regra. Ao contrário, a plataforma continental brasileira ultrapassa frequentemente a largura de 100 km nas margens norte, sudeste e sul (Coutinho, 2005), como é comum em margens continentais do tipo passiva ou atlântica. Na margem leste-nordeste, entre o Cabo Frio (RJ) e o Cabo de Calcanhar (RN), a plataforma continental brasileira apresenta suas menores larguras, praticamente não ultrapassando 40 km, com exceção da região dos bancos de Abrolhos e de Royal-Charlotte, na Bahia, e da região ao largo do litoral fluminense.

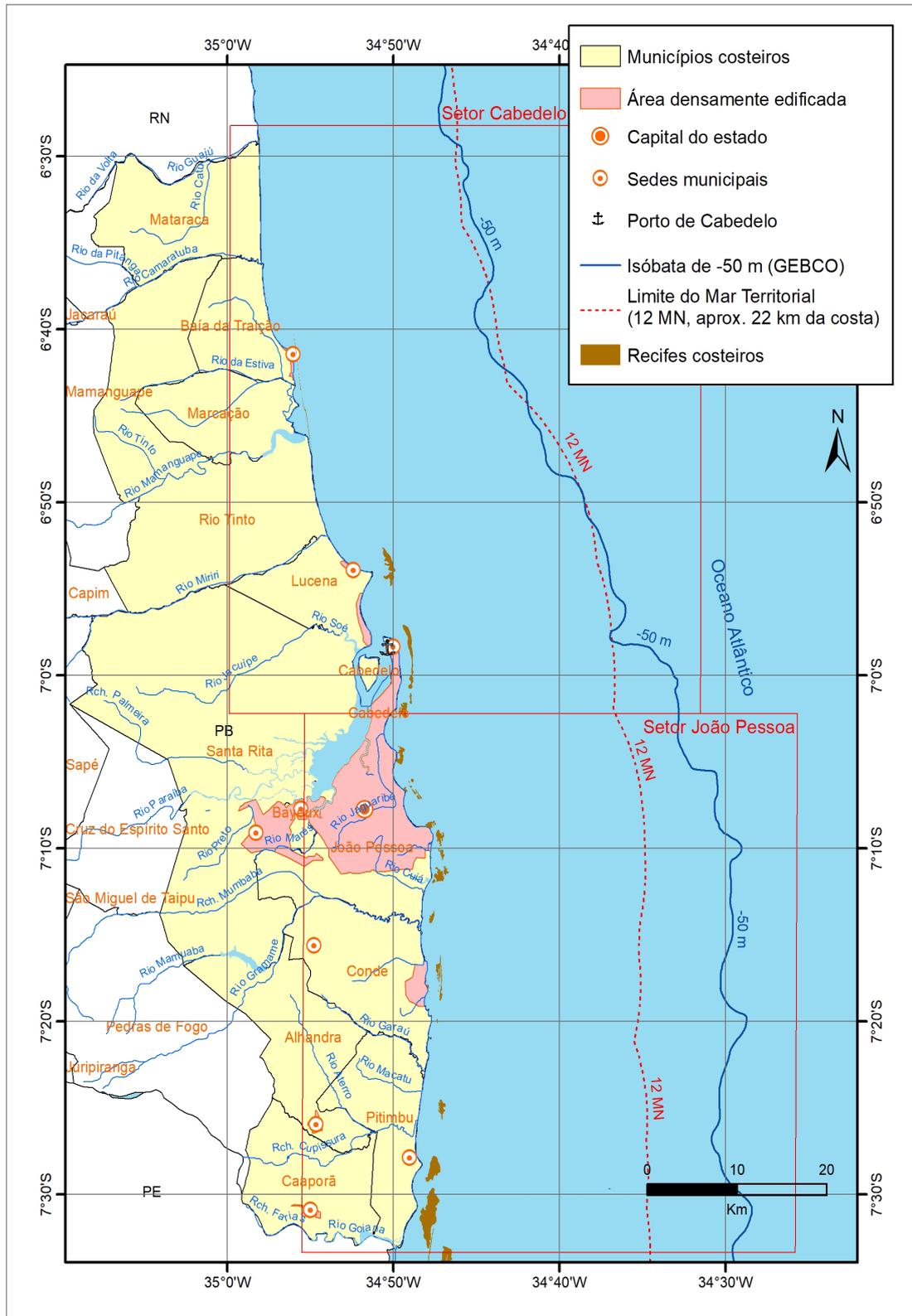


Figura 3.1 - Municípios da zona costeira da Paraíba. (Fonte: o autor)

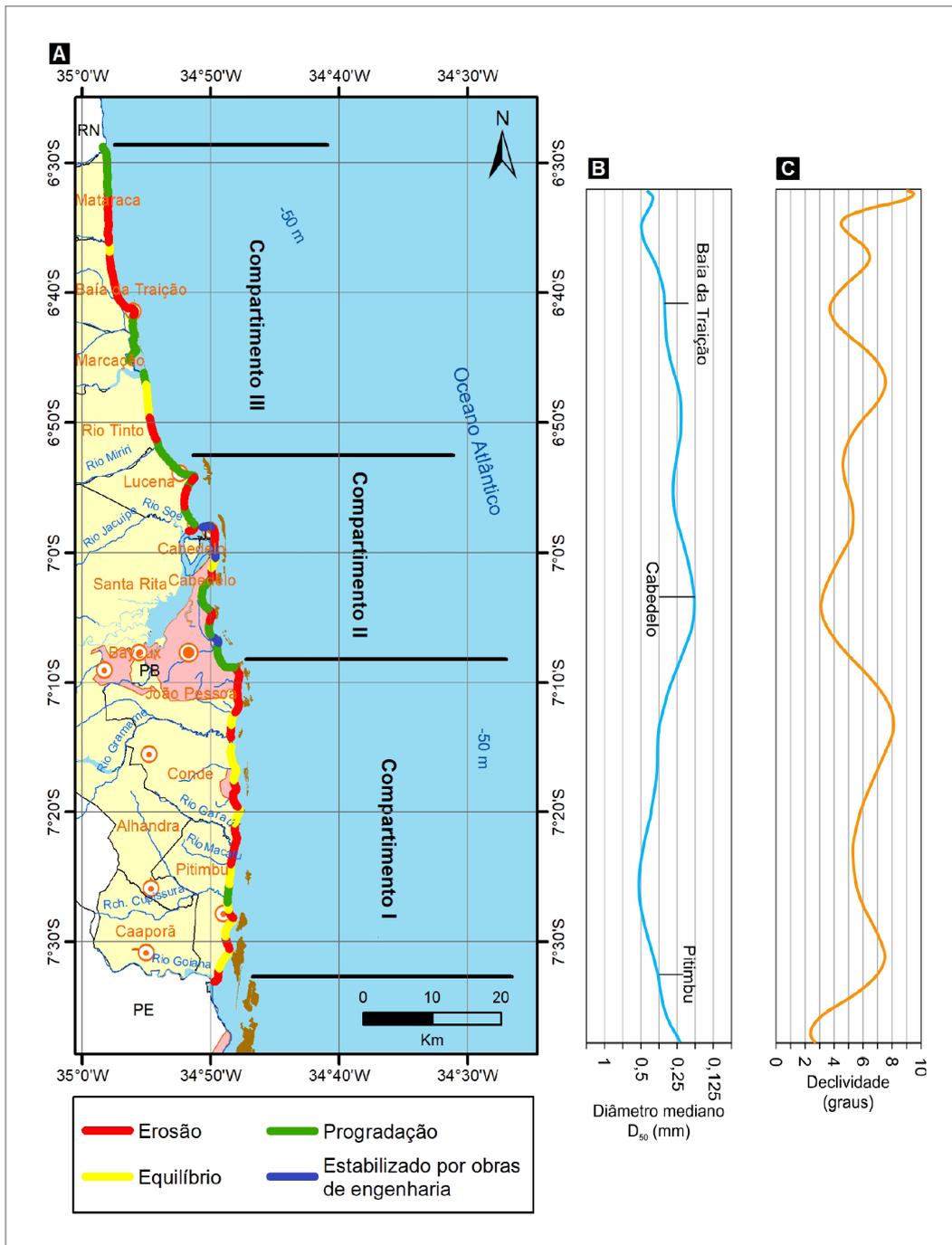
3.1. ZONA COSTEIRA DO ESTADO DA PARAÍBA

A linha de costa paraibana estende-se por, aproximadamente, 145 km, entre os estuários dos rios Goiana, município de Pitimbu, na divisa com Pernambuco ao sul, e

Guajú, município de Mataraca, na divisa com o Rio Grande do Norte. A paisagem costeira mostra cenários bastante variados, incluindo trechos já bastante urbanizados e ocupados, praias arenosas, falésias ativas e inativas, campos de dunas, pequenos estuários e recifes costeiros.

De modo geral, trata-se de uma linha de costa recortada por pequenos rios costeiros, que pouco contribuem com o aporte de sedimentos terrígenos para a linha de costa e plataforma continental. Os mais importantes sistemas estuarinos localizados na costa paraibana, em torno dos quais se formam manguezais de tamanhos variados, são o sistema estuarino do Rio Paraíba – o maior de todos que recebe contribuições dos rios Jacuípe/Soé, Engenho Novo, Preto, Marés e Jaguaribe – e, de sul para norte, os estuários dos rios Goiana, Garaú,

Gramame, Mamanguape e Camaratuba (Figura 3.1). O diâmetro mediano (D_{50}) dos sedimentos que recobrem as praias varia entre areia muito fina (0,062 - 0,125 mm) a areia grossa (0,5 - 1 mm), com uma tendência geral a serem mais finos na porção central do litoral, em torno da desembocadura do Rio Paraíba, do que no restante das praias do estado (Neves, 2003, *apud* Reis, 2008; Dominguez; Neves; Bittencourt, 2016). Consequentemente, a declividade da face de praia, em geral, tende a ser menor na porção central (Figuras 3.2b e 3.2c).



Segundo Dominguez e Bittencourt (1996), a costa nordestina, entre a foz do Rio São Francisco e os Lençóis Maranhenses, setor que inclui o litoral paraibano, apresenta tendência erosiva, evidenciada pela presença de terraços marinhos holocênicos pouco desenvolvidos, pela quase ausência de terraços marinhos pleistocênicos e pela marcante presença de rochas praias aflorendo paralelamente à costa. Contribui marcadamente para essa tendência a inexpressiva presença de rios com capacidade para aportar sedimentos terrígenos do continente para a zona costeira em quantidades significativas (Neves, 2003, *apud* Reis, 2008). Dessa forma, as praias arenosas paraibanas são formadas por sedimentos de origem local, tais como os sedimentos originados da erosão de falésias marinhas da Formação Barreiras, de idade terciária, o que resulta na exposição de unidades geológicas pretéritas ao longo da costa. Essa característica favorece a transparência das águas costeiras o que, em associação com o clima tropical e a presença na plataforma interna de rochas praias holocênicas e afloramentos rochosos mais antigos – tais como rochas sedimentares cretácicas (mais de 66 milhões de anos) da Formação Gramame (Barbosa *et al.* 2007) e miocênicas (cerca de 20-23 milhões de anos) da Formação Barreiras (Rossetti; Bezerra; Dominguez, 2013) – protegem as águas mais rasas da ação de ondas, possibilitando o desenvolvimento de recifes coralíneos e algálicos (Dominguez; Neves; Bittencourt, 2016). Outra importante fonte de sedimentos para a zona costeira e para a plataforma continental é a erosão dos recifes costeiros, que determinam o caráter carbonático da sedimentação marinha na plataforma continental do estado.

Dominguez, Neves e Bittencourt (2016) propõem uma subdivisão da zona costeira do estado da Paraíba em três compartimentos, conforme observado na Figura 3.2.

Baseando-se nessa subdivisão proposta, os compartimentos I, II e III têm as seguintes características:

Compartimento I: situado entre o município de Pitimbu, na divisa com Pernambuco, e o Cabo Branco, na capital João Pessoa (Figura 3.3a). Esse trecho é marcado pela presença de rochas praias submersas paralelas à costa e aos recifes biogênicos em franja associados (Figura 3.3b). Falésias esculpidas na Formação Barreiras, majoritariamente inativas, também se destacam no setor (Figura 3.3c). O terraço marinho é pouco desenvolvido e, apenas na extremidade sul do compartimento, podem ser observados salientes, formados na zona de sombra dos recifes costeiros (Figura 3.3d). Na porção central, destaca-se um longo trecho de praia retilínea que se estende de sul para norte, a partir do saliente de Pitimbu, passando pelo entorno das fozes dos rios

Abiaí, Macatú e Garaú até a Praia de Tambaba (Figura 3.3e). Trata-se de uma faixa de areia estreita que, de modo geral, se alarga de sul para norte (com cerca de 13 m de largura até não mais do que 50 m), indicando o sentido predominante do transporte sedimentar na linha de costa. Entre as praias de Tambaba e do Coqueirinho, no município de Conde, a zona costeira é marcada pela presença de grandes voçorocas causadas pela erosão pluvial e que ameaçam a instalação de empreendimentos imobiliários de alto padrão (Figura 3.3f). Tais feições predominam nesse pequeno trecho, mas não se restringem a ele. A partir desse ponto, ao norte, observam-se a presença de afloramentos de rochas das formações Gramame e Barreiras na linha de costa, que dão origem a pequenas enseadas em forma de zeta (ζ), corroborando o papel da ação de ondas e da deriva litorânea de sul para norte na modelagem da linha de costa (Figura 3.3g).

Compartimento II: situado no entorno da foz do Rio Paraíba, entre o Cabo Branco e a Praia de Bonsucesso no município de Lucena (Figura 3.4a). Esse trecho do litoral paraibano apresenta maior desenvolvimento da planície costeira, com a linha de costa sendo caracterizada pela presença de grandes saliências formadas na retaguarda dos recifes costeiros (Figura 3.4b) e não são observadas falésias ativas. Além dos salientes que dividem as praias da Região Metropolitana de João Pessoa (Cabo Branco, Tambaú, Manaíra e Bessa), merece destaque o esporão formado na foz do Rio Paraíba, paralelo a um longo recife de rocha praias (Figura 3.4c), que marca, provavelmente, a posição de um antigo esporão semelhante, e que oferece o abrigo necessário ao Porto de Cabedelo, o mais importante do estado.

Compartimento III: situado ao norte da Ponta de Lucena até a divisa com o Rio Grande do Norte (Figura 3.5a). Esse é o compartimento do litoral paraibano mais uniforme. De maneira geral, observa-se uma linha de costa retilínea, de orientação norte-sul, interrompida apenas pela desembocadura do Rio Mamanguape e de outros pequenos rios costeiros. O terraço holocênico é relativamente pouco desenvolvido, com faixa de areia variando em largura entre 50 m e 80 m. Os recifes biogênicos estão praticamente ausentes, com exceção de incipientes construções associadas a um longo recife de rochas praias que barram a foz do Rio Mamanguape (Figura 3.5b). Outro recife de rocha praias aflora na divisa com o Rio Grande do Norte, condicionando a distribuição de sedimentos na foz do pequeno Rio Guajú. Falésias ativas e inativas, esculpidas na Formação Barreiras, estão presentes nesse compartimento, sendo interrompidas pela planície associada ao sistema estuarino do Rio Camaratuba (Figuras 3.5c).

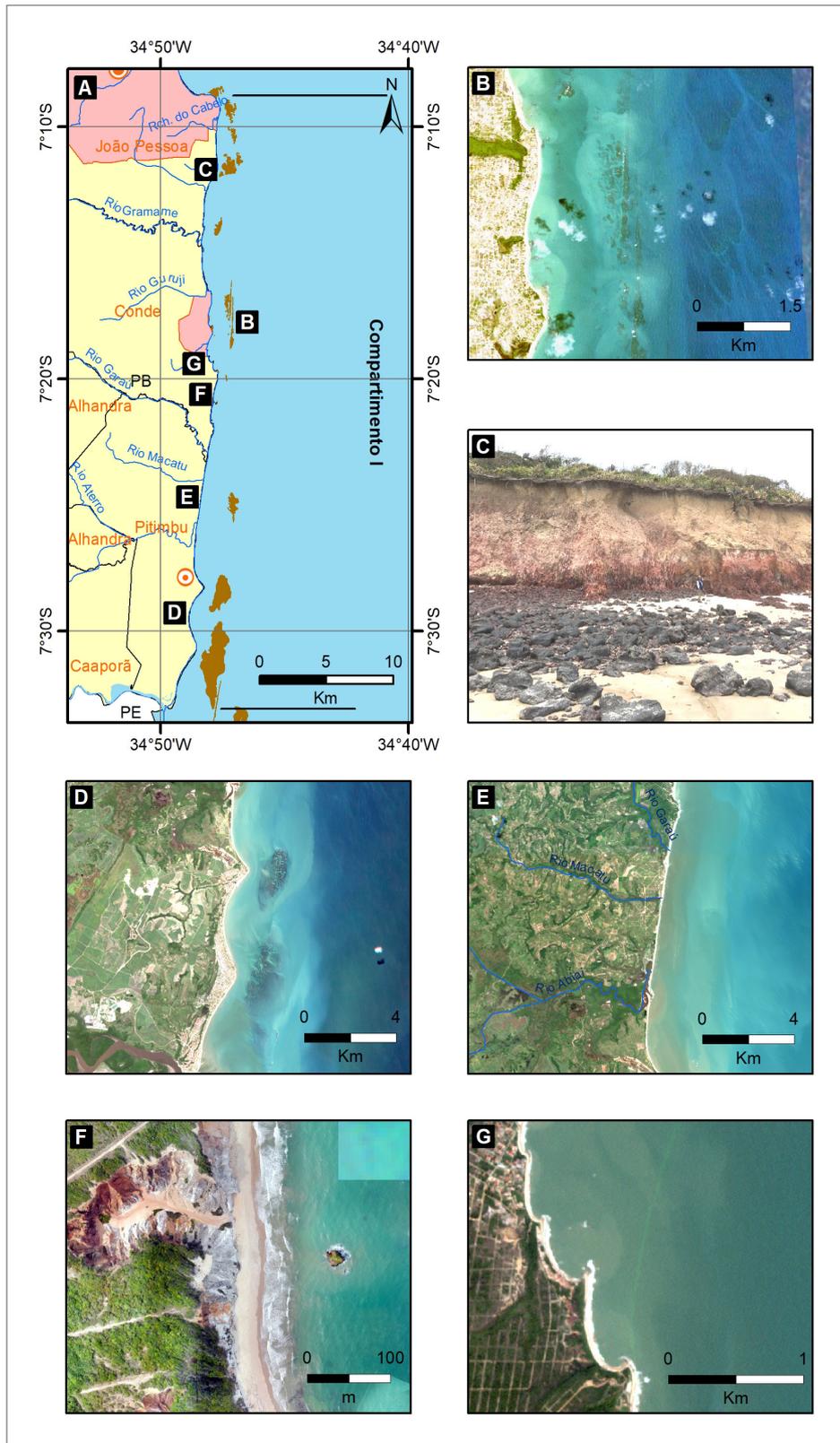


Figura 3.3 - (a) Compartimentação da costa paraibana sugerida por Dominguez, Neves e Bittencourt (2016) (compartimento I); (b) Recifes de rochas praias e biogênicos nas proximidades da Praia de Jacumã, município de Conde (Fonte: Maxar Technologies, 2014); (c) Falésias ativas na Formação Barreiras, ao sul de João Pessoa (arquivo CPRM, 2020); (d) Salientes na região de Pitimbu (Fonte: RapidEye, 2014); (e) Praia retilínea e estreita na porção central do compartimento I, ao norte de Pitimbu (RapidEye, 2014); (f) Voçorocas ameaçando empreendimentos e residências no município de Conde (Fonte: o autor); (g) Praias em zeta nas regiões de Coqueirinho e Tabatinga, município de Conde (Fonte: RapidEye, 2012).

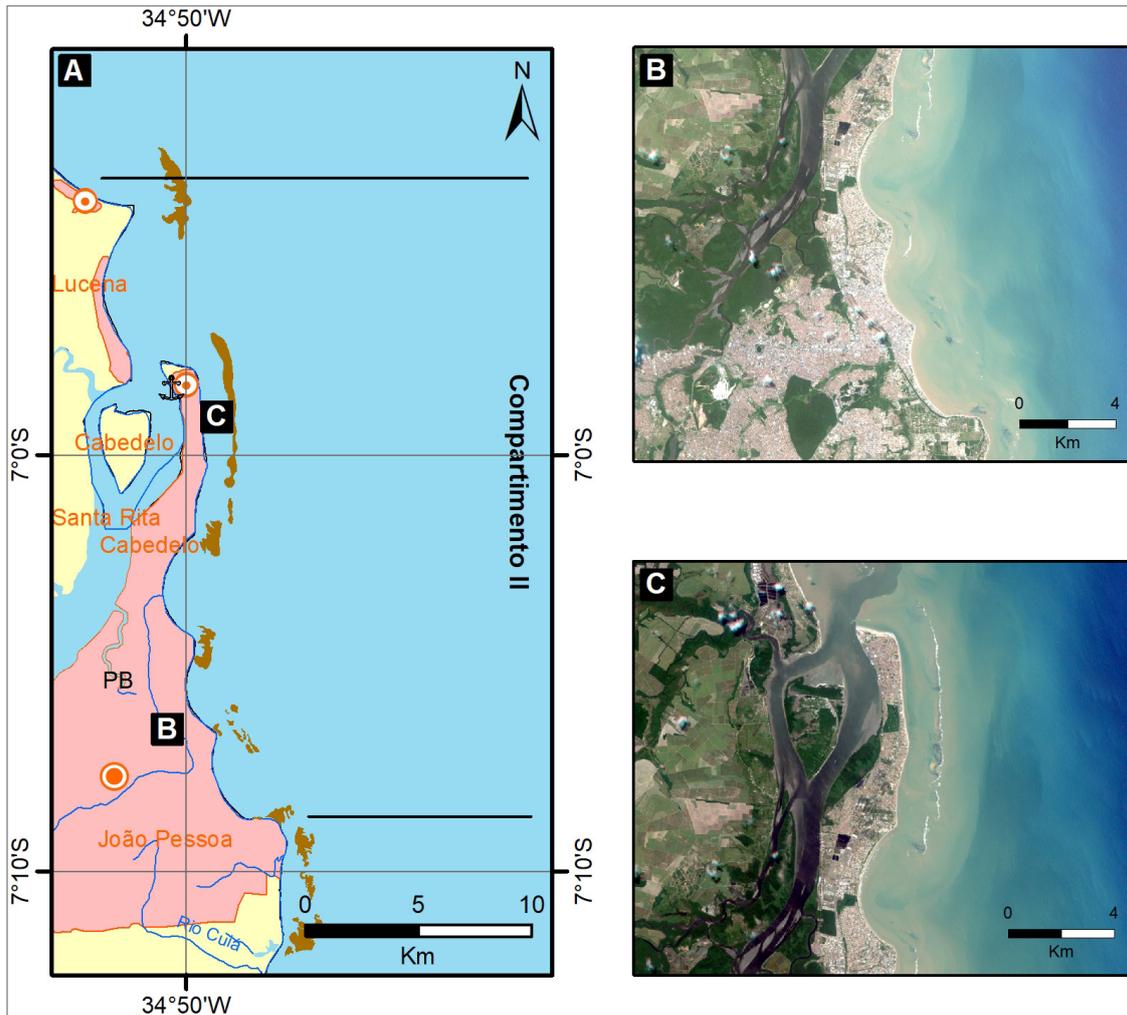


Figura 3.4 - (a) Compartimentação da costa paraibana sugerida por Dominguez, Neves e Bittencourt (2016) (compartimento II); (b) Salientes nas praias da Região Metropolitana de João Pessoa (Fonte: RapidEye, 2011); (c) Esporão na foz do Rio Paraíba e recife de rocha praiial (Fonte: RapidEye, 2011).

Finalmente, o trecho ao norte da localidade de Barra de Camaratuba, município de Mataraca, até a divisa com o Rio Grande do Norte, campos de dunas, formados a retaguarda do pós-praia e alongados em direção sudeste-noroeste (Figura 3.5d), indicam que os ventos predominantes, provavelmente, são responsáveis pela remoção de sedimentos da plataforma depositados no prisma praiial pela ação das ondas. A presença de parques de usinas eólicas de geração de energia e a orientação dos rotores, também, são um indicativo da constância e predominância de ventos de sudeste (Figura 3.5e).

3.2. PLATAFORMA CONTINENTAL DO NORDESTE BRASILEIRO

Um dos primeiros estudos sobre feições da plataforma continental do Nordeste brasileiro foi o trabalho de Charles Darwin, de 1841, que descreve os recifes de rochas praiiais que protegem a costa na Região

Metropolitana do Recife, em Pernambuco (Darwin, 1841). Entretanto, transcorreu mais de um século para que a plataforma continental nordestina do Brasil passasse a ser pesquisada em escala regional. Os estudos sistemáticos sobre a morfologia e sedimentologia da região iniciaram-se na década de 1960, intensificando-se na década seguinte, com trabalhos de pesquisadores, principalmente, ligados ao Instituto Oceanográfico do Recife (atualmente Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco), com apoio da Superintendência para o Desenvolvimento do Nordeste (Sudene) e da Marinha do Brasil (e.g. Kempf; Coutinho; Morais, 1968; Coutinho; Morais, 1970; Kempf, 1970; Kempf; Mabeoone; Tinoco, 1970; Mabeoone; Coutinho, 1970; Milliman; Summerhayes, 1975; França; Coutinho; Summerhayes, 1976).

Tomando a plataforma pernambucana como exemplo, Kempf, Mabeoone e Tinoco (1970) propõem um perfil típico para a região que se estende desde Maceió (AL) até o Cabo São Roque (RN), onde seria observada

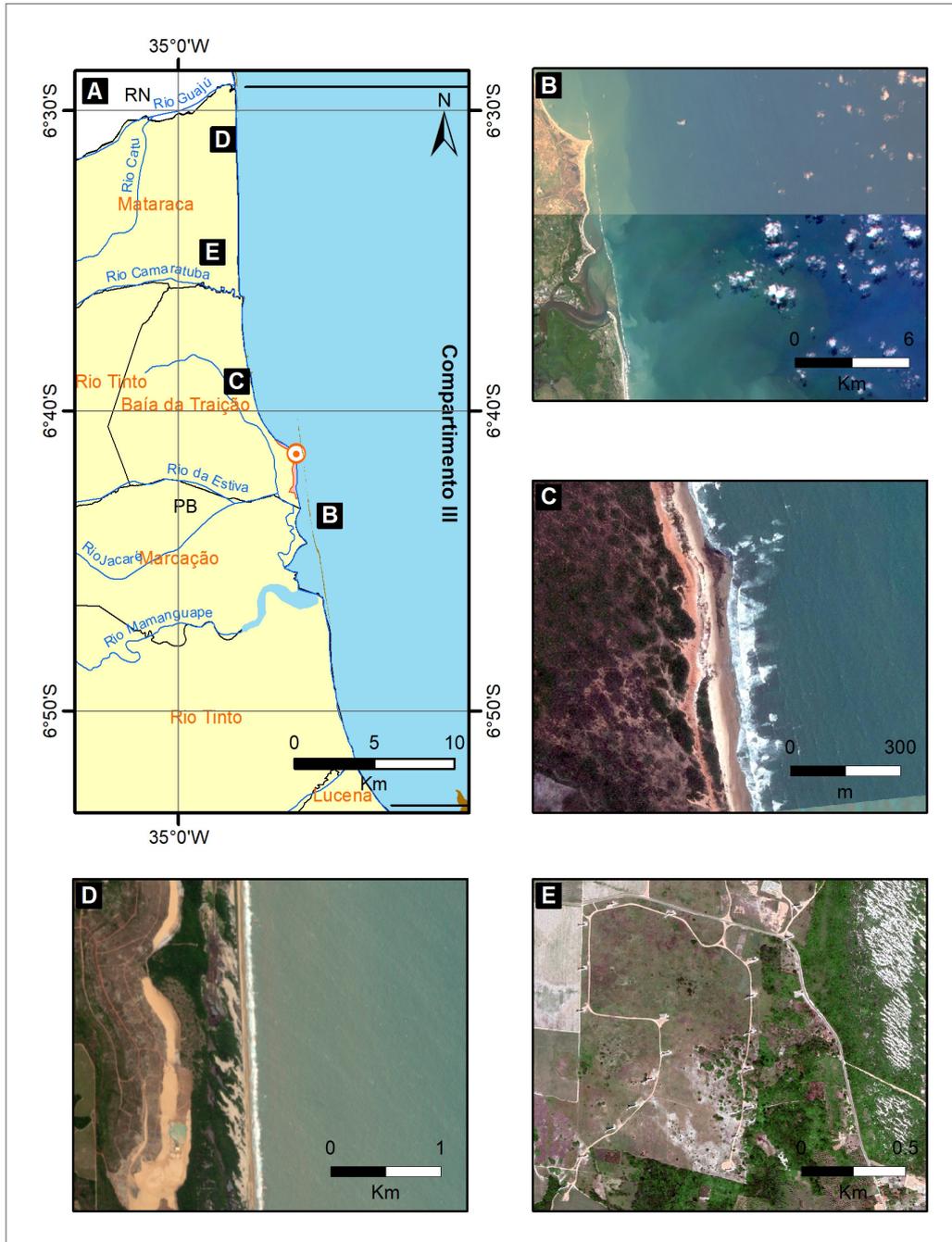


Figura 3.5 - (a) Compartimentação da costa paraibana sugerida por Dominguez, Neves e Bittencourt (2016) (compartimento III); (b) Rocha praial na foz do Rio Mamanguape (Fonte: RapidEye, 2012, 2015); (c) Falésia com trechos ativos e inativos no município de Baía da Traição (Fonte: RapidEye, 2012); (d) Campos de dunas com movimentação recente depositados sobre a vegetação dos pós-praias no trecho mais ao norte da costa paraibana (Fonte: RapidEye, 2014); (e) Parques de usinas eólicas de geração de energia ao norte do Rio Camaratuba (Fonte: Maxar Technologies, 2020).

a seguinte sucessão de faixas de substratos marinhos subparalelas à costa, a partir da zona praial emersa em direção ao mar aberto (Figura 3.6):

(1) Areia quartzosa de origem terrígena com eventuais intercalações lamosas ricas em matéria orgânica;

(2) Recifes costeiros submersos ou semisubmersos com cobertura viva de corais e algas calcárias incrustantes, assentados sobre prováveis recifes de rochas praiais (*beachrocks*);

(3) Areia com significativa presença de fragmentos cascalhosos de carbonatos biogênicos;

(4) Faixa de transição; e

(5) Algas calcárias com dominância de espécies de rodófitas coralíneas de vida livre e formas ramificadas ou incrustantes que formam rodólitos maciços, com significativa presença de esqueletos de algas calcárias verdes do gênero *Halimeda*.

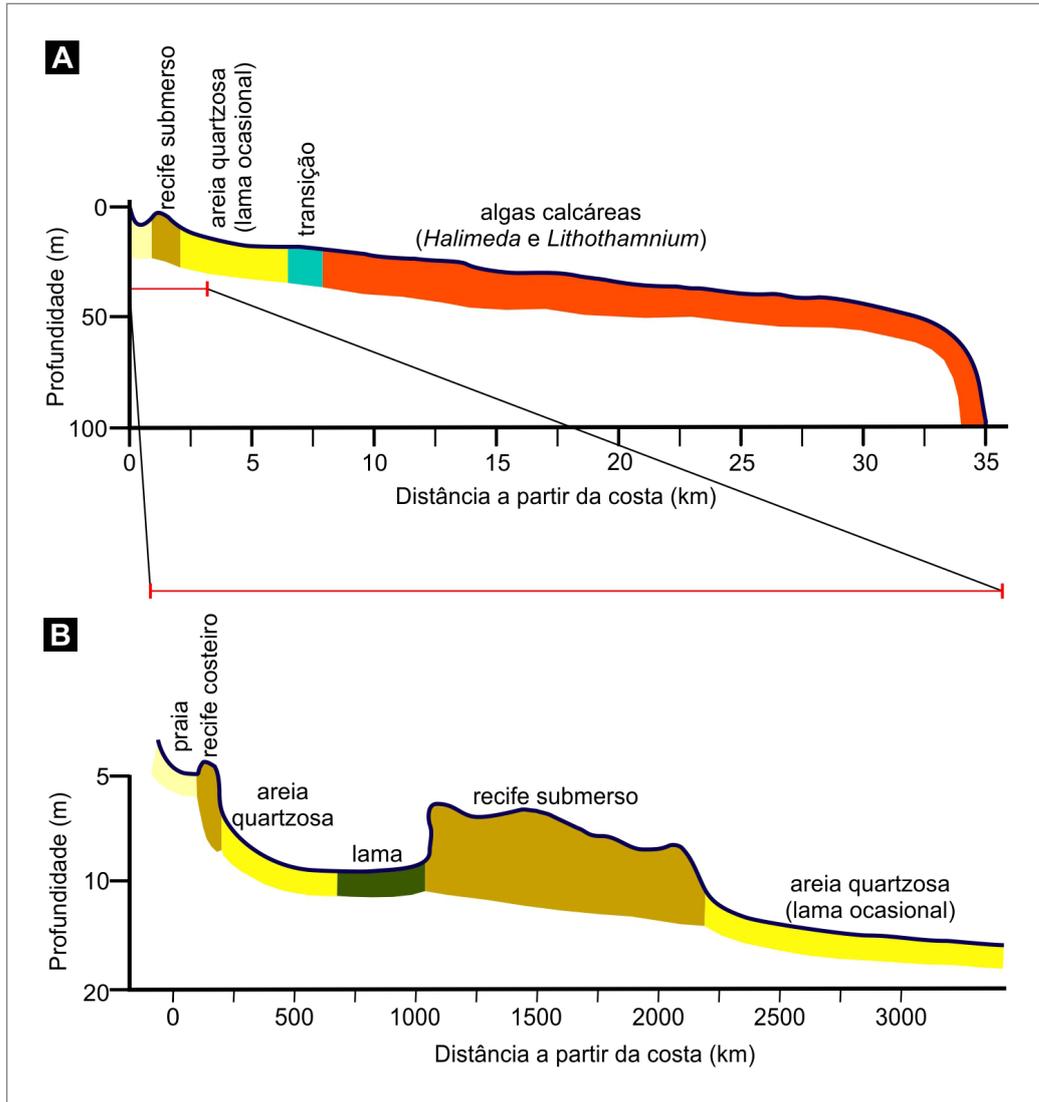


Figura 3.6 - Perfil típico dos substratos marinhos da costa nordestina, a partir de observações feitas ao largo de Recife e região metropolitana (Fonte: adaptado de Kempf, Mabesoone e Tinoco, 1970).

A largura de cada uma dessas faixas varia de acordo com a localidade, mas a sucessão e as características gerais dos substratos se mantêm praticamente ao longo de toda a plataforma da região.

