



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

DENISE MARIA SANTOS

**MORFOLOGIA E SEDIMENTOLOGIA DA PLATAFORMA CONTINENTAL
INTERNA DA ÁREA BITUPITÁ – CEARÁ/BRASIL**

Recife
2018

DENISE MARIA SANTOS

**MORFOLOGIA E SEDIMENTOLOGIA DA PLATAFORMA CONTINENTAL
INTERNA DA ÁREA BITUPITÁ – CEARÁ/BRASIL**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para a obtenção do título de doutora em Geociências.

Área de concentração: Geologia Sedimentar e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso.

Recife

2018

Catálogo na fonte
Bibliotecária Valdicêa Alves, CRB-4 / 1260

S237m Santos, Denise Maria.
Morfologia e sedimentologia da plataforma continental interna da área Bitupitá –
Ceará/Brasil / Denise Maria Santos. - 2018.

105folhas, Il.; Tab. e Sigl.

Orientador: Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa
de Pós-Graduação em Geociências, 2018.

Inclui Referências e Apêndices.

1. Geociências. 2. Plataforma. 3. Ceará. 4. Bitupitá. I. Manso, Valdir
do Amaral Vaz. (Orientador). II. Título.

UFPE

551 CDD (22. ed.)

BCTG/2019-96

DENISE MARIA SANTOS

**MORFOLOGIA E SEDIMENTOLOGIA DA PLATAFORMA CONTINENTAL
INTERNA DA ÁREA BITUPITÁ – CEARÁ/BRASIL.**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para a obtenção do título de doutora em Geociências.

Área de concentração: Geologia Sedimentar e Ambiental.

Defesa de tese em: 27 / 02 / 2018

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco DEGEO/UFPE
(Membro interno)

Prof. Dr. George Satander Sá Freire
Universidade Federal do Ceará DEGEO/UFC
(Membro Externo)

Prof. Dr. Virgínio Henrique de Miranda Lopes Neumann
Universidade Federal de Pernambuco DEGEO/UFPE
(Membro Interno)

Prof. Dr. Gelson Luís Fambrini
Universidade Federal de Pernambuco DEGEO/UFPE
(Membro Interno)

Prof. Dra. Rochana Campos de Andrade Lima
Universidade Federal de Alagoas/UFAL
(Membro externo)

Á Loreci Gislaine de Oliveira Lehueur (*In memorian*), pelos sábios ensinamentos e demonstração de amor e carinho! Ela me fez compreender que para ser sábia não se torna necessário acumular títulos e sim o aprendizado que tiramos de cada etapa vivida e que a maior riqueza que trazemos conosco é a humildade e a simplicidade!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade e força nesta etapa de minha vida.

A Universidade Federal de Pernambuco/UFPE e Pós-Graduação em Geociências (PPGEOC) para a realização desta pesquisa.

A Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM), por ter concedido dados fundamentais para a conclusão desta pesquisa.

Ao orientador Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso, da Universidade Federal de Pernambuco, pela orientação, incentivo, contribuição, amizade e apoio dedicado à execução deste trabalho.

Ao Prof. Dr. George Satander Sá Freire do Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada (LGMA/UFC), pela co-orientação em ajudar a concluir este trabalho.

A todos que fazem parte do Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha (LGGM/UFPE) pelas colaborações.

Ao Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada (LGMA/UFC) do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará, por toda a estrutura oferecida para a realização das etapas do trabalho.

Ao Krishnamurti assistente em Administração da Secretaria de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, pela paciência e profissionalismo. Meus sinceros agradecimentos.

Ao Inácio Loyola, Carlos Fernando e João Capistrano do LGMA/UFC.

A professora Dra. Loreci Gislaíne de Oliveira Lehugeur (*in memóriam*) pela colaboração e incentivo inicial neste trabalho e pela amizade demonstrada desde o período da graduação até meados desta tese.

A D. Therezinha Soares que me ofereceu estadia e se dispôs de seu tempo para me acolher de forma tão amável.

A minha mãe Lúcia Maria Mesquita Lessa, minha irmã Ana Soraya Santos, Verônica Ponciano, Iolanda Feitosa, Marcelo Manget, Keithy Pimentel, Ronaldo e Wanessa.

A todos aqueles que contribuíram de alguma forma para que este trabalho fosse realizado que, por lapso de memória não tenham sido mencionados, sei que estão cientes da importância que desempenharam para o desfecho desta pesquisa.

RESUMO

A plataforma continental cearense está inserida no contexto tectônico e sedimentar da Bacia do Ceará, porção submersa. Região formada por esforços extensionais durante o Cretáceo Inferior, associados ao início do rifteamento que resultaria na separação das placas sul-americana e africana. A área em estudo abrange parte da Plataforma Continental Interna Oeste do Estado do Ceará nas adjacências da localidade de Bitupitá abrangendo as folhas SA 24-Y-A-II Ao Largo de Bitupitá, SA.24-Y-A-III Ao Largo de Camocim, SA.24-Y-A-V Bitupitá e SA.24-Y-A-VI Camocim. A área possui aproximadamente 987,23 Km². Foi observada a natureza dos sedimentos da plataforma continental, de um modo geral, onde reflete a geologia, a morfologia e a história erosiva das áreas adjacentes, como também, o seu transporte sedimentar. A presente tese foi desenvolvida no âmbito do projeto Granulados Marinhos da Plataforma Continental Rasa (GRANMAR – CEARÁ/BRASIL, visando avançar no conhecimento da plataforma continental do Estado do Ceará, através da caracterização morfológica e sedimentológica da área. Foram coletadas 504 amostras de sedimentos superficiais para análise sedimentológica, por intermédio do barco de pesquisa da Universidade Federal do Ceará Martins Filho e do navio balizador comandante Manhães. Foram realizadas, integração de dados, interpretação, análise de minerais pesados, batimetria até a isóbata de 30m, construção de mapas dos teores de Carbonato de Cálcio, Areia, Lama, Cascalho, Fácies sedimentares e principais minerais ocorridos na área. Quanto a sedimentologia, com base na composição e textura, foram identificadas 5 fácies sedimentares, tais como: Areia Cascalhosa Bioclástica; Areia Bioclástica; Areia Biolitoclástica; Cascalho Arenoso Bioclástico e Areia Cascalhosa Biolitoclástica. A análise estatística foi realizada com o auxílio do software ANASED 5.0, que efetua os cálculos estatísticos de porcentagens simples e acumulados, esses percentuais serviram para o cálculo dos parâmetros estatísticos. Com relação aos minerais pesados encontrados na área de estudo foram separados 25 amostras para análise e identificação dos mesmos sendo que os mais destacados dentro da área de estudo foram: Zircão, Turmalina, Rutilo, Epidoto e Estaurolita. Foram encontrados também os seguintes minerais: Granada, Ilmenita, Monazita, Andaluzita, Sillimanita, Horneblenda, Cianita, Apatita, Magnetita, Espinélio, Cassiterita e Leucoxênio.

Palavras-Chave: Plataforma. Ceará. Bitupitá.

ABSTRACT

The continental shelf of Ceará is inserted in the tectonic and sedimentary context of the Ceará Basin, submerged portion. Region formed by extension efforts during the Lower Cretaceous, associated to the beginning of the rifting that would result in the separation of the South American and African plates. The study area covers part of the Continental Shelf West of the State of Ceará in the vicinity of the town of Bitupitá covering the leaves SA 24-YA-II Along Largo de Bitupitá, SA.24-YA-III Ao Largo de Camocim, SA.24 -YAV Bitupitá and SA.24-YA-VI Camocim. The area has approximately 987.23 Km². The sediment nature of the continental shelf was observed in general, where it reflects the geology, morphology and erosive history of the adjacent areas, as well as its sedimentary transport. The present thesis was developed within the framework of the Marine Granules Project of the Continental Shelf Platform (GRANMAR - CEARÁ / BRASIL, aiming to advance the knowledge of the continental shelf of the State of Ceará, through the morphological and sedimentological characterization of the area. for sedimentological analysis, through the research vessel of the Federal University of Ceará Martins Filho and the commander vessel Manhães. Data integration, interpretation, analysis of heavy minerals, bathymetry up to 30 m isobath, the sedimentary facies and the main minerals occurred in the area, in relation to sedimentology, based on the composition and texture, were identified 5 sedimentary facies, such as: Bioclastic Sand, Bioclastic Sand, Bioclastic Sand; Bioclastic Sandy Gravel and Casc Sand The statistical analysis was performed with the aid of the software ANASED 5.0, which performs the statistical calculations of simple and accumulated percentages, these percentages were used to calculate the statistical parameters. In relation to the heavy minerals found in the study area, 25 samples were separated for analysis and identification of the same ones, being the most outstanding within the study area were: Zircon, Tourmaline, Rutile, Epidote and Staurolite. The following minerals were also found: Grenade, Ilmenite, Monazite, Andaluzite, Sillimanite, Horneblende, Kyanite, Apatite, Magnetite, Spinel, Cassiterite and Leucoxene.

Keywords: Platform. Ceará. Bitupita.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Mapa de Localização da área de estudo.	20
Figura 2	- Ecobatímetro de impulso contínuo, Furuno, modelo GP-1650F.	22
Figura 3	- Draga Pontual de Superfície Tipo <i>Van Veen</i>	23
Figura 4	- Jogo de peneiras em malha.	25
Figura 5	- Software ANASED 5.0	25
Figura 6	- Parâmetros Estatísticos do Software ANASED 5.0	26
Figura 7	- Diagrama Triangular SHEPARD.	27
Figura 8	- Chapa aquecedora com amostra e ácido.	27
Figura 9	- Funis para separação dos minerais leves dos pesados.....	28
Figura 10	- Separador eletromagnético <i>Frant</i>	29
Figura 11	- Mapa de pontos de amostragem	31
Figura 12	- Mapa batimétrico da área de estudo.....	32
Figura 13	- Cascalho Bioclástico, Am. A (Ce2-371) e Am B (Ce 142 ^a).....	35
Figura 14	- Exemplos de granulados carbonáticos distribuídos na plataforma continental do Ceará. A) Granulado bioclástico formado por fragmentos de algas coralíneas do gênero <i>Lithothamnium</i> , oeste de Fortaleza; B) Areia e/ou cascalho de <i>Halimeda</i> , leste de Fortaleza.....	37
Figura 15	- Distribuição das correntes permanentes da região Nordeste do Brasil.....	44
Figura 16	- Subdivisão da Bacia do Ceará.....	48
Figura 17	- Plataforma Continental.....	49
Figura 18	- Diagrama esquemático do perfil da plataforma continental do Nordeste.	50
Figura 19	- Mapa de pontos de Minerais pesados	59
Figura 20	- Teor de minerais pesados nas amostras.....	61
Figura 21	- Minerais pesados que mais se destacaram.....	62
Figura 22	- Mapa de isotores de Turmalina.	64
Figura 23	- Distribuição de Estaurolita nas amostras analisadas.....	65
Figura 24	- Mapa de isotores de Estaurolita.	67

Figura 25	- Distribuição de Rutilo nas amostras analisadas	68
Figura 26	- Mapa de isotores de Rutilo.	69
Figura 27	- Distribuição de Epidoto nas amostras.....	70
Figura 28	- O Mapa de isotores de Epidoto.....	71
Figura 29	- Distribuição de Zircão nas amostras analisadas.....	72
Figura 30	- Mapa de isotores de Zircão.....	73
Figura 31	- Mapa de isotores de Hornblenda.....	75
Figura 32	- Mapa de isotores de Silimanita.....	76
Figura 33	- Classificação de fácies sedimentares.....	78
Figura 34	- Mapa fácies	79
Figura 35	- Mapa de teores de Carbonato de Cálcio CaCO_3	82
Figura 36	- Mapa de teores de Cascalho.....	83
Figura 37	- Mapa de teores de areia.....	84
Figura 38	- Mapa de teores de Lama.....	85
Figura 39	- Mapa MDT – Modelo Digital do Terreno.....	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais Ocorrências mundiais de placeres. Fonte: Adaptado Cavalcante (2011)	39
Tabela 2 - Minerais pesados da área Bitupitá. Fonte: LGMA/UFC.....	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANASED	Análise Sedimentológica
CNPQ	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CNUDM	Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar
CIRM	Comissão Interministerial para os Recursos do Mar
CLPC	Comissão de Limites da Plataforma Continental
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CPTEC	Centro de previsão de tempo e estudos climáticos
DGPS	Differential Global Positioning System
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
GPS	Sistema de Posicionamento Global
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INPH	Instituto de Pesquisas Hidroviárias
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LEPLAC	Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira
LGGM	Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha
LGMA	Laboratório de Geologia Marinha Aplicada
MDT	Modelo Digital de Terreno
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
PCJ	Plataforma Continental Jurídica
PPGEOC	Programa de Pós-Graduação em Geociências
PDI	Processamento Digital de Imagens
PGGM	Programa de Geologia e Geofísica Marinha
REMAC	Reconhecimento da Margem Continental

REMPLOC	Programa de Avaliação da Potencialidade Mineral da Plataforma Continental Jurídica Brasileira
SIG	Sistema de Informação Geográfica
UESB	Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFC	Universidade Federal do Ceará
UTM	Universal Transversa de Mercator
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical
ZEE	Zona Econômica Exclusiva