No mesmo ano de 1970, Mabesoone e Coutinho sugerem uma distribuição faciológica na plataforma continental norte e nordeste brasileira, corroborando com a proposta de Kempf (1970). Esses autores sugerem a ocorrência das seguintes fácies na plataforma oriental nordeste:

(1) **Fácies litorânea:** fácies mais próxima da costa, composta não somente por sedimentos quartzosos de origem continental, mas também por significativa presença de componentes biogênicos. De forma geral, além de areias praias, essa fácies inclui depósitos locais de sedimentos lamosos e recifes costeiros, e as transições entre essas diferentes subfácies podem ocorrer de forma abrupta em poucos metros.

a. **Subfácies arenosa:** limitada entre a costa e as profundidades nunca maiores do 20 m. É rica em siliciclastos na fração arenosa (diâmetros entre 0,063 mm e 2 mm), moderadamente ou bem selecionados, com formas angulares a bem arredondadas, também inclui fragmentos de bioclastos em quantidades significativas, embora nunca dominantes.

b. **Subfácies lamosa:** em locais de águas calmas, na desembocadura de pequenos rios costeiros e entre os recifes, podem ocorrer depósitos com mais de 75% de sedimentos lamosos (diâmetros menores do que 0,063 mm) de origem terrígena, com dominância de caulinita (silicato hidratado de alumínio) e menores quantidades de illita (filossilicato hidratado de magnésio, ferro e alumínio) e montmorilonita (silicato hidratado de alumínio, magnésio e cálcio).

c. **Subfácies recifal:** feição com presença marcante em todo o litoral oriental nordestino entre Alagoas e Rio Grande do Norte. Esses recifes ocorrem tanto na face de

praia como submersos total ou parcialmente na plataforma continental. Frequentemente, são formados a partir de rochas praias de textura arenítica (*beachrocks*), que marcam posições pretéritas da linha de costa, e sobre os quais crescem organismos bioconstrutores, tais como: corais, algas calcárias incrustantes e vermetídeos.

(2) **Fácies biodetrítica:** sedimentos lamosos a arenosos marcados pela dominância de fragmentos de organismos e pela quase ausência de quartzo. Quando encontrada nas proximidades de desembocaduras fluviais, a fração lamosa dessa fácies pode apresentar até cerca de 40% de grãos de origem terrígena. A parte não terrígena, sempre presente, é composta por uma lama carbonática originada, principalmente, da desagregação bioquímica dos esqueletos de organismos, tais como: corais e algas calcárias.

(3) **Fácies algálica:** com forte dominância de sedimentos com granulometria entre areia grossa e seixos (entre 0,5 mm e 64 mm de diâmetro), a fácies é praticamente composta apenas (mais de 90%) por algas calcárias dos gêneros *Lithothamnion*, *Lithophyllum* e *Halimeda* e seus fragmentos. Embora pudesse ser parte da fácies biodetrítica, a ampla distribuição e a dominância na plataforma continental oriental nordestina da fácies algálica, especialmente em profundidades maiores do que 20 m, permitem sua individualização e mapeamento.

(4) **Fácies mistas:** ocorrem nas zonas de transição entre regiões caracterizadas por outras fácies. Podem ser basicamente de dois tipos, embora, segundo os autores,

apenas um deles tenha presença marcante na região oriental da plataforma nordestina. Nessa região, a fácies mista, litoral e biodetrítica, ocorre em faixas estreitas, principalmente, onde as areias terrígenas da fácies litoral alcançam distâncias maiores a partir da costa, tal como no entorno da foz do Rio São Francisco.

A Figura 3.7, adaptada de Coutinho e Morais (1970), mostra a distribuição dessas fácies, em escala regional, entre o município do Recife e o estado do Maranhão.

Baseando-se na morfologia e sedimentologia da plataforma continental nordeste do Brasil, Coutinho (1976) propôs uma compartimentação batimétrica bem definida da plataforma em escala regional, que tem sido amplamente empregada, desde então, pela comunidade acadêmico-científica brasileira (e.g. Vital, 2010; Goes; Ferreira Jr., 2017; Manso; Corrêa; Guerra, 2003) e, também, nos mais recentes trabalhos do Serviço Geológico do Brasil (e.g. Amaral *et al.*, 2020; Bezerra *et al.*, 2022; Valle *et al.*, 2020). Embora as características apontadas pelo autor não possam ser plenamente confirmadas em trabalhos e levantamentos em escalas mais detalhadas, trata-se de um esquema de classificação de fácil operacionalização, visualização e compreensão, além de guardar relativa conformidade com as feições morfossedimentares observadas em cada trecho. A plataforma continental nordestina fica, então, dividida nos seguintes trechos:

Plataforma interna: localizada entre a costa e a profundidade de 20 m. Apresenta relevo suave, com irregularidades apenas devido à presença de recifes.

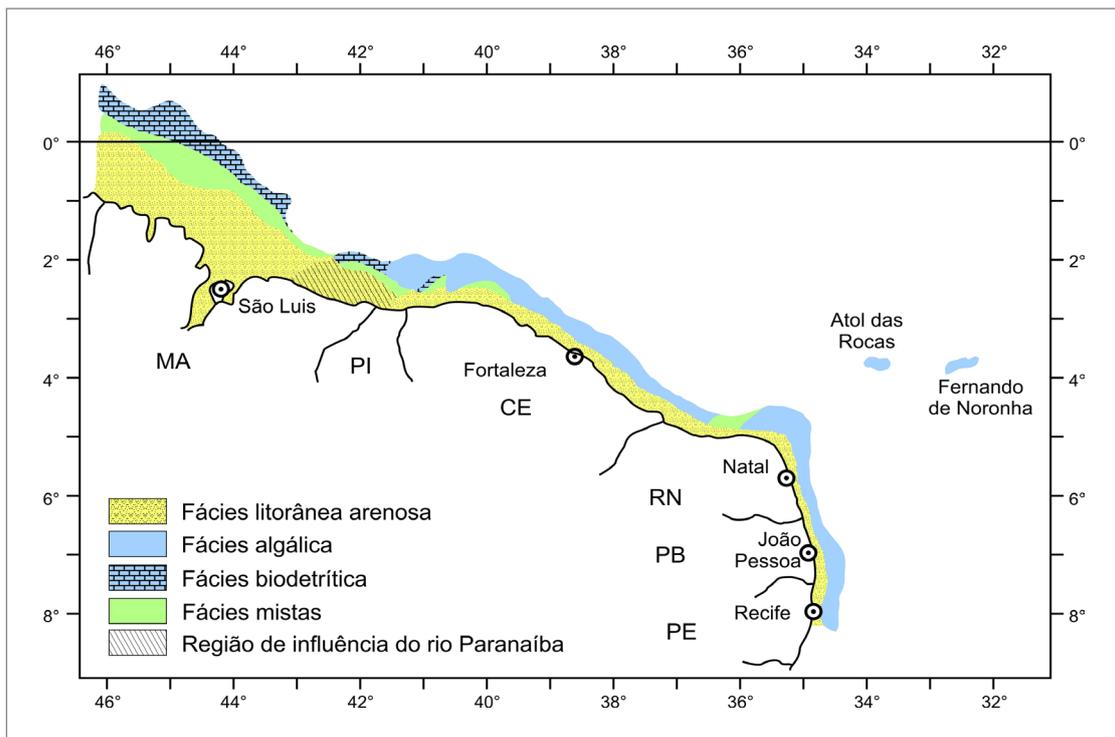


Figura 3.7 - Distribuição das fácies sedimentares na plataforma continental brasileira entre Pernambuco e o Maranhão. (Fonte: adaptada de Coutinho e Morais, 1970).

A cobertura sedimentar é marcada pela dominância de areias de origem continental com muito pouca lama ou cascalho. Via de regra, o teor de carbonato de cálcio não ultrapassa 20%¹ e os componentes bióticos (especialmente, fragmentos de conchas de moluscos e esqueletos de algas calcárias) apresentam sinais de retrabalhamento pela ação de ondas e correntes costeiras.

Plataforma média: entre as profundidades de 20 m e 40 m, a plataforma média apresenta relevo mais acidentado e cobertura sedimentar marcada pela dominância de cascalhos biogênicos, com destaque para a presença de algas calcárias vermelhas, maciças ou ramificadas e muitas vezes ainda vivas e com pouco ou nenhum sinal de retrabalhamento. Os teores de carbonato de cálcio nos sedimentos superficiais, frequentemente, superam 90% em massa.

Plataforma externa: situado a partir da profundidade de 40 m até a quebra da plataforma, esse trecho é coberto por sedimentos arenosos biodetríticos, oriundos da desagregação dos esqueletos de algas calcárias verdes e vermelhas. Os teores de carbonato de cálcio superam 75% e os teores de lama aumentam em direção à quebra da plataforma, podendo chegar a cerca de 40% no talude superior. Destaca-se a marcante presença de *Halimeda* e os fragmentos apresentam fortes sinais de retrabalhamento, indicando tratar-se de sedimentos relíquias, pois, atualmente, a influência de agentes hirdodinâmicos mais energéticos (ondas e correntes costeiras) é praticamente insignificante nessas profundidades.

3.2.1. Plataforma continental da Paraíba

Assim como ocorre em quase todo restante da plataforma continental nordestina – especialmente no trecho oriental, compreendido entre Alagoas e Rio Grande do Norte –, a plataforma adjacente ao estado da Paraíba é estreita e rasa, coberta por águas quentes, cristalinas e com elevada salinidade e o seu leito é recoberto por sedimentos arenosos e cascalhosos, predominantemente carbonáticos biogênicos ou detríticos, formados essencialmente pelos esqueletos de algas calcárias e seus fragmentos (Barbosa, 1989; Fonteles, 1999; Kempf;

Coutinho; Morais, 1968). A largura da plataforma paraibana diminui de sul para norte, tendo cerca de 18-20 km na divisa com o Rio Grande do Norte e 35-38 km na divisa com Pernambuco (Figura 3.8). A quebra da plataforma ocorre em torno de 50-60 m de profundidade. A declividade média varia de 2,5 m/km, no extremo norte, até 1,3 m/ km, no extremo sul.

Segundo Fonteles (1999), as principais características morfológicas da plataforma continental paraibana são: (i) a presença de recifes de rochas praias recobertos por algas calcárias e corais na plataforma interna, especialmente ao sul do município de Rio Tinto e na desembocadura do Rio Mamanguape, que afetam os processos morfodinâmicos costeiros e, portanto, controlam a distribuição faciológica nesse trecho, influenciando a modelagem da linha de costa; e (ii) a suavidade do relevo para além dos recifes, onde observam-se poucos paleocanais que influenciam apenas modestamente a morfologia da plataforma.

Ainda segundo a mesma autora, a partir de observações feitas na antiga Carta 800 da DHN (*apud* Fonteles, 1999), a plataforma interna é mais larga do que as plataformas média e externa, e tem largura aproximadamente constante ao longo de todo o litoral, sendo que no extremo norte as isóbatas de -5 m e -10 m se aproximam bastante da costa. Presumivelmente, o estreitamento da porção mais rasa da plataforma interna estaria relacionado à ausência de recifes costeiros (Barbosa, 1989), o que dificultaria o aprisionamento de sedimentos terrígenos junto à costa. O aporte de sedimentos de origem continental e a maior disponibilidade para ser transportado mar adentro, também, estariam relacionados à suavização do relevo no setor mais ao norte da plataforma ao preencher os eventuais paleocanais esculpados na plataforma interna da extremidade norte do litoral paraibano.

Observando-se a batimetria constante das mais atualizadas cartas DHN 22100 e 22200 mostradas na Figura 3.8, a plataforma média é mais larga no extremo sul da costa paraibana, estreitando-se para norte, ao passo que a plataforma externa tem largura aproximadamente constante, sendo significativamente mais estreita do que os demais trechos.

Ao sul da capital João Pessoa, as plataformas interna e média apresentam relevo mais irregular em comparação com o que se observa ao norte, com relevo pré-pleistocênico preservado devido à indisponibilidade de sedimentos terrígenos. Segundo Barbosa (1989), destacam-se os paleocanais associados aos rios Goiana e Paraíba, observáveis a partir da isóbata de -15 m.

¹ O trabalho citado de Coutinho (1976) baseia-se nas plataformas de Alagoas e Sergipe para a proposição da setorização da plataforma continental nordestina. Provavelmente, devido à influência do Rio São Francisco, que despeja grande quantidade de sedimentos terrígenos na costa, o valor limitante superior de 20% de carbonato de cálcio nos sedimentos da plataforma interna é subestimado em outros pontos do litoral do Nordeste brasileiro. Trabalhos mais recentes (e.g. Assis *et al.*, 2014; Valle *et al.*, 2020; Amaral *et al.*, 2020; e Bezerra *et al.*, 2022) mostram a ocorrência de sedimentos com maiores teores de CaCO₃ mesmo na plataforma interna, devido a quase ausência de rios costeiros de grande capacidade de aporte sedimentar para a zona costeira.

4. MÉTODOS

As atividades desenvolvidas no mapeamento da plataforma continental rasa da Paraíba, foram realizadas em parceria entre a Divisão de Geologia Marinha (DIGEOM) do Serviço Geológico do Brasil e o Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada (LGMA) da UFC, sob a coordenação de pesquisadores da Superintendência Regional do Recife (SUREG-RE) do SGB. O planejamento e a pesquisa de campo foram coordenados e executados pela equipe do LGMA, com a participação eventual de pesquisadores do SGB. O processamento de dados batimétricos e as análises laboratoriais de granulometria e teores de CaCO_3 foram realizados nas dependências do LGMA. Os tratamentos estatísticos e geoestatísticos, bem como a interpretação que levaram à confecção das cartas faciológicas da plataforma continental rasa da Paraíba, nos setores João Pessoa e Cabedelo, ficaram a cargo dos pesquisadores do SGB.

Os trabalhos foram realizados de acordo com as metodologias que se apresentam a seguir.

4.1. BATIMETRIA

Para fins de representação cartográfica na escala 1:100.000, a pesquisa na plataforma continental rasa da Paraíba foi dividida em dois setores aproximadamente coincidentes com a região marinha adjacente às cartas planialtimétricas da SUDENE na mesma escala:

- Setor Cabedelo (folha SB.25-Y-A-VI Cabedelo): setor norte do litoral paraibano, entre os municípios de Cabedelo e Mataraca, na divisa com o Rio Grande do Norte.

- Setor João Pessoa (folha SB.25-Y-C-III João Pessoa): setor sul do litoral da Paraíba, entre os municípios de João Pessoa e Pitimbu, na divisa com Pernambuco.

4.1.1. Amostragem

O levantamento batimétrico no Setor Cabedelo foi realizado a bordo no Navio Balizador Comandante Manhães, da Marinha do Brasil (MB), em duas pernadas entre julho e outubro de 2009. Nessa etapa, ao todo, foram levantados 33 perfis batimétricos perpendiculares à costa, desde as menores profundidades seguras à navegação até a isóbata aproximada de -30 m e espaçados entre si de aproximadamente 2 km (Figura 4.1). O navio contava com ecobatímetro monofeixe do modelo EDO 185. Seguindo as exigências de segurança à navegação adotadas pela tripulação da MB, a embarcação evitou navegar em profundidades menores do que 10 m.

No Setor João Pessoa, os dados foram levantados entre agosto e setembro de 2011, com a embarcação Oliveira II, uma traineira de pesca. A menor dimensão da embarcação permitiu que se pudesse coletar em estações mais rasas do que aquelas do Setor Cabedelo. A embarcação contava com uma vídeo sonda monofeixe Furuno GP-1650F e GPS Furuno GP25SG. Nessa etapa, foram realizados 36 perfis perpendiculares à costa, espaçados entre si de cerca de 1 km a 2 km, alcançando profundidades entre 5 m e 38 m (Figura 4.2).

4.1.2. Processamento dos dados

As coordenadas geográficas foram coletadas no *datum* WGS84 e, posteriormente, convertidas para SIR-GAS2000, no ArcGis 10.8, nos laboratórios do SGB. Os dados de profundidade foram coletados em metros e os dados espúrios foram removidos. Em seguida, passaram por correção quanto aos efeitos da maré em relação aos dados de maré prevista para o Porto de Cabedelo, disponibilizados pelo Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil (CHM) e interpolados no *software* Excel por polinômios de grau 2 ou 3, para que apresentasse melhor ajuste para as datas do levantamento. Ademais, após a remoção dos dados espúrios e correções de maré, os dados batimétricos adquiridos em campo passaram por um filtro do tipo passa-baixa, de modo a minimizar os efeitos dos movimentos de mais alta frequência da embarcação, causados por ondas e pelo vento.

Para complementação das informações batimétricas e melhor fechamento das superfícies de interpolação, foram adicionadas, ao conjunto de dados de campo, cotas batimétricas digitalizadas das cartas náuticas 20 (Costa leste da América do Sul), 806 (Proximidades do Porto de Cabedelo) e 810 (Porto de Cabedelo). Esse procedimento foi particularmente adotado e útil nas regiões mais rasas, onde as embarcações não conseguiam condições seguras de navegação, e nas regiões mais profundas, além da área delimitada para a pesquisa. Com o mesmo intuito, a linha de costa aproximada foi digitalizada a partir de imagens orbitais LANDSAT-7 na órbita 214 e ponto 065, e aos seus pontos foi atribuída a cota zero. Procedimento análogo foi adotado para os recifes emersos identificáveis em imagens orbitais RapidEye.

Dessa forma, para a geração dos modelos digitais de terreno, foram utilizadas as cotas batimétricas corrigidas para as estações de amostragem geológica e as

cotas digitalizadas conforme descrito anteriormente. No *software* Surfer® 8, foi construída uma malha regular com equidistância de 375 m entre os pontos, cerca de ¼ da malha amostral. Os valores da batimetria nos pontos da malha foram estimados pelo algoritmo da krigagem universal do Surfer® 8, com tendência linear e

sem anisotropia. Em seguida, a malha de pontos foi reinterpolada no ArcGIS® 10, utilizando a ferramenta *Geostatistical Wizard* e o interpolador polinomial local (*spline*), que suaviza a superfície, passando exatamente por todos os pontos da malha. A partir dessa superfície, foram extraídas as isóbatas a cada 2 m e suavizadas, para fins

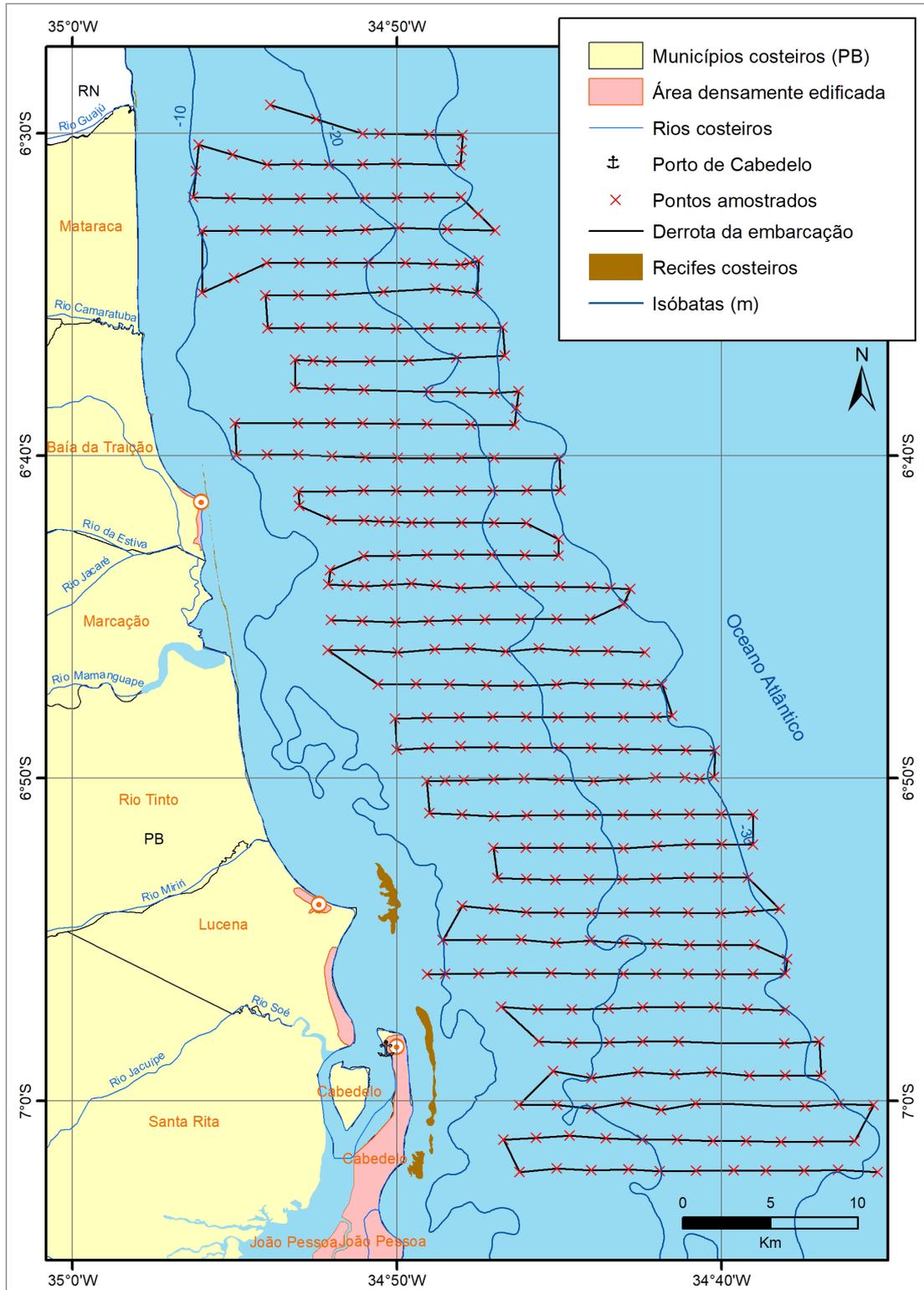


Figura 4.1 - Derrota da embarcação e estações de coleta no Setor Cabedelo. (Fonte: o autor).

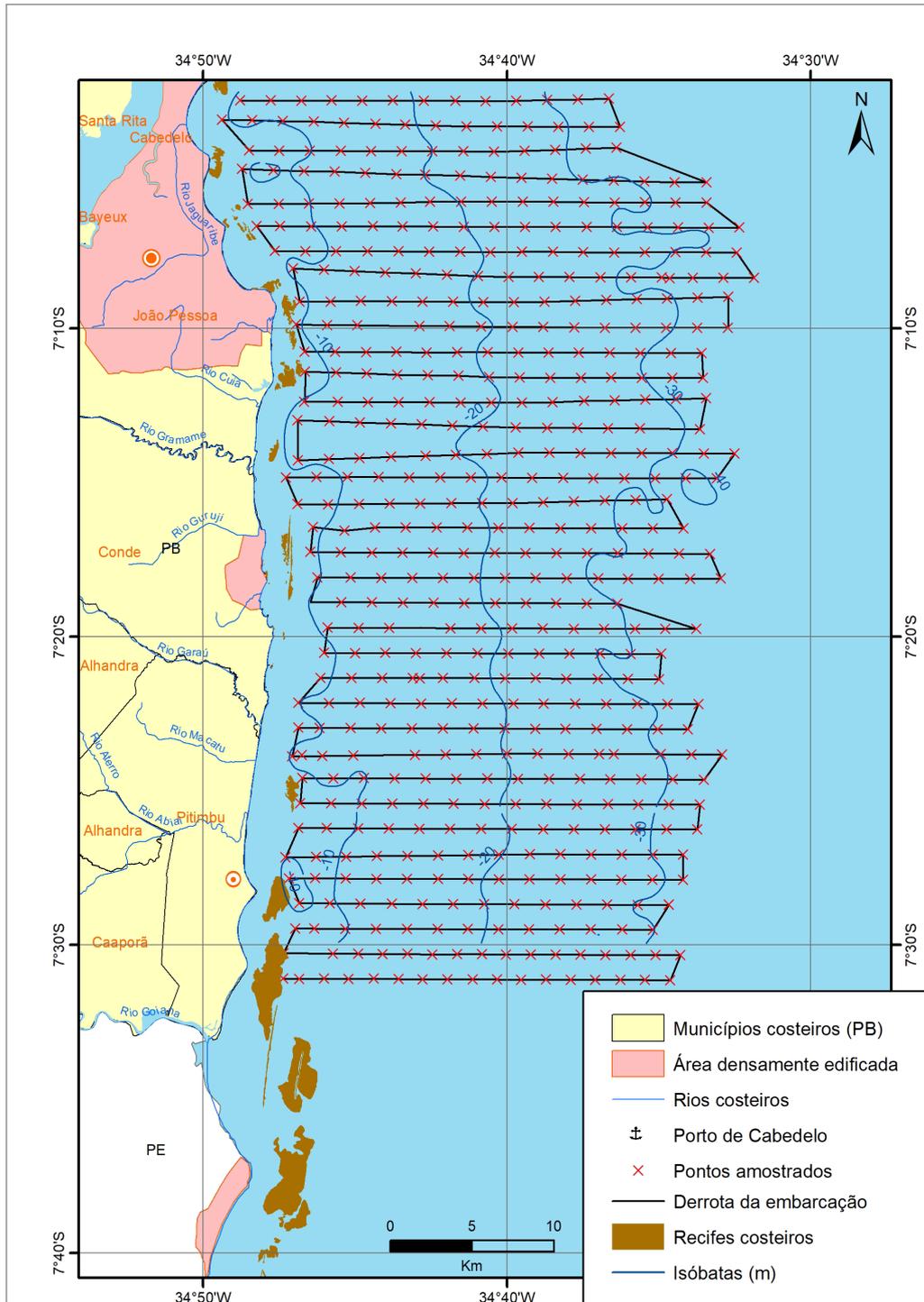


Figura 4.2 - Derrota da embarcação e estações de coleta no Setor João Pessoa. (Fonte: o autor).

de representação cartográfica, por meio das ferramentas *contour* e *smooth line* do ArcGIS 10, respectivamente.

4.2. SEDIMENTOLOGIA

As amostras de sedimentos do leito marinho foram coletadas durante os mesmos cruzeiros de levantamento batimétrico. Ao todo, foram recuperadas e analisadas 830 amostras, sendo 320 no Setor Cabedelo e 510 no Setor João Pessoa.

4.2.1. Amostragem

A coleta dos sedimentos que recobrem o Setor Cabedelo foi feita utilizando-se um amostrador pontual do tipo Van Veen de 5 L. No Setor João Pessoa, percebeu-se que um equipamento maior e mais pesado apresentaria melhor funcionamento em profundidades maiores. Consequentemente, nesse setor foram utilizados dois amostradores do tipo Van Veen: um de 5 L, em profundidades inferiores a 20 m, e outro de 20 L, nas estações

de maior profundidade. Em cada estação, buscou-se recuperar pelo menos 1 kg de amostra bruta. Em campo, as amostras foram descritas macroscopicamente e acondicionadas para ser transportada ao LGMA.

4.2.2. Análise granulométrica e tratamento estatístico

Nas dependências do LGMA, todas amostras coletadas foram secas a 60° C, em estufa com circulação forçada, e, com a ajuda de um quarteador do tipo Jones de 16 trilhas de 16 mm, tiveram separadas alíquotas para análises textural, geoquímica e composicional simplificada, para determinação de teores de CaCO₃.

A análise granulométrica foi realizada a partir de alíquota de 100 g de amostra seca e as frações granulométricas adotadas seguem o esquema adaptado de Udden-Wentworth (Udden, 1914; Wentworth, 1922) mostrado na Tabela 4.1.

O procedimento adotado para a análise foi adaptado de Suguio (1973). Inicialmente, uma alíquota passou por peneiramento úmido por meio de peneiras de 2,0 mm e 0,063 mm, de modo a separar as frações cascalho (maior do que 2 mm), areia (entre 2 mm e 0,063 mm) e lama (menor do que 0,063 mm). Em seguida, após novo procedimento de secagem em estufa, as frações areia e cascalho foram processadas em agitador eletromecânico por um conjunto de 17 peneiras, com malhas decrescentes entre 16 mm (-4 phi) e 0,063 mm (4 phi), com incrementos de -0,5 phi. O material que eventualmente atravessou todas as peneiras foi adicionado à fração lama, resultante do peneiramento úmido anterior.

Para fins de análises estatísticas das distribuições de frequências de cada amostra, todas as 18 classes granulométricas foram consideradas. Os parâmetros estatísticos foram calculados no laboratório de Geologia Marinha (GeMar) da SUREG-RE utilizando-se a planilha GRADISTAT v9.1, que apresenta os resultados de diâmetros médio e mediano, modas, percentis, desvio-padrão, além de grau de seleção e assimetria, dentre outros, empregando diferentes algoritmos (método dos momentos aritmético e logarítmico e método de Folk-Ward) (Blot; Pye, 2001).

4.2.3. Análise composicional

A determinação do teor de carbonato de cálcio (CaCO₃) foi feita com um calcímetro de Bernard modificado, conforme descrito em Soares (2017), que mede o percentual de CaCO₃ de uma amostra a partir da quantidade de gás carbônico (CO₂) produzido pela reação da alíquota com uma quantidade conhecida de ácido clorídrico (HCl), em comparação com uma amostra padrão.

Tabela 4.1 - Classificação granulométrica de Udden-Wentworth empregada (adaptada de Blair e McPherson, 1999)

D, DIÂMETRO (mm)	Φ, Phi (-log ₂ D)	CLASSE DE WENTWORTH
> 16,000	< -4	Cascalho muito grosso
8,000 até 16,000	-4 até -3	Cascalho grosso
4,000 até 8,000	-3 até -2	Cascalho médio
2,000 até 4,000	-2 até -1	Cascalho fino
2,000 até 1,000	-1 até 0	Areia muito grossa
1,000 até 0,500	0 até 1	Areia grossa
0,500 até 0,250	1 até 2	Areia média
0,250 até 0,125	2 até 3	Areia fina
0,125 até 0,063	3 até 4	Areia muito fina
< 0,063	> 4	Lama (silte e argila)

4.2.4. Classificação faciológica

De posse dos teores de cascalho, areia, lama e CaCO₃, cada amostra pode ter sua faciologia classificada pelo esquema de Freire *et al.* (1997), descrito na Tabela 4.2.

O esquema de classificação foi adotado por duas razões principais. Primeiro, trata-se de um esquema simplificado já empregado em outros trabalhos sobre a cobertura sedimentar da plataforma continental nordestina, que foi adaptado dos esquemas de Dias (1996) e Larssonneur (1977) e que contempla, além dos aspectos texturais – como é comum aos diversos esquemas classificatórios que se tem adotado na pesquisa sedimentar marinha brasileira (*e.g.* Shepard (1954), Folk; Ward (1957), Schlee (1973) etc.) –, o aspecto da composição químico-mineralógica dos sedimentos em relação ao teor de carbonatos de cálcio (CaCO₃) presentes, tão relevante na plataforma continental nordestina brasileira, especialmente na Paraíba. Ademais, ao considerar como sedimentos lamosos aqueles com mais de 15% de lama em massa, o esquema privilegia o aspecto da potencialidade de exploração de granulados marinhos (areias e cascalhos) e dá relevância ao impacto ambiental potencialmente causado pelo revolvimento de sedimentos lamosos e o consequente aumento de turbidez da água, tanto nas zonas de exploração como nas zonas de descarte.

4.3. CARTOGRAFIA DIGITAL

As cartas faciológicas da plataforma continental rasa da Paraíba, setores João Pessoa e Cabedelo (Oliveira *et al.*, 2022; Valle; Bezerra; Assis, 2022), foram confeccionadas em ambiente de sistema de informações geográficas (SIG), usando o programa ArcMap® 10 nos

Tabela 4.2 - Esquema de classificação de Freire *et al.* (1997), adaptado de Larsonneur (1977). [L] = teor de lama; [A] = teor de areia; [C] = teor de cascalho; [CaCO₃] = teor de carbonato de cálcio.

SUBDIVISÕES PRINCIPAIS	SEIXOS, GRÂNULOS, COQUINAS OU RODOLITOS [L] < 15% E [C] > 50%	AREIAS [L] < 15%, [A] + [L] > 50% E [C] < 50%		SEDIMENTOS LAMOSOS [L] > 15%
		15% < [C] < 50%	[C] < 15%	
SEDIMENTO LITOCLASTICO [CaCO ₃] < 30%	SL1 Cascalho litoclástico	AL1a Areia litoclástica com grânulos e cascalhos	AL1b Areia litoclástica	LL1 Lama terrígena
SEDIMENTO LITO-BIOCLÁSTICO 30% < [CaCO ₃] < 50%	SL2 Cascalho lito-bioclástico	AL2a Areia lito-bioclástica com grânulos e cascalhos	AL2b Areia lito-bioclástica	LL2 Marga arenosa
SEDIMENTO BIO-LITOCLASTICO 50% < [CaCO ₃] < 70%	CB1 Cascalho bio-litoclástico	AB1a Areia bio-litoclástica com grânulos e cascalhos	AB1b Areia bio-litoclástica	LB1 Marga calcária
SEDIMENTO BIOCLÁSTICO 70% < [CaCO ₃]	CB2 Cascalho bioclástico	AB2a Areia bioclástica com grânulos e cascalhos	AB2b Areia bioclástica	LB2 Lama calcária

laboratórios da DIGEOM da SUREG-RE, a partir dos dados levantados em campo e pré-processados pelos pesquisadores do LGMA/UFC e seus colaboradores.

4.3.1. Cartas batimétricas

Para a interpolação dos dados batimétricos, necessá-ria à posterior geração de um modelo digital de terreno (MDT) e cartas de linhas isobatimétricas, foi o escolhido o método da *krigagem* universal pontual com deriva linear, tal como implementado pelo Surfer® 8, obtendo-se um erro residual quadrático médio da ordem de 1 m². Para o melhor ajuste dos variogramas usados no processo de interpolação, a plataforma paraibana foi dividida nos dois setores já citados (Cabedelo e João Pessoa) e as cotas batimétricas foram selecionadas de modo a se ter aproximadamente uma cota a cada 500 m em cada perfil.

4.3.2. Distribuição textural e composicional da cobertura sedimentar

Os teores de cascalho, areia, lama e CaCO₃ de cada amostra analisada foram interpolados no ArcMap® 10 pelo método de *krigagem* ordinária, com semivariograma de modelo esférico e raio de busca variável até 6 km, no máximo, considerando-se para o cálculo de cada ponto

interpolado os valores de até 14 amostras mais próximas, para a produção de superfícies contínuas de cada um dos parâmetros. A partir de tais superfícies, foram extraídas as curvas de isotores de cascalho, areia e lama, com especial interesse nas isolinhas de 15% de lama, 15% e 50% de cascalho e 30%, 50% e 70% de CaCO₃. Procedimento semelhante foi realizado para os diâmetros médio e mediano de cada amostra que, em seguida, foram enquadrados na classificação simplificada de Udden-Wentworth, mostrada na Tabela 4.1, para a produção de mapas de distribuição dos diâmetros médio e mediano, parâmetro importante para os estudos de modelagem de transporte sedimentar marinho sob a ação de ondas e correntes.

Finalmente, para cada um dos setores da plataforma paraibana, as superfícies de teores de cascalho, areia, lama e CaCO₃, bem como suas isolinhas, foram confrontadas com um mapa da distribuição faciológica amostral, de acordo com esquema de Freire *et al.* (1997), com um mapa das linhas isóbatas e com os recifes, biogênicos e de rochas praias, mapeados através de imagens orbitais RapidEye. A partir da confrontação de informações no ambiente do ArcMap®, foram produzidos os polígonos de cada classe textural que resultaram nos mapas principais das cartas faciológicas da plataforma continental rasa da Paraíba – setores Cabedelo (Valle; Bezerra; Assis, 2022) e João Pessoa (Oliveira *et al.*, 2022).