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	APRESENTAÇÃO	15
1.2	HIPÓTESES	18
1.3	OBJETIVOS	19
1.3.1	Geral	19
1.3.2	Específicos	19
1.4	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA	20
2	MATERIAIS E MÉTODOS	21
2.1	ETAPA PRÉ-CAMPO	21
2.2	ETAPA CAMPO	22
2.3	ETAPA DE LABORATÓRIO	23
2.4	ETAPA DE GABINETE	24
3	RECURSOS MINERAIS MARINHOS	33
3.1	PLATAFORMA CONTINENTAL	33
3.1.1	Granulados Litoclásticos	33
3.1.2	Granulados Bioclásticos	35
3.1.3	Placeres	37
4	MORFOLOGIA E GEOLOGIA REGIONAL	40
4.1	MORFOLOGIA DA COSTA	40
4.1.1	Tabuleiros Pré-litorâneos	40
4.1.2	Planície Litorânea	41
4.1.3	Dunas	41
4.1.4	Planície Fluvio-Marinha	42
4.2	GEOLOGIA DA COSTA	42
4.3	OBSERVAÇÕES OCEANOGRÁFICAS	43
4.3.1	Temperatura	43
4.3.2	Clima	43
4.3.3	Salinidade	43
4.3.4	Correntes	44
4.3.5	Material em Suspensão	45
4.3.6	Dinâmica Litorânea	45
4.4	MORFOLOGIA DO FUNDO	45
4.4.1	Margem Continental	46
4.4.1.1	Plataforma Continental	49
4.4.2	Quebra da Plataforma	52
4.4.3	Talude Continental	53
4.5	FÁCIES SEDIMENTAR	53
4.5.1	Fácies Organógena	53
4.5.2	Fácies Terrígena	54

4.5.3	Sedimentos da Plataforma Continental do Estado do Ceará.....	54
4.5.4	Textura dos Sedimentos.....	55
4.5.5	Composição.....	55
4.5.5.1	Sedimentos Terrígenos.....	55
4.5.5.2	Sedimentos Organógenos.....	56
5	RESULTADOS	57
5.1	IDENTIFICAÇÃO DOS MINERAIS PESADOS	57
5.2	FACIOLOGIA	77
5.3	ISOTEORES DE CARBONATO DE CALCIO CaCO_3	80
5.4	ISOTEORES DE CASCALHO.....	80
5.5	ISOTEORES DE AREIA.....	80
5.6	ISOTEORES DE LAMA.....	80
5.7	MORFOLOGIA DE FUNDO.....	81
5.8	ASSOCIAÇÕES BATIMETRIA X SEDIMENTOS.....	87
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	88
	REFERENCIAS	89
	APÊNDICE A - DADOS REFERENTE AS ETAPAS DE CAMPO.....	98

1 INTRODUÇÃO

A presente pesquisa foi desenvolvida no âmbito do projeto Granulados Marinhos da Plataforma Continental Rasa (GRANMAR – CEARÁ/BRASIL, visando avançar no conhecimento da plataforma continental do Estado do Ceará, através da caracterização morfológica e sedimentológica da área.

1.1 APRESENTAÇÃO

A área de pesquisa abrange parte da Plataforma Continental Interna Oeste do Estado do Ceará nas adjacências da localidade de Bitupitá abrangendo as folhas SA 24-Y-A-II Ao Largo de Bitupitá, SA.24-Y-A-III Ao Largo de Camocim, SA.24-Y-A-V Bitupitá e SA.24-Y-A-VI Camocim.

A natureza dos sedimentos da plataforma continental, de um modo geral, refletem a geologia, a morfologia e a história erosiva das áreas adjacentes, como também, o seu transporte sedimentar.

As plataformas continentais internas são importantes componentes das margens continentais e, são intrinsecamente relacionadas como ambientes costeiros adjacentes. elas são dinamicamente, morfológicamente e sedimentologicamente continuidades de praias, estuários e tábua de marés. Servem como condutoras no transporte de material particulado ao longo da margem e modulam as forças físicas que agem nos processos praias e estuarinos. Também são tipicamente locais de deposição e em muitos casos, a fonte imediata de sedimentos costeiros (Wright, 1982).

A plataforma continental nordeste do Brasil é estreita e rasa sendo uma das poucas áreas no mundo onde uma plataforma estável e aberta é quase que completamente coberta por sedimentos carbonáticos biogênicos. Em contraste com outras plataformas tropicais, os corais estão possivelmente ausentes, assim como os óoides e outras formas precipitadas de carbonatos. Os sedimentos carbonáticos são dominados por algas coralinas recentes. Os sedimentos terrígenos são, na sua grande maioria, relíquias e a sua composição sugere que no Pleistoceno, o clima foi muito similar ao atual (Milliman & Summerhayes, 1975).

Brooks et. al. (2003) ressaltam que devido à sua proximidade com a costa, a plataforma continental interna é o ambiente ideal para realização de pesquisas para o registro do desenvolvimento da costa durante as transgressões e regressões do

nível médio do mar. Já é bem conhecido de que as mudanças do nível relativo do mar afetam os processos costeiros e tendem a mudar a forma da zona costeira e a localização da linha de costa.

Os efeitos das mudanças do nível relativo do mar podem ser considerados em varias escalas de tempo, indo de alguns minutos a dias (ondas infragravitacionais, marés, tempestades), de semanas a anos (os ciclos *springneap*, ciclos sazonais) e de períodos geológicos de milhares a centenas de milhares de anos. Contudo, a mais óbvia mudança em uma escala de tempo geológica é a elevação postglacial do nível médio do mar, como resultado do degelo das geleiras das médias latitudes, formadas durante a glaciação Wiscosiana, a qual resultou em uma transgressão que modelou a linha de costa de quase todo o mundo, particularmente as localizadas nas médias e baixas latitudes.

Todavia a principal elevação eustática do nível do mar no Holocêno está geralmente definida de que seu término se deu a mais de 4000 A.P. e o nível eustático do mar aparenta estar em elevação em muitas áreas, em uma razão de 1-2 mm/ano, durante o século passado e atual (Gornitz, 1995).

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

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

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

ferramentas de grande importância para o desenvolvimento de pesquisas relacionadas a essas áreas.

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

Segundo Vital (2005) o conhecimento do fundo marinho (plataforma continental), é importante por diversos fatores como: estudar as mudanças climáticas visando previsão ambiental, entender o impacto da pesca no habitat bêntico e outras comunidades biológicas, estudar padrões de poluição no mar e quais os mecanismos para ajudar a manter a integridade das áreas costeiras, localizar recursos minerais estratégicos e fornecer base de dados através de sensores remotos, ajudando a refinar novas técnicas para previsão e caracterização ambiental.

A necessidade de analisar a morfologia e sedimentologia do litoral e da plataforma continental do Estado do Ceará é de grande importância socioambiental, através de coletas de amostras em campo e análises utilizada, tornará possível a geração de um banco de dados georreferenciados.

Garcia et al. (2001), aplicando técnicas de sensoriamento remoto aliadas ao uso de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizaram aerofotomosaicos multitemporais para estudar a dinâmica costeira do município de São Gonçalo do Amarante, litoral oeste do estado do Ceará. Os autores, comparando os limites de marés altas obtidos nos aerofotomosaicos, observaram que a erosão costeira na área não foi constante, ocorrendo não só por motivos naturais, mas também pela ação antrópica de várias obras de engenharia, mal planejadas, como o Porto do Mucuripe e o Complexo Portuário do Pecém.

A importância atribuída aos minerais pesados provém da aplicabilidade de seu estudo e a interpretação dos resultados em vários aspectos relacionados à Sedimentologia, Estratigrafia e a Geologia Econômica. Sua ocorrência em depósitos continentais costeiros e marinhos permite inferir a respeito da evolução destes ambientes, no qual destacam-se como ferramenta importante para a Sedimentologia e Estratigrafia (Palma, 1979)

A importância desses minerais pesados no estudo de depósitos sedimentares de ambientes transicionais e marinhos é amplamente reconhecida. Entretanto, o

intemperismo químico e a diagênese são os principais processos modificadores da composição das assembleias mineralógicas e são os responsáveis pela distribuição destas nos depósitos sedimentares.

Estes processos são responsáveis pela dissolução intraestratal e surgimento de minerais pesados secundários (autigênicos), onde a água intersticial ácida é o principal agente. A taxa e a natureza do intemperismo químico variam amplamente e são controladas pelo clima, topografia, atividades biológicas, textura, permeabilidade, história de soterramento dos sedimentos, composição das águas intersticiais e tempo (Morton & Hallsworth, 1994; Islam et al., 2002).

1.2 HIPÓTESES

As hipóteses referentes ao desenvolvimento da pesquisa foram abordadas na forma de questionamento e estão apresentadas da seguinte forma.

- **TEMA**

ANÁLISE DO AMBIENTE MARINHO

- **PROBLEMÁTICA**

- Existem modificações?
- Quais os processos envolvidos?
- É possível identificação por meio de trabalhos de campo e laboratório?
- Qual a aplicação da pesquisa para a região?

- **ESTRATÉGIA METODOLÓGICA**

Integração dos dados morfológicos e sedimentológicos da plataforma continental

- **APLICAÇÃO DOS RESULTADOS**

Melhor conhecimento e entendimento do ambiente marinho

Três hipóteses serão testadas na pesquisa a ser desenvolvida:

► **Primeira Hipótese**

H1 – Existem modificações morfológicas e sedimentológica na área a ser estudada?

No caso de resposta afirmativa será testada a segunda hipótese.

► Segunda Hipótese

H2 – Essas modificações são decorrentes de processos naturais?

Se PRIMEIRA E A SEGUNDA hipóteses forem confirmadas, a TERCEIRA hipótese será testada.

► Terceira Hipótese

H3 – Os dados levantados em campo e processados em laboratório podem identificar as modificações.

1.3 OBJETIVOS

Os objetivos da presente pesquisa se encontram divididos em geral e específicos para que possam serem melhor distribuídos dentro do presente trabalho

1.3.1 Geral

Analisar a morfologia e sedimentologia dos depósitos da plataforma continental interna da área Bitupitá-Ceará/Brasil.

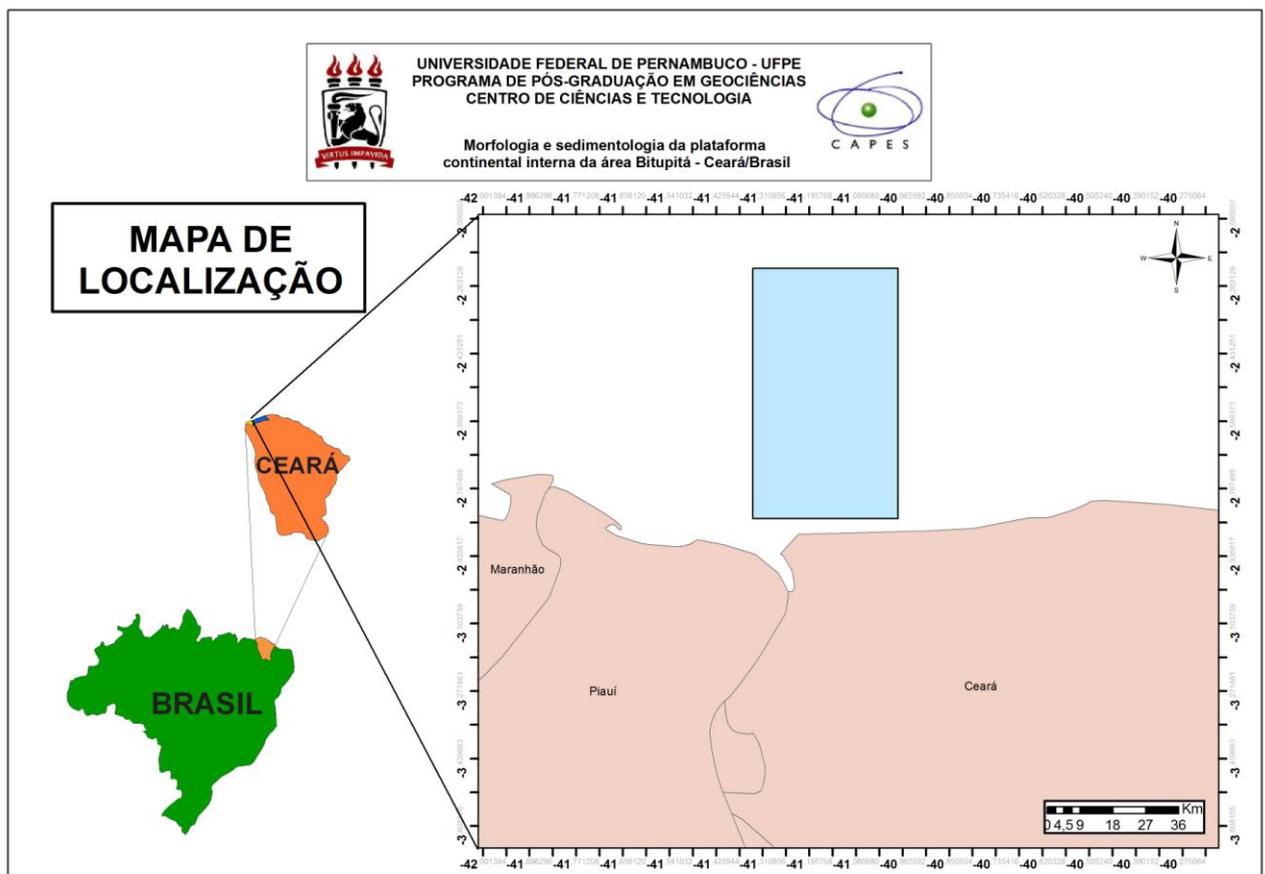
1.3.2 Específicos

- Realizar a batimetria da área até a isóbata de 30 m;
- Analisar a distribuição dos sedimentos, determinando-se as classes granulométricas e os parâmetros estatísticos propostos por Folk & Ward (1957);
- Analisar a morfologia e a cobertura sedimentológica da plataforma continental rasa de Bitupitá.
- Determinar a faciologia da área
- Analisar o potencial de granulados marinhos e sua origem na plataforma continental de Bitupitá/CE;

1.4 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo (figura 1), está inserida na Plataforma Continental Brasileira, ao largo do Estado do Ceará nas adjacências da localidade de Bitupitá, abrangendo parcialmente o município de Barroquinha e Camocim que fica no extremo Oeste do Estado do Ceará com uma área de aproximadamente 987,23 Km². O acesso se faz partindo de Fortaleza através da BR-222, depois pela CE 364 seguindo nessa via até Camocim e Barroquinha. Os limites geográficos da área encontram-se entre as coordenadas 41335 (W); 2875 (S) e 40975 (W); 2254 (S). A área abrange as folhas SA 24-Y-A-II Ao Largo de Bitupitá, SA.24-Y-A-III Ao Largo de Camocim, SA.24-Y-A-V Bitupitá e SA.24-Y-A-VI Camocim.