5. MAPEAMENTO DOS RECURSOS MINERAIS MARINHOS

5.1. BATIMETRIA E MORFOLOGIA DO LEITO MARINHO

Os dados batimétricos levantados na plataforma rasa adjacente ao estado da Paraíba foram levantados ao longo de cerca de 1.570 km navegados em 69 perfis, espaçados entre si de 1 km a 2 km e aproximadamente perpendiculares à linha de costa, entre a cota mais segura para navegação e profundidades maiores do que 30 m. A análise e o processamento dos dados resultaram na produção de dois mapas batimétricos, em escala 1:100.000, com isóbatas equidistantes de 2 m, um para o Setor Cabedelo (Anexo 1) e outro para o Setor João Pessoa (Anexo 2). De modo geral, pode-se constatar que a plataforma continental rasa da Paraíba apresenta relevo homogêneo, sem irregularidades topográficas muito significativas, além de recifes costeiros descontínuos e com declive suave em direção à borda externa.

5.1.1. Setor Cabedelo

No Setor Cabedelo, foram levantados 33 perfis batimétricos espaçados de cerca de 1,8 km entre si, totalizando 627 km. O porte médio da embarcação empregada – NB Comte. Manhães, da Marinha do Brasil, com cerca de 38 m de comprimento, 9 m de boca e 3 m de calado –, bem como os padrões de segurança à navegação adotados pela tripulação, impediram a coleta de dados em profundidades muito menores do que 10 m. O ponto mais raso alcançado estava a cerca de 7,5 m de profundidade, sendo o único ponto coletado em profundidade inferior a 10 m. Para complementar os dados na porção mais rasa, às 470 cotas batimétricas coletadas em campo, depois de corrigidas para o nível de redução do marégrafo do Porto de Cabedelo, foram adicionadas 573 cotas batimétricas digitalizadas das cartas 20, 806 e 830 da DHN, entre a costa e a isóbata de -10 m, especialmente no entorno da desembocadura do sistema estuarino do Rio Paraíba, além de 403 pontos na linha de costa extraída de imagens orbitais LANDSAT-7, aos quais foi atribuída cota igual a zero. Sendo assim, 1.446 pontos com cotas batimétricas corrigidas ao nível de redução foram utilizados para gerar um modelo digital de elevação (MDE) do leito marinho na plataforma continental rasa do Setor Cabedelo, em escala 1:100.000, com isóbatas extraídas a cada 2 m.

O resultado pode ser visto na Figura 5.1 e no Anexo 1 desta publicação. De modo geral, pode-se afirmar que as

isóbatas entre 0 m e -10 m são aproximadamente paralelas à costa, seguindo seus mesmos recortes, e o declive é acentuado, chegando 1:133 na região ao sul da Barra do Mamanguape. Para além dessa profundidade, a declividade é suavizada e varia aproximadamente entre 1:800, nas proximidades da divisa com o Rio Grande do Norte, e 1:1.200, na porção sul do setor, embora os contornos das isóbatas sejam mais meandantes e menos lineares nesse trecho, em decorrência de processos diferenciais de erosão e deposição de sedimentos na plataforma.

A superfície batimétrica obtida e a inflexão das isóbatas extraídas mostram a localização de possíveis paleocanais associados aos atuais rios Paraíba, Mamanguape e Camaratuba (Figura 5.1), interpretação corroborada pelos resultados obtidos por Monteiro (2010). Esses paleocanais, presumivelmente, teriam sido esculpidos em períodos de mar baixo do Quaternário, quando o nível relativo do mar oscilou em ciclos de dezenas de milhares de anos, aproximadamente entre o nível atual (ou poucos metros acima) até cerca de 100 m abaixo do atual e, conseqüentemente, a plataforma continental e o talude superior nordestinos estiveram expostos ao ambiente erosivo subaéreo por longos períodos, intercalados por períodos mais curtos de nível do mar alto como o que ocorre atualmente. A presença de diversos paleocanais na área tem uma importância mineral reconhecida pela possibilidade de ocorrência e acumulação de minerais pesados, típicos da sedimentação fluvial e marinha.

Usando imagens orbitais RapidEye, disponíveis no catálogo disponibilizado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), com resolução espacial de 5 m, foram mapeados os recifes costeiros semi-submersos. No Setor Cabedelo, foram encontrados dois principais sistemas recifais. Um deles, localizado na foz do Rio Mamanguape (Figura 5.2B), com cerca de 12 km de extensão, que, por suas características de linearidade e localização paralela e bastante próxima à atual linha costa, pode-se afirmar que se trata de um recife de rocha praial de textura arenítica, tipicamente formado sob as areias de uma praia, a partir da cimentação carbonática dos grãos de areia na região de contato entre as águas doces do lençol freático e as águas salgadas do mar (Voudouskas; Velegrakis; Plomartis, 2007). A presença desse recife marca, portanto, a posição de uma paleopraia na região da barra do Rio Mamanguape.

No extremo sul do setor, encontra-se um outro relevante sistema de recifes costeiros, que se estende quase continuamente desde o saliente ao norte da Praia do Bessa,

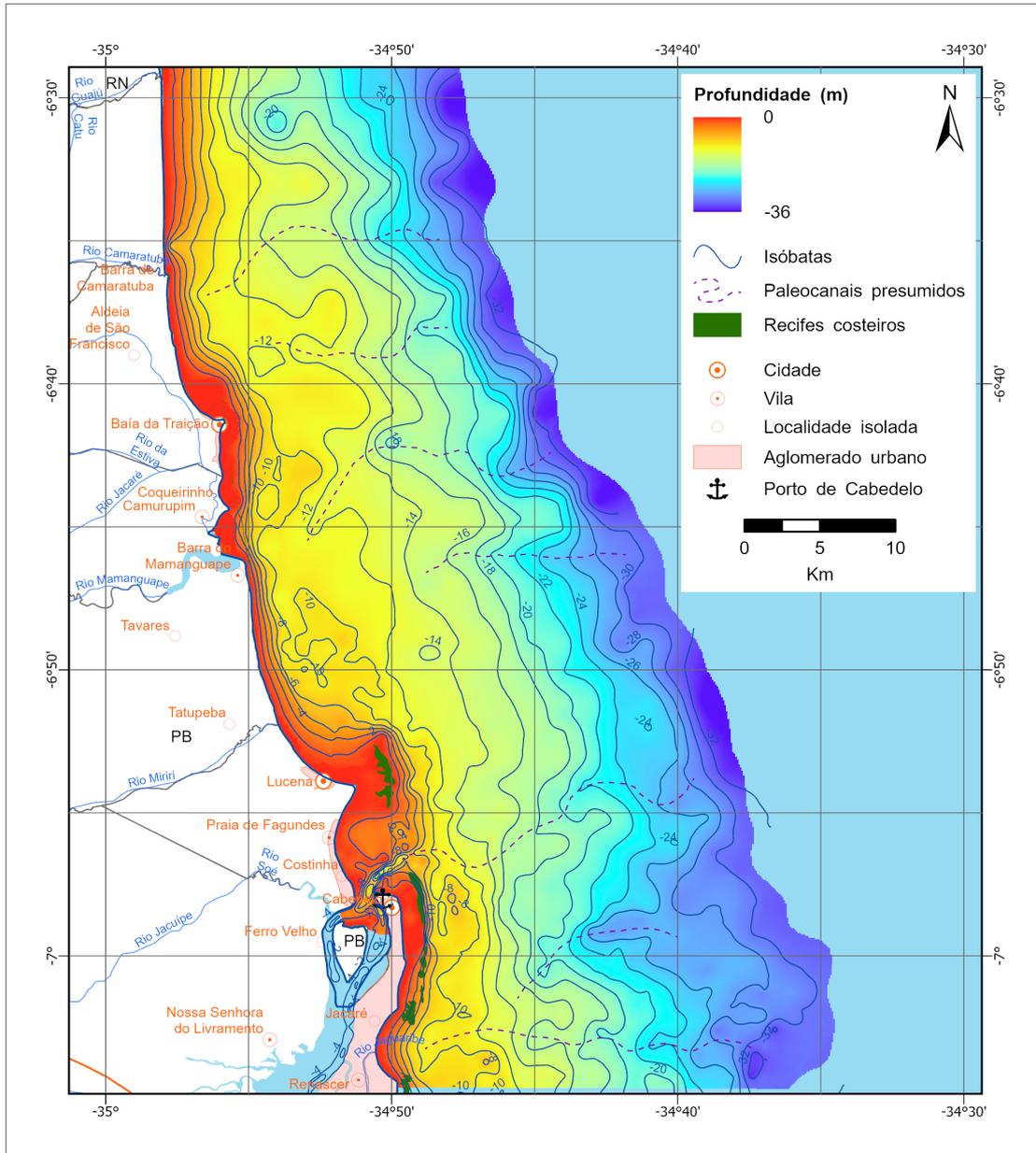


Figura 5.1 - Batimetria do Setor Cabedelo. (Fonte: o autor)

em João Pessoa, até a ponta do espigão do município de Cabedelo, que marca a desembocadura atual do sistema estuarino do Rio Paraíba (Figura 5.2D). Trata-se de um recife localizado em posição subparalela à linha de costa, o que parece apontar para a presença de um substrato de rocha praial, conforme relatado ser comum no Nordeste brasileiro por Leão e Dominguez (2000), com origem semelhante ao anteriormente descrito na Barra do Mamanguape. Entretanto, seu formato menos linear e mais recortado, embora também alongado, indica que é um recife possivelmente mais antigo que fora colonizado por organismos incrustantes, como corais e algas calcárias, alterando sua forma. Sua posição, provavelmente, também indica uma paleopraia que pode ter tido a forma de barra semelhante à da atual feição que caracteriza a desembocadura do Rio Paraíba.

Um terceiro recife costeiro em barreira, de tamanho menor do que os anteriores, mas que tem papel importante e evidente na modelagem da linha de costa, está localizado ao largo da ponta de Lucena (Figura 5.2C) e tem, possivelmente, origem e formação semelhantes e contemporânea ao recife que protege a costa do município de Cabedelo, já descrito.

5.1.2. Setor João Pessoa

O levantamento de dados no Setor João Pessoa foi realizado em 36 perfis batimétricos perpendiculares à costa, espaçados entre si em média de 1,4 km e que totalizaram 948 km navegados, empregando uma embarcação de menor porte, uma traineira de pesca, com não mais do

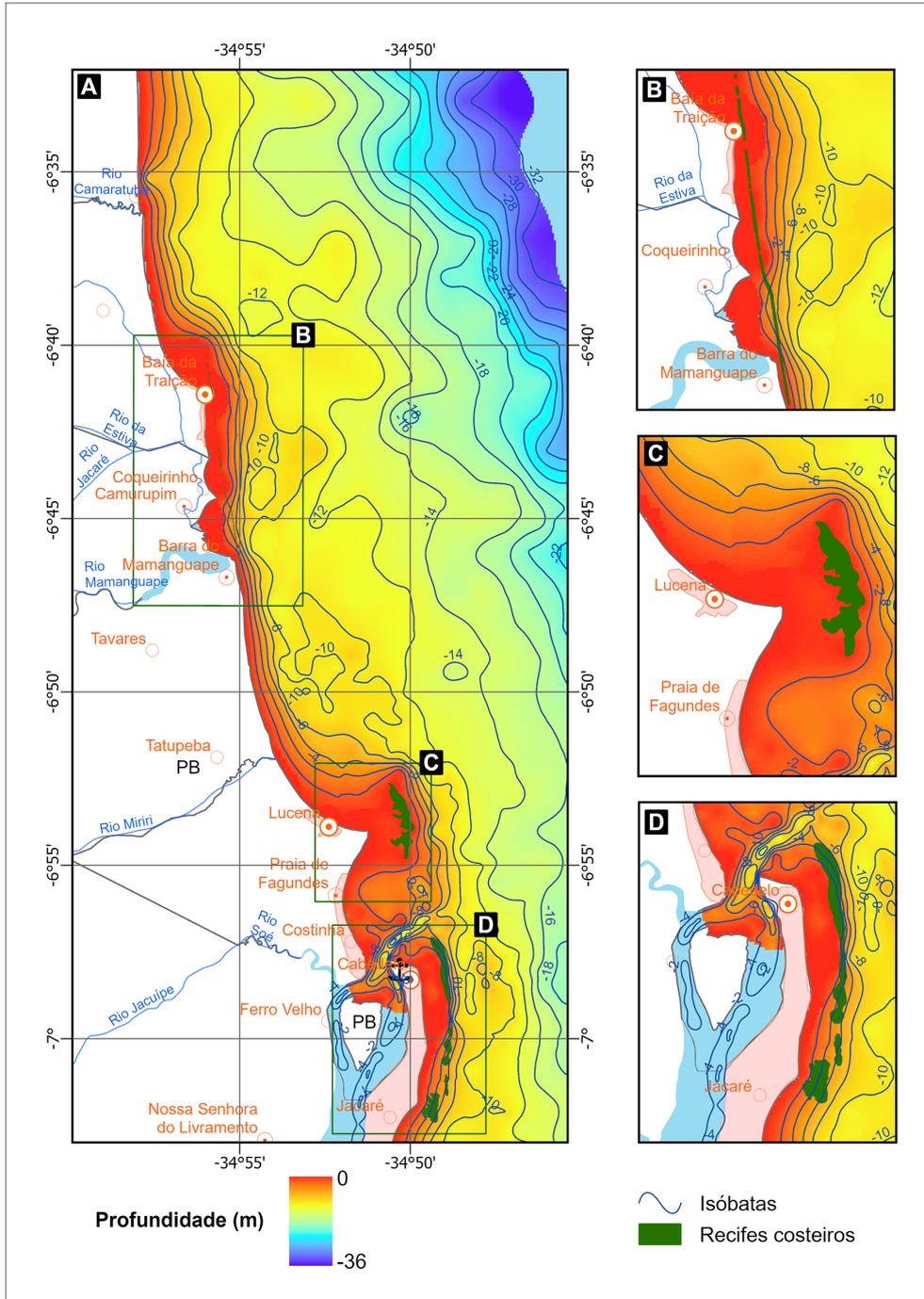


Figura 5.2 - (A) Recifes costeiros do Setor Cabedelo: (B) a jusante da desembocadura do Rio Mamanguape; (C) ao largo da Ponta de Lucena; e (D) na foz do Rio Paraíba. (Fonte: o autor)

que 12 m de comprimento e 1 m de calado. Com isso, teve-se condições de navegar em porções mais rasas da plataforma continental e os perfis alcançaram profundidades entre 5 m e 38 m, aproximadamente, mesmo no setor com mais recifes costeiros se comparado com o setor anterior. A linha de costa foi mapeada nas imagens LANDSAT-7 e, aos seus pontos, foi atribuída cota zero, de modo a melhor resolver o modelo de elevação na borda mais rasa. Ao todo, foram utilizados na elaboração do modelo 696 cotas de elevação, sendo 478 pontos coletados

em campo, com suas cotas reduzidas ao nível das cartas da DHN e 218 pontos da linha de costa. O resultado foi um MDE do leito marinho no Setor João Pessoa em escala 1:100.000 e com isóbatas extraídas a cada 2 m (Anexo 2).

A partir das feições encontradas na batimetria, pode-se presumir a existência de alguns paleocanais, que teriam sido esculpidos durante o Quaternário e estariam associados aos atuais rios Goiana, Garaú, Gramame e Paraíba (Figura 5.3). Além disso, observa-se que o declive na porção mais rasa, entre a linha de costa e

a isóbata de -10 m, é mais acentuado do que nas profundidades maiores, embora as isóbatas apresentem-se menos recortadas e aproximadamente paralelas à costa por toda a área levantada. O declive na parte mais rasa chega a cerca de 1:180 no entorno do Cabo Branco (em João Pessoa) e, na parte mais profunda, 1:1.100, ao largo da Ponta de Pitimbu.

Os recifes costeiros, mapeados a partir de imagens orbitais no Setor João Pessoa, mostraram-se mais abundantes o que no setor anteriormente descrito. São recifes em franja, como ocorre na região da Ponta do Seixas, em João Pessoa (Figura 5.4B), recifes de rochas praias parcialmente colonizadas por organismos incrustantes, como

observado ao largo de Jacumã (Figura 5.4C), e recifes em barreira, que formam grandes salientes na linha de costa do município de Pitimbu (Figura 5.4D).

5.2. DISTRIBUIÇÃO DOS TEORES DE CASCALHO AREIA E LAMA

A partir da análise granulométrica das amostras de sedimentos coletadas no leito marinho da plataforma continental rasa da Paraíba, pode-se perceber que há uma franca dominância de sedimentos cascalhosos e arenosos. Apenas em algumas manchas, usualmente localizadas na plataforma média em torno da isóbata

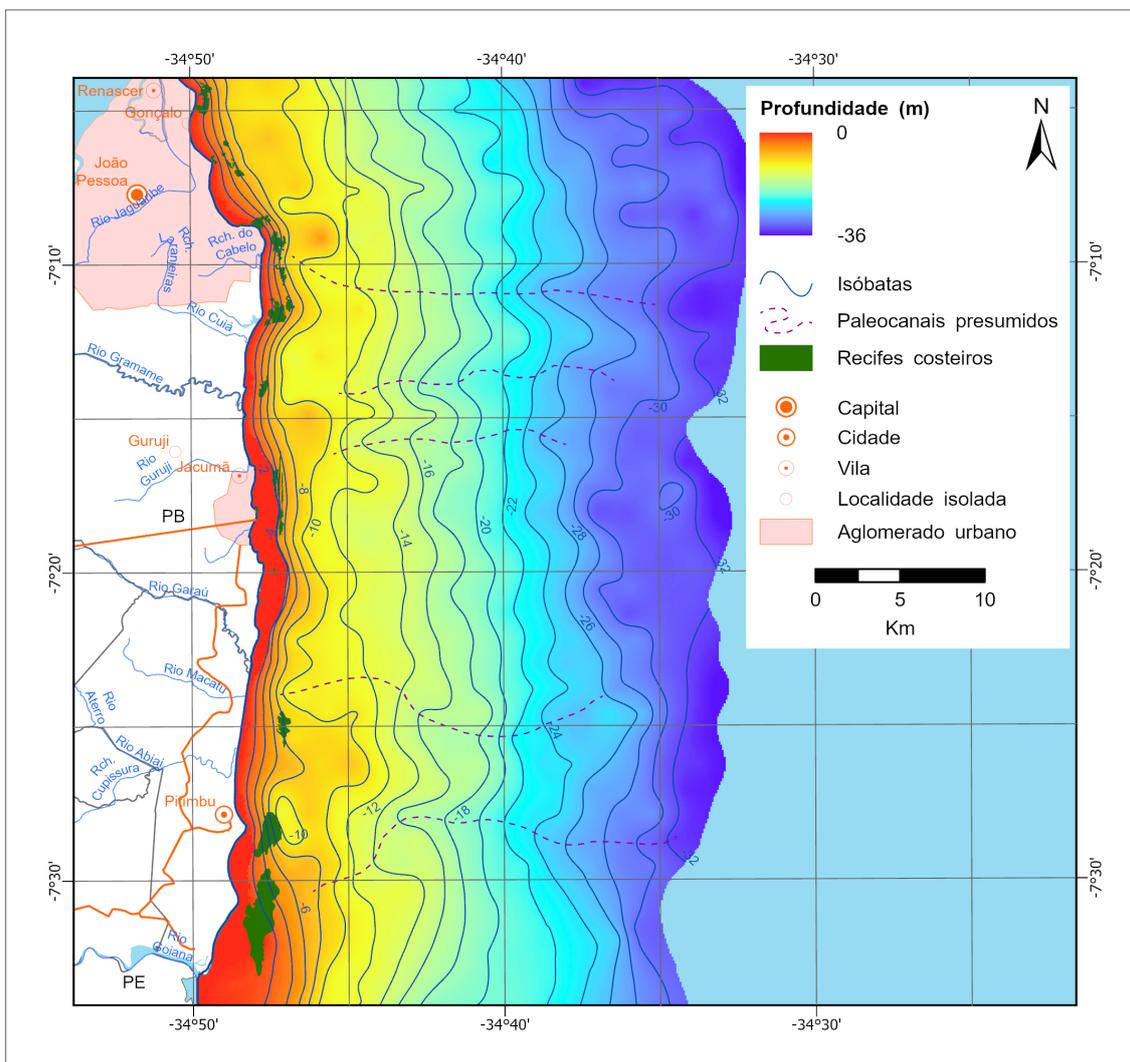


Figura 5.3 - Batimetria do Setor João Pessoa. (Fonte: o autor)

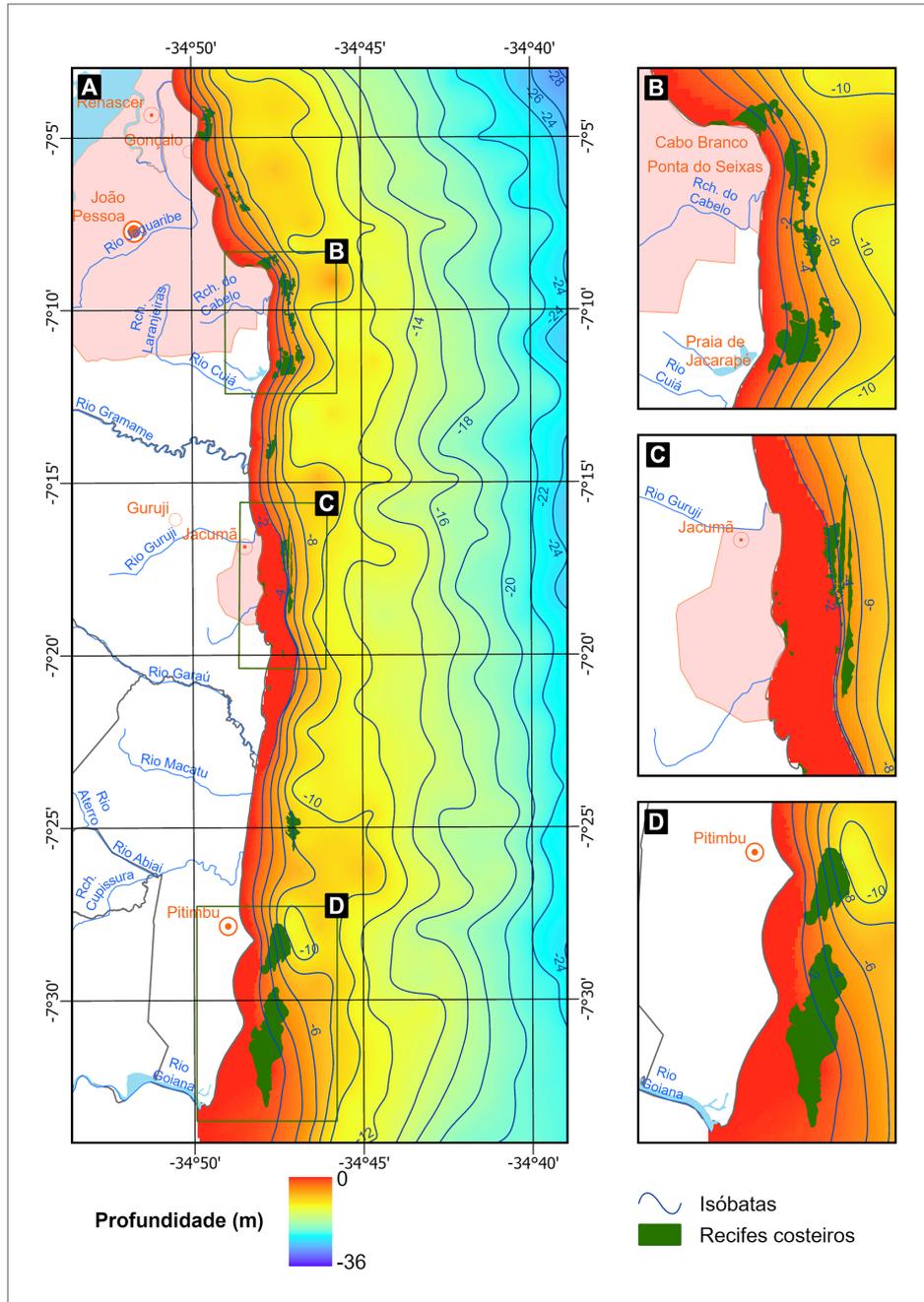


Figura 5.4 - (A) Recifes costeiros do Setor João Pessoa; (B) recifes em franja ao largo do Cabo Branco e da Ponta do Seixas, em João Pessoa; (C) recifes de rochas praiais colonizados por corais e algas calcárias ao largo de Jacumã; e (D) recifes formando salientes no litoral de Pitimbu. (Fonte: o autor)

de - 30 m, pode-se encontrar sedimentos com teores maiores de lama, mas que raramente ultrapassam 30% em massa (Figuras 5.5 e 5.7)

5.2.1. Setor Cabedelo

As amostras coletadas no Setor Cabedelo são predominantemente compostas por misturas de cascalho e areia, com teores de lama nunca superiores a 30% em massa (Figura 5.5A). Do total de 320 amostras analisadas no setor, aproximadamente metade, 161

amostras, apresentam dominância de areia, ou seja, possuem mais de 50% de grãos nessa classe granulométrica, das quais 43 (13%) possuem teor superior a 75%. As amostras com mais de 50% de cascalho são em número de 138 (cerca de 43%), sendo que o teor de cascalho ultrapassa a 75% em 53 delas (16%). Somente 21 amostras (6%) apresentam teor de lama acima de 15%, critério usado pela classificação faciológica de Freire *et al.* (1997) para classificar os sedimentos como sedimentos lamosos, como se verá mais adiante neste capítulo.

Quanto ao grau de seleção dos grãos dentro de cada amostra, o resultado obtido, com a imensa maioria dos sedimentos amostrados tendo sido classificados como mal selecionados ou muito mal selecionados (Figura 5.5B), aponta para que cada amostra apresente seus sedimentos distribuídos em larga faixa de classes granulométricas, mesmo que se possa observar dominância de areia ou de cascalho em alguns casos. Essa característica mostra que os sedimentos que recobrem o Setor Cabedelo sofreram pouco retrabalhamento desde sua deposição no leito.

Na Figura 5.6, o resultado da distribuição espacial interpolada dos teores percentuais de cascalho, areia e lama, no Setor Cabedelo. Observa-se que os sedimentos com maiores teores de lama localizam-se nas proximidades da isóbata de -30 m, embora os teores calculados não cheguem a 15%. Os maiores teores calculados de cascalho estão localizados entre as plataformas interna e média, especialmente ao sul da Barra de Mamanguape. Porém, a região apresenta expressivos bolsões com dominância de areia, como ocorre predominantemente ao norte da foz do Rio Mamanguape.

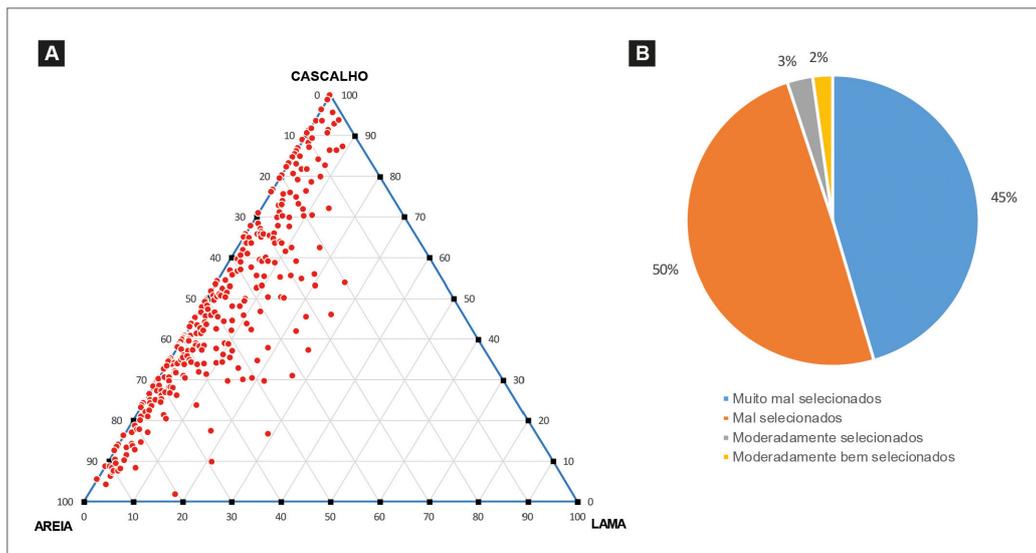


Figura 5.5 - (A) Distribuição dos teores percentuais de cascalho, areia e lama das amostras do Setor Cabedelo; (B) Classificação das amostras analisadas no setor quanto ao seu grau de seleção. (Fonte: o autor)

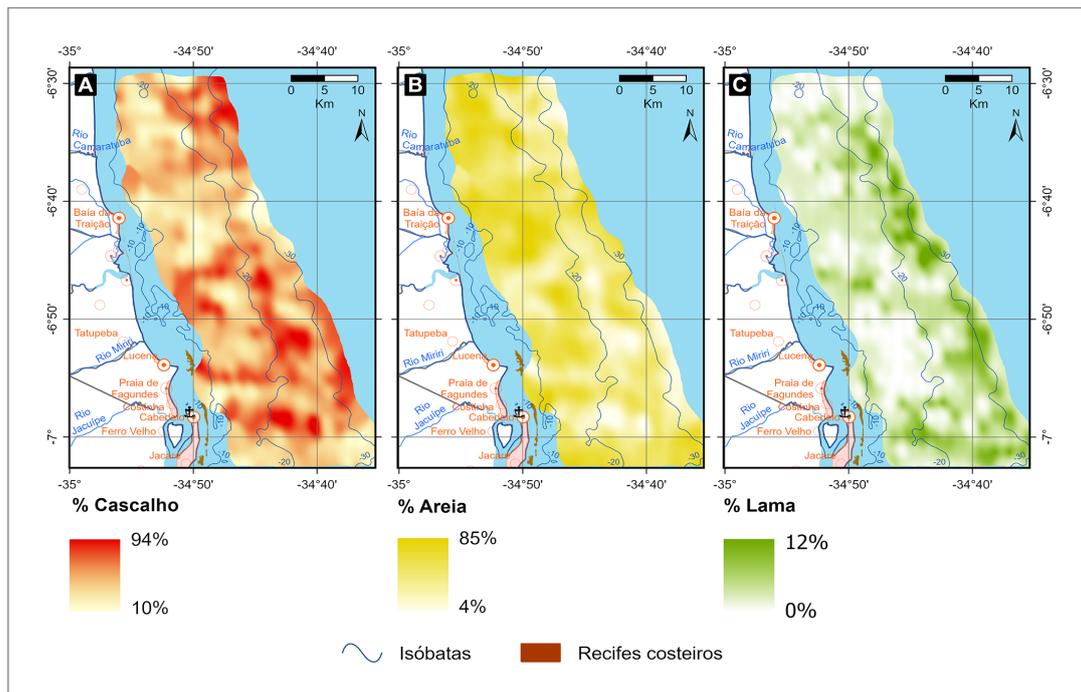


Figura 5.6 - Distribuição dos teores de (A) cascalho, (B) areia e (C) lama no Setor Cabedelo. (Fonte: o autor)

5.2.2. Setor João Pessoa

No Setor João Pessoa, as amostras analisadas mostraram-se ainda mais dominantes em teores de areia do que o observado no Setor Cabedelo (Figura 5.7A). Das 510 amostras coletadas e analisadas, 403 (cerca de 79%) apresentam dominância de areia, sendo que 129 delas possuem teor de areia maior do que 75%. Aproximadamente, 18% das amostras (92 exemplares) apresentam mais de 50% de cascalho, sendo 14 delas (3%) com mais de 75% de grãos cascalhosos. O conteúdo de lama das amostras praticamente não alcança 15% em massa. Apenas duas amostras têm teores de lama maiores do que esse limiar, sendo uma delas uma mistura de areia e cascalho com somente 17% de lama e outra francamente lamosa, com 98% de sedimentos nessa classe granulométrica. A amostra quase puramente lamosa foi coletada na extremidade noroeste do setor, estando sua ocorrência, possivelmente, relacionada à presença de um remanso de águas calmas entre recifes costeiros numa provável localização pretérita da foz do Rio Paraíba.

A exemplo do que se observou no Setor Cabedelo, o grau de seleção dos sedimentos amostrados no Setor João Pessoa aponta para amostras com sedimentos distribuídos em ampla faixa de classes granulométricas (Figura 5.7B).

A distribuição espacial dos teores interpolados (Figura 5.8) reflete a franca dominância dos sedimentos arenosos em toda a plataforma rasa do Setor João Pessoa. As regiões com maiores teores de cascalho estão localizadas em manchas além da isóbata de -30 m ou nas proximidades dos recifes costeiros, sendo ocorrências possivelmente associadas à erosão dos recifes pela ação de ondas.

5.3. DISTRIBUIÇÃO DOS TEORES DE CARBONATO DE CÁLCIO (CaCO₃)

Do total de 829 amostras coletadas na plataforma continental rasa da Paraíba, 792 tiveram seu teor de carbonato de cálcio (CaCO₃) analisado segundo a metodologia descrita no capítulo anterior. Os teores percentuais de CaCO₃ variaram entre 12% e 100%, sendo que a maioria das amostras apresentaram mais de 50% em sua composição. Sendo assim, a plataforma continental rasa da Paraíba mostrou-se recoberta por sedimentos francamente carbonáticos, oriundos da fragmentação de esqueletos de organismos bentônicos, especialmente de algas calcárias vermelhas e verdes. Este é, provavelmente, um dos trechos mais ricos em sedimentos carbonáticos da plataforma continental nordestina.

5.3.1. Setor Cabedelo

As amostras de sedimentos coletadas na plataforma continental do Setor Cabedelo são dominadas por fragmentos de esqueletos carbonáticos de organismos marinhos, especialmente algas calcárias vermelhas do tipo rodolitos maciços ou ramificados, mas também com significativa presença de algas verdes do gênero *Halimeda* (Figuras 5.9).

Das 319 amostras analisadas, apenas quatro possuem menos de 50% de CaCO₃, outras quatro entre 50% e 75% e todas as restantes possuem mais de 75%. A distribuição espacial do teor percentual interpolado de CaCO₃ reflete a dominância de sedimentos de origem biogênica. O teor interpolado na cobertura sedimentar varia entre 43% e 100% (Figura 5.10).