Figura 1 – Mapa de Localização da área de estudo.



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2015.

2 MATERIAIS E METODOS

Foi feito o levantamento e análise da bibliografia pertinente à área em estudo até o presente momento da tese.

2.1 ETAPA PRÉ-CAMPO

Foi utilizada durante todo o desenvolvimento do estudo, visando à fundamentação teórica dos assuntos referentes ao tema em questão, explorando principalmente os aspectos geológicos, geomorfológicos, sedimentológicos, e oceanográficos. Para isto foram consultados dissertações, teses, páginas eletrônicas, relatórios, livros e periódicos especializados, bem como selecionado todo o material cartográfico disponível referente à área em apreço.

Foram também utilizados e analisados dados de trabalhos realizados como o REMAC (1975); o Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira (LEPLAC), e o REMPLAC, onde este projeto contempla dois outros maiores: O levantamento geológico-geofísico básico sistemático da Plataforma Continental Jurídica Brasileira (PCJB), na escala 1:1.000.000 e os Projetos Temáticos - levantamentos geológicos-geofísicos de sítios de interesse geoeconômico-ambiental identificados na PCJB, com pesquisa de detalhe (1:100.000) e semi-detalhe (1:300.000) de recursos minerais específicos em diferentes áreas prioritárias, abrangendo: siliciclásticos (areias e cascalhos), bioclásticos carbonáticos (algas calcárias e conchas), placeres de minerais pesados, fosforitas e crosta metalíferas e sulfetos metálicos.

- Elaboração de base cartográfica.

A base cartográfica da área teve como subsídio:

- Carta da SUDENE de 1972 – Escala de 1:100.000. Folha levantada, desenhada e impressa pela DIRETORIA DO SERVIÇO GEOLÓGICO-BRASIL
- Mapas temáticos dos recursos naturais – folhas SA 24-Y-A-II Ao Largo de Bitupitá, SA.24-Y-A-III Ao Largo de Camocim, SA.24-Y-A-V Bitupitá e SA.24-Y-A-VI Camocim em escala 1:100.000, referente ao Projeto RADAMBRASIL, BRASIL/MME (1981).

Após a análise e interpretação dos produtos cartográficos, foi elaborada a base cartográfica da área, levando-se em consideração a morfologia costeira e da plataforma continental do Estado do Ceará.

2.2 ETAPA DE CAMPO - REALIZAÇÃO DA BATIMETRIA E COLETA DE AMOSTRAS DE SEDIMENTOS;

A batimetria foi feita com uso do equipamento Ecobatímetro (Figura 2) Modelo (Furuno Eletric) GP-1650F, tela LCD, colorida, a prova d'água, de 5,6", com 2 portas de dados NMEA e com comunicação em PC. Juntamente com GPD, marca Furuno, Modelo GP35-DGPS e um notebook para armazenamento dos dados.. As medidas foram realizadas a cada segundo registrando dados referentes às posições e em cada dois segundos e os de profundidades, através de perfis perpendiculares à linha de costa até atingir a isóbata de 30 metros.

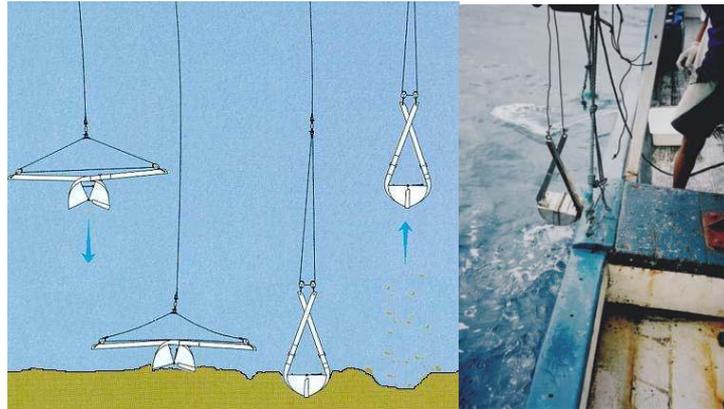
Figura 2- Ecobatímetro de impulso contínuo, Furuno, modelo GP-1650F



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2015.

Após a coleta dos dados batimétricos, estes foram vetorizados para gerar um Modelo Digital de Terreno (MDT) de fundo da plataforma na escala. O Modelo Digital de Terreno ou de Elevação é uma representação matemática contínua da distribuição espacial das variações de altitude numa área. Ele é construído a partir das curvas de nível e pontos altimétricos. Eles servem de base para elaboração em software específicos para a elaboração de produtos cartográficos como o mapa de declividades e topográfico. Nesta pesquisa também se tem como objetivo apresentar a morfologia do fundo oceânico

Paralelamente a obtenção dos dados batimétricos foram realizadas a coleta de amostras de sedimentos da superfície do fundo marinho até a isóbata de 30 metros, para a identificação das fácies superficiais, onde utilizou-se um amostrador, pontual, tipo *Van-veen* (Figura 3), posicionada através do sistema GPS.

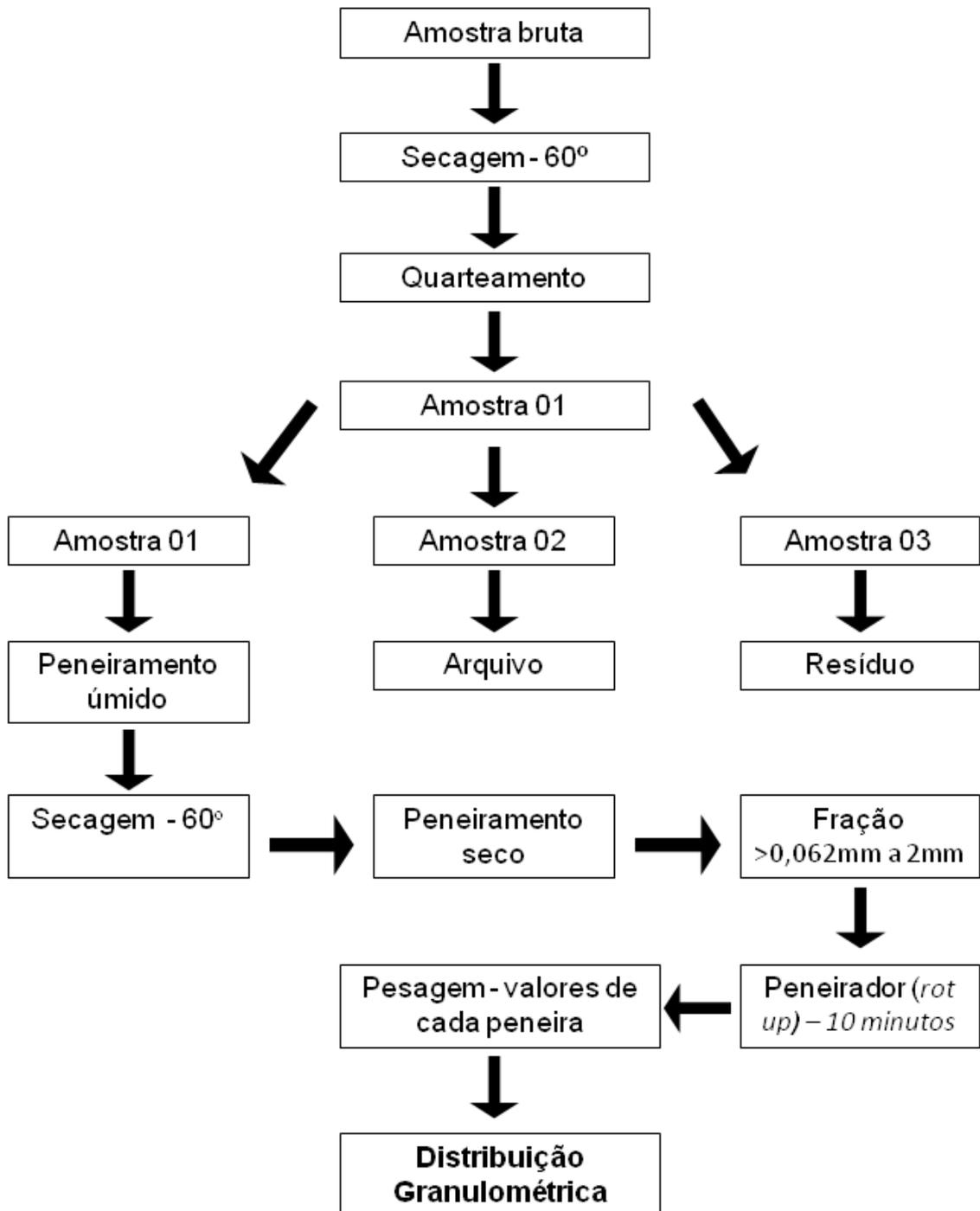
Figura 3 - Amostrador Pontual de Superfície Tipo *Van Veen*

Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2015.

2.3 ETAPA DE LABORATÓRIO

A análise granulométrica das amostras de sedimentos esta representada pelo fluxograma 01 abaixo, onde foi baseada na metodologia adotada pelo LGMA pra trabalhos dessa natureza, onde as amostras coletadas em campo foram conduzidas ao laboratório, que inicialmente, passaram pela estufa com uma temperatura de 60° para retirar a umidade. Em seguida, as amostras foram quarteadas, com o intuito de obter uma maior homogeneidade. Dessas amostras são selecionadas 100g para o peneiramento úmido. Da fração arenosa (granulometria >0,062mm a 2mm) foi realizado o peneiramento seco em um jogo de 10 peneiras em malha (Figura 04) Segundo escala granulométrica de wenthworth (1922).

Fluxograma 1- Análise granulométrica para as amostras



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2015.

Figura 4 – Jogo de peneiras em malha



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2015.

A análise estatística foi realizada com o auxílio do software ANASED 5.0. Figura 5, que efetua os cálculos estatísticos de porcentagens simples e acumulados, onde estes percentuais serviram para o cálculo dos parâmetros estatísticos (Figura 05). Segundo Suguio (1973) baseada na classificação de sedimentos do fundo marinho de Freire et al (1997).

Figura 5- Software ANASED 5.0



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2015.