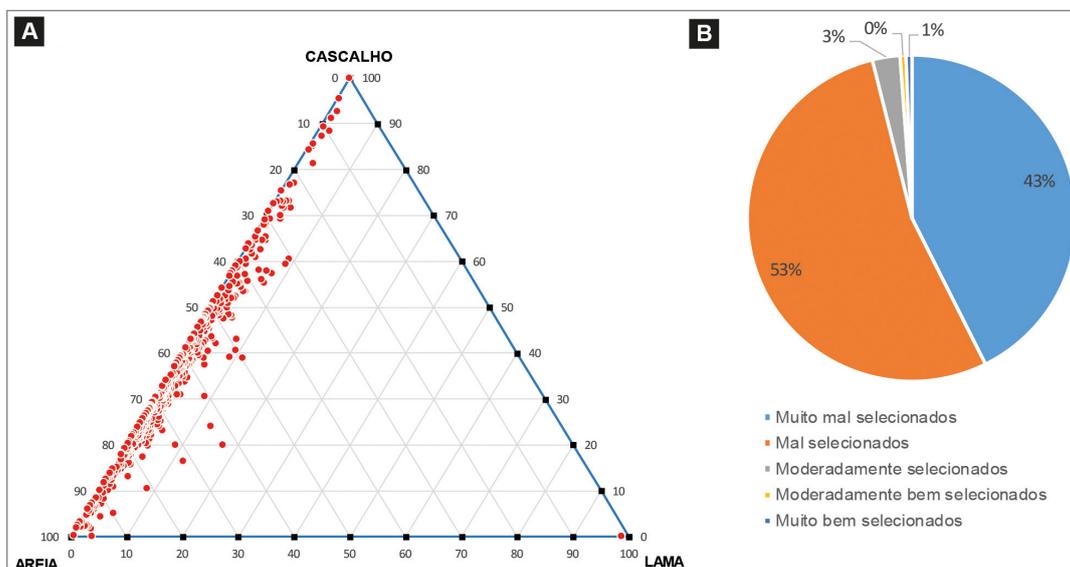


Figura 5.7 - (A) Distribuição dos teores percentuais de cascalho, areia e lama das amostras coletadas no Setor João Pessoa; (B) Classificação das amostras analisadas no setor quanto ao seu grau de seleção. (Fonte: o autor)

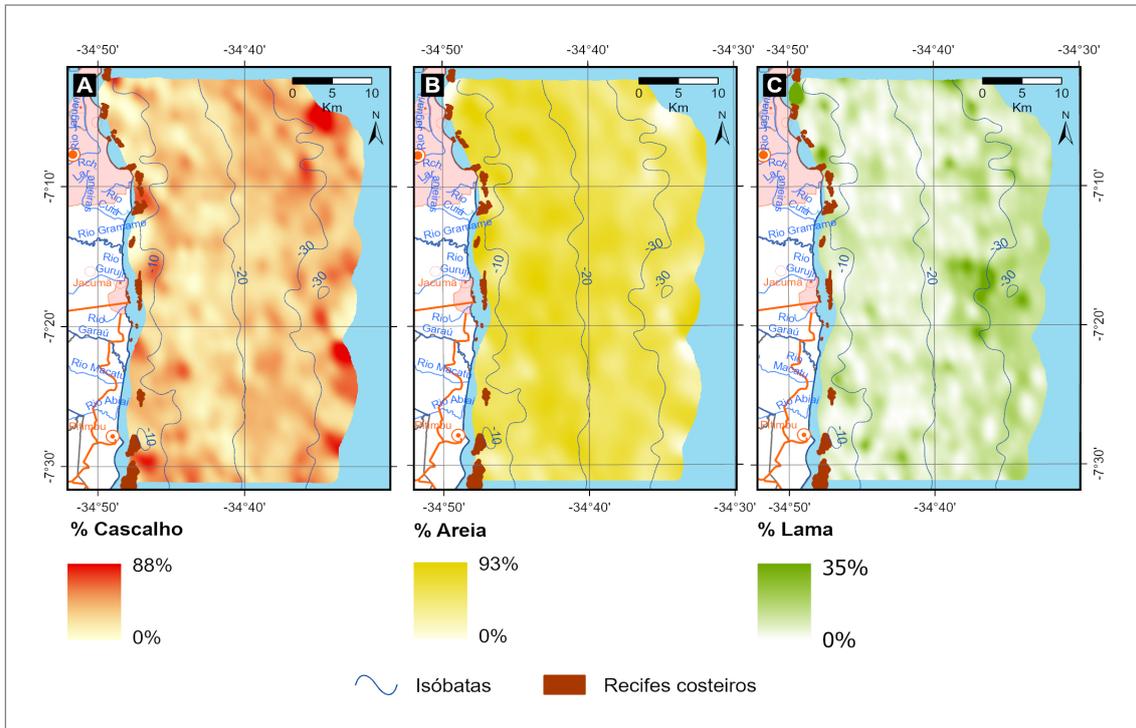


Figura 5.8 - Distribuição interpolada dos teores de (A) cascalho, (B) areia e (C) lama no Setor João Pessoa. (Fonte: o autor)

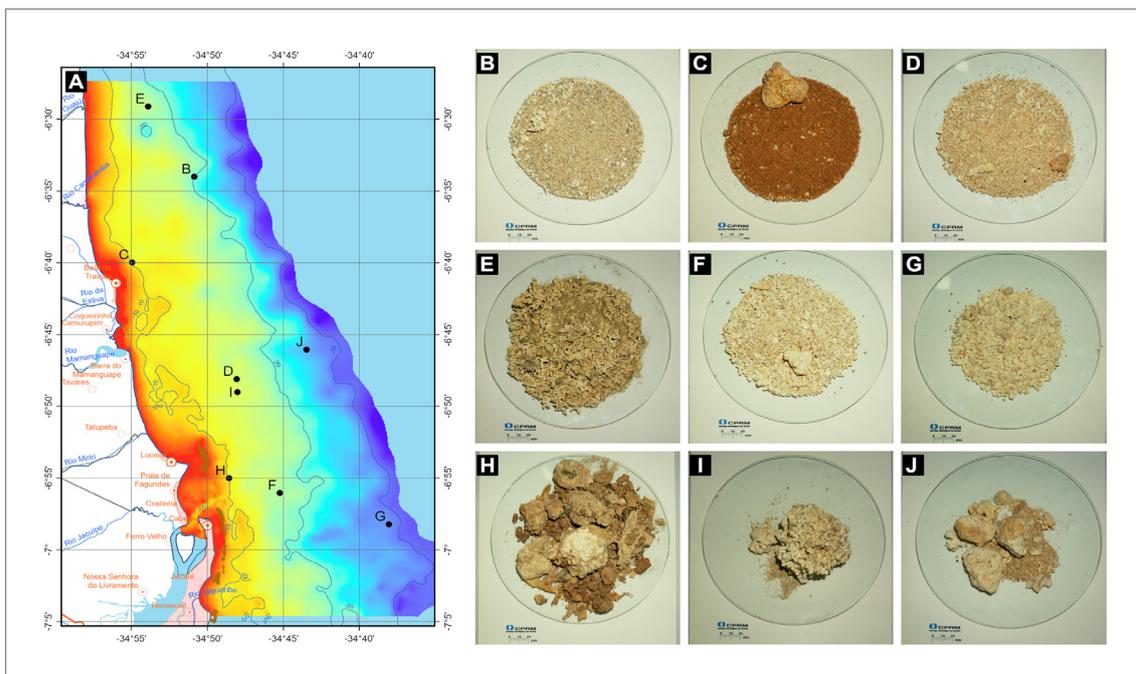


Figura 5.9 - Amostras tipicamente encontradas no Setor Cabedelo, com dominância de areia (B, C e D); mistas entre areia e cascalho, sem dominância (E, F e G); e com dominância de cascalho (H, I e J). (Fonte: o autor).

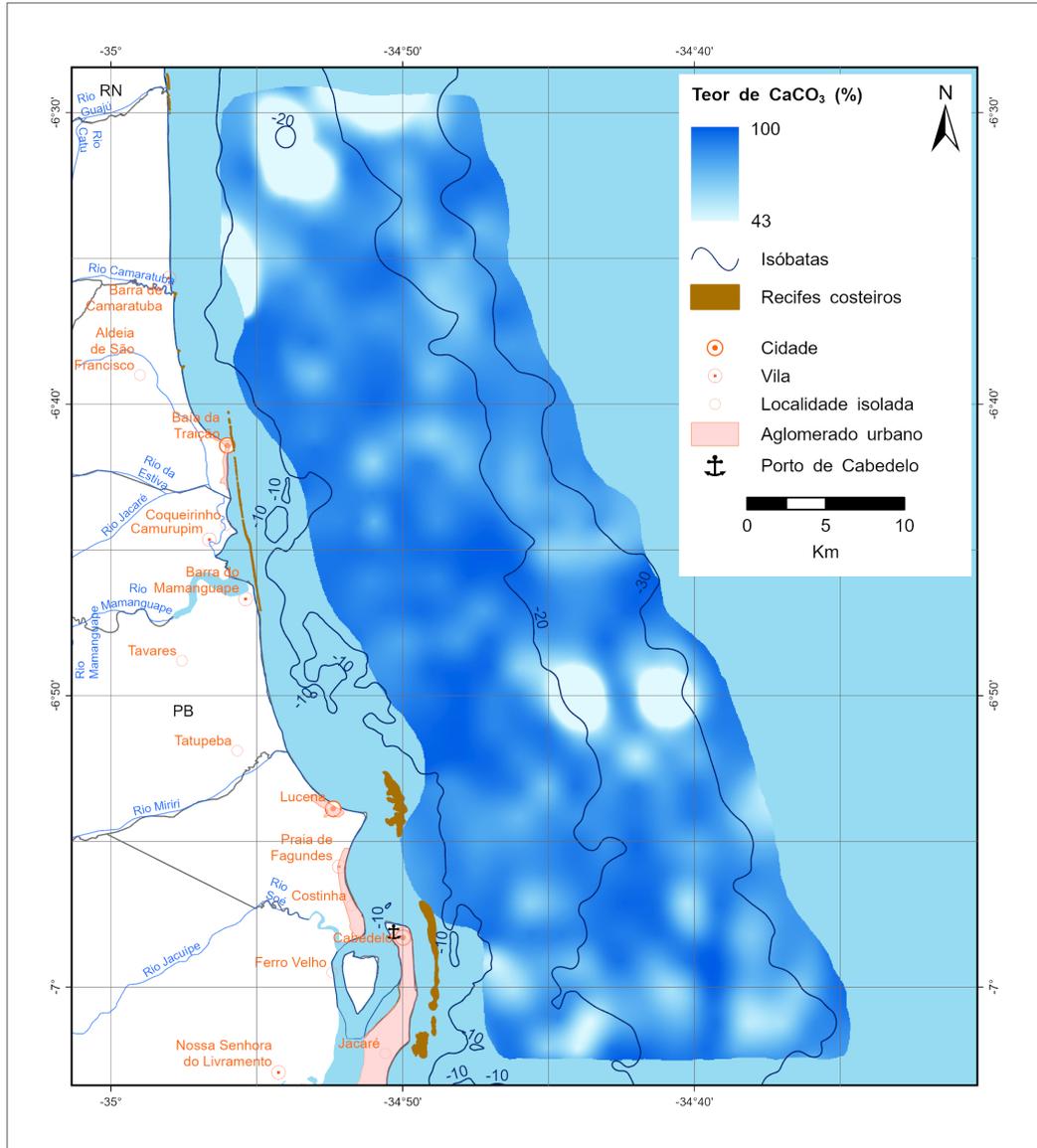


Figura 5.10 - Distribuição interpolada dos teores de CaCO_3 no Setor Cabedelo. (Fonte: o autor)

5.3.2. Setor João Pessoa

Assim como ocorre no Setor Cabedelo, o Setor João Pessoa é dominado por sedimentos carbonáticos biogênicos oriundos da fragmentação de esqueletos de algas calcárias vermelhas e verdes (Figura 5.11).

No Setor João Pessoa, todas as amostras analisadas apresentaram teor de carbonato de cálcio acima de 50%, sendo que apenas três tem menos de 75%. O resultado reflete a dominância de sedimentos biogênicos, mostrado, também, pelo teor interpolado (Figura 5.12).

5.4. DISTRIBUIÇÃO DO DIÂMETRO MEDIANO

O diâmetro mediano (D_{50}) de uma amostra de sedimentos é um valor tal que metade da massa da amostra é composta por grãos menores do que o D_{50} e a outra

metade é maior do que o D_{50} . Sua relevância nos estudos geológicos e oceanográficos em plataforma continentais reside no fato de ser um importante parâmetro usado na construção de modelos de transporte sedimentar nesse ambiente. Portanto, o conhecimento da distribuição espacial do diâmetro mediano dos sedimentos é muito importante para o estudo de casos de erosão e acúmulo de sedimentos na zona costeira e, também, para a determinação de potenciais áreas para fornecer material para recomposição de praias afetadas por erosão causada pela ação de ondas na linha de costa.

5.4.1. Setor Cabedelo

A distribuição do diâmetro mediano no Setor Cabedelo (Figura 5.13) apresenta padrão semelhante ao observado na distribuição de cascalho (Figura 5.6). Em

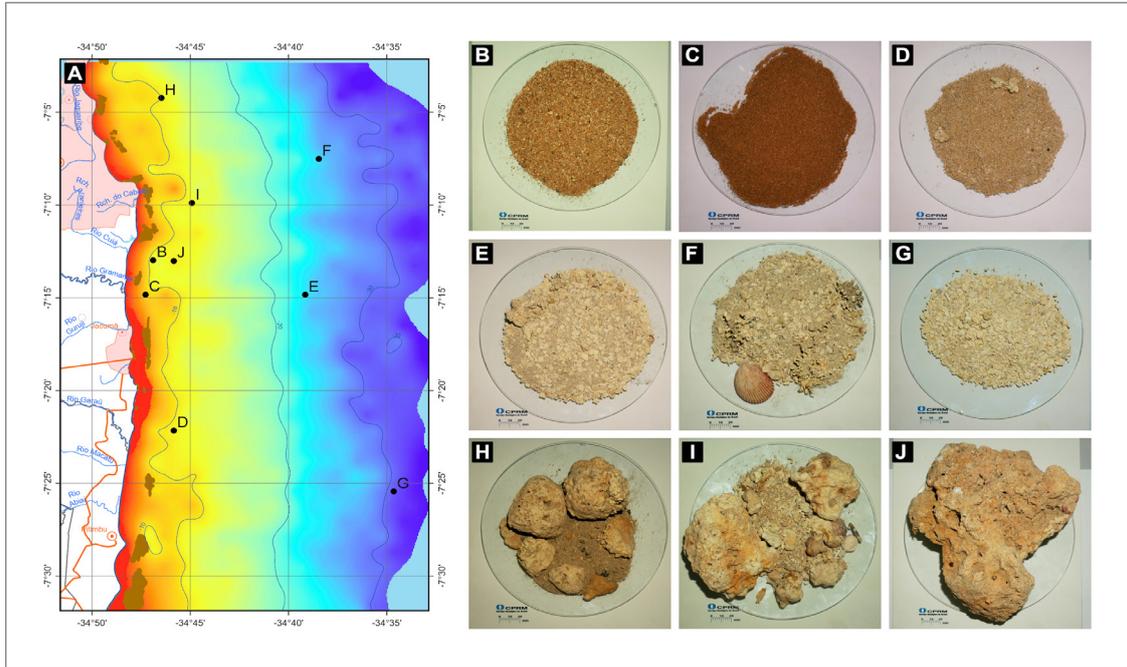


Figura 5.11 - Amostras tipicamente encontradas no Setor João Pessoa. Com dominância de areia (B, C e D); mistas entre areia e cascalho, sem dominância (E, F e G); e com dominância de cascalho (H, I e J). (Fonte: o autor)

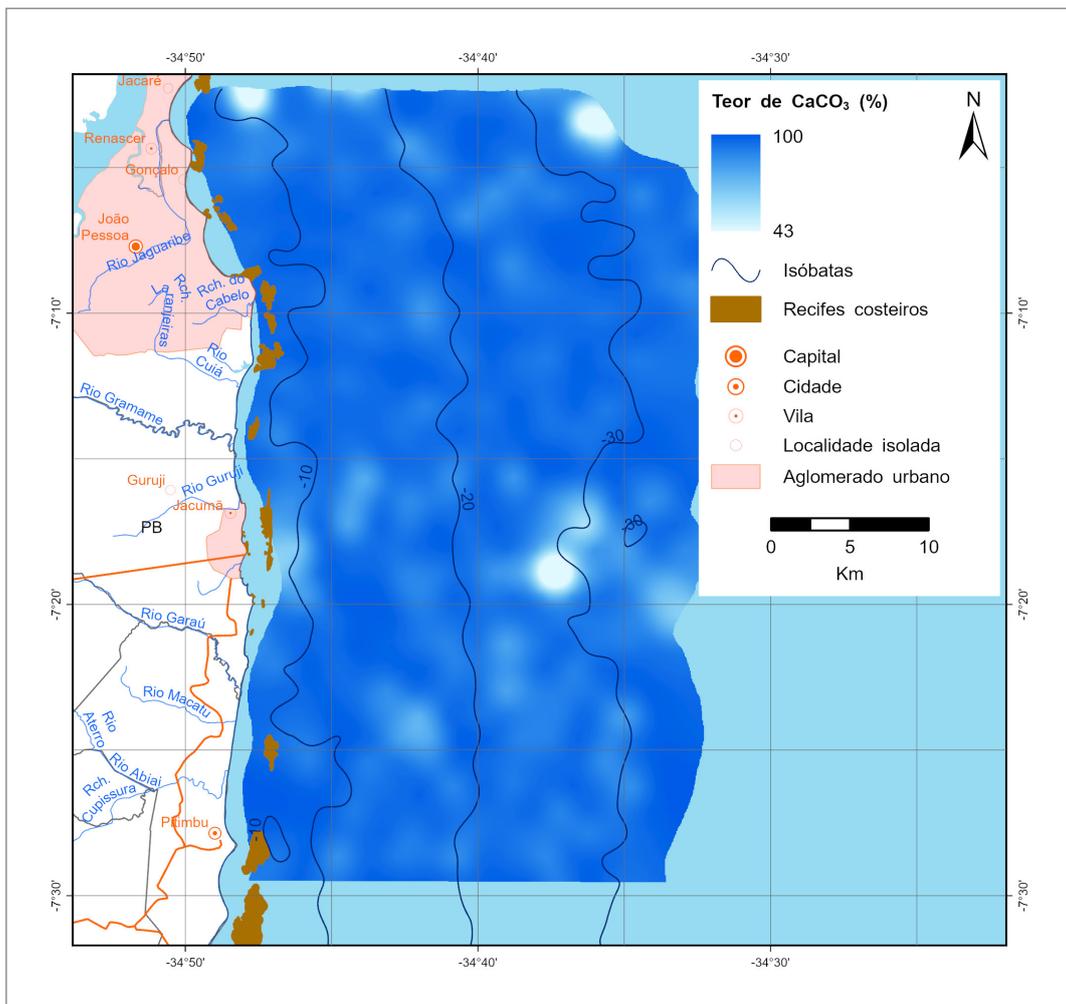


Figura 5.12 - Distribuição interpolada dos teores de CaCO_3 no Setor João Pessoa. (Fonte: o autor)

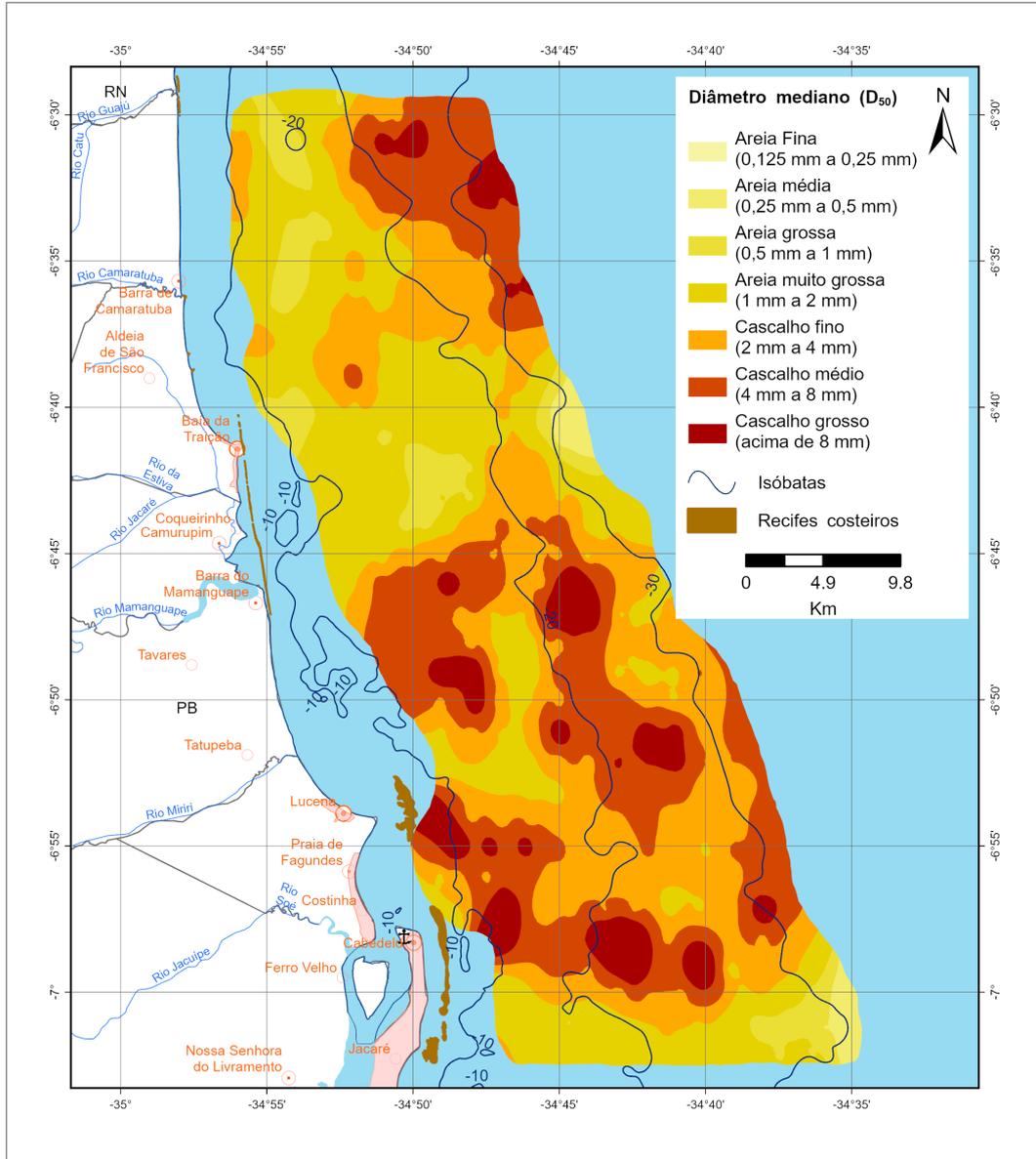


Figura 5.13 - Distribuição interpolada do diâmetro mediano no Setor Cabedelo. (Fonte: o autor)

latitudes ao sul da Barra do Mamanguape, há dominância de cascalho fino a grosso (clastos maiores do que 2 mm) em todas as profundidades. Ao norte, ocorre o predomínio de areias grossa e muito grossa (0,5 mm a 2,0 mm), especialmente entre 10 m e 20 m de profundidade, e significativa presença de cascalhos em profundidades maiores (Figura 5.13).

5.4.2. Setor João Pessoa

No Setor João Pessoa observa-se o predomínio de areia grossa a muito grossa na faixa entre as isóbatas de -10 m e -20 m (figura 5.14). As ocorrências de sedimentos com domínio de cascalhos fino a grosso, praticamente se restringem a manchas isoladas nas proximidades dos recifes costeiros ou em manchas isoladas em profundidades

maiores do que 30 m (figura 5.14), sendo provavelmente sedimentos reliquias, que formam depósitos de algas calcárias com tendência a crescimento, dado que são menos sujeitos à erosão pela ação de ondas.

5.5. CLASSIFICAÇÃO FACIOLÓGICA DOS SEDIMENTOS SUPERFICIAIS DA PLATAFORMA

Foram encontradas amostras classificadas em oito diferentes classes do esquema faciológico adotado, proposto por Freire *et al.* (1997) e apresentado na Tabela 4.2, do Capítulo 4. A expressiva maioria das amostras coletadas e analisadas apresentaram-se como misturas compostas por variadas quantidades de areia e cascalho, praticamente sem conteúdo lamoso e com forte dominância de grãos carbonáticos de origem biogênica. Sendo

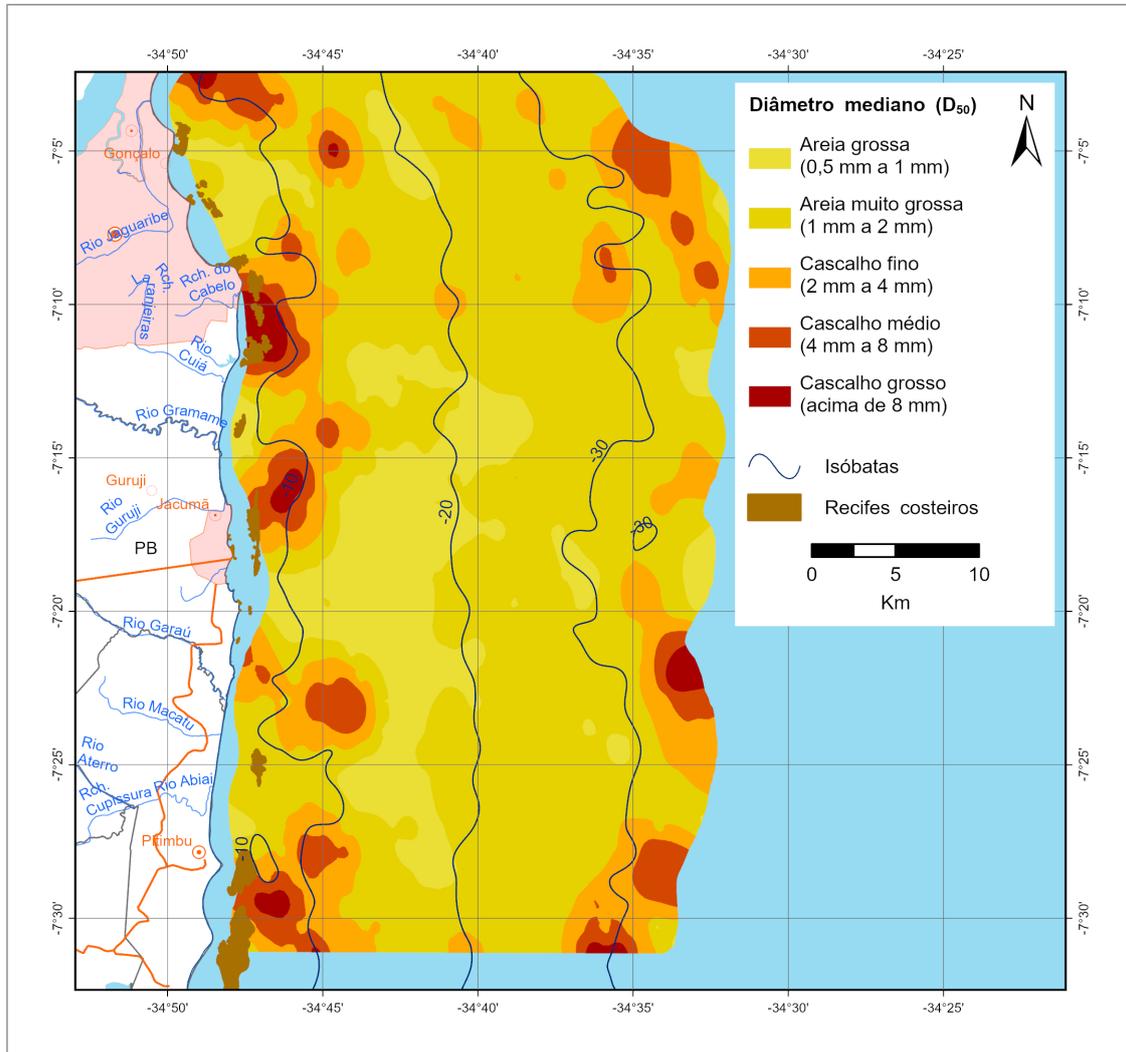


Figura 5.14 - Distribuição interpolada do diâmetro mediano no Setor João Pessoa. (Fonte: o autor)

assim, a classe mais frequentemente encontrada foi **areia bioclástica com grânulos e cascalhos** (56%), seguida por **cascalho bioclástico** (28%). Também, apresentam relevância estatística, embora menos abundantes, as amostras classificadas como **areia bioclástica** (9%) e, muito menos abundantes, **lama calcária** (4%). As demais classes (areia biolitoclástica, areia lito-bioclástica com grânulos e cascalhos, areia bio-litoclástica com grânulos e cascalhos e cascalho litoclástico) foram encontradas apenas em localizações pontuais, não formando depósitos espacialmente significativos na escala mapeada.

5.5.1. Setor Cabedelo

No Setor Cabedelo, embora tenham sido encontradas amostras de oito classes diferentes, predominam os sedimentos classificados como areia bioclástica, com grânulos e cascalhos (AB2a), e cascalho bioclástico (CB2), sem dominância expressiva de uma classe sobre a outra (Figura 5.15).

Espacialmente, as amostras encontram-se distribuídas de forma que predominam os cascalhos, em profundidades entre 20 m e 30 m, e areias em profundidades menores do que 20 m. As amostras de lama localizam-se majoritariamente em torno da isóbata de -30 m (Figura 5.16).

Finalmente, a partir da integração em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas) dos dados de relevo (batimetria e recifes costeiros), de diâmetro mediano e de classificação faciológica das amostras, além dos teores interpolados de cascalho, areia, lama e CaCO_3 , foi produzida a distribuição espacial das fácies da cobertura sedimentar no Setor Cabedelo (Figura 5.17), constante do mapa principal da Carta Faciológica da Plataforma Continental Rasa da Paraíba, Setor Cabedelo (Valle; Bezerra; Assis, 2022). No mapa, pode-se observar, principalmente a ocorrência de vastos depósitos contínuos de cascalho bioclástico (CB2) e areia bioclástica com grânulos e cascalhos (AB2a), intercalados por pequenas ocorrências de cobertura sedimentar de outras classes, que, entretanto, ainda mostram predominância

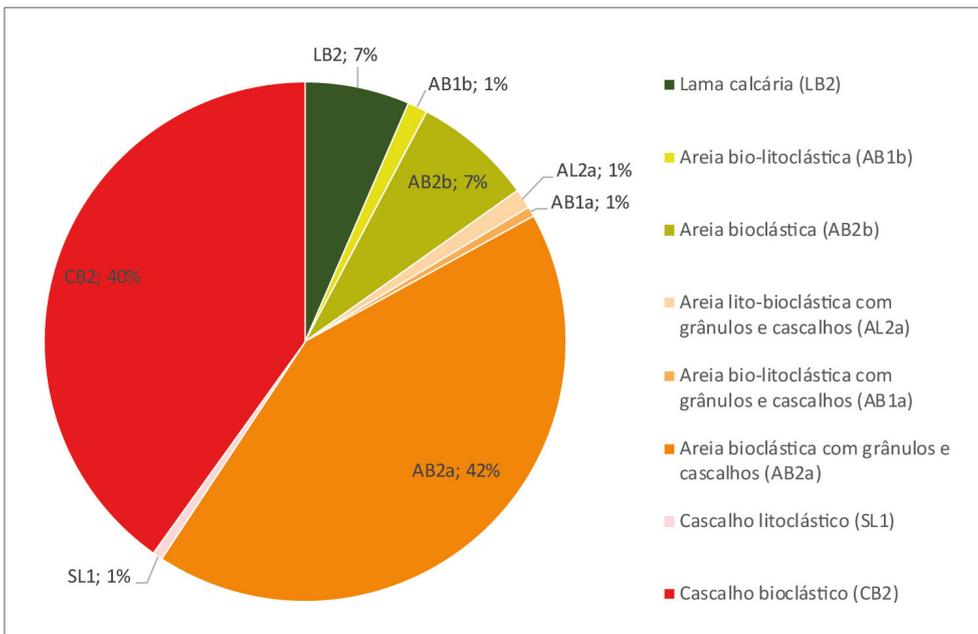


Figura 5.15 - Distribuição percentual das amostras de acordo com sua classificação faciológica no esquema de Freire *et al* (1997) no Setor Cabedelo. (Para a definição de cada classe, ver Tabela 4.2) (Fonte: o autor)

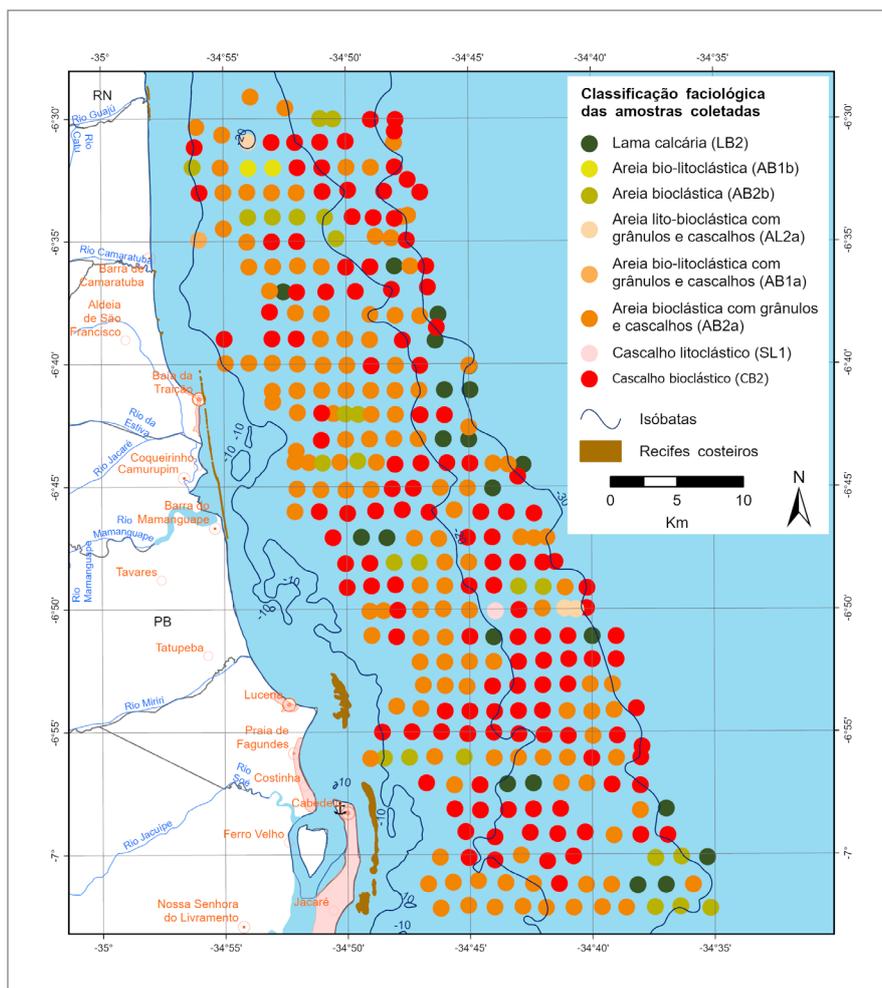


Figura 5.16 - Classificação faciológica das amostras do Setor Cabedelo, de acordo com esquema classificatório de Freire *et al*. (1997). (Fonte: o autor)

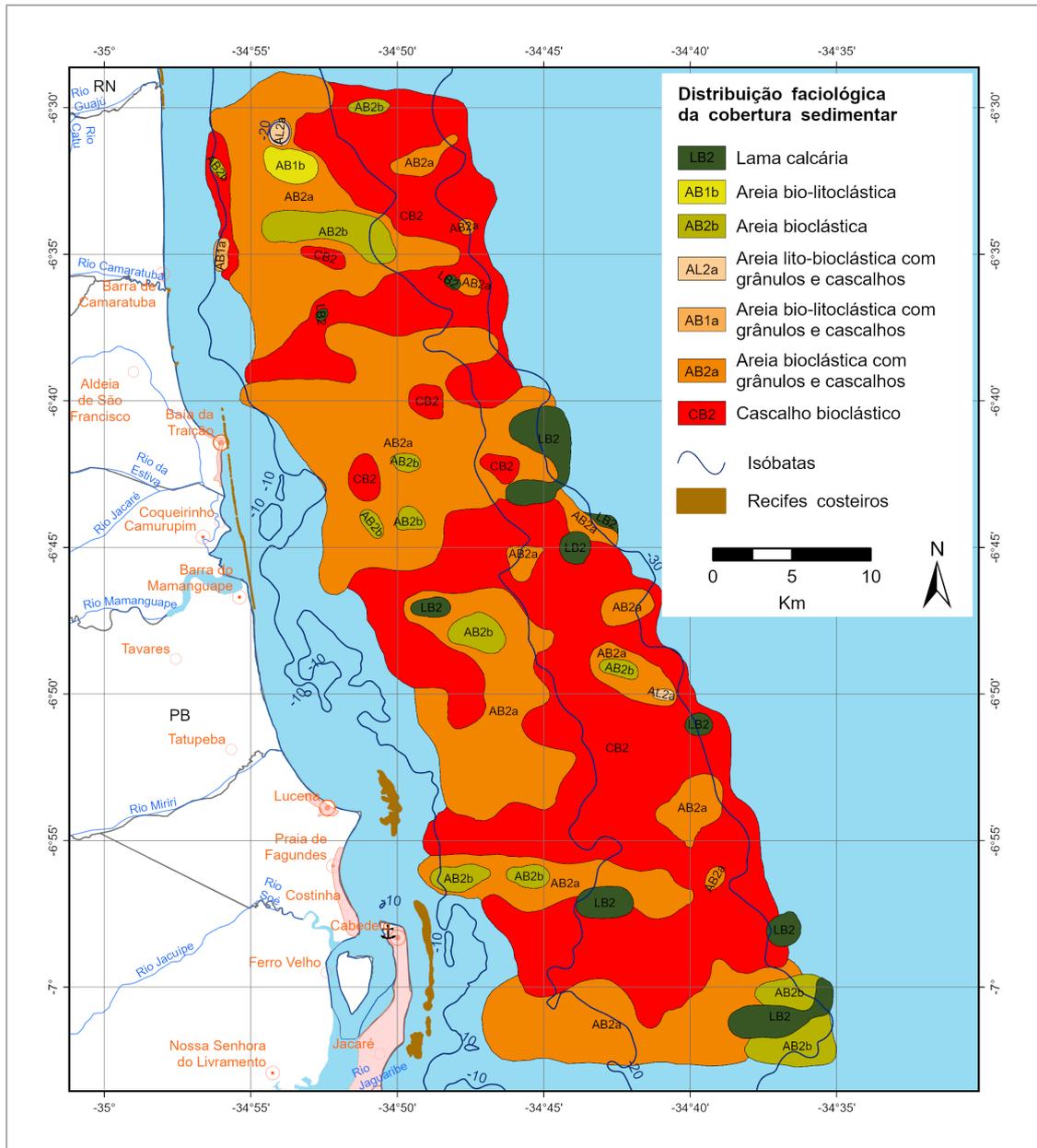


Figura 5.17 - Distribuição faciológica da cobertura sedimentar no Setor Cabedelo, de acordo com esquema classificatório de Freire *et al.* (1997). (Adaptado de Valle, Bezerra e Assis, 2022).

de sedimentos carbonáticos de origem biogênica com teores expressivos e variados de areia a cascalho.