Figura 6 - Parâmetros Estatísticos do Software ANASED 5.0

GranMar CE - corrigidas - CE1.039

D(mm)	Fí	Peso	%	%Acum.
5.660	-2.5	14.85	14.85	14.85
4.000	-2.0	6.85	6.85	21.7
2.830	-1.5	4.66	4.66	26.36
2.000	-1.0	10.67	10.67	37.03
1.400	-0.5	8.36	8.36	45.39
1.000	0.0	9.71	9.71	55.1
0.710	0.5	11.59	11.59	66.69
0.500	1.0	10.36	10.36	77.05
0.350	1.5	10.72	10.72	87.77
0.250	2.0	6.27	6.27	94.04
0.177	2.5	4.1	4.1	98.14
0.125	3.0	1	1	99.14
0.088	3.5	0.26	0.26	99.4
0.064	4.0	0.15	0.15	99.55
0.031	5.0	0	0	99.55
0.016	6.0	0	0	99.55
0.008	7.0	0	0	99.55
0.004	8.0	0	0	99.55
0.002	9.0	0	0	99.55
0.001	10.0	0	0	99.55
0.0005	11.0	0	0	99.55
0.0003	12.0	0.45	0.45	100

Análise

Peso Total da Amostra: 100

Peso total de Finos: 0.45

Peso total de grossos: 99.55

Parâmetros Estatísticos

Média: -0.4515

Mediana: -0.2626

Assimetria: -0.0949

Curtose: 0.7963 Kg': 0.4433

Desvio Padrão: 1.6849

Teores

Cascalho (%): 37.03

Areia (%): 62.52

Finos (%): 0.45

Silte (%): 0

Argila (%): 0.45000

Carbonato(%):

Coordenadas

Latitude:

Longitude:

Profundidade:

Percentís

ø01	-2.966	ø50	-0.262
ø05	-2.831	ø75	0.9011
ø16	-2.416	ø84	1.3242
ø25	-1.645	ø95	2.1171

Diagrama triangular (Cs, Ar e Lm)

Areia Cascalhosa

Larsonneur

Areia Litoclástica com Cascalho -

Código: AL1a

Folk e Ward

Grau de Seleção

Pobremente selecionado

Média: Areia Muito Grossa

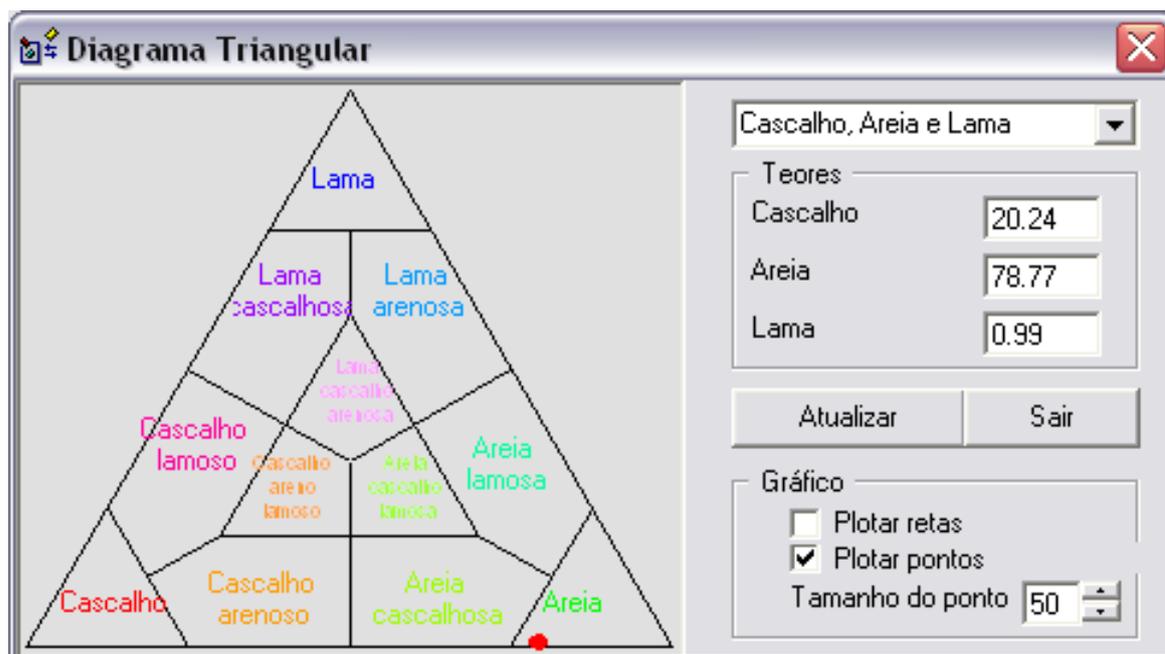
Mediana: Areia Muito Grossa

Diagrama triangular | Histograma | Imprimir | Menu

Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2015.

A partir dos dados gerados pelo procedimento descrito acima, permitirão um tratamento gráfico com: a construção de histogramas de frequência simples, para uma melhor visualização das propriedades de tamanho, dispersão e número de classes texturais; a confecção do diagrama triangular, (Figura 07) onde foram lançados os valores percentuais relativos à areia-silte-argila e a identificação de fácies texturais. (SUGUIO, 1973).

Figura 7 – Diagrama Triangular SHEPARD



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2015.

A composição dos sedimentos foi realizada a partir da análise em lupa binocular do conteúdo das frações resultantes da peneiração da fração areia. Nestas frações serão identificados e quantificados os percentuais de terrígenos e bioclastos.

Para a Identificação mineralógica no laboratório após o peneiramento, foram separadas as frações de 0,250 mm a 0,062 mm que caracterizam as maiores concentrações de minerais pesados. Posteriormente, colocou-se estas amostragens para serem “atacadas” em uma chapa aquecedora (Figura 8), com ácido clorídrico (HCl) a 10% para eliminação de impurezas como o Carbonato de Cálcio (CaCO_3), por exemplo, que mascaram os grãos e causam interferência no líquido denso (bromofórmio).

Figura 8 – Chapa aquecedora com amostra e ácido



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2016.

Em seguida, as amostras foram lavadas com água destilada e colocadas para secar na estufa. Após esta fase, realizaram-se separações densimétricas convencionais (separação dos minerais leves dos pesados) utilizando o líquido de densidade alta bromofórmio (CHBr_3 ; $d = 2,9$). Os grãos foram colocados em funis situados sobre um suporte de madeira (figura 9).

A cada um deles adicionou-se uma fração previamente pesada do concentrado da amostra com o bromofórmio. Desta forma, os minerais mais densos que o líquido migraram para a parte inferior do funil, enquanto os minerais mais leves ficaram flutuando sobre o mesmo, assim ocorrendo a separação dos mesmos.

Após a completa separação, abre-se vagarosamente a torneira do funil e os minerais pesados são recuperados em um segundo funil dotado de papel de filtro. Após a passagem dos minerais pesados, a torneira é fechada e o papel de filtro recuperado com os minerais pesados. Um terceiro funil dotado de papel de filtro é colocado abaixo do funil separador para a recuperação da fração leve.

Figura 9 – Funis para separação dos minerais leves dos pesados



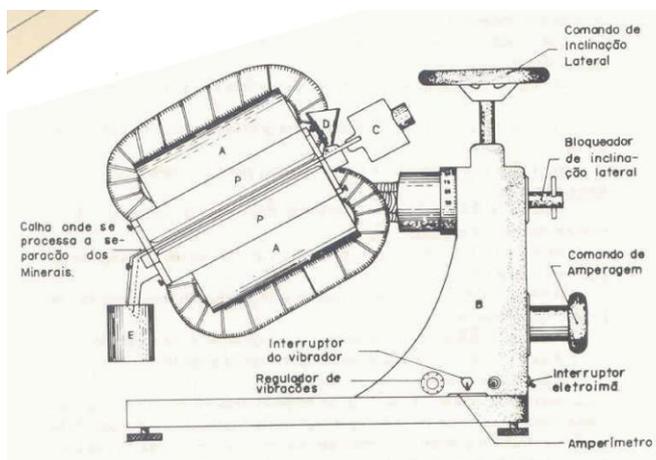
Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2016.

A fração de minerais pesados foi posteriormente submetida a uma separação em classes de suscetibilidade magnética através do separador eletromagnético do tipo *Frantz* (Figura 10) com inclinação longitudinal e lateral de 15° , sendo que, geralmente, o concentrado é submetido às seguintes intensidades de campo eletromagnético: 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0 e 1,8 ampéres.

A fração correspondente a cada intervalo de suscetibilidade magnética foi posteriormente analisada sob lupa binocular para identificação mineralógica e cálculo das percentagens de cada mineral. A Análise Quantitativa, para determinação do teor mineral, foi obtida a partir de uma separação aleatória e

contagem de minerais num montante de 100 grãos identificados na lupa binocular, e pesados separadamente em uma balança.

Figura 10 – Separador eletromagnético *Frantz*



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2016.

2.4 ETAPA DE GABINETE

Processamento de imagens.

Os mapas de pontos de amostragem (Figura 11), com 504 amostras coletadas para análise e mapa batimétrico (Figura 12), foram confeccionados no programa ArcGIS 9.3, no sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator – UTM Datum: WGS84 Zona UTM: 24S

Para a elaboração dos mapas de teores de minerais pesados constou também da aplicação do uso do Word e Excel da Microsoft. Foram confeccionadas tabelas (apêndice) e mapas para uma análise preliminar dos teores de minerais pesados na área estudada.

Para a elaboração dos mapas de teores de cascalho, areia, lama, CaCO₃ e dos minerais pesados foi atribuído uma determinada quantidade de classes para cada tipo de mapa através dos dados obtidos.

Os métodos utilizados para organizar os dados e compreender o arranjo desses dados em categorias que apresentem características similares, de forma que possam ser resumidos em tabelas ou gráficos. Esses dados organizados em categorias/classes são usualmente designados “distribuição de frequência”.

Uma distribuição de frequência é um método de se agrupar dados em classes de modo a fornecer a quantidade de dados em cada classe. Com isso, podemos resumir e visualizar um conjunto de dados sem precisar levar em conta os valores individuais.

É importante que a distribuição conte com um número adequado de classes. Se o número de classes for excessivamente pequeno, acarretará perda de detalhe e pouca informação se poderá extrair da tabela. Pôr outro lado se for utilizado um número excessivo de classes, haverá alguma classe com frequência nula ou muito pequena, não atingindo o objetivo de classificação que é tornar o conjunto de dados supervisionáveis. (João Góes)

Em 1926, o estatístico Herbert Sturges propôs, em seu artigo "*The choice of a class-interval*", publicado no *Journal of the American Statistical Association*, que o número k de intervalos de classe de uma amostra com n elementos pode ser calculado da seguinte forma:

$$k \approx 1 + 3,322 \cdot \log_{10} n$$

A amplitude h de cada intervalo, por sua vez, é o quociente entre a amplitude amostral A (maior valor menos o menor valor) e o número de intervalos k :

$$A = [\text{valor máximo da amostra}] - [\text{valor mínimo da amostra}]$$

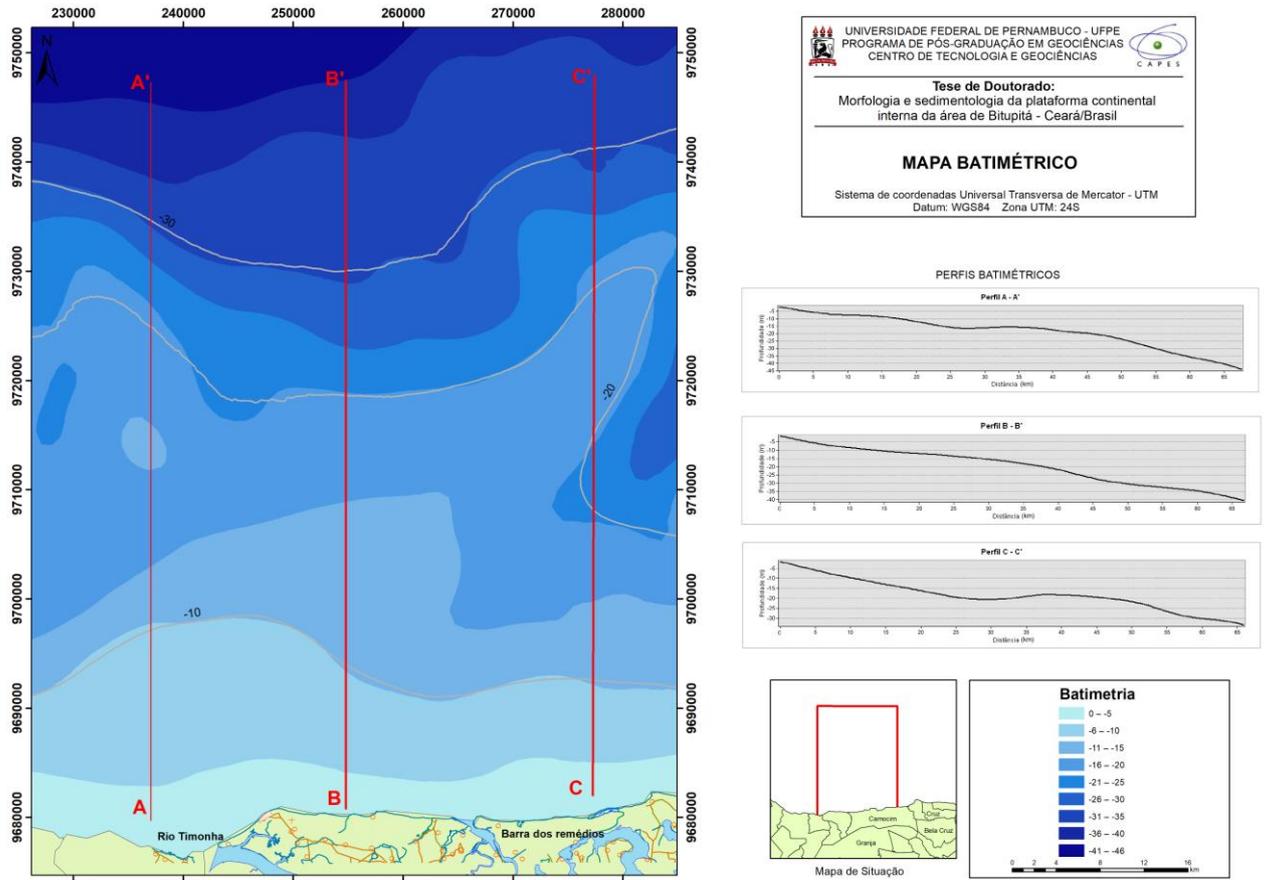
$$h = \frac{A}{k}$$

A fórmula de Sturges é baseada em uma aproximação da distribuição binomial pela normal, aqui logaritmo é de base 10. Observa-se que , o que leva a fórmula . A fórmula de Sturges relaciona os tamanhos dos intervalos de classes a partir da extensão dos dados.