5.5.2. Setor João Pessoa

O Setor João Pessoa mostrou-se menos variado do que o Setor Cabedelo, tendo apresentado amostras classificadas entre cinco classes distintas do esquema de Freire *et al.* (1997). O predomínio significativo é de amostras de areia bioclástica com grânulos e cascalhos (AB2a), seguido de cascalho bioclástico (CB2) e areia bioclástica (AB2b) (Figura 5.18).

As amostras de areia bioclástica com grânulos e cascalhos encontram-se amplamente distribuídas em

todas as profundidades do setor. O resultado corrobora uma das hipóteses levantadas, por Oliveira *et al.* (2012) e Oliveira *et al.* (2022), que mostra, a partir de imagens de satélite, a existência de campos de dunas subaquosas, especialmente na plataforma média do Setor João Pessoa. As amostras de cascalho bioclástico, embora estejam espalhadas por todo o setor, foram encontradas, especialmente, na plataforma média em profundidades maiores do que 25 m e nas proximidades das faces expostas à ação de ondas dos recifes costeiros em profundidades de 8 m a 13 m. As amostras da terceira classe mais abundante, areia bioclástica, ocorrem em grupos mais ou menos isolados, principalmente, na plataforma interna (Figura 5.19).

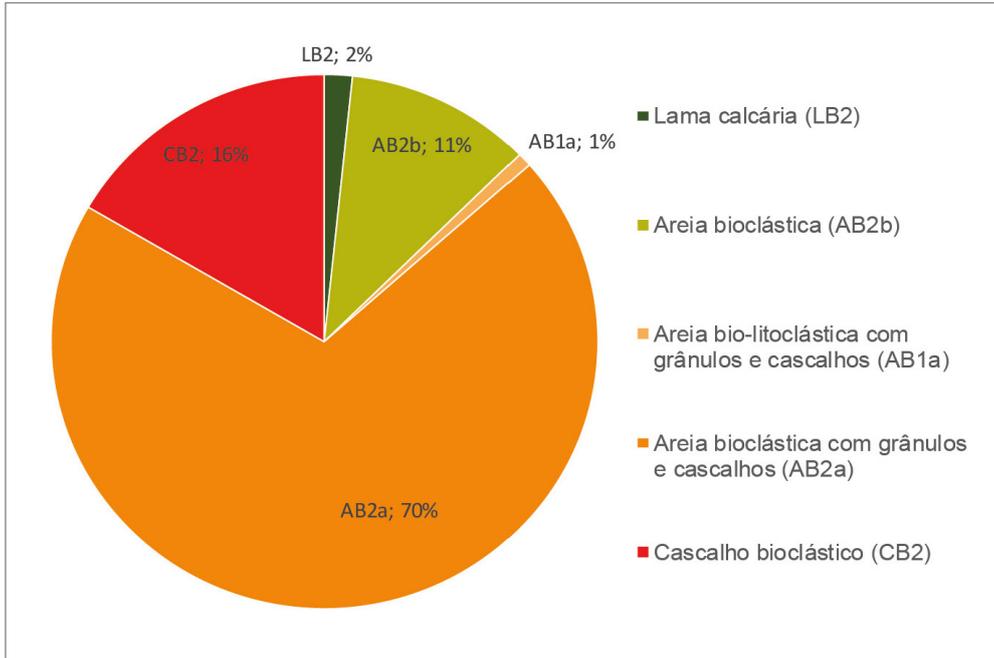


Figura 5.18 - Distribuição percentual das amostras de acordo com sua classificação faciológica de Freire *et al* (1997) no Setor João Pessoa (Para a definição de cada classe, ver Tabela 4.2). (Fonte: o autor).

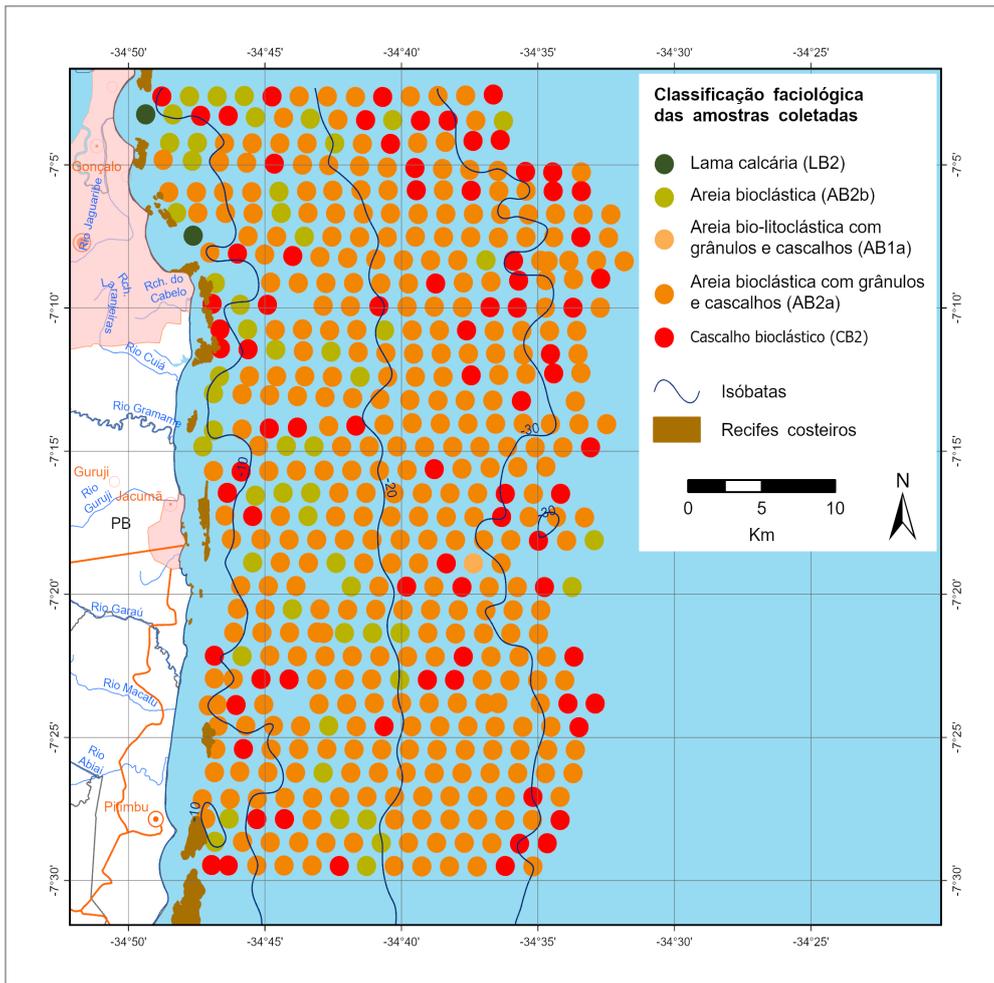


Figura 5.19 - Classificação faciológica das amostras do Setor João Pessoa, de acordo com esquema classificatório de Freire *et al.* (1997). (Fonte: o autor)

Finalmente, também após integração em ambiente SIG das informações levantadas neste trabalho (relevo, diâmetro mediano, classificação faciológica amostral e teores de cascalho, areia, lama e CaCO₃), foi possível construir uma distribuição espacialmente contínua da classificação faciológica da cobertura sedimentar no Setor João Pessoa (Figura 5.20), constante no mapa principal da Carta Faciológica da Plataforma Continental Rasa da Paraíba, Setor João Pessoa (Oliveira *et al.*, 2022). Observa-se a ocorrência de amplo depósito de

areia bioclástica com grânulos e cascalhos interrompidos esparsamente por manchas de tamanhos variados de areia bioclástica ou de cascalho bioclástico. A larga dominância de sedimentos bioclásticos carbonáticos sobre os sedimentos terrígenos siliciclásticos, praticamente ausentes tanto no Setor Cabedelo quanto no Setor João Pessoa, deve-se à pequena capacidade de transporte dos rios costeiros que, conseqüentemente, pouco contribuem para a sedimentação marinha observada nos trechos aqui retratados.

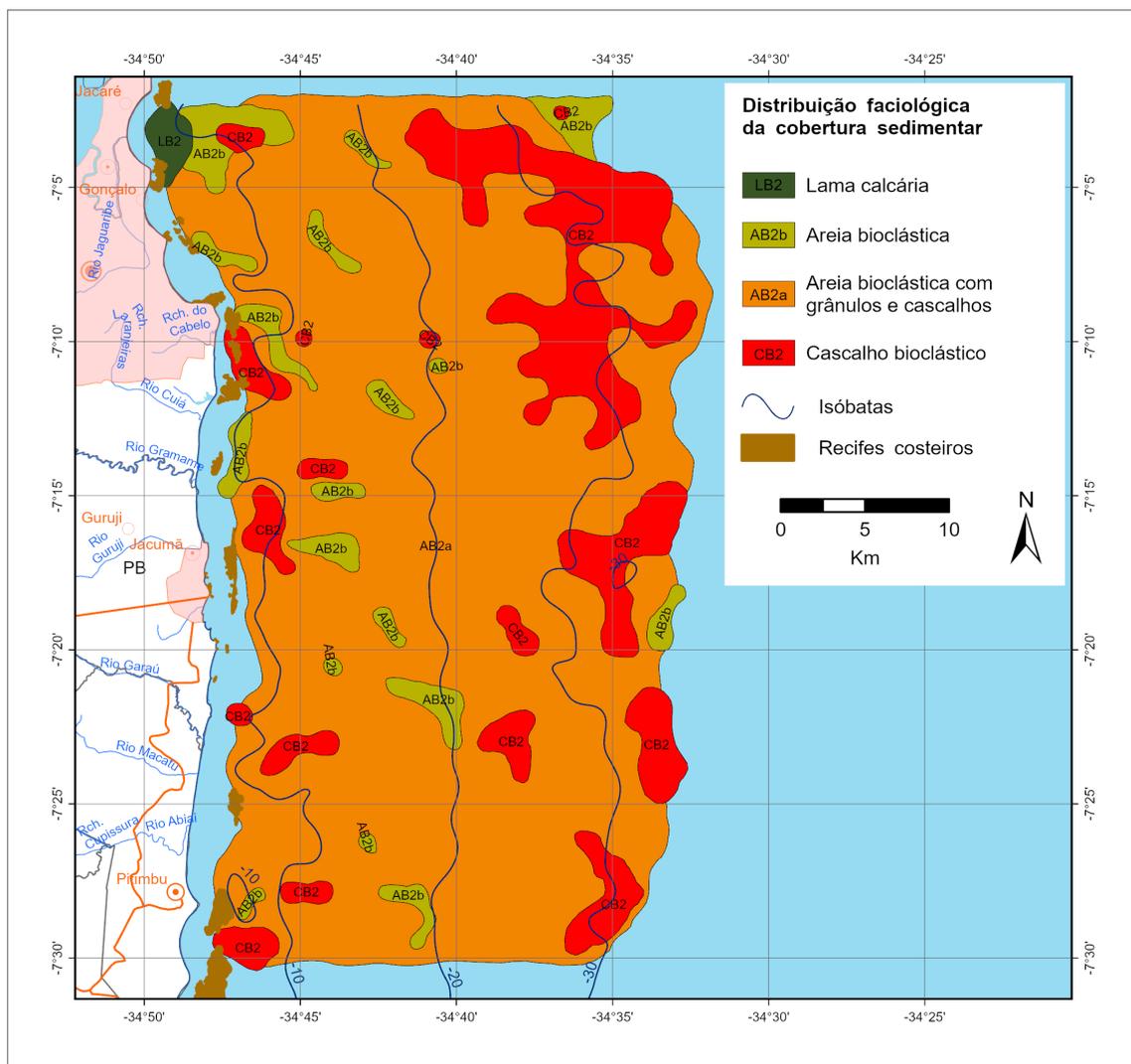


Figura 5.20 - Distribuição faciológica da cobertura sedimentar no Setor João Pessoa, de acordo com esquema classificatório de Freire *et al.* (1997). (Adaptada de Oliveira *et al.*, 2022)

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A plataforma continental rasa adjacente ao estado da Paraíba mostrou-se francamente recoberta por sedimentos carbonáticos, com granulometria predominante entre areia e cascalho. Os sedimentos são majoritariamente oriundos da fragmentação de esqueletos carbonáticos de organismos bentônicos, com destaque para as algas vermelhas coralináceas e com teores de CaCO_3 frequentemente superiores a 75%.

No entanto, embora mundialmente seja observada uma crescente demanda por recursos minerais de origem marinha, para a implantação de atividade mineira no mar, são necessárias considerações sobre os aspectos ambientais da atividade, além dos seus aspectos econômicos e sociais. A seguir, apresentamos esses aspectos, com especial ênfase no que foi observado na plataforma continental rasa e zona costeira paraibanas.

6.1. ASPECTOS ECONÔMICOS E SOCIAIS

Na indústria da construção civil, os termos agregados ou granulados são reservados para uma ampla gama de partículas com granulometria de areias (0,063 mm a 2 mm) e cascalhos (maiores do que 2 mm), que adicionam resistência aos materiais compósitos utilizados na atividade ou que são usados na implantação de sistemas de drenagem e filtragem de água e efluentes. Embora o termo inclua materiais reciclados da própria indústria, tais como os resíduos da produção de concreto, mundialmente, a maior parte dos agregados usados na construção civil é proveniente da exploração de depósitos naturais de areias, cascalhos e rochas continentais (Bide; Mankelow, 2014). Adicionalmente, a areia siliciclástica é também um importante insumo para a produção de vidro e de componentes eletrônicos, além de ser usada industrialmente na extração de gás de xisto e na recuperação de praias erodidas (Torres *et al.*, 2017). Os granulados carbonáticos, por sua vez, podem ser empregados na produção de corretivos de solos, de elementos filtrantes para tratamento de água e esgoto, de complementos alimentares para nutrição pecuária e humana e de abrasivos para cremes dentais (Coletti; Basso; Frixa, 2017), além da produção de cimento *portland* (Baker *et al.*, 2016). A crescente lista de aplicações dos granulados, aliada à depleção dos depósitos continentais e ao aumento da severidade das leis nacionais que regulamentam a mineração, bem como a suas características de

composição e pureza, têm implicado em aumento da pressão sobre os seus depósitos marinhos e costeiros (Torres *et al.*, 2017).

Globalmente, considerando-se o valor econômico produzido e excetuando-se a produção de hidrocarbonetos (petróleo e gás natural), os agregados marinhos são o principal recurso mineral explorado, atualmente, em ambiente marinho de plataformas continentais (BAKER *et al.*, 2016). Desde as últimas décadas do século passado, países como Dinamarca, França, Alemanha, Holanda e Reino Unido, na Europa, além de China, Singapura e Coreia do Sul, na Ásia, já possuem indústrias consolidadas de extração de areia e cascalho marinhos (Earney, 2005).

Segundo Krausmann *et al.* (2017), o volume global de recursos naturais, usados na construção civil e na infraestrutura de transporte, aumentou 23 vezes ao longo do século XX. Em 2010, areia e cascalho já representavam, por larga vantagem em massa, a maior parte da extração mundial de recursos naturais (79% ou 28,6 bilhões de toneladas), superando as produções de hidrocarbonetos e de biomassa (UNEP, 2016). As taxas de extração foram mais altas na região da Ásia-Pacífico, seguida pela Europa e América do Norte. Somente nos Estados Unidos, a produção e uso de areia e cascalho para construção foram avaliados em US\$ 8,9 bilhões em 2016 (US\$ 11,4 bilhões em valores corrigidos para 2023), e a produção aumentou 24% nos cinco anos anteriores (Torres *et al.*, 2017).

No Brasil, dados da Agência Nacional de Mineração (ANM) mostram aumento da busca por recursos minerais localizados na Zona Econômica Exclusiva (ZEE) no início deste século (Figura 6.1A). Considerando-se a quantidade de áreas com novos processos abertos desde 1976, quando se iniciam os registros da ANM, o principal bem mineral procurado na ZEE brasileira é o fosfato, seguido de calcário, areia quartzosa, minerais metálicos (especialmente de titânio e lítio) e sais de potássio, sódio e magnésio (Figura 6.1B).

Analisando-se os dados da ANM por estado brasileiro, vemos que o Espírito Santo é o que possui maior quantidade de processos abertos, com larga vantagem sobre a Bahia, Maranhão, Rio Grande do Norte e Pernambuco, que vêm em sequência (Figura 6.2). No Espírito Santo, os bens minerais de maior interesse na ZEE são fosfato e calcário, seguidos de sais de potássio, sódio e magnésio, areia quartzosa, minerais metálicos, especialmente de titânio (ANM, 2023).

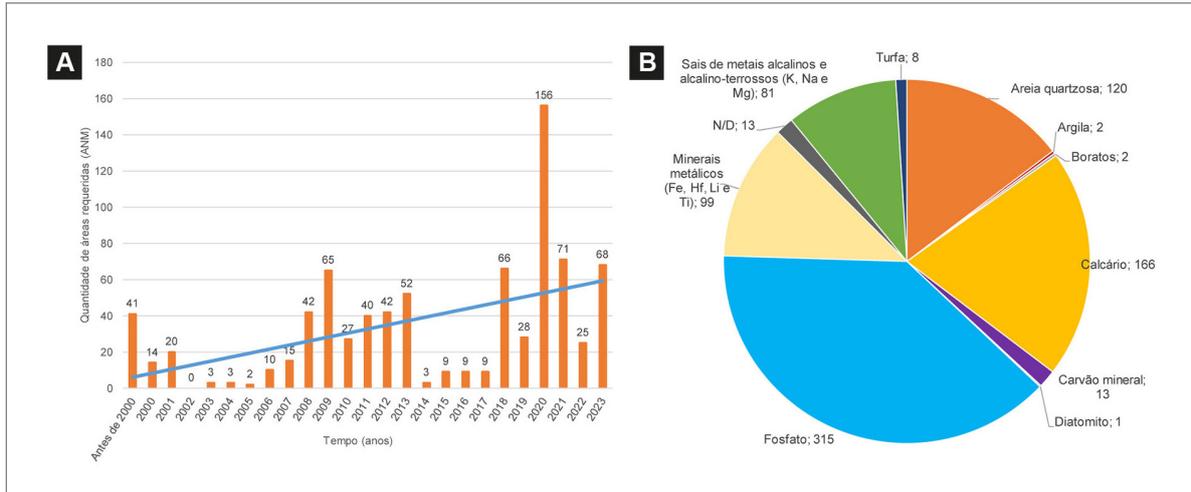


Figura 6.1 - (A) Evolução temporal do número de novas áreas requeridas para mineração na ZEE brasileira, independente da fase do processo em que se encontra atualmente e da substância procurada, sendo que a linha azul indica uma tendência linear ajustada aos dados; (B) Quantidade de áreas requeridas por substância de interesse na ZEE brasileira, independente da fase atual do processo. (Fonte: o autor com dados da ANM, 2023).

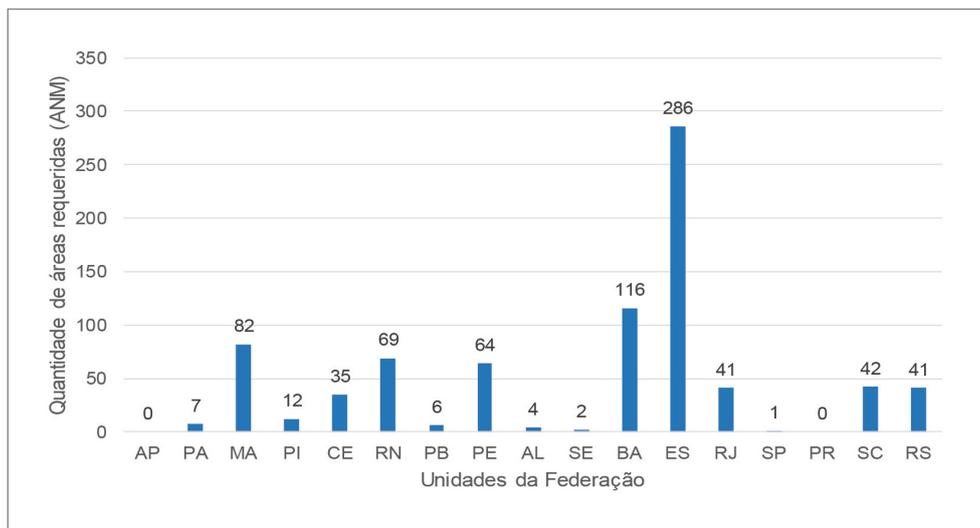


Figura 6.2 - Quantidade de áreas requeridas junto à ANM para atividade de mineração na ZEE brasileira por unidade da federação. (Fonte: o autor com dados da ANM, 2023)

Nos estados da Região Nordeste, está localizada significativa quantidade de áreas requeridas para atividade de mineração na ZEE brasileira, onde, segundo dados da ANM, também se observa uma tendência de aumento do interesse por atividades de mineração ao longo das últimas décadas e as substâncias de interesse seguem a mesma tendência nacional (Figura 6.3).

O estado da Paraíba, aparentemente, não segue a mesma tendência observada nos cenários nacional e regional quanto ao interesse pela exploração de recursos minerais no leito da ZEE. Em 2023, constam apenas seis processos abertos para requisição de atividade minerária junto ao órgão regulador nacional (ANM), sendo todos no Setor Cabedelo e somente dois deles foram abertos nos últimos 20 anos. Apenas um dos blocos requeridos está

localizado efetivamente dentro da ZEE, nas proximidades da isóbata de -30 m, cujo bem de interesse é o calcário (Figura 6.4). Os demais processos são formados por blocos localizados majoritariamente na porção emersa da zona costeira paraibana.

Desta forma, a análise dos dados apresentados nas Figuras 6.1 e 6.3 nos permite depreender que o calcário de origem marinha tem-se mostrado economicamente interessante nos cenários nacional e nordestino. Além disso, segundo Oliveira *et al.* (2022) e Valle, Bezerra e Assis (2022), a plataforma paraibana é francamente coberta por sedimentos carbonáticos, com teores de CaCO₃ muito frequentemente superiores a 75%. Então, pode-se concluir que a plataforma paraibana tem significativo potencial para a exploração e produção de calcário de origem marinha.

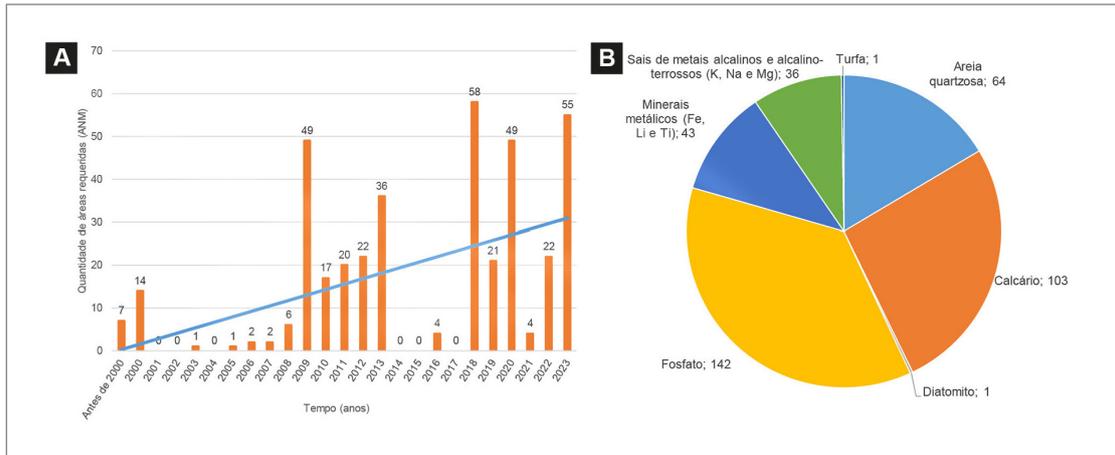


Figura 6.3 - (A) Evolução temporal do número de áreas requeridas para mineração na ZEE da Região Nordeste do Brasil, independente da fase do processo e da substância procurada, sendo que a linha azul indica uma tendência linear ajustada aos dados; (B) Quantidade de áreas requeridas por substância de interesse na ZEE do Nordeste brasileiro, independente da fase do processo.(Fonte: o autor com dados da ANM, 2023).

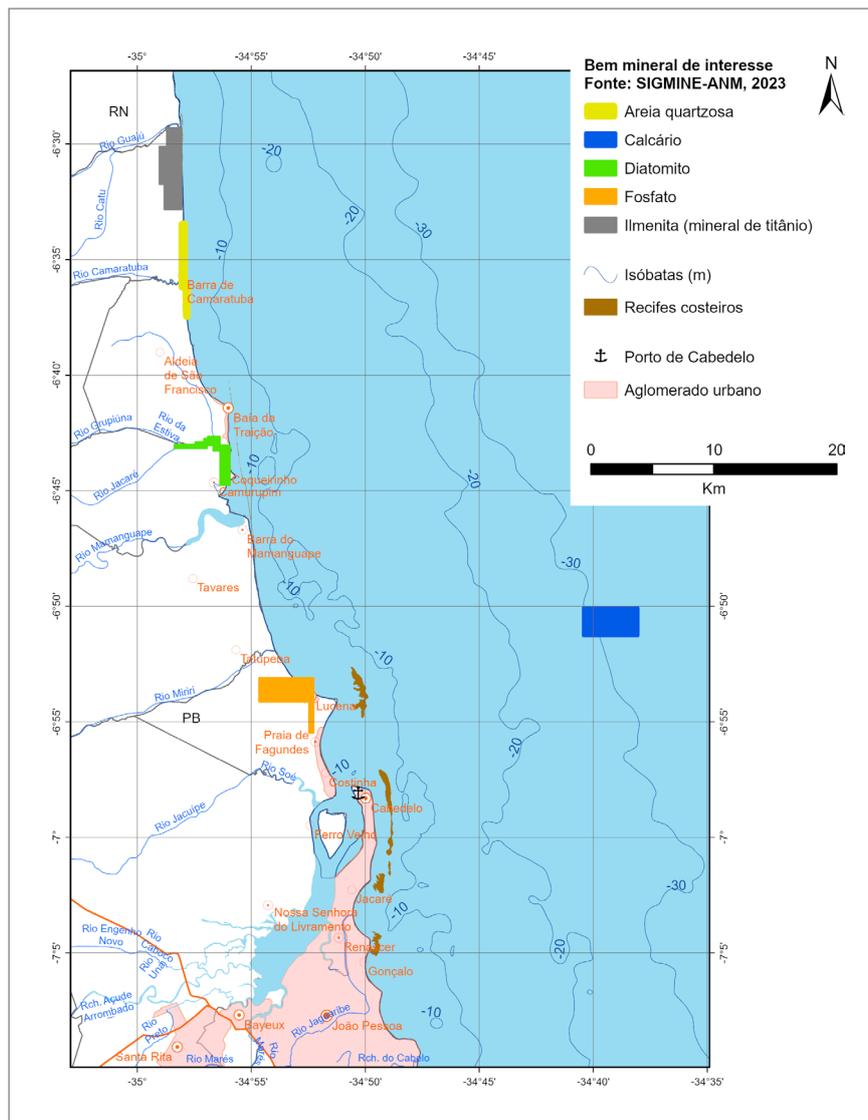


Figura 6.4 - Blocos com processos minerários abertos na ANM. (Fonte: o Autor com dados da ANM, 2023).

A realização desse potencial depende das condições de infraestrutura de transporte e beneficiamento do material, além da necessária avaliação dos impactos ambientais da atividade, que merecem atenção e investimento financeiro dos agentes públicos e privados.

6.2. ASPECTOS AMBIENTAIS

A exploração de granulados marinhos é realizada por dragagem do leito marinho, normalmente em profundidades entre 10 m e 40 m, com navios e equipamentos que removem, por sucção, o material inconsolidado do leito e o transportam até a superfície, depositando-o diretamente na área de interesse ou em barcas que o carregará à área de destino ou ao porto de desembarque mais próximo. O tamanho das embarcações pode variar amplamente, mas grandes navios podem extrair até 2.600 toneladas de areia e cascalho do leito por hora e estocar até 8.000 toneladas do material (Bide; Mankelov, 2014). De acordo com publicação do Serviço de Alerta Ambiental Global (GEAS, na sigla em inglês), parte do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), devido ao elevado custo de produção e ao baixo valor agregado do produto, a extração desse bem se limita a profundidades não maiores do que 50 m e a curtas distâncias do seu porto de descarga (UNEP, 2016).

Apressada e equivocadamente, entretanto, pode-se concluir que o impacto ambiental da atividade de dragagem no mar se restringe ao local da extração do material do leito, afetando apenas os organismos bentônicos de uma pequena área. Entretanto, uma série de outros impactos são decorrentes e devem ser considerados ao se planejar a instalação de atividade de mineração no leito marinho, especialmente sobre plataformas continentais.

Ao afetar a comunidade bentônica, a mineração causa indiretamente impacto sobre toda a cadeia trófica do ambiente de plataforma continental, uma vez que os organismos bentônicos ocupam os níveis mais baixos dessa complexa cadeia. As algas calcárias e as macroalgas foliosas, que dependem desse substrato, são organismos autótrofos fotossintetizantes e, sendo assim, juntamente com os organismos fitoplanctônicos, produtores primários de biomassa para o ambiente nerítico, além de importantes sequestradores de carbono atmosférico e marinho. Em sequência, dependem da energia solar capturada pela flora marinha e disponibilizada na base da cadeia trófica do ambiente de plataforma continental, os consumidores primários (e.g. bivalves, gastrópodes e poliquetas), secundários (e.g. pequenos peixes e crustáceos) e terciários (e.g. arraias, cações e mamíferos aquáticos como toninhas e golfinhos). Os impactos sobre a fauna bentônica podem chegar a uma redução de até 80% da riqueza de espécies e de

até 90% da abundância da biomassa associada (Desprez, 2000) e podem demorar mais de seis anos para começarem a ser mitigados (Boyd *et al.*, 2005)

Devido à condição de águas claras e calmas, a plataforma continental do Nordeste brasileiro apresenta grandes extensões de leito marinho cobertas por sedimento arenoso e cascalhoso, colonizados por algas foliosas e angiospermas, formando o que se chama de prados de fanerógamas. No passado, esse ambiente era responsável pela manutenção mundial de significativas populações de peixes-boi marinhos (*Trichechus manatus*), que também dependem do ambiente estuarino no seu ciclo de vida e que se distribuíam entre o Maranhão e o Espírito Santo (Whitehead, 1978). A caça predatória, a captura incidental, o tráfego descuidado de embarcações em águas rasas e a destruição de *hábitats* foram os principais responsáveis pela inclusão desses animais nas listas de espécies ameaçadas de extinção na costa brasileira (Luna *et al.*, 2008). Trata-se, portanto, de um exemplo de como uma espécie isolada ou mesmo comunidades inteiras podem depender das condições de conservação do leito marinho em porções extensas e contínuas.

Outro impacto a ser considerado na realização de atividade de mineração na plataforma continental relaciona-se com a transparência da água. Ao revolver o leito marinho para extração de granulados, a dragagem acaba por recolocar em suspensão sedimentos lamosos antes depositados no fundo. Os sedimentos finos, compostos por grãos nas frações silte e argila (menores do que 0,063 mm e 0,004 mm, respectivamente), quando de composição siliciclástica e origem continental, normalmente ficam depositados nos estuários, onde encontram condições físicas e químicas adequadas à sua decantação. Na plataforma continental, esses sedimentos podem ficar retidos nas reentrâncias e zonas abrigadas de recifes costeiros, nas proximidades de desembocaduras fluviais, ou em ambientes de paleoestuários afogados durante a subida holocênica do nível do mar, iniciada há cerca de 18 mil anos. Quando de composição carbonática, os sedimentos lamosos encontrados em ambiente de plataforma continental costumam ter origem autóctone, sendo formados a partir da decomposição e fragmentação de esqueletos cascalhosos e arenosos de organismos bentônicos.

Por essas características de origem, mesmo que esparsamente sejam encontradas manchas de sedimentos lamosos na plataforma nordestina, em geral, e paraibana, em particular, normalmente ocorrem em depósitos estáveis no leito marinho, em regiões rasas abrigadas ou fundas o bastante para estarem além da influência das ondas. Após serem removidos do leito marinho e colocados em suspensão na água pela atividade de dragagem, os sedimentos lamosos dependem de condições hidrodinâmicas muito peculiares e de baixa energia para que novamente se depositem (Reineck; Singh, 1980).