Em seguida foi elaborado um mapa de fácies a partir dos dados analisados, no qual cada amostra foi plotada e analisada.

Para a criação do mapa MDT constou da aplicação do uso do software Sufer 8.0 e seus aplicativos.

Figura 12 - Mapa Batimétrico



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2016.

3 RECURSOS MINERAIS MARINHOS

Os recursos minerais da plataforma continental brasileira apresentam grande interesse sócio-econômico, podendo movimentar a economia e gerar empregos a curto e médio prazo. Os recursos minerais da Área internacional têm importância político-estratégica e compreendem aqueles cuja identificação e requisição para exploração garante uma ampliação da soberania nacional, em especial em áreas situadas no oceano Atlântico Sul e Equatorial.

3.1 PLATAFORMA CONTINENTAL

Os recursos minerais conhecidos nessa região incluem granulados litoclásticos (areias e cascalho), granulados bioclásticos (carbonatos), placeres (ouro, diamante, platina, cromita, ilmenita, rutilo, zircão, etc).

3.1.1 Granulados Litoclásticos

Granulados litoclásticos ou siliciclásticos marinhos são areias e cascalhos, originados no continente e depositados na plataforma continental, onde são retrabalhados pela ação das ondas, das marés e das correntes marinhas. São compostos predominantemente por areias e/ou cascalhos quartzosos, seguidos por outros minerais, tais como feldspatos, zirconita, rutilo, ilmenita e outros, bem como por fragmentos de rocha. Em função da granulometria variável, desde areias finas (0,250 – 0,125mm) até seixos (64,0 – 4,0mm), emprega-se comumente o termo *granulado* para descrição deste tipo de material detrítico.

A maioria dos depósitos são reliquiares, ou seja, remanescentes de ambiente anterior diferente do atual, associados a episódios de nível de mar baixo, quando os rios e geleiras estendiam-se até a borda da plataforma continental, sendo, posteriormente, parcialmente retrabalhados e afogados pelos eventos transgressivos que atuaram durante o Quaternário.

Os granulados siliciclásticos marinhos são importantes insumos minerais utilizados, principalmente, na indústria da construção civil e em obras de engenharia costeira. No mundo, depois de óleo e gás, é o recurso mineral mais extraído do fundo marinho, excedendo em volume e potencial o valor de qualquer outro recurso não - vivo.

Por tratar-se de bem mineral de baixo valor agregado é importante que o local de extração seja próximo ao mercado consumidor, para viabilizar o empreendimento, tanto nos casos de utilização como agregado na indústria da construção civil quanto para projetos de reconstituição de perfis de praias.

O aumento da erosão causado pela acentuada urbanização da zona costeira é uma realidade e vem provocando, em muitos locais, problemas muito sérios, causando prejuízos materiais, além de inviabilizar áreas atraentes para o turismo.

Os projetos de reconstrução de praias com a utilização de areias e/ou cascalhos marinhos são amplamente utilizados em todo o mundo, não se tratando de tecnologia nova, já sendo realizado, nos Estados Unidos e em alguns países da União Européia, há várias décadas. No Brasil, já existem projetos semelhantes executados em grandes cidades e em locais de interesse turístico, com o objetivo de diminuir os efeitos severos da erosão na linha de costa.

Os agregados marinhos são amplamente utilizados na indústria da construção civil em vários países, inclusive na fabricação de todos os tipos de concreto. Entre aqueles que exploram granulados marinhos de suas plataformas continentais para utilização na construção civil, destacam-se Japão, Reino Unido, França, Países Baixos, Bélgica, Alemanha, Dinamarca e Nova Zelândia.

No Brasil, a maioria das regiões metropolitanas encontra-se na Zona Costeira e os depósitos de agregados localizados dentro ou nas proximidades desses aglomerados urbanos já estão, na maioria dos casos, em processo de exaustão das reservas, além de sua exploração está submetida a restrições ambientais crescentes. O agregado dragado do fundo marinho poderá vir a ter um papel importante na produção nacional de agregados, substituindo aquele extraído no continente e reduzindo a extração em áreas de importância turística, agrícola ou ambiental. No entanto, ainda não existem áreas regularizadas para lavra de agregados marinhos no Brasil, ainda havendo certo receio quanto à qualidade do agregado, muito embora já existam diversos estudos publicados no mundo e no Brasil atestando a qualidade desse material, como os trabalhos de Boutmin (1986) e Cavalcanti (1998).

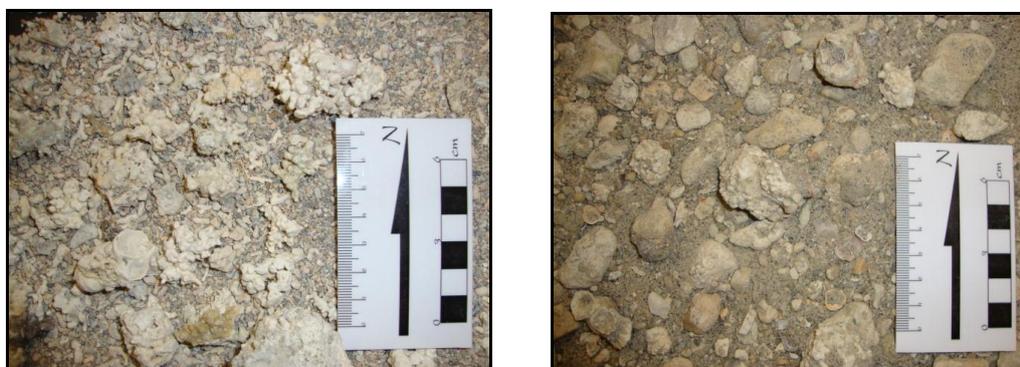
As empresas produtoras de cimento certamente têm interesse em contar com novas opções para áreas de extração, já que as jazidas de areia situadas no continente encontram-se sob fortes restrições por parte dos órgãos de controle ambiental.

3.1.2 Granulados Bioclásticos

Os granulados bioclásticos marinhos, no Brasil, são formados principalmente por algas calcárias. Apenas as formas livres das algas calcárias são viáveis para a exploração econômica. As algas calcárias são compostas basicamente por carbonato de cálcio e carbonato de magnésio e mais de 20 oligoelementos, presentes em quantidades variáveis. São utilizadas para diversas aplicações: agricultura (maior volume), potabilização de águas para consumo, indústria de cosméticos, dietética, implantes em cirurgia óssea, nutrição animal e tratamento da água em lagos. A plataforma continental brasileira representa, a nível global, a maior extensão coberta por sedimentos carbonáticos.

Os granulados bioclásticos ou carbonáticos marinhos são areias e cascalhos (Figura 13 abaixo) inconsolidados constituídos por algas calcárias, moluscos, briozoários, foraminíferos, bentônicos e quartzo. Nos fragmentos de algas predominam as algas coralíneas (algas vermelhas) ramificadas, maciças ou em concreções e os artículos de *Halimeda* (algas verdes).

Figura 13 - Cascalho Bioclástico, Am. A (Ce2-371) e Am B (Ce 142a).



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2016.

O grupo das algas calcárias possui mais de 30 gêneros e cerca de 500 espécies. Nenhum outro tipo de alga marinha ocupa tão ampla diversidade de *habitats*, desde a zona intermarés até profundidades em torno de 200 metros. As algas calcárias são os organismos que mais acumulam o carbonato de cálcio em seu interior, sendo compostas, além do carbonato de cálcio e magnésio, de mais de 20 oligoelementos, presentes em quantidades relativamente variáveis tais como ferro (Fe), boro (B), potássio (K), manganês (Mn), zinco (Zn), molibdênio (Mo), silício (Si), fósforo (P), e estrôncio (Sr).

As algas coralíneas (*coralináceas*) são algas vermelhas que precipitam em suas paredes celulares o carbonato de cálcio e magnésio, sob a forma de cristais de calcita. Podem se desenvolver, inicialmente, a partir de fragmentos de crostas oriundas da fragmentação de outras algas calcárias e constituir ramificações (talos), que se destacam e continuam seu desenvolvimento no estado livre.

Maerl é o termo usado na França para designar um sedimento marinho constituído por algas coralíneas, sendo os denominados “fundos de *maerl*” resultantes da acumulação de talos ramificados e livres de algas coralíneas, formando bancos, cuja superfície pode atingir vários quilômetros, sendo composta de fragmentos de algas coralíneas vivas e mortas ou unicamente mortas, pertencentes a gêneros e espécies diferentes dependendo das regiões de ocorrência nos oceanos.

De acordo com Dias (2000), na plataforma continental brasileira observa-se uma grande variação nos tipos de bioclastos tanto regionalmente quanto em função da profundidade, ou seja:

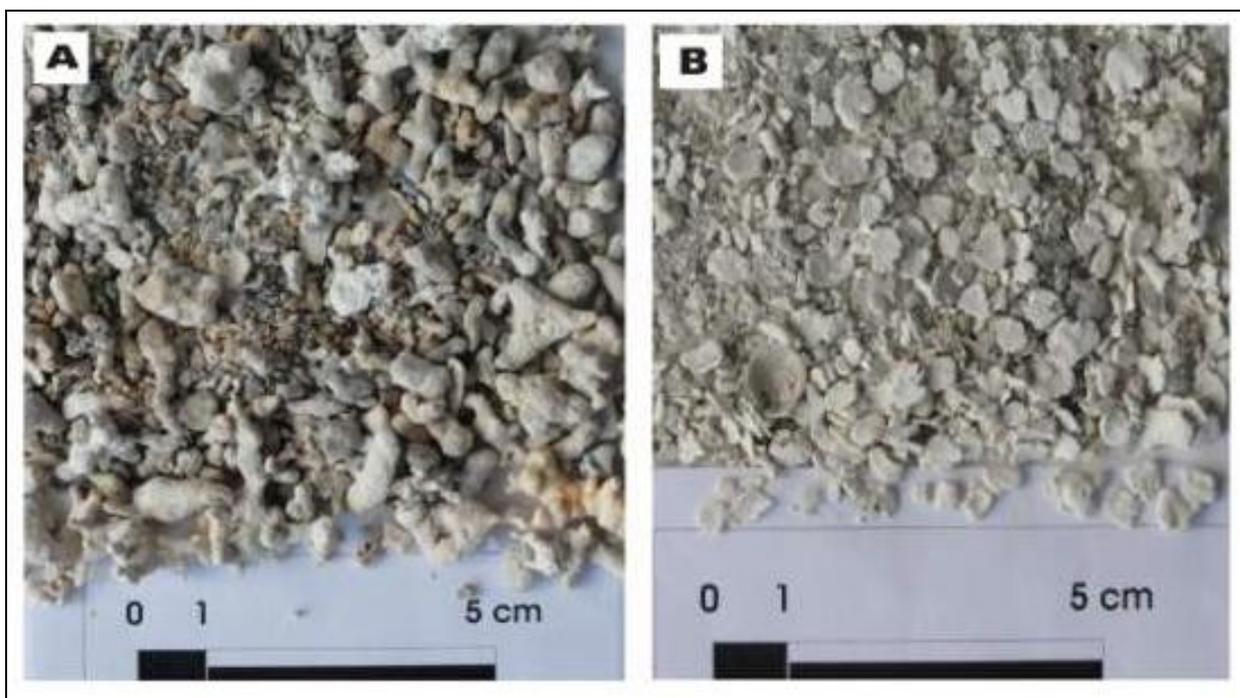
- predominância de depósitos de sedimentos formados de fragmentos de algas coralíneas, principalmente, do gênero *Lithothamnium*.
- existência de grandes depósitos de sedimentos formados de fragmentos de algas do gênero *Halimeda* no Nordeste e a inexistência destes depósitos na região Sudeste.
- presença de algas coralíneas sob a forma de rodolitos maciços em certas regiões, em contraste com outras em ocorrem somente fragmentos ramificados do tipo *mäerl*.

A plataforma continental do Ceará pode ser dividida em duas áreas, de acordo com o tipo de alga calcária predominante nos sedimentos bioclásticos (Fig. 14), como descrito a seguir:

- a leste de Fortaleza predominam, entre os bioclásticos, os depósitos de areias e/ou cascalhos de *Halimeda*, podendo ocorrer subordinadamente depósitos de areias e cascalhos biodetríticos, compostos por fragmentos de algas coralíneas, moluscos, briozoários e outros, ocorrendo, geralmente, a profundidades superiores a 15 metros;
- a oeste de Fortaleza predominam depósitos constituídos, principalmente, por fragmentos de algas coralíneas, com predominância do gênero *Lithothamnium*, seguidos de conchas de moluscos e briozoários, rodolitos, restos de *Halimeda*, entre outros que, embora estejam distribuídos de 0 a 20 metros de profundidade, somente

próximo ao limite com a plataforma externa tornam-se dominantes em relação aos depósitos siliciclásticos (Freire & Cavalcanti, 1998).

Figura 14 – Exemplos de granulados carbonáticos distribuídos na plataforma continental do Ceará. A) Granulado bioclástico formado por fragmentos de algas coralíneas do gênero *Lithothamnium*, oeste de Fortaleza; B) Areia e/ou cascalho de *Halimeda*, leste de Fortaleza.



Fonte: Freire e Cavalcanti, 1998.

3.1.3 Placeres

Placeres são acumulações sedimentares formadas pela concentração mecânica de minerais detríticos de valor econômico, incluindo diversos bens metálicos ou pedras preciosas. Os principais placeres marinhos situam-se nas praias atuais, constituindo-se principalmente de ilmenita, zircão, cassiterita, ouro e diamantes. Importantes extrações dos minerais ilmenita, zircão, rutilo e monazita, ocorrem na Austrália, Sri Lanka, Índia e também no Brasil, no litoral norte do Rio de Janeiro.

Alguns dos placeres encontrados nas plataformas continentais estão situados em camadas fluviais que foram afogadas pela elevação do nível do mar a partir dos -130/-150 m de profundidade, durante os últimos 18 mil anos AP. Outros placeres são formados através do retrabalhamento de alguns desses depósitos aluvionares por ondas e correntes na linha de praia durante os níveis de estabilização temporária da transgressão Holocênica.

Outras acumulações mais recentes representam o material erodido carregado para o mar por ação fluvial para formação de depósitos praias (*usualmente associados a deltas*) ou pela erosão de areias costeiras que contenham concentrações de minerais pesados.

Concentrações e ocorrências de minerais pesados estão presentes ao longo da zona costeira do Brasil desde o Piauí ao Rio Grande do Sul sob a forma emersa e submersa. Na parte emersa são minerados na Paraíba, Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro (*ilmenita, rutilo, monazita e zircão*) sobressaindo as concentrações de Cumuruxatiba (Bahia) e Itabapoana (Rio de Janeiro). Os depósitos de minerais pesados da plataforma continental sul-brasileira foram estudados por Tomazelli (1978); Corrêa (1990) e Corrêa et. al. (2006).

Os pláceres de minerais pesados foram, provavelmente, um dos primeiros depósitos marinhos explorados pelo homem. Lewis (1924) relata que os fenícios transportavam depósitos praias de cassiterita na região de Cornwall (Inglaterra) para o porto de Cadiz (Espanha) no período entre 1000 a 200 anos antes de Cristo, fornecendo estanho às margens do Mar Mediterrâneo que era transportado possivelmente até a Índia.

As coberturas sedimentares quaternárias mais favoráveis à concentração de minerais pesados são as areias retrabalhadas de plataforma continental e as areias fluviais retrabalhadas Emery (1968).

Atualmente os pláceres são explorados em praias e plataformas continentais de vários países como Alasca, Namíbia, África do Sul, Japão, Nova Zelândia, Índia, Estados Unidos, Tailândia, Malásia e Indonésia (Tabela 1).

Tabela 1 – Principais ocorrências mundiais de placeres.

Bem Mineral	Utilização Principal	Ocorrência
Ouro	Ornamento	Alaska, Nova Zelândia, Gana, Filipinas, Chile e Argentina.
Diamante	Jóias, Corte	África do Sul, Namíbia, Austrália e Indonésia.
Cassiterita	Cobertura metálica	Indonésia, Malásia, Tailândia, Austrália, Tasmânia, Inglaterra e Miamar.
Rutilo	Pigmento, metal	Austrália, Sri Lanka, Índia, China e EUA.
Ilmenita	Pigmentos	África do Sul, Índia, Austrália, Sri Lanka, Senegal, Flórida, Madagascar, Moçambique, Brasil, EUA e China.
Magnetita e Zircão	Aço, Refratários, opacificante cerâmico	Nova Zelândia, Indonésia, Filipinas, Japão, Austrália, Índia, EUA, Brasil e Sri Lanka.
Granada	Abrasivos	Austrália e Índia
Monazita	Catalizadores	Austrália, Índia, China, Madagascar e Brasil.
Silimanita	Refratários	Índia
Apatita	Fertilizantes	Perú e Chile
Cromita	Refratários	Indonésia, Sri Lanka e Austrália.
Scheelita	Ligas metálicas	Sri Lanka e Austrália.

Fonte: Adaptado Cavalcante, 2011.

No Brasil há ou já houve exploração de minerais pesados associados a terraços marinhos elevados situados acima ou adjacentes a falésias da Formação Barreiras, nos estados da Paraíba, da Bahia, do Espírito Santo e do Rio de Janeiro. Em Barra de Itabapoana (RJ) e Mataraca (PB) esses depósitos estão em processo de lavra e beneficiamento industrial com produção de concentrados de ilmenita, monazita, rutilo e zircão (Silva, 2000; Cavalcanti, 2011).

4 MORFOLOGIA E GEOLOGIA REGIONAL

A interação entre a geologia e a morfologia da costa é bastante importante para que se possa compreender a estrutura da margem submersa. Existem várias estruturas e rochas no continente e na plataforma que podem se estender ao talude. Como, por exemplo, a ocorrência alcalina de Messejana (20 M.A) que é associada a uma atividade magmática do prolongamento, pela zona litorânea, da zona de fratura de Romanche (Gorine & Bryan, 1976.)

4.1 MORFOLOGIA DA COSTA

A costa do Estado do Ceará tem um perímetro de 573 Km, apresentando duas direções gerais: E-W e SSE-NNW onde a primeira vai da foz do rio Timonha que fica fronteira com o Piauí até Acaraú e a Segunda de Acaraú até a localidade de Tibau, fronteira com o Rio Grande do Norte.

O relevo possui características da influência de um conjunto de fatores, tais como: condições geológicas ambientais e paleoclimáticas.

Os estuários dos Rios Choró, a leste, e Mal Cozinhado, a Oeste, representam os principais modeladores da planície costeira local. As flutuações relativas do nível do mar ocorridas durante o Quaternário, através dos vales fluviais, tiveram acesso às regiões mais interiores do continente. A diversidade da planície costeira ocorre principalmente devido aos agentes geológicos e climáticos, que são responsáveis pela configuração atual da linha de costa.

Na zona costeira, o relevo apresenta-se moderado, podendo ser diferenciado por duas unidades geomorfológicas distintas que são os tabuleiros pré-litorâneos e as planícies litorâneas.

4.1.1 Tabuleiros Pré-litorâneos

Os Tabuleiros costeiros denominados por Souza (1988), de Tabuleiros Pré-litorâneos, são caracterizados por uma superfície de processos de acumulação de sedimentos. Esses são constituídos por sedimentos da Formação Barreiras e penetram em média 40Km para o interior do continente. Em alguns locais atingem o mar, sendo então esculpidos em forma de falésias. As altitudes variam entre 30 e 50m, raramente ultrapassando o nível de 80m.

Grande parte das superfícies dos tabuleiros encontra-se recoberta por dunas. A superfície dos tabuleiros é formada pelos sedimentos terciários da Formação Barreira que constituem extensos tabuleiros sub-horizontais, com suaves mergulho para o mar, onde são abruptamente interrompidos, formando as falésias.

4.1.2 Planície Litorânea

Constitui uma faixa de praias, mangues e campos de dunas, com largura variável e declividade abaixo de 2% (FREIRE, 1985), sendo constituída por sedimentos de origem quaternária. Sua formação se deu por processos morfogenéticos de acumulação e de abrasão.

Essa se desenvolveu desde a faixa intertidal até os tabuleiros Pré-litorâneos em larguras variáveis, apresentando uma direção preferencial ESE-NNW em contato com o mar. A planície litorânea delinea uma linha de costa que é caracterizada por traços avançados de retificação, interrompida nas pontas ou promontórios sustentados por litologias mais resistentes ou eventualmente exibindo evidências de eventos tectono-estruturais remotos.

Os aspectos da morfologia litorânea são subordinados aos processos de acumulação, dos quais resultam depósitos sedimentares atuais e subatuais. A identificação desses processos permite uma subdivisão da planície litorânea conforme a morfogênese reinante.

A planície arenosa litorânea apresenta-se relativamente estreita, onde a mesma varia de 100 metros a 6 (seis) quilômetros. As regiões mais largas, como icapuí, apresentam dunas e lagunas e as regiões mais estreitas são predominantemente escarpadas como a região de Morro Branco e Ponta Grossa.

A planície litorânea do Ceará se originou pelo suprimento de areias, principalmente da erosão das falésias da Formação Barreiras, bem como pela variação do nível do mar durante o Quaternário.

4.1.3 Dunas

As dunas bordejam paralelamente a linha de costa, compondo extensos campos apresentando alturas de até 60m, variando em largura de dezenas de metros e comprimentos em torno de 1,5 Km, adentrando no continente em média de 3 a 5 Km. Acham-se dispersas por toda a planície costeira mas, dominando na direção E-W da costa, onde, em contra partida, os afloramentos em falésias da

Formação Barreiras tem menor representação espacial, e ocorre sobretudo em forma de barcanas, cordões arenosos longitudinais de contornos irregulares e eventualmente em pontais arenosos isolados de elevada espessura, que se sobressaem no litoral

As dunas situadas a partir da alta praia em direção a planície costeira, disposta longitudinalmente em relação a linha de costa, constituem importante fonte de sedimentos para a deriva litorânea.

As dunas progradam condicionadas pela direção preferencial dos ventos, de SE-E para NW-W, de maneira paralela à costa. A modificação na geografia costeira propicia uma migração do campo de dunas rumo às áreas mais continentais, adentrando, por vezes, em até 10 Km.

4.1.4 Planície Fluvio-Marinha

A interação dos processos fluviais e marinhos produz a feição geomórfica denominada planície fluvio-marinha. É marcada pela formação de manguezais continuamente afetados pela preamar. Os manguezais são revestidos com boa densidade por vegetação de porte arbóreo e se dispõem longitudinalmente em relação ao talvegue fluvial.

4.2 GEOLOGIA DA COSTA

A geologia da costa do Estado do Ceará pode ser dividida em: Sedimentar Terciário/ Quaternário, cobertura Mesozóica/Paleozóica e o embasamento Pré-Cambriano.

Com relação ao Grupo Ceará segundo Crandal (1910), in MUNIZ DEUSDARA (1996) estudou as sequências de rochas pré-cambrianas do Nordeste, considerando-as como Complexo Fundamental, composto por gnaisses e xistos cristalinos e a Série Ceará formada por xistos argilosos com quartzitos, arenito e mármore. Em 1971, no mapa geológico do Brasil, editado pelo DNPM, todas as sequências descritas como Série Ceará foram denominadas de Grupo Ceará, de idade entre 900 a 620 m.a., Campos et al (1979), in MUNIZ DEUSDARA.

A cobertura Mesozóica/Paleozóica é representada pelos sedimentos clásticos e carbonáticos da parte emersa da Bacia Potiguar. É atribuída origem não marinha aos folhelhos escuros e siltitos micáceos dessa formação. Seu conteúdo

paleontológico se resume a esporomorfos, correlacionáveis com a flora albeaptiana da Bacia Sergipe-Alagoas (Sampaio & Schaller, 1968).

A coluna carbonática está dividida em duas unidades baseadas no zoneamento cronoestratigráfico. A parte inferior de idade Turaniana e a superior do Cenomaniano-Santoniano, admitindo um hiato deposicional, resultado de uma regressão marinha, onde teria evidências litológicas de ocorrências de depósitos gipsíferos associados a folhelhos vermelhos.

Segundo Freire (1985), os sedimentos Tércio-Quaternários são representados por clásticos continentais que cobrem discordantemente grande parte dos sedimentos Mesozóicos, apresentando na sua base, vestígios de cozimento por lava basáltica da idade Neo-Miocênica e Eo-Pliocênica, da Formação Barreira e pelas planícies de marés e dunas de areias quartzosas Quaternárias.

4.3 OBSERVAÇÕES OCEANOGRÁFICAS

As observações oceanográficas foram registradas e postadas na devida tese a base de pesquisas bibliográficas e também através do site (<https://www.cptec.inpe.br/>) do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC/IMPE – Ministério da Ciência e Tecnologia.

4.3.1 Temperatura

Foi observada que no período não chuvoso, a temperatura das águas superficiais em toda a costa é muito homogênea, sendo que a mesma cai um pouco quando nos afastamos da costa.

A temperatura média das águas baixa, geralmente nas épocas das chuvas, ficando entre 27,5°C a 28°C. Esse decaimento de temperatura deve-se a uma menor incidência de raios solares na superfície dos oceanos devido a uma maior nebulosidade no período de inverno.

4.3.2 Clima

A costa cearense sofre uma influência de um regime climático equatorial semi-árido, com altas taxas de insolação. A pluviosidade encontra-se em quatro meses consecutivos com média anual de 1400mm. A temperatura média anual de 27,5°C e a umidade relativa do ar varia em torno de 83% em março a 74% em setembro.

4.3.3 Salinidade

A salinidade das águas superficiais apresentou-se em torno de 37 e 38. Nos meses de verão, coincide com a época das chuvas nas bacias de drenagem dos rios, obtendo uma salinidade na ordem de 36, concordante com o que foi encontrado por Barreto e Summerhayes (1975), para a plataforma Continental do Ceará. Em Fortaleza, próximo do emissário, variou de 35 a 36, devido à descarga do mesmo.