Formam, portanto, plumas de águas turvas que se espalham por longas distâncias ao sabor das correntes, reduzindo a penetração de luz solar na coluna d'água e a atividade fotossintetizante dos produtores primários bentônicos e planctônicos. Foi pensando nesse impacto que, para a classificação faciológica das amostras coletadas neste trabalho, foi adotado o esquema proposto por Freire *et al.* (1997), derivado do esquema de Larsonneur (1977) desenvolvido na França, país com tradição de pesquisa e exploração de granulados bioclásticos marinhos na plataforma continental. O esquema considera sedimentos lamosos aqueles que apresentam teor de lama superior a 15%, independentemente da granulometria e dos teores dos demais constituintes da amostra. Desta maneira, trata-se de um sistema classificatório que considera relevante o impacto da pluma de sedimentos finos sobre a cadeia trófica de ambiente marinho raso decorrente da eventual atividade de exploração dos sedimentos marinhos.

Um terceiro impacto relevante, associado à extração de sedimentos em ambiente marinho raso, relaciona-se aos efeitos físicos sobre a hidrodinâmica e transporte de sedimentos locais e no entorno. A exploração de sedimentos marinhos altera as formas do relevo e, conseqüentemente, pode afetar a linha de costa de diferentes maneiras: (i) causar o rebaixamento do nível das praias; (ii) alterar as correntes litorâneas e de marés; (iii) afetar o transporte sedimentar ao longo da linha de costa; (iv) modificar localmente o clima de ondas incidentes na costa; e (v) reduzir as estruturas naturais de proteção do litoral adjacente (Bonne, 2010). Nas nações insulares do Oceano Pacífico, por exemplo, onde são escassos os depósitos continentais de agregados para a construção civil, a exploração desse material em praias já é bem documentada como responsável pelo aumento da vulnerabilidade costeira a processos erosivos. Desta forma, naqueles países, há uma corrida pela sua produção a partir de depósitos nos mares rasos das plataformas insulares, o que deve causar novos impactos na dinâmica sedimentar costeira (Webb 2005; McKenzie; Woodruff; McClennen, 2006).

Na costa alemã do Mar Báltico, Kortekaas *et al.* (2010) investigaram uma área da plataforma continental, onde ocorre extensa atividade de extração de areia do leito marinho e em cuja costa adjacente se observa, desde os anos anteriores, a ocorrência de intenso processo erosivo. Por meio de observações de campo e simulações numéricas da hidrodinâmica e do transporte sedimentar, os pesquisadores concluíram que, embora seja difícil separar os efeitos naturais daqueles artificialmente induzidos pela atividade humana, mesmo pequenas mudanças na batimetria do leito marinho são suficientes para causar modificações significativas no processo de transporte sedimentar ao longo da costa, implicando em alterações no padrão de erosão e acreção costeira (Bonne, 2010).

As causas do impacto se relacionam tanto com a redução da disponibilidade de sedimento da plataforma para a costa, oriunda da remoção de estoques sedimentares para exploração, quanto com a alteração no padrão de ondas incidentes e, portanto, do transporte sedimentar. Em alguns casos, a depender das condições hidrodinâmicas locais e da disponibilidade de sedimentos nas regiões do entorno, mesmo depressões causadas pela dragagem, com não mais do que 30 cm de profundidade, permanecem visíveis anos depois (Desprez, 2000). Finalmente, Van Lancker *et al.* (2010) observaram que as condições naturais de recuperação das formas do leito marinho após intensa atividade extrativista são lentas e, mesmo que pudessem ocorrer em médio e longo prazos de até dezenas de anos, a escassez de fontes naturais de sedimentos que pudessem recompor o relevo – como é o que ocorre na plataforma nordestina, pobre em sedimentos continentais e recoberta quase que somente por fragmentos bioclásticos de organismos de crescimento muito lento – inviabilizam a recomposição natural das formas de fundo.

Na costa paraibana, tipicamente uma costa faminta, onde os rios têm pouca capacidade de aportar sedimentos terrígenos para o litoral e para a plataforma continental, já se observa uma tendência natural à erosão costeira, e os impactos físicos da extração de sedimentos das praias e da plataforma continental precisam ser cuidadosamente dimensionados a fim de evitar o agravamento do problema.

6.2.1. Unidades de conservação ambiental na zona costeira paraibana

De acordo com os dados disponíveis no Cadastro Nacional de Unidades de Conservação Brasileiras do Ministério do Meio Ambiente (CNUC/MMA) e na Superintendência de Administração do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos da Paraíba (SUDEMA-PB), a zona costeira da Paraíba tem, atualmente, 14 unidades de conservação, sendo 6 federais, 6 estaduais e 2 municipais (Figura 6.5). De todas elas, apenas seis incluem alguma porção de ambiente marinho em sua área, duas das quais estão totalmente localizadas na plataforma continental. São elas: a Área de Proteção Ambiental do Naufrágio Queimado e o Parque Estadual Marinho de Areia Vermelha, ambas da esfera estadual. As demais, embora possam incluir alguma porção em ambiente marinho, se destinam, principalmente, a proteger ambientes de Mata Atlântica (incluindo vegetação de manguezal e de restinga) e de Caatinga.

O Parque Estadual Marinho de Areia Vermelha (PEMAV), criado pelo Decreto Estadual nº 21.263 de 28 de agosto de 2000, localiza-se a cerca de 1 km da costa da Praia de Camboinha, em Cabedelo, e cobre uma área de aproximadamente 260 hectares. Incluem-se em seus

limites as ilhas de areia vermelha e de areia dourada, bem como os recifes do seu entorno e as pequenas praias que afloram apenas nas horas de marés baixas. Trata-se de uma área com intensa visitação de turistas que buscam lazer nos bancos de areia e piscinas naturais.

A Área de Proteção Ambiental do Naufrágio Queimado, criada pelo Decreto Estadual nº 38.931 de 28 de dezembro de 2018, graças aos esforços liderados pela equipe dos professores dr. Bráulio Santos e dr. Ricardo Rosa, ambos do Departamento de Sistemática e Ecologia da Universidade Federal da Paraíba, localiza-se em um polígono entre a linha de costa e a profundidade aproximada de 75 m, ao largo dos municípios de Cabedelo e João Pessoa. A APA cobre uma área aproximada de 42,3 mil hectares, correspondente a cerca de 10% da plataforma continental do estado.

Trata-se de uma unidade de conservação de uso sustentável que visa disciplinar o uso de diversos tipos de ambientes, com destaque para os recifes naturais (coralinos e/ou algálicos) e artificiais (naufrágios), protegendo dezenas de espécies de macroalgas, corais, esponjas, peixes, aves, mamíferos e tartarugas marinhas. Dentre os possíveis usos para esses ambientes, enfocam-se o lazer e o turismo, na área interna da APA, e a pesca artesanal, especialmente, nos pesqueiros que já existem no entorno da APA. Os benefícios da criação recente e a manutenção futura da unidade de conservação incluem: (1) a geração de empregos diretos e indiretos relacionados às atividades de visitação; (2) inclusão social das comunidades tradicionais; (3) valorização da cultura local; (4) educação ambiental de moradores e turistas; (5) incentivo à pesquisa científica nas áreas de biologia,

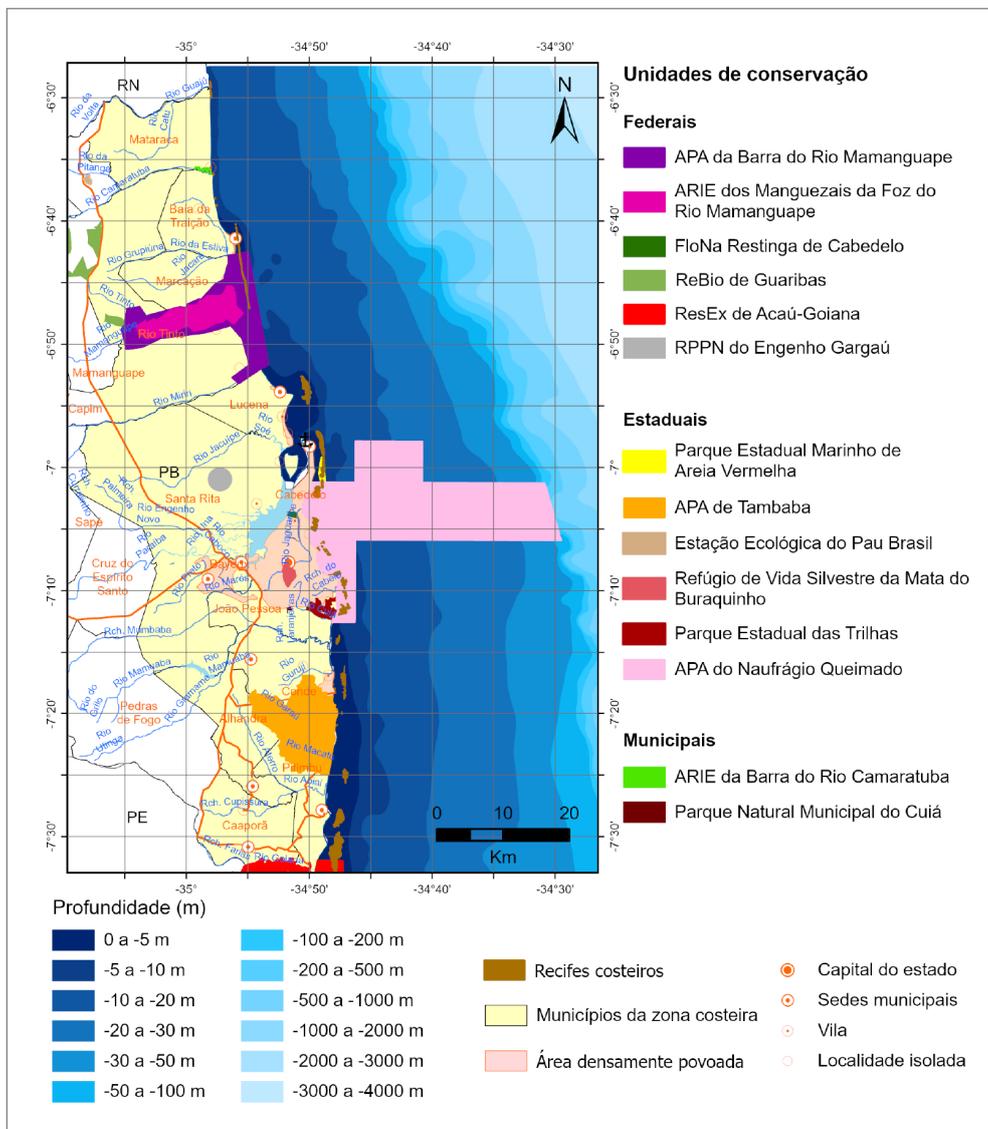


Figura 6.5 - Unidades de conservação da zona costeira e na plataforma continental paraibana. APA: Área de Proteção Ambiental; ARIE: Área de Relevante Interesse Ecológico; FloNA: Floresta Nacional; ReBio: Reserva Biológica; ResEx: Reserva Extrativista; RPPN: Reserva Particular do Patrimônio Natural. (Fonte: o autor)

oceanografia e arqueologia, além de turismo, administração e economia; (6) divulgação e popularização da riqueza biológica da plataforma continental paraibana; (7) preservação e divulgação do patrimônio arqueológico submerso; (8) conexão direta com outras unidades de conservação marinhas ou continentais; (9) proteção de espécies marinhas reconhecidas como ameaçadas tanto pelo Estado brasileiro como pela IUCN em todas as faixas de profundidades da plataforma continental; (10) desenvolvimento de esportes náuticos, incluindo a cadeia produtiva de equipamentos e embarcações; (11) ordenamento do turismo nos recifes costeiros; e (12) proteção da biodiversidade dos recifes mesofóticos.

6.2.2. Critérios para a exploração sustentável de granulados marinhos

De modo geral, pode-se afirmar que os impactos ambientais da exploração de granulados marinhos dependem do local onde será instalada a operação de dragagem do leito, em decorrência das variações no tipo e no potencial de mobilidade dos sedimentos, da topografia do leito e das condições hidrodinâmicas locais, bem como da técnica de dragagem empregada (Desprez, 2000). Desta forma, não é possível estabelecer parâmetros globais para minimizar os efeitos ambientais da exploração de granulados marinhos. Ao contrário, Van Lancker *et al.* (2010) levantaram aspectos e critérios que precisam ser considerados ao se planejar a instalação de atividade mineira, especialmente em ambiente de plataforma continental rasa. Resumidamente, são eles, em ordem que não reflete suas importâncias relativas:

Critério de localização: um dos principais critérios para localização de empreendimentos mineiros na zona costeira e na plataforma continental é o potencial de impacto na linha de costa. Diversos países, estabeleceram limites mínimos de profundidades – especialmente relacionados à profundidade de fechamento das ondas – para evitar a ocorrência de efeitos indesejáveis na costa. A distância da localização até a costa, também, deve ser considerada, uma vez que a taxa natural de preenchimento das depressões dragadas, bem como os efeitos da alteração no clima de ondas (relacionados à mudança nos padrões de refração e difração das ondas) dependem dessa distância. Por outro lado, deve-se observar que os custos de produção do material final, seja ele qual for, dependem da distância até a área-fonte.

Critério geológico: a concessão de áreas para exploração de granulados marinhos adequados à determinada finalidade requer o conhecimento pormenorizado da geologia da plataforma continental em que estará inserida a atividade mineira. Além de se conhecer as

características granulométricas, mineralógicas e composicionais do sedimento, faz-se necessário o estudo das características estruturais dos depósitos e do substrato onde se assentam, para que se possa avaliar seu tempo de recuperação, além de sua potencialidade mineral.

Critério morfológico: a extração de sedimentos deve ser evitada em áreas menos estáveis dos bancos de areia e cascalhos, ou seja, a extração de granulados marinhos deve ser evitada nas extremidades dos bancos e regiões em que os mesmos apresentam geometrias mais complexas e menos lineares, dado que a dinâmica do transporte sedimentar tende a ser menos previsível nessas regiões, podendo dificultar a recomposição dos depósitos e do relevo submarino. A extração de agregados marinhos, também, deve ser evitada nas regiões entre dunas subaquosas, pois os ambientes sedimentares dos vales e das cristas das dunas podem ser significativamente diferentes em termos de composição dos sedimentos e de riqueza faunística bentônica, sendo esta última, normalmente, maior nos vales do que nas cristas.

Critério da dinâmica sedimentar: idealmente, a instalação de uma área para exploração de sedimentos marinhos na plataforma continental deve privilegiar depósitos cuja granulometria dos sedimentos seja tal que poderiam ser naturalmente repostos após a atividade de extração, ou seja, as áreas de exploração devem ser reconhecidamente regiões que, atualmente, passam por processos de acumulação de sedimentos e não de erosão.

Critério biológico/ecológico: o gerenciamento sustentável de recursos naturais deve se basear no balanço entre a exploração e os impactos adversos nos demais componentes do ecossistema. A dragagem extensiva pode modificar a geometria dos depósitos apenas suavemente, mas seu impacto sobre as comunidades bentônicas pode ser considerável. Nesse sentido, pode ser interessante que a extração se concentre em áreas pequenas, seguindo um modelo de dragagem intensivo somente em pequenas porções dos depósitos.

Finalmente, corroborando com o que foi levantado por Torres *et al.* (2017), pode-se concluir que a extração de areias e cascalhos de praias e leitos marinhos rasos pode afetar permanentemente a integridade dos ecossistemas, pela perturbação física dos habitats bentônicos, através da recolocação de sedimentos lamosos em suspensão e da alteração das formas do leito marinho (e suas consequências sobre a hidrodinâmica, o transporte sedimentar e os padrões de deposição e erosão costeira). Assim, deve-se considerar que é altamente provável que a mineração extensiva imponha pressões sobre habitats, rotas migratórias, ecossistemas e cadeias tróficas marinhas, causando perda de biodiversidade, além dos impactos sobre a ocupação humana na zona costeira.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, R. F.; SALVIANO, K. dos S.; MELO, R. C. de; ASSIS, H. M. B. de; VALLE, M. M. **Potencialidade dos granulados marinhos da plataforma continental do Setor Touros: estado do Rio Grande do Norte**. Recife: CPRM, 2020. (Série Recursos Minerais Marinhos, n. 02).
- AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. **Informe Mineral 01Tri2021**. Brasília: ANM, 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. **SIGMINE – Sistema de Informações Geográficas da Mineração**. Brasília: ANM, 2023. Disponível em: <https://geo.anm.gov.br/portal/apps/webappviewer/index.html?id=6a8f5ccc4b6a4c2bba79759a952d908>. Acesso em: 28 ago. 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 248**: Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 45**: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto – especificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7218**. Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.
- ARAGÃO, J. O. R. de. A influência dos oceanos Pacífico e Atlântico na dinâmica do tempo e do clima do nordeste da Brasil. *In*: ESKINAZI-LEÇA, E.; NEUMANN-LEITÃO, S.; COSTA, M. F. da (ed.). **Oceanografia. Um cenário tropical**. Recife: Bagaço, 2004. p. 131–184.
- AVEZARD, C.; PICHON, A.; LEGAIT, B.; WALLARD, I. **Impact environnemental et économique des activités d'exploration ou d'exploitation des ressources minérales marines**. Paris: CGE ; CGEDD, 2017. Rapport CGEDD n° 011447-01, CGE n° 2017/12/CGE/SG.
- BAKER, E.; GAILL, F.; KARAGEORGIES, A. P.; LAMARCHE, G.; NARAYANASWAMY, B.; PARR, J.; RAHARIMANANIRINA, C.; SANTOS, R.; SHARMA, R.; TUHUMWIRE, J. **Chapter 23: Offshore Mining Industries**. First Global Integrated Marine Assessment (First World Ocean Assessment). United Nations, 2016.
- BARBOSA, C. M. B. M. Sedimentos Carbonáticos da plataforma continental do estado da Paraíba. **Trabalhos Oceanográficos da UFPE**, v. 20, p. 125-144, 1989.
- BARBOSA, J. A.; SOUZA, E. M. de; LIMA FILHO, M. F.; NEUMANN, V. H. A estratigrafia da Bacia Paraíba: uma reconsideração. **Estudos Geológicos**, v. 13, p. 89–108, 2003.
- BARBOSA, J. A. **Evolução da Bacia Paraíba durante o maastrichtiano-Paleoceno - Formações Gramame e Maria farinha, NE do Brasil**. 2004. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.
- BARBOSA, J. A.; NEUMANN, V. H.; LIMA FILHO, M.; SOUZA, E. M. de; MORAES, M. A. de. Estratigrafia da Faixa Costeira Recife-Natal (Bacia da Paraíba e Plataforma de Natal, NE Brasil). **Estudos Geológicos**, v. 17, n. 2, p. 65–93, 2007.
- BEURLEN, K. O termo Formação na terminologia estratigráfica, ilustrado pelas formações Maruim e Gramame (Cretáceo do nordeste do Brasil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 35, n. 3, p. 334–338, 1963.
- BEURLEN, K. Estratigrafia da faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa. **Boletim Geológico**, v. 16, n. 1, p. 43–53, 1967.
- BEZERRA, R. G.; FREIRE, G. S. S.; ASSIS, H. M. B. de; VALLE, M. M.; MELO, R. C. de. **Potencialidade dos granulados marinhos da plataforma continental oeste do Ceará: Setor Bitupitá**. Recife: CPRM, 2022. (Série Recursos Minerais Marinhos, n. 04).
- BIDE, T.; MANKELOW, J. Mapping marine sand and gravel. **Planet Earth**, Spring, p. 14–15, 2014.
- BLAIR, T. C.; MCPHERSON, J. G. Grain-size and textural classification of coarse sedimentary particles. **Journal of Sedimentary Research**, v. 69, n. 1, p. 6–19, 1999.
- 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.
- BONNE, W. M. I. European Marine Sand and Gravel Resources: Evaluation and Environmental Impacts of Extraction - an Introduction. **Journal of Coastal Research**, n. 51, p. I–VI, 2010.
- BOYD, S. E.; LIMPENNY, D. S.; REES, H. L.; COOPER, K. M. The effects of marine sand and gravel extraction on the macrobenthos at a commercial dredging site (results 6 years post-dredging). **ICES Journal of Marine Science**, v. 62, n. 2, p. 145–162, 2005.
- CHAVES, H. A. F.; ZEMBRUSCKI, S. G.; FRANÇA, A. M. C. Introdução. *In*: CHAVES, H. A. F. (ed.). **Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes**: Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira. Rio de Janeiro: PETROBRÁS ; DNPM ; CPRM ; DHN ; CNPq, 1979. Projeto REMAC.
- COLETTI, G.; BASSO, D.; FRIXA, A. Economic importance of coralline carbonates. *In*: RIOSMENA-RODRÍGUEZ, R.; NELSON, W.; AGUIRRE, J. (ed.). **Rhodolith/Mäerl beds: a global perspective**. [s.l.]: Springer, 2017. (Coastal Research Library). p. 87–101.

- COUTINHO, P. N. **Geologia marinha da plataforma continental Alagoas - Sergipe**. 1976. Tese (Livre Docência) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1976.
- COUTINHO, P. N. **Levantamento do estado da arte da pesquisa dos recursos vivos marinhos do Brasil - Oceanografia Geológica**. Brasília: FEMAR/SECIRM/MMA, [2005]. Relatório do Programa REVIZEE (1995-2000).
- COUTINHO, P. N.; MORAIS, J. O. de. Distribucion 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.
- DARWIN, C. R. On a remarkable bar of sandstone off Pernambuco, on the coast of Brazil. **The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine**, v. 19, n. 3, p. 257–260, 1841.
- DAVIDSON-ARNOTT, R. **Introduction to Coastal Processes and Geomorphology**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
- DAVIS JR., R. A.; FITZGERALD, D. M. **Beaches and Coasts**. Oxford: Blackwell Publishing Company, 2004.
- DESPREZ, M. Physical and biological impact of marine aggregate extraction along the French coast of the Eastern English Channel: Short-and long-term post-dredging restoration. **ICES Journal of Marine Science**, v. 57, n. 5, p. 1428–1438, 2000.
- DIAS, G. T. M. Classificação de sedimentos marinhos, proposta de represe [ntação em cartas sedimentológicas. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39., 1996, Salvador. **Anais [...]**. Salvador: SBG, 1996.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Anuário Mineral Brasileiro**. Brasília: DNPM, 2006.
- DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. da S. P. Regional assesment of long- term trends of coastal erosion in Northeastern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciencias**, v. 68, n. 3, p. 355–371, 1996.
- DOMINGUEZ, J. M. L.; NEVES, S. M.; BITTENCOURT, A. C. da S. P. The Sandy Beaches of the State of Paraíba: the importance of geological heritage. *In*: SHORT, A. D.; KLEIN, A. H. da F. (ed.). **Brazilian Beach Systems**. [s.l.]: Springer, 2016. (Coastal Research Library). p. 231–250.
- EARNEY, F. C. F. **Marine Mineral Resources**. 3rd ed. Londres: Routledge, 2005.
- EUROPEAN COMMISSION. **Review on how to preserve space for the future uses of the seas: what methods can we apply to address the needs of future generations?** Brussels: European Climate ; Infrastructure and Environment Executive Agency, 2023. Background Technical Study.
- FAUTH, G.; KOUTSOUKOS, E. A. M. Inferências paleoecológicas a partir de associações de ostracodes marinhos do Maastrichtiano e Daniano na Bacia Pernambuco-Paraíba. *In*: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 6.; SIMPOSIO SOBRE EL CRETÁCICO DE AMÉRICA DEL SUR, 2., 2002, São Pedro, SP. **Boletim [...]**. São Pedro: UNESP, 2002. v. 6, p. 261–265.
- FOLK, R. L.; WARD, W. C. A study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Research**, v. 27, n. 1, p. 3–26, 1 mar. 1957.
- FONTELES, M. L. **Sedimentos superficiais da plataforma continental interna do estado da Paraíba**. 1999. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1999.
- FRANÇA, A. M. C; COUTINHO, P. N.; SUMMERHAYES, C. P. Sedimentos superficiais da margem continental nordeste brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 6, p. 71-88, 1976.
- FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M. de; SANTOS, D.; MATOS, R. Köppen's and Thornthwaite Climate Classification for Paraíba State. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 4, p. 1006–1016, 2015.
- FREIRE, G. S. S.; CAVALCANTI, V. M. M.; MAIA, L. P.; LIMA, S. F. Classificação dos sedimentos da plataforma continental do estado do Ceará. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 17., 1997, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: SBG, 1997.
- GOES, E. R.; FERREIRA JR, A. V. Caracterização morfossedimentar da Plataforma Continental Brasileira. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 5, p. 1595–1613, 2017.
- HE, X.; ZHOU, J. Mechanical characteristics of sea-sand concrete in simulated marine environment. **Construction and Building Materials**, v. 274, 2021.
- HEEZEN, B. C. The deep-sea floor. *In*: RUNCORN, S. K. (ed.). **Continental Drift**. New York: Academic Press, 1962. (International Geophysics Series). p. 235–288.
- HILTON, M. J. Applying the principle of sustainability to coastal sand mining: The case of Pakiri-Mangawhai Beach, New Zealand. **Environmental Management**, v. 18, n. 6, p. 815–829, 1994.
- KEGEL, W. Novo membro fossilífero da Formação Itamaracá (Cretáceo Superior) de Pernambuco. **Anais da Academia Brasileira de Ciencias**, v. 29, n. 3, p. 373– 375, 1957.
- KEMPF, M. Notes on the benthic bionomy of the N-NE Brazilian Shelf. **Marine Biology**, v. 5, p. 213-224, 1970.
- KEMPF, M. A Plataforma Continental de Pernambuco (Brasil): Nota Preliminar sobre a Natureza do Fundo. **Trabalhos Oceanográficos**, v. 9, n.1, p. 111-119, 1967.
- KEMPF, M.; COUTINHO, P. N.; MORAIS, J. O. Plataforma continental do Norte e Nordeste do Brasil. Nota preliminar sobre a natureza do fundo. **Trabalhos Oceanográficos**, v. 10, p. 9-26, 1968.
- KEMPF, M.; MABESOONE, J. M.; TINOCO, I. M. Estudo da plataforma continental da área do Recife (Brasil). I - Generalidades sobre o fundo. **Trabalhos Oceanográficos**, v. 11, p. 125-148, 1970.
- KORTEKAAS, S.; BAGDANAVICIUTE, I.; GYSSEIL, P.; HUERTA, J. M. A.; HÉQUETTE, A. Assessment of the effects of marine aggregate extraction on the coastline: an example from the German Baltic Sea coast. **Journal of Coastal Research**, v. 51, n. SI, p. 205–214, 2010.
- KRAUSMANN, F.; WIEDENHOFER, D.; LAUK, C. HAAS, W.; TANITAWA, H.; FISHMAN, T.; MIATTO, A.; SCHANDL, H.; HABERL, H. Global socioeconomic material stocks rise 23-fold over

- the 20th century and require half of annual resource use. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 114, n. 8, p. 1880–1885, 2017.
- LARSONNEUR, C. La Cartographie des Depots Meubles sur le Plateau Continental Français: Méthode Mise au Point et Utilisée en Manche. **Journal de Recherché Océanographique**, v. 2, p. 33–39, 1977.
- LEÃO, Z. M. A. N.; DOMINGUEZ, J. M. L. Tropical coast of Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 41, n. 1–6, p. 112–122, 2000.
- LIMA FILHO, M. F. de. **Análise Estratigráfica e Estrutural da bacia Pernambuco**. 1998. Tese (Doutorado) – Universidade São Paulo, São Paulo, 1998.
- LIMA FILHO, M. F. de; MONTEIRO, A. B.; SOUZA, E. M. de. Carbonate sections of the Paraíba and Pernambuco basins, Northeastern Brazil: implications for the last stages of opening of Southern Atlantic Ocean. *In*: INTERNATIONAL CONGRESS OF SEDIMENTOLOGY, 15., 1998, Alicante, Spain. **Anais [...]**. Alicante: IAS, 1998
- LUNA, F. de O.; LIMA, R. P. de; ARAÚJO, J. P. de; PASSAVANTE, J. Z. de O. Status de conservação do peixe-boi marinho (*Trichechus manatus manatus* Linnaeus, 1758) no Brasil. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 10, n. 2, p. 145–153, 2008.
- LUZ, A. B. da; LINS, F. A. F. Areia industrial. *In*: LUZ, A. B. da; LINS, F. A. F. **Rochas & Minerais Industriais Usos e Especificações**. Rio de Janeiro: CETEM ; MCT, 2008. p. 103–123.
- MABESOONE, J. M. Sedimentologia da faixa costeira Recife - João Pessoa. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, v. 16, n. 1, p. 57–72, 1967.
- MABESOONE, J. M. Caracterização sedimentológica do Grupo Paraíba (Nordeste do Brasil). **Estudos Sedimentológicos**, v. 2, p. 53–63, 1972.
- MABESOONE, J. M.; ALHEIROS, M. M. Origem da bacia sedimentar costeira Pernambuco-Paraíba. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 18, n. 4, p. 476– 482, 1988.
- MABESOONE, J. M.; COUTINHO, P. C. Littoral and shallow marine geology of Northern and Northeastern Brazil. **Trabalhos Oceanográficos**, v. 12, p. 1-124, 1970.
- MABESOONE, M.; TINOCO, I. M. Shelf off Alagoas and Sergipe (Northeastern Brazil); II - Geology. **Trabalhos Oceanográficos**, v. 8, p.151-186, 1967.
- 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.
- MAURY, C. J. **O Cretáceo da Parahyba do Norte**. Rio de Janeiro: Serviço Geológico e Mineralógico, 1930.
- MAXAR TECHNOLOGIES. **Praia de Jacumã, Conde**. Westminster: Maxar Technologies, 2014. Imagem de satélite, color. Satélite Landsat 7. Disponível em: <https://www.google.com.br/earth/versions/#earth-pro> . Acesso em: 28 ago. 2023.
- MAXAR TECHNOLOGIES. **Rio Camaratuba**. Westminster: Maxar Technologies, 2020. Imagem de satélite, color. Satélite Landsat/Copernicus. Disponível em: <https://www.google.com.br/earth/versions/#earth-pro> . Acesso em: 28 ago. 2023.
- MCKENZIE, E.; WOODRUFF, A.; MCCLENNEN, C. **Economic Assessment of the True Costs of Aggregate Mining in Majuro Atoll Republic of the Marshall Islands**. Suva, Fiji: SOPAC, 2006. SOPAC Technical Report 383.
- MILLIMAN, J. D.; SUMMERHAYES, C. P. Uppercontinental margin sedimentation off Brazil. **Contributions to Sedimentology**, v. 4, p. 175, 1975.
- MILLIMAN, J. D.; DROXLER, A. W. Neritic and pelagic carbonate sedimentation in the marine environment: Ignorance is not bliss. **Geologische Rundschau**, v. 85, n. 3, p. 496–504, 1996.
- MONTEIRO, P. G. **Métodos geofísicos aplicados à localização de depósitos de graulados biodetríticos e paleocanais no litoral da Paraíba, Brasil**. 2010. Dissertação (Mestrado) - Uiversidade de Brasília, Brasília, 2010.
- MOURA, C. R. **Ostracodes da transição entre as formações Itamaracá e Gramame Bacia Paraíba: taxonomia, implicações paleoecológicas, paleoambientais e bioestratigráficas**. 2007. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.
- MUNIZ, G. C. B. **Novos moluscos da Formação Gramame, Cretáceo Superior dos Estados da Paraíba e de Pernambuco, Nordeste do Brasil**. Recife: UFPE, 1993.
- NEVES, S. M.; DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. da S. P.; ABIB, K. A. B. Padrões de dispersão de sedimentos ao longo da linha de costa do estado da Paraíba. *In*: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 8., 2001, Imbé, Rio Grande do Sul. **Anais [...]**. Imbé: ABEQUA, 2001. p. 193.
- NEVES, S. M. **Erosão costeira no estado da Paraíba**. 2003. Tese (Doutorado) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2003.
- NICHOLS, G. **Sedimentology and Stratigraphy**. 2nd ed. [s.l.]: Wiley-Blackwell, 2009.
- OLIVEIRA, P. E. **História da pesquisa do petróleo no Brasil**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1940. v. 15
- OLIVEIRA, P. R. A.; BEZERRA, R. G.; FREIRE, G. S. S.; PEREIRA, L. B. F.; SALVIANO, K. dos S.; ASSIS, H. M. B. de. Análise preliminar da morfologia de fundo da plataforma continental ao largo do estado da Paraíba através de imagens LANDSAT ETM +. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 46., 2012, Santos. **Anais [...]**. Santos: SGB, 2012.
- OLIVEIRA, P. R. A.; VALLE, M. M.; BEZERRA, R. G.; ASSIS, H. M. B. de. **Carta faciológica da plataforma rasa da Paraíba - setor João Pessoa**. Fortaleza: CPRM, 2022. 1 mapa. Escala 1:100.000.
- PEDLEY, M.; CARANNANTE, G. Cool-water carbonate ramps: a review. *In*: **Cool- water carbonates: depositional systems and paleoenvironment controls**. Londres: The Geological Society of London, 2006. v. 255, p. 1–9.
- PERRY, C. T.; SMITHERS, S. G. Cycles of coral reef “turn-on”, rapid growth and “turn- off” over the past 8500 years: A context

for understanding modern ecological states and trajectories. **Global Change Biology**, v. 17, n. 1, p. 76–86, 2011.

RAPIDEYE AG. **Coqueirinho e Tabatinga, município de Conde**. Brandenburg an der Havel: RapidEye, 2012. Imagem de satélite, color. Satélite RapidEye. Disponível em: <http://geocatalogo.mma.gov.br/>. Acesso em: 28 ago. 2023.

RAPIDEYE AG. **Foz do Rio Mamanguape**. Brandenburg an der Havel: RapidEye, 2012. Imagem de satélite, color. Satélite RapidEye. Disponível em: <http://geocatalogo.mma.gov.br/>. Acesso em: 28 ago. 2023.

RAPIDEYE AG. **Foz do Rio Mamanguape**. Brandenburg an der Havel: RapidEye, 2015. Imagem de satélite, color. Satélite RapidEye. Disponível em: <http://geocatalogo.mma.gov.br/>. Acesso em: 28 ago. 2023.

RAPIDEYE AG. **Foz do Rio Paraíba**. Brandenburg an der Havel: RapidEye, 2011. Imagem de satélite, color. Satélite RapidEye. Disponível em: <http://geocatalogo.mma.gov.br/>. Acesso em: 28 ago. 2023.

RAPIDEYE AG. **Pitimbu**. Brandenburg an der Havel: RapidEye, 2014. Imagem de satélite, color. Satélite RapidEye. Disponível em: <http://geocatalogo.mma.gov.br/>. Acesso em: 28 ago. 2023.

REINECK, H.-E.; SINGH, I. B. **Depositional Sedimentary Environments**. 2nd ed. Berlin: Springer, 1980.

REIS, C. M. M. **O litoral de João Pessoa (PB), frente ao problema da erosão costeira**. 2008. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

ROSSETTI, D. F.; BEZERRA, F. H. R.; GÓES, A. M.; VALERIANO, M. de M.; ANDRADES FILHO, C. O.; MITTANI, J. C. R.; TATUMI, S. H.; BRITO NEVES, B. B. de. Late Quaternary sedimentation in the Paraíba Basin, Northeastern Brazil: Landform, sea level and tectonics in Eastern South America passive margin. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 300, n. 1–4, p. 191–204, 2011.