4.3.4 Correntes

A Plataforma Continental ao largo do Estado do Ceará é banhada pela corrente Norte Brasileira (ramo da corrente Atlântica Equatorial), correntes estas oxigenadas e salinas. (Figura 15). Essas correntes juntamente com a influência dos ventos alísios promovem um fluxo em direção noroeste.

Figura 15 – Distribuição das correntes permanentes da região Nordeste do Brasil.



Fonte: Freire, 1985.

Segundo Freire (1985), durante a operação GEOMAR XVIII foram monitoradas quatro estações de correntometria, na plataforma externa e interna, na altura da foz do rio Jaguaribe (leste de Fortaleza), foram medidas correntes com

velocidade média de 0,23 m/s e direção geral NW, enquanto que na estação situada junto à foz do rio Coreaú, foram medidas corrente com velocidades média de 0,24 m/s e direção NW, na superfície, e 0,21 m/s com direção W aproximada, no fundo.

4.3.5 Material em Suspensão

O estudo das concentrações do material em suspensão mostra uma relação direta com as variações sazonais.

Estudos realizados por Barreto e Summerhayes (1975) mostram que a concentração do material em suspensão varia em média de 1,0 mg/L próximo à costa e 0,12 mg/L nas proximidades do talude. Na Plataforma Interna Média, defronte a foz dos Rios Coreaú e Jaguaribe, a concentração média é de 0,19 mg/L na superfície, e de 0,23 mg/L no fundo (Freire, 1985).

Essa pequena concentração de material em suspensão deve-se a baixa taxa de chuva que ocorre no Estado do Ceará, diminuindo o transporte de material em suspensão do continente até a plataforma. A maior concentração do material em suspensão no fundo reflete uma maior influência das correntes litorâneas, pois estamos a uma profundidade relativamente pequena (-15m) onde o movimento das ondas consegue movimentar o piso dessa plataforma.

4.3.6 Dinâmica Litorânea

O estudo da dinâmica das águas costeiras é de fundamental importância para a avaliação do transporte dos sedimentos do material poluente em suspensão, bem como para avaliar as zonas de erosão e assoreamento.

O nível vertical das marés tem uma certa influência sobre o transporte litorâneo cuja direção da corrente de deriva é E – W, pois a localização da zona de arrebenção varia sensivelmente conforme o nível instantâneo.

As marés do Estado do Ceará podem ser classificadas como semidiurnas com desigualdade de amplitude, e com período médio de 12,4 horas.

Occhipint (1975) determinou as características das ondas no nosso Estado com base em observações dos ventos e avaliou as pistas das mesmas, determinando os tipos de ondas que poderiam ocorrer em Fortaleza.

Em todo nosso litoral, os ventos dominantes são os ENE e os NE. Observamos que no mês de novembro a direção predominante é ENE na região de Aracati e NEE próximo a Camocim.

4.4 MORFOLOGIA DO FUNDO

A representação da morfologia de fundo da margem continental é feita através de representação gráfica plana das unidades topográficas que nos dá a atual forma da superfície do fundo do mar, e pode incluir outras características superficiais, indicativas de forma e tendências batimétricas do relevo.

A sedimentação é influenciada, entre outros fatores, pela profundidade e morfologia do fundo, por isso as feições topográficas e suas relações com o nível do mar serão abordadas antes do estudo dos sedimentos.

Os levantamentos existentes na nossa costa eram muito falhos (antes de 1966), evocando feições locais e com caráter essencialmente específicos e nos dava apenas uma ideia vaga da forma de nossa margem continental.

Zembruscki e outros (1972) dividiram a nossa margem continental em três grandes regiões, uma com relevo predominantemente de influência tectônica e vulcânica e as outras duas regiões, norte e sul, com formas resultantes de processos de sedimentação. Zembruscki (1967) definiu a natureza e a origem da nossa margem continental em primeiro lugar e posteriormente Boyer (1969), por último, a DHN vem confeccionando mapas batimétricos mais recentes de todo o Brasil, com a colaboração das instituições que compõem o PGGM.

A morfologia da margem continental foi classificada segundo o esquema proposto por Heezen e outros (1959), originalmente para o Atlântico Norte e adotado pelo Projeto REMAC.

4.4.1 Margem Continental

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

A área estudada está inserida no contexto geológico regional da Bacia do Ceará, no qual está localizada na plataforma continental da margem equatorial brasileira, abrangendo uma área de aproximadamente 34.000 km², com uma lâmina d'água de até 200 metros, possuindo uma espessura máxima de sedimentos de cerca de 10.000 metros. Limita-se a sudeste pelo Alto de Fortaleza (com a Bacia Potiguar), a noroeste pelo Alto de Tutóia (com a Bacia de Barreirinhas), a norte pela Falha Transformante do Ceará (que inclui a cadeia de Fernando de Noronha), e a

Sul pela faixa de afloramento do embasamento cristalino, junto à linha de costa no estado do Ceará. Devido a características tectônicas distintas, a Bacia do Ceará foi compartimentada por Beltrami (1990) em quatro sub-bacias: Piauí-Camocim, Acaraú, Icarai e Mundaú, de oeste para leste (Figura 16), as quais apresentam histórias deposicionais e deformacionais ligeiramente distintas.

A origem da Bacia do Ceará está relacionada à separação dos continentes africano e Sul-Americano e ela estaria enquadrada como uma bacia do tipo *rift*, em margem divergente. Sua evolução tectono-sedimentar teve início provavelmente no Eo-Aptiano. O preenchimento sedimentar da Bacia do Ceará compreende sedimentos cujas idades variam desde o Eo-Aptiano (Alagoas) até o Quaternário (BELTRAMI, 1990 *apud* DOMINGUETI; DOMINGUETI, 2002).

As rochas sedimentares do Meso-Cenozóico que preenchem a bacia do Ceará não afloram. Até o momento não foram amostrados sedimentos mais antigos que o Eo-Aptiano, datados através de palinórfos continentais. No entanto, acreditasse que depósitos mais antigos possam estar presentes nas porções mais profundas da bacia, como indicado pelo espesso pacote imageado por dados sísmicos, que sugere a possibilidade de seção *sin-rift* de idade barremiana (?) ou de um substrato sedimentar *pré-rift* (Jurássico?/Paleozóico?), assim como pela preservação comprovada de sedimentos de idade paleozóica-mesozóica na bacia *offshore* de Ketha (Gana), sua contraparte africana. Estima-se que o embasamento da bacia, na sua porção mais profunda, possa atingir mais de 15 km de profundidade. As datações e interpretações paleoambientais atualmente disponíveis originam-se de diversos estudos do conteúdo microfossilífero de poços perfurados pela PETROBRÁS na sub-bacia de Mundaú. Esses microfósseis incluem ostracodes lacustres, grãos de pólen e esporos, dinoflagelados, foraminíferos bentônicos e planctônicos, nanofósseis calcários e macroforaminíferos, estes últimos na seção terciária da bacia (MORAIS NETO et al., 2003).

Figura 16 - Subdivisão da Bacia do Ceará



Fonte: BELTRAMI, 1990.

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

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

Embora com diferenças genéticas em relação à evolução das bacias da margem leste, o registro sedimentar da bacia do Ceará pode ser agrupado em

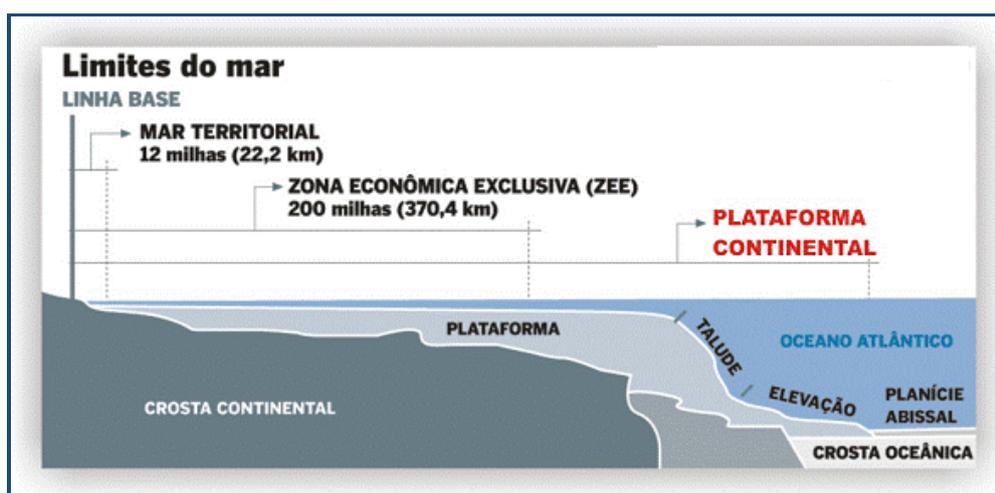
função das sucessivas fases evolutivas da bacia, as quais compreendem os estágios *rift*, transicional e de franca deriva continental.

Segundo Morais Neto *et al.* (2003) o estágio de deriva é litologicamente representado pelas formações Tibau-Guamaré-Ubarana, cuja preservação é discrepante entre as sub-bacias, em função de suas histórias geológicas diferenciadas. Esta fase, caracterizada pela deposição da megassequência marinha (Beltrami *et al.*, 1995; Lana *et al.*, 2001) e pode ser dividida em duas sequências de segunda ordem: uma basal mais delgada, tipicamente transgressiva, representada pelos pelitos bacinais do Membro Uruburetama da Formação Ubarana; e uma progradacional/agradacional mais espessa, regressiva, representada pelos sedimentos de talude do Membro Itapagé da Formação Ubarana e pelos sedimentos plataformais das Formações Tibau e Guamaré.

4.4.1.1 Plataforma Continental

A Plataforma continental (figura 17) como o próprio nome diz, é o prolongamento do continente, é mais ou menos plana com uma inclinação suave para o mar até a mudança brusca do gradiente. É um ambiente muito importante para a extração de bens minerais.

Figura 17 – Plataforma Continental



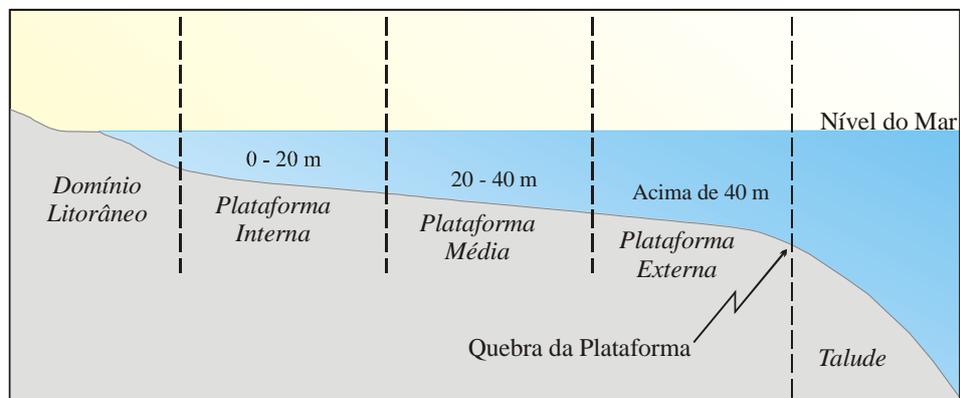
Fonte: www.scielo.br/img/fbpe/rbg, 2015

A morfologia das plataformas, geralmente se apresentam suave, é causada pela irregularidade da erosão e deposição, resultante das flutuações do nível do mar, formando as feições erosivas, construtivas ou estruturais.

A plataforma do Nordeste brasileiro (figura 18) foi dividida por Kempf (1970), estabelecendo uma profundidade de 35/40 metros como sendo o limite entre as zonas infralitoral e circalitoral, baseado na distribuição das algas verdes. Coutinho (1976), a partir de análises da morfologia e da distribuição dos diversos tipos de sedimentos dessa plataforma, sugeriu dividi-la em três partes:

- a) Plataforma interna que vai de 0 a 20 metros de profundidade, com o relevo aproximadamente regular, mas com um pequeno declive. Nessa faixa ocorre o fluxo de terrígenos, e a cobertura sedimentar é composta por areias quartzosas com muito pouco cascalho e lama. A fauna é representada por moluscos, com ou sem foraminíferos bentônicos.
- b) Plataforma média que é limitada pelas isóbatas de 20 a 40 metros, onde dominam as areias e cascalhos, relevo com algumas irregularidades. O sedimento mais comum é o maerl, com teor de carbonato de cálcio superior a 90%. A associação carbonática não mostra sinal de retrabalhamento.
- c) Plataforma externa, a partir de 40 metros, igualmente como a plataforma média, apresenta relevo irregular coberta por cascalho, areia e lama biodetrítica. As Halimedes tendem a ser mais abundantes e o teor de carbonato de cálcio é superior a 75%. As associações carbonáticas são muito retrabalhadas, principalmente as areias e algas recifais.

Figura 18 – Diagrama esquemático do perfil da plataforma continental do Nordeste.



Fonte: Adaptado de Chamley, 1990.

Analisando essas classificações, achamos melhor dividir a plataforma do Ceará em plataforma interna, variando de 0 a 20 metros, onde predomina a fácies arenosa-quartzosa, e plataforma externa que vai até a quebra da plataforma, numa profundidade média de 60 metros.