ROSSETTI, D. F.; BEZERRA, F. H. R.; DOMINGUEZ, J. M. L. Late oligocene-miocene transgressions along the equatorial and eastern margins of Brazil. **Earth-Science Reviews**, v. 123, August, p. 87–112, 2013.

RUSSELL, M. A sea change for the marine aggregate sector. *In*: **Agg-Net**. 13 December, 2010. Disponível em: <https://agg-net.com/resources/articles/marine-aggregates/a-sea-change-for-the-marine-aggregate-sector>. Acesso em: 21 ago. 2023.

SCHLEE, J. **Atlantic continental shelf and slope of the United States - sediment texture of the northeastern part**. United States: U. S. Geological Survey, 1973. (Professional Paper, 529). Report: USGS Numbered Series.

SCHNEIDER, T.; BISCHOFF, T.; HAUG, G. H. Migrations and dynamics of the intertropical convergence zone. **Nature**, v. 513, n. 7516, p. 45–53, 2014.

SHEPARD, F. P. Nomenclature based on sand–silt–clay ratios. **Journal of Sedimentary Research**, v. 24, p. 151–158, 1954.

SILVA, C. R. M. da. **Sedimentação fosfática da Bacia Paraíba: caracterização de fácies, petrografia, mineralogia,**

geoquímica e ambiente deposicional. 2014. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

SILVA, C. G.; PATCHINEELAM, S. M.; BAPTISTA NETO, J. A.; PONZI, V. R. A. Ambientes de sedimentação costeira e processos morfodinâmicos atuantes na linha de costa. *In*: BAPTISTA NETO, J. A.; PONZI, V. R. A.; SICHEL, S. E. (ed.). **Introdução à geologia marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. p. 175–218.

SOARES, R. S. **Novas proposições metodológicas para o calcímetro de Bernard e caracterização dos sedimentos marinhos do Espírito Santo**. 2017. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

SOUZA, E. M. de. **Estratigrafia da seqüência clástica inferior (andares Coniaciano-Maastrichtiano inferior) da Bacia da Paraíba e suas implicações paleogeográficas**. 2006. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

SOUZA, E. M. de; LIMA FILHO, M. F. de. Marco estratigráfico nos arenitos calcíferos (Formação Itamaraca) do Campaniano da bacia Paraíba à luz da estratigrafia de seqüências. **Revista de Geologia, UFC**, v. 18, n. 1, p. 61–68, 2005.

SUGUIO, K. **Introdução à Sedimentologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1973.

SUGUIO, K. **Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

TINOCO, I. de M. **Foraminíferos e a passagem entre o Cretáceo e o Terciário em Pernambuco**. 1971. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1971.

TORRES, A.; BRANDT, J.; LEAR, K.; LIU, J. A looming tragedy of the sand commons. **Science**, v. 357, n. 6355, p. 970–971, 2017.

UDDEN, J. A. Mechanical composition of clastic sediments. **Geological Society Of America Bulletin**, v. 25, p. 655–744, 1914.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Global Material Flows and Resource Productivity: An Assessment Study of the UNEP International Resource Panel**. Paris: UNEP, 2016. Disponível em: http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/21557/global_material_flows_full_report_english.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 21 ago. 2023.

VALLE, M. M.; BEZERRA, R. G.; ASSIS, H. M. B. de. **Carta faciológica da plataforma continental rasa da Paraíba - setor Cabedelo**. Recife: CPRM, 2022. 1 mapa. Escala 1:100.000.

VALLE, M. M.; MANSO, V. do A. V.; ASSIS, H. M. B. de; BEZERRA, R. G.; MELO, R. C. de. **Potencialidade dos granulados marinhos da plataforma continental rasa de Pernambuco**. Recife: CPRM, 2020. (Série Recursos Minerais Marinhos, n. 03).

VAN LANCKER, V. R. M.; BONNE, W.; VELEGRAKIS, A. F.; COLLINS, M. B. Aggregate extraction from tidal sandbanks: Is dredging with nature an option? Introduction. **Journal of Coastal Research SI**, v. 51, p. 53–62, 2010.

VELEGRAKIS, A. F.; BALLAY, A.; POULOS, S. E.; RADZEVICIUS, R.; BELLEC, V. K.; MANSO, F. European marine aggregates resources: Origins, usage, prospecting and dredging techniques. **Journal of Coastal Research SI**, v. 51, p. 1–14, 2010.

- VITAL, H. Chapter 4 The north and northeast Brazilian tropical shelves. **Geological Society Memoirs**, v. 41, p. 35-46, 2010.
- VOUSDOUKAS, M. I.; VELEGRAKIS, A. F.; PLOMARITIS, T. A. Beachrock occurrence, characteristics, formation mechanisms and impacts. **Earth-Science Reviews**, v. 85, n. 1–2, p. 23–46, 2007.
- WEBB, A. **An assessment of coastal processes, impacts, erosion mitigation options and beach mining**. Tarawa: SOPAC, 2005. SOPAC Project Report 46.
- WELLS, N. C. **The atmosphere and Ocean: a physical introduction**. 3rd ed. [s.l.]: Wiley-Blackwell, 2012.
- WENTWORTH, C. K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**, v. 30, p. 377–392, 1922.
- WHITEHEAD, P. J. P. Registros antigos da presença do Peixe-Boi do Caribe (*Trichechus manatus*) no Brasil. **Acta Amazonica**, v. 8, n. 3, p. 497–506, 1978.
- XIAO, J.; QIANG, C.; NANNI, A.; ZHANG, K. Use of sea-sand and seawater in concrete construction: Current status and future opportunities. **Construction and Building Materials**, v. 155, p. 1101– 1111, 2017.
- YANG, E. I.; YI, S. T.; LEEM, Y. M. Effect of oyster shell substituted for fine aggregate on concrete characteristics: Part I. Fundamental properties. **Cement and Concrete Research**, v. 35, n. 11, p. 2175–2182, 2005.
- ZANARDI-LAMARDO, E.; SCHETTINI, C. A. F. Petroleum hydrocarbons in Brazilian Northeast continental shelf waters: baseline values. **Ocean and Coastal Research**, v. 70, p. 1–7, 2022.

ANEXOS

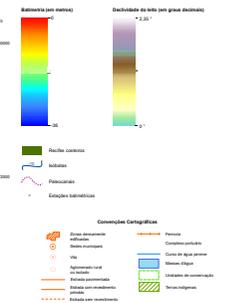
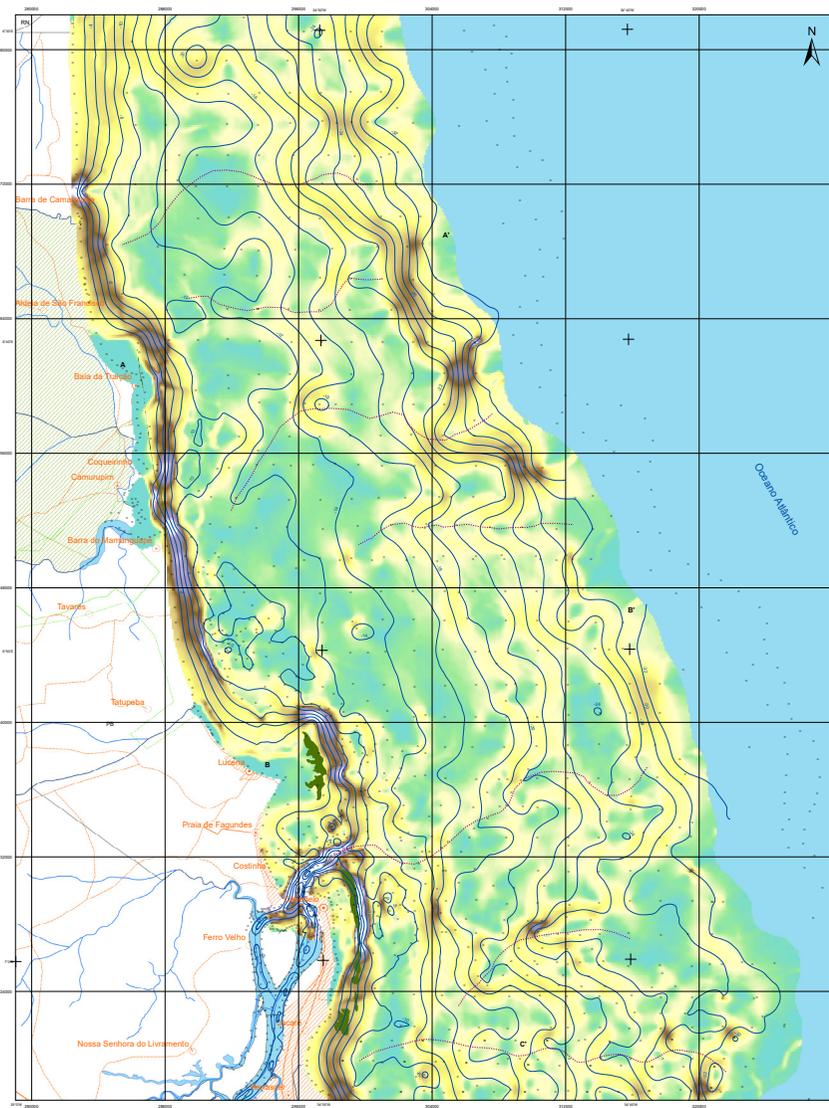
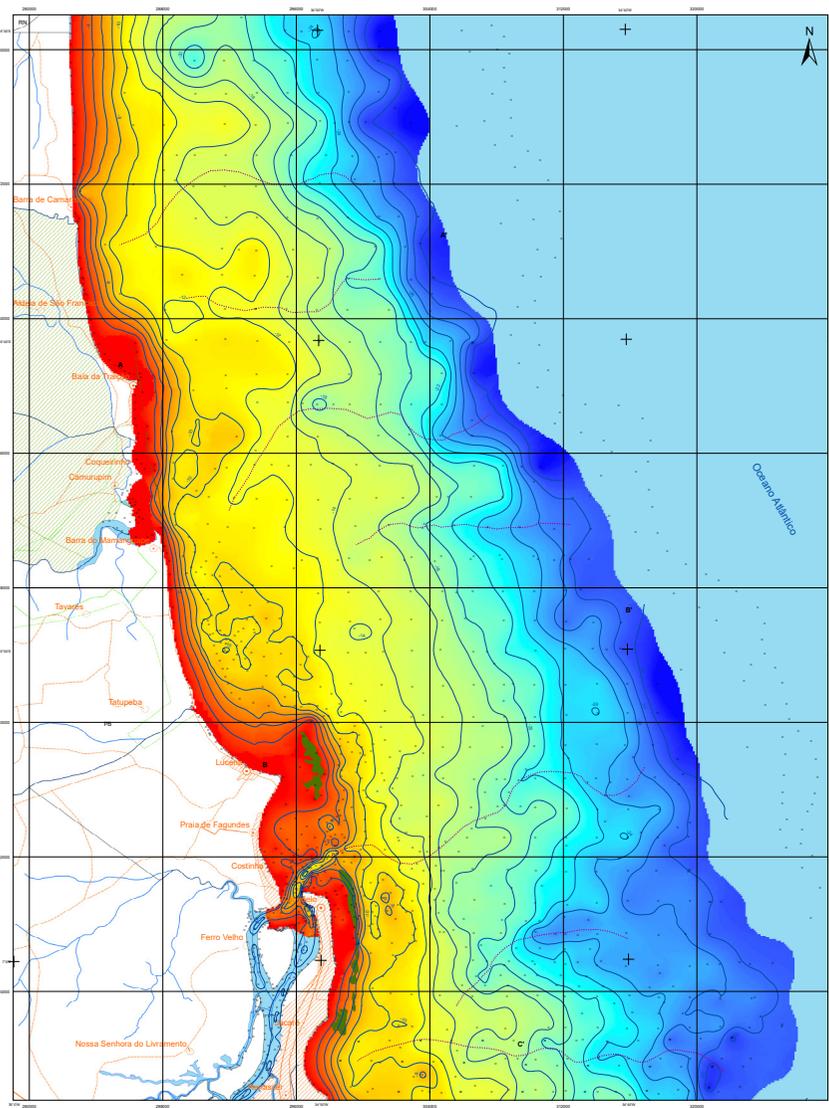
ANEXO I
CARTAS BATRIMÉTRICA E DE DECLIVIDADE SETOR CABEDELO

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

AÇÃO LEVANTAMENTO GEOLÓGICO, OCEANOGRÁFICO E AMBIENTAL DO POTENCIAL MINERAL DO ESPAÇO MARINHO E COSTEIRO SETOR CABEDELO

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOGRÁFICO DO BRASIL - CGEB

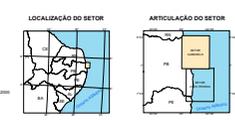
PROGRAMA MAR, ZONA COSTEIRA E AMBIENTAL
CARTAS BATIMÉTRICA E DE DECLIVIDADE - ESCALA 1:100.000



O Projeto Planície Rasa do Brasil é coordenado pelo Ministério de Minas e Energia e desenvolvido em âmbito nacional pelo Serviço Geográfico do Brasil - CGEB. O projeto tem como objetivo principal a produção de cartas batimétricas e de declividade para o litoral brasileiro, visando a identificação de áreas com potencial mineral e ambiental. A escala de 1:100.000 permite a identificação de estruturas geológicas e geomorfológicas em nível regional, possibilitando a identificação de áreas com potencial mineral e ambiental. A escala de 1:100.000 permite a identificação de estruturas geológicas e geomorfológicas em nível regional, possibilitando a identificação de áreas com potencial mineral e ambiental.

BASE CARTOGRÁFICA
Base cartográfica utilizada a partir de dados em escala 1:50.000 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, com base em dados de altimetria e batimetria. Os dados foram corrigidos e atualizados para o datum SIRGAS2000, com o uso de dados de altimetria e batimetria. A escala de 1:100.000 permite a identificação de estruturas geológicas e geomorfológicas em nível regional, possibilitando a identificação de áreas com potencial mineral e ambiental.

BASE GEOMORFOLÓGICA
Base geomorfológica utilizada a partir de dados em escala 1:50.000 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, com base em dados de altimetria e batimetria. Os dados foram corrigidos e atualizados para o datum SIRGAS2000, com o uso de dados de altimetria e batimetria. A escala de 1:100.000 permite a identificação de estruturas geológicas e geomorfológicas em nível regional, possibilitando a identificação de áreas com potencial mineral e ambiental.



CARTAS BATIMÉTRICA E DE DECLIVIDADE SETOR CABEDELO
ESCALA 1:100.000

Original do levantamento: CGEB - Serviço Geográfico do Brasil - CGEB
Atualizado em: 2010

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

ANEXO
Este anexo contém as informações técnicas e administrativas referentes ao projeto de levantamento geológico, oceanográfico e ambiental do potencial mineral do espaço marinho e costeiro do setor Cabedelo. O projeto foi desenvolvido pelo Serviço Geográfico do Brasil - CGEB, em parceria com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. O projeto tem como objetivo principal a produção de cartas batimétricas e de declividade para o litoral brasileiro, visando a identificação de áreas com potencial mineral e ambiental. A escala de 1:100.000 permite a identificação de estruturas geológicas e geomorfológicas em nível regional, possibilitando a identificação de áreas com potencial mineral e ambiental.

ANEXO II
CARTAS BATRIMÉTRICA E DE DECLIVIDADE SETOR JOÃO PESSOA

ANEXO III
CARTAS TEXTURAIS - SETOR CABEDELO

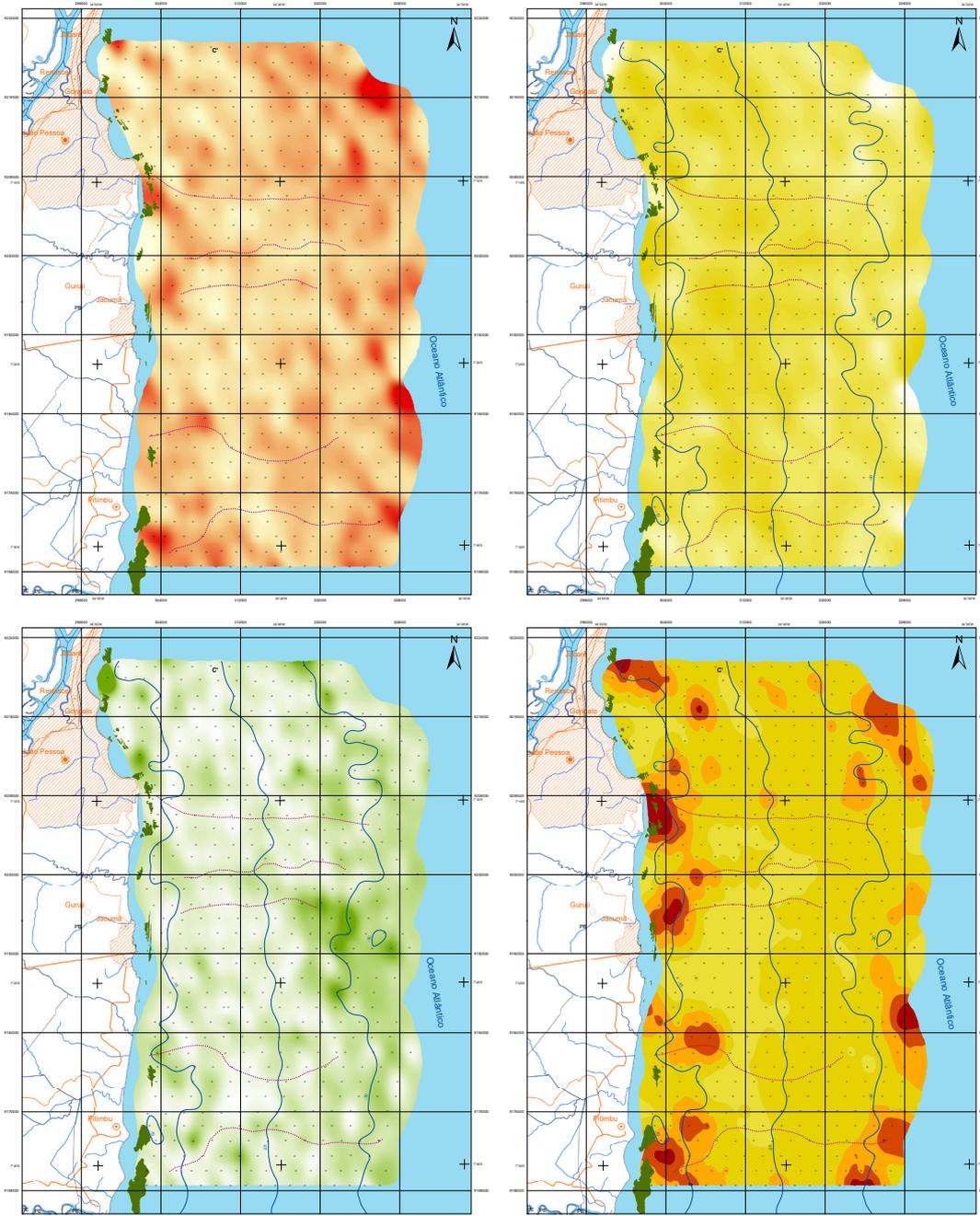
ANEXO IV
CARTAS TEXTURAIS - SETOR JOÃO PESSOA



AÇÃO LEVANTAMENTO GEOLÓGICO, OCEANOGRÁFICO E AMBIENTAL DO POTENCIAL MINERAL DO ESPAÇO MARINHO E COSTEIRO SETOR JOÃO PESSOA

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPGEI

PROGRAMA MAR, ZONA COSTEIRA E ANTÁRTICA
CARTAS TEXTURAS - ESCALA 1:150.000



Taxa de cascalho (%)

Taxa de areia (%)

Diferença (kg/m³) (Densidade)

Condições Costeiras

Legenda

Condições Costeiras

- Costa arenosa
- Costa rochosa
- Costa de baixa energia
- Costa de alta energia
- Costa de baixa energia
- Costa de alta energia
- Costa de baixa energia
- Costa de alta energia

O Projeto Plataforma Rasa do Brasil é coordenado pelo Ministério de Minas e Energia e executado no âmbito do Programa de Atividade de Promoção Mineral da Plataforma Continental, sob a coordenação técnica do Serviço Geológico do Brasil - CPGEI. O projeto tem como objetivo principal a identificação e a avaliação do potencial mineral do espaço marinho e costeiro, visando a sustentabilidade econômica e ambiental. O projeto é financiado pelo Ministério de Minas e Energia e pelo Ministério do Meio Ambiente.

MAP CARTOGRAFICO

Este mapa cartográfico foi elaborado a partir de dados de campo e de imagens de satélite, com o objetivo de fornecer uma visão geral da área de estudo. O mapa foi elaborado em escala 1:150.000 e apresenta as principais feições geográficas e geológicas da região.

COORDENAÇÃO TÉCNICA NACIONAL
Coordenador Técnico Nacional: Sérgio Roberto Santos Sobrinho

COORDENAÇÃO TÉCNICA REGIONAL
Coordenador Técnico Regional: Sérgio Roberto Santos Sobrinho

CRÉDITOS DE AUTORIA
Sérgio Roberto Santos Sobrinho
Márcio Roberto Viana
Márcio Roberto Viana
Márcio Roberto Viana

LOCALIZAÇÃO DO SETOR

ARTICULAÇÃO DO SETOR

CARTAS TEXTURAS SETOR JOÃO PESSOA
ESCALA 1:150.000

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR



AVULSO

Este documento é um avulso do Projeto Plataforma Rasa do Brasil, elaborado pelo Serviço Geológico do Brasil - CPGEI. O avulso apresenta os resultados das pesquisas realizadas no âmbito do projeto, visando a identificação e a avaliação do potencial mineral do espaço marinho e costeiro. O avulso é destinado ao público em geral e pode ser utilizado para fins educacionais e de pesquisa.

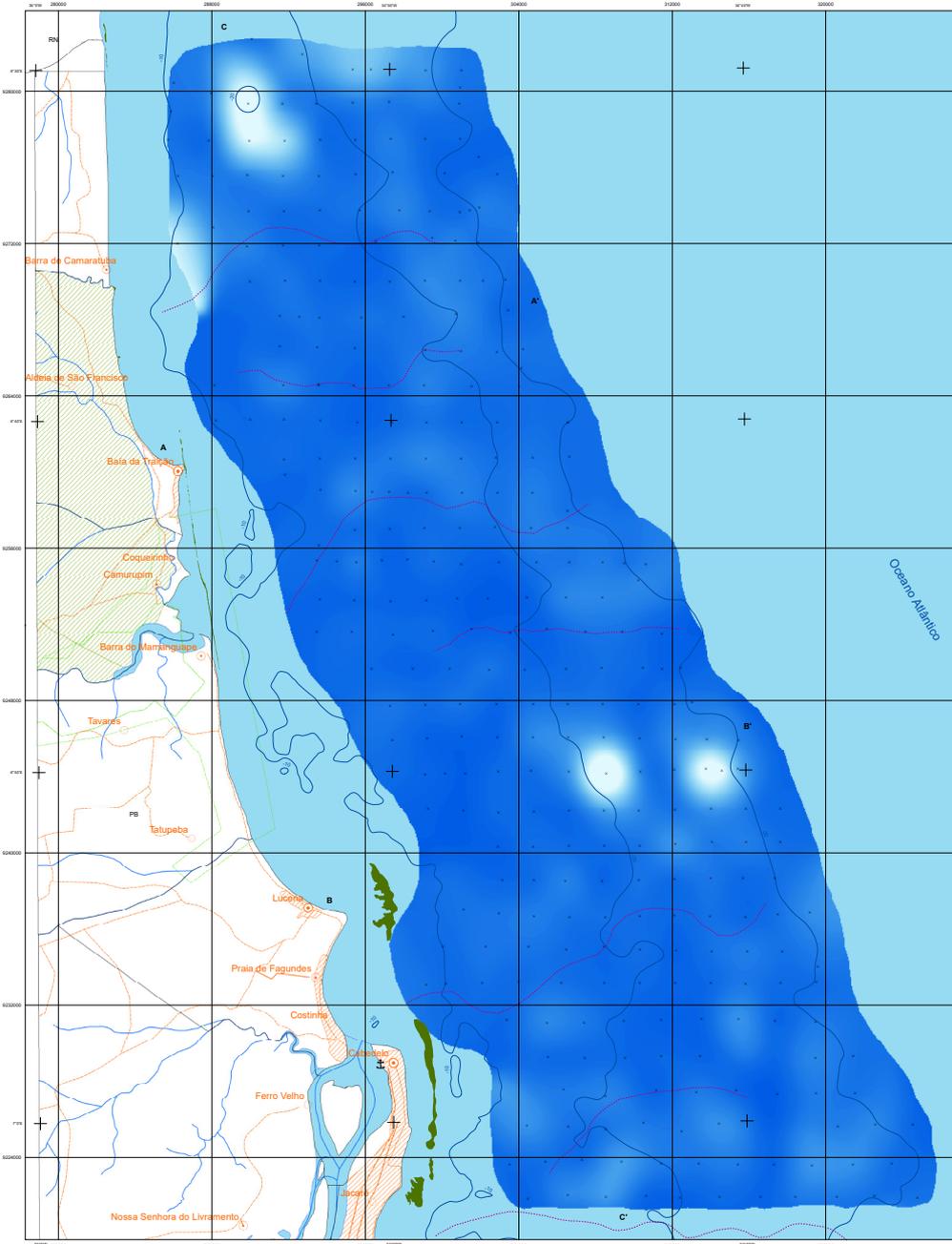
ANEXO V
CARTA GEOQUÍMICA: TEOR DE CARBONATO DE CÁLCIO
SETOR CABEDELO

AÇÃO LEVANTAMENTO GEOLÓGICO, OCEANOGRÁFICO E AMBIENTAL DO POTENCIAL MINERAL DO ESPAÇO MARINHO E COSTEIRO SETOR CABEDELO

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

PROGRAMA MAR, ZONA COSTEIRA E ANTÁRTICA
CARTA GEOQUÍMICA, TEOR DE CARBONATO DE CÁLCIO - ESCALA 1:100.000

CARTA GEOQUÍMICA, TEOR DE CARBONATO DE CÁLCIO
ESCALA 1:100.000 - PRM-CPM 2023



- Convenções Cartográficas**
- Zona de desenvolvimento sedimentar
 - Sedes municipais
 - Vila
 - Assentamento rural
 - Estação hidrográfica
 - Estação com investimento privado
 - Estação sem investimento privado
 - Faixa
 - Canal paralelo
 - Canal de água potável
 - Meio fio
 - Unidade de conservação
 - Área protegida

O Projeto Plataforma Rasa do Brasil é coordenado pelo Ministério de Minas e Energia e descrito no âmbito do Programa de Atividade de Plataforma Rasa do Programa Científico Litorânea Brasileira (PRPPLAC), da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM). O projeto consiste em levantamento em escala regional de informações geológicas, geotécnicas, oceanográficas e biológicas do ambiente de plataforma continental, desde o limite da costa a até a latitude de 30 m, com o objetivo de fornecer a base de dados e conhecimentos de caráter geocientífico para o planejamento e desenvolvimento sustentável da zona costeira. Este trabalho constitui um dos produtos do projeto de pesquisa em andamento, sob a coordenação geral do Ministério de Minas e Energia e sob a supervisão técnica do Serviço Geológico do Brasil - CPRM.

As ações do projeto de Plataforma Rasa do Brasil foram realizadas no âmbito do Programa de Atividade de Plataforma Rasa do Brasil (PRPPLAC), sob a coordenação do Serviço Geológico do Brasil - CPRM, em parceria com o Serviço Geológico Brasileiro (SGB) do Serviço Geológico do Brasil - CPRM, com o apoio da Comissão de Geologia e Recursos Minerais (CGRM) e do Conselho de Administração Científica (CAC) do Serviço Geológico do Brasil - CPRM, e de instituições parceiras, nomeadamente a Companhia de Geologia e Recursos Minerais (CGRM), como parte do Projeto de Atividade de Plataforma Rasa do Brasil.

Como resultado parcial, apresentamos a Carta Geológica, Teor de Carbonato de Cálcio - Setor Cabedelo, que foi elaborada para a contribuição ao conhecimento sobre o bento marinho na plataforma rasa brasileira.

BASE CARTOGRÁFICA
Base geográfica digital modificada a partir de dados em escala 1:100.000 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), publicada em 2015, ajustada ao Sistema Brasileiro de Coordenadas e generalizada segundo o datum SIRGAS2000 com redução vertical de 5 metros. Esta base foi utilizada e adaptada para o Sistema Brasileiro de Coordenadas (SBC) com o apoio da Comissão de Geologia e Recursos Minerais (CGRM) para atender ao planejamento técnico do Serviço Geológico do Brasil.

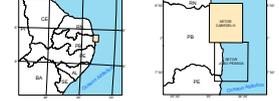
BASE GEOQUÍMICA
Base geotécnicamente gerada a partir de dados sedimentares de campo, integradas em ambiente SIG.
O teor de CaCO₃ foi analisado em laboratório de geotécnicas do Instituto de Geotécnicas e Geotecnia, conforme descrito por Soares (2017).
A interpretação dos teores de CaCO₃ foi realizada com base nos dados do trabalho de campo, através do método de Hightop, considerando, com o auxílio de imagens de satélite e de bases de dados, a distribuição espacial da plataforma rasa, a partir de dados de campo, considerando a distribuição de CaCO₃ em sedimentos marinhos e de águas rasas.

CRÉDITOS DE AUTORIA
Adriano
Márcio Martins Vello
Ronaldo Correa Soares
Hortência Maria Barbosa de Assis

COORDENAÇÃO TÉCNICA NACIONAL
Chefe de Divisão de Geologia Marinha (DIDGM): Valter Rodrigues Santos Saldanha

COORDENAÇÃO TÉCNICA REGIONAL
Supervisor Técnico Regional: Hortência Maria Barbosa de Assis
Chefe de Projeto: Ronaldo Correa Soares

Crédito Bibliográfico VALLI, M. M.; SECCHIA, R. C.; ASSIS, H. M. B. Carta geotécnicamente teor de carbonato de cálcio em Cabedelo. Brasília: SGB/CPM 2023, 1 v., 100 p., escala 1:100.000.



CARTA GEOQUÍMICA: TEOR DE CARBONATO DE CÁLCIO SETOR CABEDELO

ESCALA 1:100.000



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
Origem de coordenadas UTM: Hemisfério Sul, Centro Central 22° W (GR) - Anomalia em graus: +30000 e +30000, respectivamente.
Datum: SIRDAD 2011
Código: PROJ-2023



AVISO LEGAL
O conteúdo desta obra é de propriedade intelectual do Serviço Geológico do Brasil - CPRM, com base no artigo 170 da Constituição Federal de 1988. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e não seja feita para fins comerciais. O Serviço Geológico do Brasil - CPRM não se responsabiliza por danos ou prejuízos decorrentes do uso indevido das informações contidas nesta obra. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e não seja feita para fins comerciais. O Serviço Geológico do Brasil - CPRM não se responsabiliza por danos ou prejuízos decorrentes do uso indevido das informações contidas nesta obra. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e não seja feita para fins comerciais. O Serviço Geológico do Brasil - CPRM não se responsabiliza por danos ou prejuízos decorrentes do uso indevido das informações contidas nesta obra.

ANEXO VI
CARTA GEOQUÍMICA: TEOR DE CARBONATO DE CÁLCIO
SETOR JOÃO PESSOA

LISTAGEM DOS INFORMES DE RECURSOS MINERAIS

SÉRIE METAIS DO GRUPO DA PLATINA E ASSOCIADOS

- Nº 01 - Mapa de Caracterização das Áreas de Trabalho (Escala 1:7.000.000), 1996.
- Nº 02 - Mapa Geológico Preliminar da Serra do Colorado - Rondônia e Síntese Geológico-Metalogenética, 1997.
- Nº 03 - Mapa Geológico Preliminar da Serra Céu Azul - Rondônia, Prospecção Geoquímica e Síntese Geológico-Metalogenética, 1997.
- Nº 04 - Síntese Geológica e Prospecção por Concentrados de Bateia nos Complexos Canabrava e Barro Alto - Goiás, 1997.
- Nº 05 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Migrantinópolis - Rondônia, 2000.
- Nº 06 - Geologia e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Corumbiara/Chupinguaia - Rondônia, 2000.
- Nº 07 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Serra Azul - Rondônia, 2000.
- Nº 08 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Rio Branco/Alta Floresta - Rondônia, 2000.
- Nº 09 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Santa Luzia - Rondônia, 2000.
- Nº 10 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Nova Brasilândia - Rondônia, 2000.
- Nº 11 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica da Área Rio Madeirinha - Mato Grosso, 2000.
- Nº 12 - Síntese Geológica e Prospectiva das Áreas Pedra Preta e Cotingo - Roraima, 2000.
- Nº 13 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Santa Bárbara - Goiás, 2000.
- Nº 14 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Barra da Gameleira - Tocantins, 2000.
- Nº 15 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Córrego Seco - Goiás, 2000.
- Nº 16 - Síntese Geológica e Resultados Prospectivos da Área São Miguel do Guaporé - Rondônia, 2000.
- Nº 17 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Cana Brava - Goiás, 2000.
- Nº 18 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Cacoal - Rondônia, 2000.
- Nº 19 - Geologia e Resultados Prospectivos das Áreas Morro do Leme e Morro Sem Boné - Mato Grosso, 2000.
- Nº 20 - Geologia e Resultados Prospectivos das Áreas Serra dos Pacaás Novos e Rio Cautário - Rondônia, 2000.
- Nº 21 - Aspectos Geológicos, Geoquímicos e Potencialidade em Depósitos de Ni-Cu-EGP do Magmatismo da Baciado Paraná - 2000.
- Nº 22 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Tabuleta - Mato Grosso, 2000.
- Nº 23 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Rio Alegre - Mato Grosso, 2000.
- Nº 24 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Figueira Branca/Indiavaí - Mato Grosso, 2000.
- Nº 25 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar das Áreas Jaburu, Caracaraí, Alto Tacutu e Amajari - Roraima, 2000.
- Nº 26 - Prospecção Geológica e Geoquímica no Corpo Máfico-Ultramáfico da Serra da Onça - Pará, 2001.
- Nº 27 - Prospecção Geológica e Geoquímica nos Corpos Máfico-Ultramáficos da Suíte Intrusiva Cateté - Pará, 2001.
- Nº 28 - Aspectos geológicos, Geoquímicos e Metalogenéticos do Magmatismo Básico/Ultrabásico do Estado de Rondônia e Área Adjacente, 2001.
- Nº 29 - Geological, Geochemical and Potentiality Aspects of Ni-Cu-PGE Deposits of the Paraná Basin Magmatism, 2001.
- Nº 30 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica da Área Barro Alto – Goiás, 2010.

SÉRIE MAPAS TEMÁTICOS DE OURO - ESCALA 1:250.000

- Nº 01 - Área GO-09 Aurilândia/Anicuns - Goiás, 1995.
- Nº 02 - Área RS-01 Lavras do Sul/Caçapava do Sul - Rio Grande do Sul, 1995.
- Nº 03 - Área RO-01 Presidente Médici - Rondônia, 1996.
- Nº 04 - Área SP-01 Vale do Ribeira - São Paulo, 1996.
- Nº 05 - Área PA-15 Inajá - Pará, 1996.
- Nº 06 - Área GO-05 Luziânia - Goiás, 1997.
- Nº 07 - Área PA-01 Paru - Pará, 1997.
- Nº 08 - Área AP-05 Serra do Navio/Cupixi - Amapá, 1997.
- Nº 09 - Área BA-15 Caripará - Bahia, 1997.
- Nº 10 - Área GO-01 Crixás/Pilar - Goiás, 1997.
-

Nº 11 - Área GO-02 Porangatu/Mara Rosa - Goiás, 1997
Nº 12 - Área GO-03 Niquelândia - Goiás, 1997.
Nº 13 - Área MT-01 Peixoto de Azevedo/Vila Guarita - Mato Grosso, 1997.
Nº 14 - Área MT-06 Ilha 24 de Maio - Mato Grosso, 1997.
Nº 15 - Área MT-08 São João da Barra - Mato Grosso/Pará, 1997.
Nº 16 - Área RO-02 Jenipapo/Serra Sem Calça - Rondônia, 1997.
Nº 17 - Área RO-06 Guaporé/Madeira - Rondônia, 1997.
Nº 18 - Área RO-07 Rio Madeira - Rondônia, 1997.
Nº 19 - Área RR-01 Uraricaá - Roraima, 1997.
Nº 20 - Área AP-03 Alto Jari - Amapá/Pará, 1997.
Nº 21 - Área CE-02 Várzea Alegre/Lavras da Mangabeira/Encanto - Ceará, 1997.
Nº 22 - Área GO-08 Arenópolis/Amorinópolis - Goiás, 1997.
Nº 23 - Área PA-07 Serra Pelada - Pará, 1997.
Nº 24 - Área SC-01 Botuverá/Brusque/Gaspar - Santa Catarina, 1997.
Nº 25 - Área AP-01 Cassiporé - Amapá, 1997.
Nº 26 - Área BA-04 Jacobina Sul - Bahia, 1997.
Nº 27 - Área PA-03 Cuiapucu/Carará - Pará/Amapá, 1997.
Nº 28 - Área PA-10 Serra dos Carajás - Pará, 1997.
Nº 29 - Área AP-04 Tumucumaque - Pará, 1997.
Nº 30 - Área PA-11 Xinguara - Pará, 1997.
Nº 31 - Área PB-01 Cachoeira de Minas/Itajubatiba/Itapetim - Paraíba/Pernambuco, 1997.
Nº 32 - Área AP-02 Tartarugalzinho - Amapá, 1997.
Nº 33 - Área AP-06 Vila Nova/Iratapuru - Amapá, 1997.
Nº 34 - Área PA-02 Ipitinga - Pará/Amapá, 1997.
Nº 35 - Área PA-17 Caracol - Pará, 1997.
Nº 36 - Área PA-18 Vila Riozinho - Pará, 1997.
Nº 37 - Área PA-19 Rio Novo - Pará, 1997.
Nº 38 - Área PA-08 São Félix - Pará, 1997.
Nº 39 - Área PA-21 Marupá - Pará, 1998.
Nº 40 - Área PA-04 Três Palmeiras/Volta Grande - Pará, 1998.
Nº 41 - Área TO-01 Almas/Natividade - Tocantins, 1998.
Nº 42 - Área RN-01 São Fernando/Ponta da Serra/São Francisco - Rio Grande do Norte/Paraíba, 1998.
Nº 43 - Área GO-06 Cavalcante - Goiás/Tocantins, 1998.
Nº 44 - Área MT-02 Alta Floresta - Mato Grosso/Pará, 1998.
Nº 45 - Área MT-03 Serra de São Vicente - Mato Grosso, 1998.
Nº 46 - Área AM-04 Rio Traíra - Amazonas, 1998.
Nº 47 - Área GO-10 Pirenópolis/Jaraguá - Goiás, 1998.
Nº 48 - Área CE-01 Reriutaba/Ipu - Ceará, 1998.
Nº 49 - Área PA-06 Manelão - Pará, 1998.
Nº 50 - Área PA-20 Jacareacanga - Pará/Amazonas, 1998.
Nº 51 - Área MG-07 Paracatu - Minas Gerais, 1998.
Nº 52 - Área RO-05 Colorado - Rondônia/Mato Grosso, 1998.
Nº 53 - Área TO-02 Brejinho de Nazaré - Tocantins, 1998.
Nº 54 - Área RO-04 Porto Esperança - Rondônia, 1998.
Nº 55 - Área RO-03 Parecis - Rondônia, 1998.
Nº 56 - Área RR-03 Uraricoera - Roraima, 1998.
Nº 57 - Área GO-04 Goiás - Goiás, 1998.
Nº 58 - Área MA-01 Belt do Gurupi - Maranhão/Pará, 1998.
Nº 59 - Área MA-02 Aurizona/Carutapera - Maranhão/Pará, 1998.
Nº 60 - Área PE-01 Serrita - Pernambuco, 1998.
Nº 61 - Área PR-01 Curitiba/Morretes - Paraná, 1998.
Nº 62 - Área MG-01 Pitangui - Minas Gerais, 1998.
Nº 63 - Área PA-12 Rio Fresco - Pará, 1998.

- Nº 64 - Área PA-13 Madalena - Pará, 1998.
Nº 65 - Área AM-01 Parauari - Amazonas/Pará, 1999.
Nº 66 - Área BA-01 Itapicuru Norte - Bahia, 1999.
Nº 67 - Área RR-04 Quino Maú - Roraima, 1999.
Nº 68 - Área RR-05 Apiaú - Roraima, 1999.
Nº 69 - Área AM 05 Gavião/Dez Dias - Amazonas, 1999.
Nº 70 - Área MT-07 Araés/Nova Xavantina - Mato Grosso, 2000.
Nº 71 - Área AM-02 Cauaburi - Amazonas, 2000.
Nº 72 - Área RR-02 Mucajaí - Roraima, 2000.
Nº 73 - Área RR-06 Rio Amajari - Roraima, 2000.
Nº 74 - Área BA-03 Jacobina Norte - Bahia, 2000.
Nº 75 - Área MG-04 Serro - Minas Gerais, 2000.
Nº 76 - Área BA-02 Itapicuru Sul - Bahia, 2000.
Nº 77 - Área MG-03 Conselheiro Lafaiete - Minas Gerais, 2000.
Nº 78 - Área MG-05 Itabira - Minas Gerais, 2000.
Nº 79 - Área MG-09 Riacho dos Machados - Minas Gerais, 2000.
Nº 80 - Área BA-14 Correntina - Bahia, 2000.
Nº 81 - Área BA-12 Boquira Sul - Bahia, 2000
Nº 82 - Área BA-13 Gentio do Ouro - Bahia, 2000.
Nº 83 - Área BA-08 Rio de Contas/Ibitiara Sul - Bahia, 2000.
Nº 84 - Área MT-05 Cuiabá/Poconé - Mato Grosso, 2000.
Nº 85 - Área MT-04 Jauru/Barra dos Bugres - Mato Grosso, 2000.

SÉRIE OURO - INFORMES GERAIS

- Nº 01 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1996.
Nº 02 - Programa Nacional de Prospecção de Ouro - Natureza e Métodos, 1998.
Nº 03 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1998.
Nº 04 - Gold Prospecting National Program - Subject and Methodology, 1998.
Nº 05 - Mineralizações Auríferas da Região de Cachoeira de Minas – Municípios de Manairá e Princesa Isabel - Paraíba, 1998.
Nº 06 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 2000.
Nº 07 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Caçapava do Sul, Subárea Minas do Camaquã - Rio Grande do Sul, 2000.
Nº 08 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Caçapava do Sul, Subárea Ibaré – Rio Grande do Sul, 2000.
Nº 09 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Caçapava do Sul, Subárea Caçapava do Sul - Rio Grande do Sul, 2000.
Nº 10 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Caçapava do Sul, Subárea Passo do Salsinho - Rio Grande do Sul, 2000.
Nº 11 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Caçapava do Sul, Subárea Marmeleiro - Rio Grande do Sul, 2000.
Nº 12 - Map of Gold Production and Reserves of Brazil (1:7.000.000 Scale), 2000
Nº 13 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Caçapava do Sul, Subárea Cambaizinho - Rio Grande do Sul, 2001.
Nº 14 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Caçapava do Sul, Subárea Passo do Ivo - Rio Grande do Sul, 2001.
Nº 15 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Caçapava do Sul, Subárea Batovi – Rio Grande do Sul, 2001.
Nº 16 - Projeto Metalogenia da Província Aurífera Juruena-Teles Pires, Mato Grosso – Goiânia, 2008.
Nº 17 - Metalogenia do Distrito Aurífero do Rio Juma, Nova Aripuanã, Manaus, 2010.
Nº 18 – Províncias e Distritos Auríferos do Brasil, Goiânia, 2022.
-

SÉRIE INSUMOS MINERAIS PARA AGRICULTURA

- Nº 01 - Mapa Síntese do Setor de Fertilizantes Minerais (NPK) no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1997.
- Nº 02 - Fosfato da Serra da Bodoquena - Mato Grosso do Sul, 2000.
- Nº 03 - Estudo do Mercado de Calcário para Fins Agrícolas no Estado de Pernambuco, 2000.
- Nº 04 - Mapa de Insumos Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais nos Estados de Pernambuco, Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.
- Nº 05 - Estudo dos Níveis de Necessidade de Calcário nos Estados de Pernambuco, Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.
- Nº 06 - Síntese das Necessidades de Calcário para os Solos dos Estados da Bahia e Sergipe, 2001.
- Nº 07 - Mapa de Insumos Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais de Rondônia, 2001.
- Nº 08 - Mapas de Insumos Minerais para Agricultura nos Estados de Amazonas e Roraima, 2001.
- Nº 09 - Mapa-Síntese de Jazimentos Minerais Carbonatados dos Estados da Bahia e Sergipe, 2001.
- Nº 10 - Insumos Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais nos Estados do Pará e Amapá, 2001.
- Nº 11 - Síntese dos Jazimentos, Áreas Potenciais e Mercado de Insumos Minerais para Agricultura no Estado da Bahia, 2001.
- Nº 12 - Avaliação de Rochas Calcárias e Fosfatadas para Insumos Agrícolas do Estado de Mato Grosso, 2008.
- Nº 13 - Projeto Fosfato Brasil – Parte I, Salvador, 2011.
- Nº 14 - Projeto Fosfato Brasil – Estado de Mato Grosso – Áreas Araras/Serra do Caeté e Planalto da Serra, 2011.
- Nº 15 - Projeto Mineralizações Associadas à Plataforma Bambuí no Sudeste do Estado do Tocantins (TO) – Goiânia, 2016.
- Nº 16 – Rochas Carbonáticas do Estado de Rondônia, Porto Velho, 2015.
- Nº 17 – Projeto Fosfato Brasil – Parte II, Salvador, 2016.
- Nº 18 – Geoquímica Orientativa para Pesquisa de Fosfato no Brasil, Salvador, 2016.
- Nº 19 – Projeto Agrominerais da Região de Irecê -Jaguarari, Salvador, 2016.
- Nº 20 – Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil – Fase III - Bacia dos Parecis, Porto Velho, 2017.
- Nº 21 – Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil – Fase III: Bacia Sergipe-Alagoas, Sub-bacia Sergipe, Recife, 2017.
- Nº 22 – Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil – Fase III: Centro-leste de Santa Catarina, Salvador, 2018.
- Nº 23 – Avaliação do Potencial do Potássio no Brasil: Bacia do Amazonas, setor centro-oeste, Estados do Amazonas e Pará, Manaus, 2020.
- Nº 24 – Investigação de Anomalias Geofísicas no Escudo Sul-Rio-Grandense com Enfoque em Insumos Agrícolas, Porto Alegre, 2020.
- Nº 25 – Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil: Borda Norte da Bacia do Amazonas, região de Monte Alegre e Monte Dourado, Estado do Pará, Belém, 2020.
- Nº 26 – Avaliação do Potencial Agromineral do Brasil: Grupo Serra Geral da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021
- Nº 27 – Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil: Bacia Potiguar – Um estudo a partir de testemunhos de sondagem, Estado do Rio Grande do Norte, Salvador, 2021
- Nº 28 – Avaliação do Potencial Agromineral do Brasil: Eixo Manaus-Boa Vista, Manaus, 2022

SÉRIE PEDRAS PRECIOSAS

- Nº 01 - Mapa Gemológico da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, 1997.
- Nº 02 - Mapa Gemológico da Região Lajeado/Soledade/Salto do Jacuí - Rio Grande do Sul, 1998
- Nº 03 - Mapa Gemológico da Região de Ametista do Sul - Rio Grande do Sul, 1998.
- Nº 04 - Recursos Gemológicos dos Estados do Piauí e Maranhão, 1998.
- Nº 05 - Mapa Gemológico do Estado do Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 06 - Mapa Gemológico do Estado de Santa Catarina, 2000.
- Nº 07 - Aspectos da Geologia dos Pólos Diamantíferos de Rondônia e Mato Grosso – O Fórum de Juína – Projeto Diamante, Goiânia, 2010.
- Nº 08 - Projeto Avaliação dos Depósitos de Opalas de Pedro II – Estado do Piauí, Teresina, 2015.
- Nº 09 - Aluviões Diamantíferos da Foz dos Rios Jequitinhonha e Pardo - Fase I – Estado da Bahia, Salvador, 2016.
- Nº 10 - Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado de Minas Gerais, Brasília, 2017
-

- Nº 11 - Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado de Rondônia, Brasília, 2017
Nº 12 - Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado do Mato Grosso, Brasília, 2017
Nº 13 - Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado da Bahia, Brasília, 2017

SÉRIE OPORTUNIDADES MINERAIS – EXAME ATUALIZADO DE PROJETO

- Nº 01 - Níquel de Santa Fé - Estado de Goiás, 2000.
Nº 02 - Níquel do Morro do Engenho - Estado de Goiás, 2000.
Nº 03 - Cobre de Bom Jardim - Estado de Goiás, 2000.
Nº 04 - Ouro no Vale do Ribeira - Estado de São Paulo, 1996.
Nº 05 - Chumbo de Nova Redenção - Estado da Bahia, 2001.
Nº 06 - Turfa de Caçapava - Estado de São Paulo, 1996.
Nº 08 - Ouro de Natividade - Estado do Tocantins, 2000.
Nº 09 - Gipsita do Rio Cupari - Estado do Pará, 2001.
Nº 10 - Zinco, Chumbo e Cobre de Palmeirópolis - Estado de Tocantins, 2000.
Nº 11 - Fosfato de Miriri - Estados de Pernambuco e Paraíba, 2001.
Nº 12 - Turfa da Região de Itapuã - Estado do Rio Grande do Sul, 1998.
Nº 13 - Turfa de Águas Claras - Estado do Rio Grande do Sul, 1998.
Nº 14 - Turfa nos Estados de Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.
Nº 15 - Nióbio de Uaupés - Estado do Amazonas, 1997.
Nº 16 - Diamante do Rio Maú - Estado da Roraima, 1997.
Nº 18 - Turfa de Santo Amaro das Brotas - Estado de Sergipe, 1997.
Nº 19 - Diamante de Santo Inácio - Estado da Bahia, 2001.
Nº 21 - Carvão nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, 1997.
Nº 22 - Coal in the States of Rio Grande do Sul and Santa Catarina, 1999.
Nº 23 - Kaolin Exploration in the Capim River Region - State of Pará - Executive Summary, 2000.
Nº 24 - Turfa de São José dos Campos - Estado de São Paulo, 2002.
Nº 25 - Lead in Nova Redenção - Bahia State, Brazil, 2001.
Nº 26 – Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Polimetálicos de Palmeirópolis, Estado do Tocantins, Brasília, 2020.
Nº 27 – Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Carvão Sul Catarinense, Estado de Santa Catarina, Brasília, 2021.
Nº 28 – Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Fosfato de Miriri, Estado de Pernambuco e Paraíba, Brasília, 2022.
Nº 29 – Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Carvão Iruí-Butiá, Estado do Rio Grande do Sul, Brasília, 2021.
Nº 30 – Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Caulim do Rio Capim, Estado do Pará, Brasília, 2021.
Nº 31 – Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Gipsita do Rio Cupari, Estado do Pará, Brasília, 2022.
Nº 32 – Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Turfa de Linhares, Estado do Espírito Santo, Brasília, 2023.
Nº 33– Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Turfa Santo Amaro de Brotas, Estado de Sergipe, Brasília, 2023.
Nº 34 – Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Calcário de Aveiro, Estado do Pará, Brasília, 2022.

SÉRIE DIVERSOS

- Nº 01 - Informe de Recursos Minerais - Diretrizes e Especificações - Rio de Janeiro, 1997.
Nº 02 - Argilas Nobres e Zeolitas na Bacia do Parnaíba - Belém, 1997.
Nº 03 - Rochas Ornamentais de Pernambuco - Folha Belém do São Francisco - Escala 1:250.000 - Recife, 2000.
Nº 04 - Substâncias Minerais para Construção Civil na Região Metropolitana de Salvador e Adjacências - Salvador, 2001.
Nº 05 – Terras Indígenas do Noroeste do Amazonas: Geologia, Geoquímica e Cadastramento Mineral na região do Tunuí-Caparro, Estado do Amazonas, Manaus, 2020
Nº 06 – Recursos Minerais do Estado de Minas Gerais - 2011, Belo Horizonte, 2022.
-

SÉRIE RECURSOS MINERAIS MARINHOS

- Nº 01 – Potencialidade dos Granulados Marinhos da Plataforma Continental Leste do Ceará – Recife, 2007.
Nº 02 – Potencialidade dos Granulados Marinhos da Plataforma Continental Oriental do Rio Grande do Norte – Setor Touros, Recife, 2021.
Nº 03 – Potencialidade dos Granulados Marinhos da Plataforma Continental de Pernambuco – Recife, 2021.
Nº 04 – Potencialidades dos Granulados Marinhos da Plataforma Continental Oeste do Ceará, Setor Bitupitá, 2022.
Nº 05 – Prospecção e Exploração de Depósitos de Fosforitas Marinhas na Plataforma Continental Jurídica Brasileira, etapa 2010-2020, Rio de Janeiro, 2021.

SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

- Nº 01 – Projeto Materiais de Construção na Área Manacapuru-Iranduba-Manaus-Careiro (Domínio Baixo Solimões) – Manaus, 2007.
Nº 02 – Materiais de Construção Civil na região Metropolitana de Salvador – Salvador, 2008.
Nº 03 – Projeto Materiais de Construção no Domínio Médio Amazonas – Manaus, 2008.
Nº 04 – Projeto Rochas Ornamentais de Roraima – Manaus, 2009.
Nº 05 – Projeto Argilas da Bacia Pimenta Bueno – Porto Velho, 2010.
Nº 06 – Projeto Quartzo Industrial Dueré-Cristalândia – Goiânia, 2010.
Nº 07 – Materiais de Construção Civil na região Metropolitana de Aracaju – Salvador, 2011.
Nº 08 – Rochas Ornamentais no Noroeste do Estado do Espírito Santo – Rio de Janeiro, 2012.
Nº 09 – Projeto Insumos Minerais para a Construção Civil na Região Metropolitana do Recife – Recife, 2012.
Nº 10 – Materiais de Construção Civil da Folha Porto Velho – Porto Velho, 2013.
Nº 11 – Polo Cerâmico de Santa Gertrudes – São Paulo, 2014.
Nº 12 – Projeto Materiais de Construção Civil na Região Metropolitana de Natal – Natal, 2015.
Nº 13 – Materiais de Construção Civil para Vitória da Conquista, Itabuna-Ilhéus e Feira de Santana – Salvador, 2015.
Nº 14 – Projeto Materiais de Construção da Região de Marabá e Eldorado dos Carajás – Belém, 2015.
Nº 15 – Panorama do Setor de Rochas Ornamentais do Estado de Rondônia – Porto Velho, 2015
Nº 16 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Goiânia – Goiânia, 2015
Nº 17 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Porto Alegre – Porto Alegre, 2016
Nº 18 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Fortaleza – Fortaleza, 2016
Nº 19 – Projeto Materiais de Construção Civil da Região da Grande Florianópolis – Porto Alegre, 2016
Nº 20 – Projeto materiais de construção da região de Macapá - Estado do Amapá – Belém, 2016.
Nº 21 – Projeto Materiais De Construção da Região Metropolitana de Curitiba - Estado do Paraná, 2016.
Nº 22 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de São Luís e Entorno - Estado do Maranhão, 2017.
Nº 23 – Panorama do Segmento de Rochas Ornamentais do Estado da Bahia, Salvador, 2019
Nº 24 – Materiais de Construção da Região Metropolitana de São Paulo - Estado de São Paulo, São Paulo, 2019.
Nº 25 – Gipsita no sudoeste da Bacia sedimentar do Araripe - Estado de Pernambuco, Recife, 2019.
Nº 26 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Belo Horizonte - Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.
Nº 27 – Rochas Ornamentais do Estado do Rio Grande do Norte: Mapa de Potencialidades, Natal, 2020.
Nº 28 – Materiais de Construção da Região Metropolitana de Palmas - Estado do Tocantins, Goiânia, 2020.
Nº 29 – Estudos dos granitoides da região Nordeste do Pará para produção de brita, Belém, 2020.
Nº 30 – Materiais de Construção da Região de Capitão Poço-Ourém - Estado do Pará, Belém, 2020.
Nº 31 - Calcários da Bahia: Faixas Rio Pardo e Ourolândia-Campo Formoso, Salvador, 2021
Nº 32 – Rochas Ornamentais do Espírito Santo: Mapa de Potencialidade, Belo Horizonte, 2021
Nº 33 - Argilas dos vales dos rios Doce e Jequitinhonha (MG), Belo Horizonte, 2021
Nº 34 - Materiais de Construção Civil da Região Rio Grande-Pelotas e entorno (RS), Porto Alegre, 2021
Nº 35 - Materiais de Construção Civil da Região Metropolitana de João Pessoa (PB), Recife, 2021
Nº 36 - Materiais de Construção Civil da Região Metropolitana de Maceió (AL), Recife, 2022
Nº 37 – Rochas Ornamentais da Bahia: Mapa de Potencialidades da Região da Serra de Jacobina, Salvador, 2022
Nº 38 – Titânio Laterítico na Bacia do Paraná (PR), São Paulo, 2022
-

SÉRIE METAIS - INFORMES GERAIS

Nº 01 – Projeto BANEIO – Bacia do Camaquã – Metalogenia das Bacias Neoproterozóico-eopaleozóicas do Sul do Brasil, Porto Alegre, 2008

Nº 02 – Mapeamento Geoquímico do Quadrilátero Ferrífero e seu Entorno - MG – Rio de Janeiro, 2014.

Nº 03 – Projeto BANEIO – Bacias do Itajaí, de Campo Alegre e Corupá – Metalogenia das Bacias Neoproterozoico-eopaleozoicas do Sul do Brasil, Porto Alegre, 2015

SÉRIE PROVÍNCIAS MINERAIS DO BRASIL

Nº 01 – Áreas de Relevante Interesse Mineral - ARIM, Brasília, 2015

Nº 02 – Metalogenia das Províncias Mineraias do Brasil: Área Tróia-Pedra Branca, Estado do Ceará, Fortaleza, 2015

Nº 03 – Metalogenia das Províncias Mineraias do Brasil: Área Sudeste do Tapajós, Estado do Pará, Brasília, 2015.

Nº 04 – Metalogenia das Províncias Mineraias do Brasil: Província Aurífera Juruena-Teles Pires-Aripuanã – Geologia e Recursos Mineraias da Folha Ilha Porto Escondido – SC.21-V-C-III, Brasília, 2015.

Nº 05 – Metalogenia das Províncias Mineraias do Brasil: Distrito Zinífero de Vazante – MG, Brasília, 2015.

Nº 06 – Metalogenia das Províncias Mineraias do Brasil: Rochas Alcalinas da Porção Meridional do Cinturão Ribeira. Estados de São Paulo e Paraná, Brasília, 2015.

Nº 07 – Metalogenia das Províncias Mineraias do Brasil: Área Sudeste de Rondônia, Brasília, 2016.

Nº 08 – Metalogenia das Províncias Mineraias do Brasil: Área Seridó-Leste, extremo nordeste da Província Borborema (RN-PB), Brasília, 2016.

Nº 09 – Metalogenia das Províncias Mineraias do Brasil: Porção sul da Bacia do Paraná, RS, 2017

Nº 10 – Metalogenia das Províncias Mineraias do Brasil: Área Eldorado do Juma, Estado do Amazonas, AM, 2019

Nº 11 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Cinturão Gurupi, Estados do Pará e Maranhão, Brasília, 2017.

Nº 12 – Áreas de relevante interesse mineral: Reserva Nacional do Cobre e Associados, Estados do Pará e Amapá, Belém, 2017.

Nº 13 – Áreas de Relevante Interesse Mineral – Vale do Ribeira: Mineralizações Polimetálicas (Pb, Ag, Zn, Cu e Au – “Tipo Painéis”) em zonas de cisalhamento Rúptil, Cinturão Ribeira Meridional, SP-PR, São Paulo, 2017.

Nº 14 – Área de Relevante Interesse Mineral - ARIM: Distrito Mineral de Paracatu-Unai (Zn-Pb-Cu), MG, 2018

Nº 15 – Área de Relevante Interesse Mineral Integração Geológica-Geofísica e Recursos Mineraias do Cráton Luis Alves, RS, 2018.

Nº 16 – Áreas de Relevante Interesse Mineral - Província Mineral de Carajás, PA: Estratigrafia e análise do Minério de Mn de Carajás - áreas Azul, Sereno, Buritirama e Antônio Vicente, PA, 2018.

Nº 17 – Áreas de Relevante Interesse Mineral Troia-Pedra Branca - Geologia e mineralização aurífera da sequência metavulcanossedimentar da Serra das Pipocas, Maciço de Troia, Ceará, Estado do Ceará, CE, 2018

Nº 18 – Áreas de Relevante Interesse Mineral – Reavaliação da Província Estanífera de Rondônia, RO, 2019.

Nº 19 – Áreas de relevante interesse mineral – Evolução Crustal e Metalogenia da Faixa Nova Brasilândia, RO, 2019.

Nº 20 – Áreas de Relevante Interesse Mineral - Batólito Pelotas–Terreno Tijucas, Estado do Rio Grande do Sul, RS, 2019.

Nº 21 – Áreas de Relevante Interesse Mineral – Vale do Ribeira: mineralizações polimetálicas (Pb-Zn-Ag-Cu-Ba) associadas a Formação Perau, Cinturão Ribeira Meridional, Estado do Paraná, São Paulo, 2019.

Nº 22 – Áreas de relevante interesse mineral – Evolução crustal e metalogenia da Província Mineral Juruena–Teles-Pires, MT, Goiânia, 2019.

Nº 23 – Áreas de relevante interesse mineral – Projeto evolução crustal e metalogenia da Faixa Brasília setor centro-norte, GO-TO, Goiânia, 2019

Nº 24 – Avaliação do Potencial Mineral do NW do Ceará, CE, Fortaleza, 2019.

Nº 25 – Avaliação do Potencial Mineral das faixas Marginais da borda NW do Craton do São Francisco (Área Riacho do Pontal), PI, Teresina, 2019.

Nº 26 – Avaliação do Potencial Mineral das faixas Marginais da borda NW do Craton do São Francisco (Área Rio Preto), PI, Teresina, 2019.

Nº 27 – Áreas de Relevante Interesse Mineral - Avaliação do Potencial Mineral do Vale do Ribeira (Área Castro), SP, São Paulo, 2019.

- Nº 28 - Áreas de Relevante Interesse Mineral - Evolução crustal e Metalogenia da região de Aripuanã, MT, Goiânia, 2020.
- Nº 29 – Modelo Prospectivo para Ametista e Água na Fronteira Sudoeste do Rio Grande do Sul, RS, Porto Alegre, 2020.
- Nº 30 - Áreas de Relevante Interesse Mineral - Reavaliação das sequências metavulcanossedimentares a Sudoeste do Quadrilátero Ferrífero – Área de Nazareno, Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.
- Nº 31 - Áreas de Relevante Interesse Mineral – Integração Geológica e Avaliação do Potencial Metalogenético da Serra de Jacobina e dos Greenstone Belt Mundo Novo, Estado da Bahia, Salvador, 2021
- Nº 32 - Áreas de Relevante Interesse Mineral – Integração Geológica e Avaliação do Potencial Metalogenético das Sequências Metavulcanossedimentares tipo Greenstone Belts e/ou similares da região de Remanso-Sobradinho, Estado da Bahia, Salvador, 2021
- Nº 33 - Áreas de Relevante Interesse Mineral –Província Mineral de Carajás, Controles Críticos das Mineralizações de Cobre e Ouro do Lineamento Cinzento, Estado do Pará, Belém, 2021
- Nº 34 - Áreas de Relevante Interesse Mineral – Evolução Crustal e Metalogenia do Sudeste do Amazonas, Estado do Amazonas, Manaus, 2021
- Nº 35 - Áreas de Relevante Interesse Mineral – Evolução Crustal e Metalogenia da Província Mineral do Seridó, Estado de Pernambuco, Recife, 2023
- Nº 36- Áreas de Relevante Interesse Mineral – Avaliação do Potencial Mineral da região de São Raimundo Nonato, Estado de Pernambuco, Recife, 2022
- Nº 37 - Quadrilátero Ferrífero, Setor Central: Mapa de Favorabilidade para Ouro Orogênico, Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022
- Nº 38 - Noroeste do Quadrilátero Ferrífero: Mapa de Prospectividade para Ouro Orogênico do Greenstone Belt Pitangui, Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022

SÉRIE MINERAIS ESTRATÉGICOS

- Nº 01 – Diretrizes para Avaliação do Potencial do Potássio, Fosfato, Terras Raras e Lítio no Brasil, Brasília, 2015.
- Nº 02 – Avaliação do Potencial de Terras Raras no Brasil, Brasília, 2015.
- Nº 03 – Projeto Avaliação do Potencial do Lítio no Brasil – Área do Médio Rio Jequitinhonha, Nordeste de Minas Gerais, Brasília, 2016.
- Nº 04 – Projeto Avaliação do Potencial de Terras Raras No Brasil - Área Morro dos Seis Lagos, Noroeste do Amazonas, Brasília, 2019.
- Nº 05 – Projeto Avaliação do Potencial da Grafita no Brasil – Fase I, São Paulo, 2020.
- Nº 06 – Projeto Lítio da Província Pegmatítica da Borborema, Estados do Rio Grande do Norte e Paraíba, Recife, 2022

SÉRIE GEOQUÍMICA PROSPECTIVA

- Nº 01 – Informe Geoquímico Bacia do Araripe, Estados de Pernambuco, Piauí e Ceará, Recife, 2018.
- Nº 02 – Informe Geoquímico das Folhas Quixadá-Itapiúna, Estado do Ceará, Fortaleza, 2020.
- Nº 03 – Informe Geoquímico São José do Campestre, Província Borborema, Estado do Rio Grande do Norte, Recife, 2021.
- Nº 04 – Informe Geoquímico Granjeiro-Cocoi, Estado do Ceará, Fortaleza, 2023.

SÉRIE MAPEAMENTO GEOQUÍMICO

- Nº 01 – Levantamento geoquímico do Escudo do Rio Grande do Sul, Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.
- Nº 02 – Mapeamento geoquímico da Folha Piatã, Estado da Bahia, Salvador, 2023.

SÉRIE ATLAS GEOQUÍMICOS

- Atlas Geoquímico de Carajás – Setor Leste, Sedimentos Ativos de Corrente, Estado do Pará, Belém, 2023
-

SÉRIE ATLAS DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Atlas de Rochas Ornamentais de Roraima, Manaus, 2009

Atlas de Rochas Ornamentais da Amazônia Brasileira, São Paulo, 2011

Atlas de Rochas Ornamentais do Espírito Santo, Brasília, 2013

Atlas of dimension stones of the Espírito Santo State, Brasília, 2015

Atlas de rochas ornamentais dos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas, Recife, 2017

Atlas de Rochas Ornamentais da Bahia, Salvador, 2022

Atlas of Dimension Stones of the Bahia State, Salvador, 2022

O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-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 de 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 (SGB-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 (SGB-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 06

POTENCIALIDADE DOS GRANULADOS MARINHOS DA PLATAFORMA CONTINENTAL RASA DA PARAÍBA

Os produtos da Série Recursos Minerais Marinhos, parte integrante do Programa Oceanos, Zona Costeira e Antártica, objetivam sistematizar e divulgar os resultados dos trabalhos desenvolvidos pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB, nas áreas de Geologia e Geofísica Marinhas, Geoquímica, Sedimentologia e Oceanografia, com foco nos campos da geologia econômica, prospecção, meio ambiente, pesquisa e economia mineral.

Cada exemplar da Série Recursos Minerais Marinhos apresenta os resultados da abordagem temática relacionada à potencialidade estratégica dos bens minerais da Zona Econômica Exclusiva brasileira, 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 na forma de estudos, artigos, relatórios e mapas.

Neste volume da Série, são apresentados os resultados da pesquisa realizada na plataforma continental rasa da Paraíba, que se estende entre a praia e a profundidade de 30 metros, ao largo de cerca de 145 km de linha de costa, entre as divisas com Pernambuco e Rio Grande do Norte. A paisagem costeira mostra cenários variados, incluindo trechos já bastante urbanizados e ocupados, praias arenosas, falésias ativas e inativas, campos de dunas, pequenos estuários e recifes costeiros. A plataforma continental rasa é recoberta por sedimentos arenosos e cascalhosos, sendo que o diâmetro mediano tende a diminuir de norte para sul e o teor de carbonato de cálcio (CaCO₃) é quase sempre superior a 75% em massa.

Os dados levantados foram integrados neste Informe de Recursos Minerais e em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), bases de dados e mapas temáticos, vinculados ao banco de dados corporativo do SGB e estão disponíveis no endereço eletrônico www.geosgb.sbg.gov.br.

Sede

Setor bancário Norte-SBN-Quadra 02, Asa Norte
Bloco H-5º andar-Edifício Central Brasília
Brasília-DF CEP 70040-0840-030904
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

Superintendência Regional de Recife

Avenida Sul, 2291 - CEP: 50770-011
Afogados Recife - PE - Brasil
Tel: (81) 3316-1400 | (81) 3316-1402

Departamento de Geologia e Recursos Minerais (DGM)

Tel: 21 2246-0212 - 61 3223-1166 (SEDE)

Departamento de Geologia (DEGEO)

Tel: (21) 2546-0495

Divisão de Geologia Marinha (DIGEOM)

Tel: (21) 2546-0211

Diretoria de Relações de Relações Institucionais e Desenvolvimento (DRI)

Tel: 21 2295-5337 (ERJ) - 61 3223-1059 (SEDE)

Assessoria de Comunicação (ASSCOM)

Tel/Fax: 61 3321-0372 (SEDE)
E-mail: asscomdf@sbg.gov.br

Divisão de Marketing e Divulgação (DIMARK)

Tel: 31 3878-7925 (SUREG-BH)
E-mail: marketing@sbg.gov.br

Ouvidoria

Tel: 21 2295-4697 (ERJ) Fax: 21 2295-0495 (ERJ)
E-mail: ouvidoria@sbg.gov.br

Serviço de Atendimento ao Usuário (SEUS)

Tel/Fax: 21 2295-5997 (ERJ)
E-mail: seus@sbg.gov.br

WWW.SGB.GOV.BR