A plataforma cearense tem uma largura máxima na altura de Camocim, com, 101 Km de extensão e a mínima em Tremembé com 41 Km. Medindo-se a largura da plataforma em vários locais e observando a maior frequência, pode-se dizer que na plataforma continental do Ceará, a largura predominantemente é em torno de 63 Km, ligeiramente inferior a largura média, conforme Shepard 1961, (in Freire e outros, 1984).

Em quase toda a sua extensão, junto à linha de costa, encontra-se um pequeno declive, que é característico e constante; esse declive é o gradiente de passagem da parte emersa para a plataforma propriamente dita. É normalmente estreito e nas proximidades de Fortaleza, apresenta sua largura mínima, a partir daí, alargando-se tanto para oeste como para leste, chegando a ter 8 Km de largura.

Esse primeiro declive abrange a cota batimétrica de 0 a 15 metros, tendo uma maior frequência na isóbata de 10 metros, com declividade variando em torno de 1:670. A cobertura sedimentar é composta basicamente de areia quartzosa. Classificamos essa área como sendo a plataforma interna.

Na plataforma externa, existem vários patamares indicando uma ruptura múltipla em degraus, onde esses degraus correspondem a terraços de borda de plataforma, sendo bem individualizados.

Terraços erosionais foram observados na plataforma continental brasileira, nas regiões leste, nordeste e norte (BOYER, 1969; DAMUTH, 1973 e PALMA, 1979) situados nos níveis batimétricos atuais de 40, 60, 75, 90 e 100 metros.

O primeiro patamar encontrado na plataforma continental do Ceará, mais próximo a costa, é a continuidade da parte mais plana da plataforma interna, apresentando a superfície mais regular da plataforma, em alguns locais essa superfície parece ser uma sedimentação niveladora, pois cobre uma superfície irregular, a uma profundidade média de 12 milésimos. Os bancos de algas calcárias apresentam-se menos espessos que os do segundo patamar, haja vista que essas espessuras que os do segundo patamar, haja vista que essas espessuras diminuem em direção à costa. Seu relevo pode acompanhar aproximadamente as feições litorâneas atuais.

Segundo FREIRE (1985), a transição do primeiro patamar para o segundo é variável topograficamente sendo abrupto e com suave gradiente. O relevo deste patamar é irregular podendo ser interpretada como remanescente erosivo e ou bioconstrução recifal. O fundo marinho é subjazido por refletores planoparalelo nas proximidades de Fortaleza. Há uma correlação com a superfície erosiva desse patamar, abaixo do refletor plano-paralelo do primeiro patamar. O mesmo é individualizado do terraço que existe na borda da plataforma pela existência de um escarpamento ou gradiente topográfico mais abrupto.

4.4.2 Quebra da plataforma

Podemos defini-la como degrau ou charneira que demarca fisiograficamente a passagem do gradiente suave da plataforma para o acentuado do talude continental. Geologicamente é representado de forma geral como o limite entre o continente e o oceano.

Segundo CAMPOS (1992), a quebra pode se apresentar tanto brusca como pode evoluir em desnível gradativo, regular ou irregular. Quando a quebra é considerada uma “zona de quebra”, o relevo está ligado com as oscilações do nível do mar. Existem três tipos de quebra:

- a) Quebra fisiográfica (QF) localizada no ponto de tangência do prolongamento de declive da plataforma ao do talude, conforme o declive da zona de quebra se mostra mais coerente com a plataforma ou o talude.
- b) Quebra original (QO) – varia na interseção do prolongamento dos declives da plataforma e do talude.
- c) Quebra mediana (QM) – delimitada a partir da quebra original, traçando-se uma bissetriz até fazer o contato com a superfície do fundo do mar.

A quebra da plataforma continental do Ceará se faz normalmente em uma zona de quebra.

A zona de quebra situada à leste de Fortaleza apresenta uma área de quebra estreita e com uma declividade mais acentuada. Essa morfologia deve-se a uma sedimentação oriunda da erosão e retrabalhamento dos sedimentos do Grupo

Barreira. Defronte a Fortaleza, encontramos uma feição de progradação, cobrindo antigos patamares que existem nessa borda de plataforma. SILVA FILHO, (2004).

4.4.3 Talude Continental

Esse talude possui gradientes que variam em média de 1:12 a 1:59, estendendo-se até a profundidade de 2.300 metros.

No setor leste de Fortaleza, o talude apresenta uma largura média de 53 Km, com uma declividade de 1:14 na parte superior e 1:45 na parte inferior. Entre a Ponta do Iguape e a Barra da Jacutinga, esse perfil é quebrado a uma profundidade de 1.700 metros para dar início ao Aracati. Há um vale submarino assimétrico neste setor onde sua forma é de um “V” que se estende da isóbata de 45 metros até aproximadamente 600 metros, defronte a desembocadura do Rio Jaguaribe. FREIRE (1985)

4.5 FÁCIES SEDIMENTAR

Segundo MOORE (1939), fácies sedimentar é uma parte restrita em área de uma determinada unidade estratigráfica, que exhibe características significativamente diferentes das outras partes da unidade. Selley (1978), define fácies sedimentar através de 5 (cinco) parâmetros: litologia, paleontologia, geometria, estruturas sedimentares e padrões de paleocorrentes. De um modo geral, estendem-se por fácies sedimentar, os caracteres litológicos que distinguem um determinado sedimento ou porção de uma unidade estratigráfica. A fácies reflete as condições do ambiente de sedimentação.

4.5.1 Fácies Organógena

Nesta fácies estão contidas as areias e cascalhos organógenos distribuídos numa faixa quase contínua, limitando-se à plataforma externa, interrompida pela sedimentação terrígena.

Nos limites dessa fácies com a terrígena, encontramos um certo retrabalhamento, com alguns grãos de cor acinzentada, fragmentos frescos e uma maior concentração das areias quartzosas.

Esta fácies recebe um aporte de sedimentos constituídos por organismos vivos ou fragmentos frescos, sem evidências de retrabalhamento, e com forte presença das algas vermelhas (Lithothamnium) e as verdes (Halimeda).

4.5.2 Fácies terrígena

Esta fácies contém areias distribuídas de forma contínua por toda a plataforma interna, atingindo a quebra da plataforma e áreas reduzidas, praticamente isoladas na plataforma externa. Esta fácies está distribuída predominantemente na plataforma interna, mas ocorrendo também na externa. Estas areias apresentam associações mineralógicas compostas por ilmenita, turmalina, zircão, monazita e epidoto (minerais pesados), sedimentos denominados submaturos a maturos, confirmando que se trata de uma fácies terrígena “palimpsest”.

4.5.3 Sedimentos da Plataforma Continental do Estado do Ceará

Emery (1968) classificou geneticamente os sedimentos superficiais das plataformas continentais em autógenos, orgânicos, residuais, relictos e detríticos.

Esses sedimentos foram retrabalhados pela dinâmica moderna ajustando-os as novas condições ambientais, que existe nas plataformas continentais.

Martins e outros (1972) distinguiram três regimes de sedimentação distintos na plataforma continental brasileira:

- a) Plataforma continental com domínio de depósitos terrígenos, uma sedimentação ativa e feições de progradação, como por exemplo, a plataforma Amazônica;
- b) Plataforma com pequeno aporte de terrígenos, caracterizada pela fácies carbonática com teores de CaCO_3 superiores a 75%, a exemplo da plataforma nordestina;
- c) Plataforma coberta por sedimentos “reliquias”, formados a partir de pequena contribuição terrígena atual e/ou sofrendo retrabalhamento como é o caso da plataforma brasileira. Segundo Freire (1985), os fatores que condicionam a composição dos sedimentos nas plataformas são: o aporte de terrígenos pelos rios, a partir do continente, e a contribuição organógena. Já a sua textura está condicionada a ação hidrodinâmica, morfologia do fundo e fatores físico-químicos.

4.5.4 Textura dos Sedimentos

Segundo Freire (1985), a textura é um parâmetro fundamental na classificação dos sedimentos, que, normalmente, são referidos como cascalho, areia e lama (silte + argila). Esses termos referem-se ao tamanho das partículas e não a sua constituição, sendo uma propriedade importante do material que, por sua vez, é fornecido pelo continente, especialmente pelos cursos d'água e, em parte, por contribuições organógenas.

Coutinho e Morais (1968), Ottman & Ottman (1968), Kempf (1967, 1969), Mabeoone & Coutinho (1970), Mabessone (1971) e Coutinho (1976), foram os primeiros a pesquisarem a textura e a distribuição dos sedimentos na plataforma continental Norte/Nordeste.

Nas proximidades do Rio Jaguaribe, observamos a presença de um recobrimento sedimentar de fundo, predominantemente arenoso, com duas faixas de areias cascalhosas cortando toda a plataforma e suaves manchas de cascalho, cascalho arenoso e areia lamosa.

A dominância de areia cascalhosa fica a leste do Rio Jaguaribe, onde esse sedimento cobre toda a plataforma externa e parte da interna.

4.5.5 Composição

Os sedimentos terrígenos e organógenos são características de fundamental importância na cobertura sedimentar da plataforma continental oceânica.

4.5.5.1 Sedimentos Terrígenos

Defronte a Fortaleza até a borda da plataforma interna, há uma maior ocorrência de sedimentação terrígena.

Emery (1968) salienta que os grãos de quartzo, envoltos por uma película de óxido de ferro, são diagnóstico de ambiente relíquia. Swift e outros (1971), evidenciam que a ocorrência de areias quartzosas cobertas por óxido de ferro e associadas a areias e cascalhos biodetríticos, podem significar, para o local de deposição, as condições pretéritas de uma extensa planície costeira em exposição subaérea durante um estágio de mar regressivo. Judd e outros (1970) dizem que a presença de grãos com manchas de óxido de ferro nos sedimentos das plataformas, pode ser devido a uma contribuição fluvial durante o Pleistoceno.

Segundo Freire (1985), a associação carbonática característica desses sedimentos terrígenos é dominada por fragmentos de conchas, micromoluscos e foraminíferos.

Quanto aos minerais pesados, França e outros (1976) encontraram para essa mesma região duas províncias bem distintas: uma província rica em cianita e outra rica em hornblenda, porém, em ambas, há um mineral opaco predominante, a Ilmenita.

4.5.5.2 Sedimentos Organógenos

A Oeste de Fortaleza, os sedimentos organógenos são compostos principalmente de areia e /ou cascalho de Halimeda (maerl de Halimeda), com foraminíferos plantônicos e micro-moluscos, com uma participação muito pequena de algas coralíneas.

Segundo Freire (1985), os sedimentos organógenos na plataforma continental do Ceará ocorrem com predominância na plataforma externa, onde os sedimentos erodidos do continente apresentam uma taxa de sedimentação inferior à taxa de crescimento dos organógenos.

5 RESULTADOS

Os resultados da pesquisa estão apresentados em vários subitens de acordo com cada etapa elaborada.

5.1 IDENTIFICAÇÃO DOS MINERAIS PESADOS

Minerais pesados são grãos detríticos com alta densidade (acima $2,9 \text{ g/cm}^3$) que ocorrem como minerais acessórios em areias derivadas da erosão das rochas. São frequentemente utilizados como ferramenta para a determinação da proveniência sedimentar. Eles podem ser identificados baseados nas suas propriedades físicas ou submetendo-os a um forte campo magnético.

Os minerais pesados presentes nos sedimentos e nas rochas sedimentares têm sido utilizados largamente em estudos sedimentológicos, estratigráficos e geo-econômicos, dentro do campo da geologia. Na sedimentologia, estes minerais são utilizados em estudos de proveniência e dispersão dos sedimentos, graças ao fato de que determinadas espécies mineralógicas são características de grupos restritos de rochas fontes e sua distribuição espacial, em uma bacia de deposição, permite identificar as direções preferenciais de transporte sedimentar.

Na geologia econômica ocupam papel importante, pois algumas espécies de minerais pesados apresentam grande valor econômico e podem se concentrar no ambiente sedimentar, formando placeres passíveis de exploração. A análise de minerais pesados para estudos de proveniência é uma das técnicas mais sensível e altamente empregada. As associações dos minerais pesados formam paragêneses, as quais propiciam informações cruciais sobre tipos de rochas-fonte, não podendo ser essas obtidas por outros meios (Morton & Hallsworth, 1994; 1999).

A distribuição dos minerais pesados em depósitos sedimentares, bem como sua proveniência, não é controlada apenas pela paleogeografia e petrologia da área-fonte. Uma série de fatores atuam durante o processo sedimentar, tais como o intemperismo químico e físico. Comportamento hidráulico e diagênese propiciam que as assembleias mineralógicas sofram modificações em sua composição, as quais veem dificultar as interpretações da proveniência mineral. (Morton, 1985; Mange & Maurer, 1992; Morton & Hallsworth, 1999).

Os minerais pesados têm sido cada vez mais utilizados pelas indústrias devido às diversas descobertas com relação ao seu uso. Em consequência disso, a utilização desse recurso mineral tem crescido mais que a descoberta de novas

reservas. Isto tem redirecionado a atenção para as reservas potenciais não exploradas das plataformas continentais tidas, até então, como economicamente inviáveis.

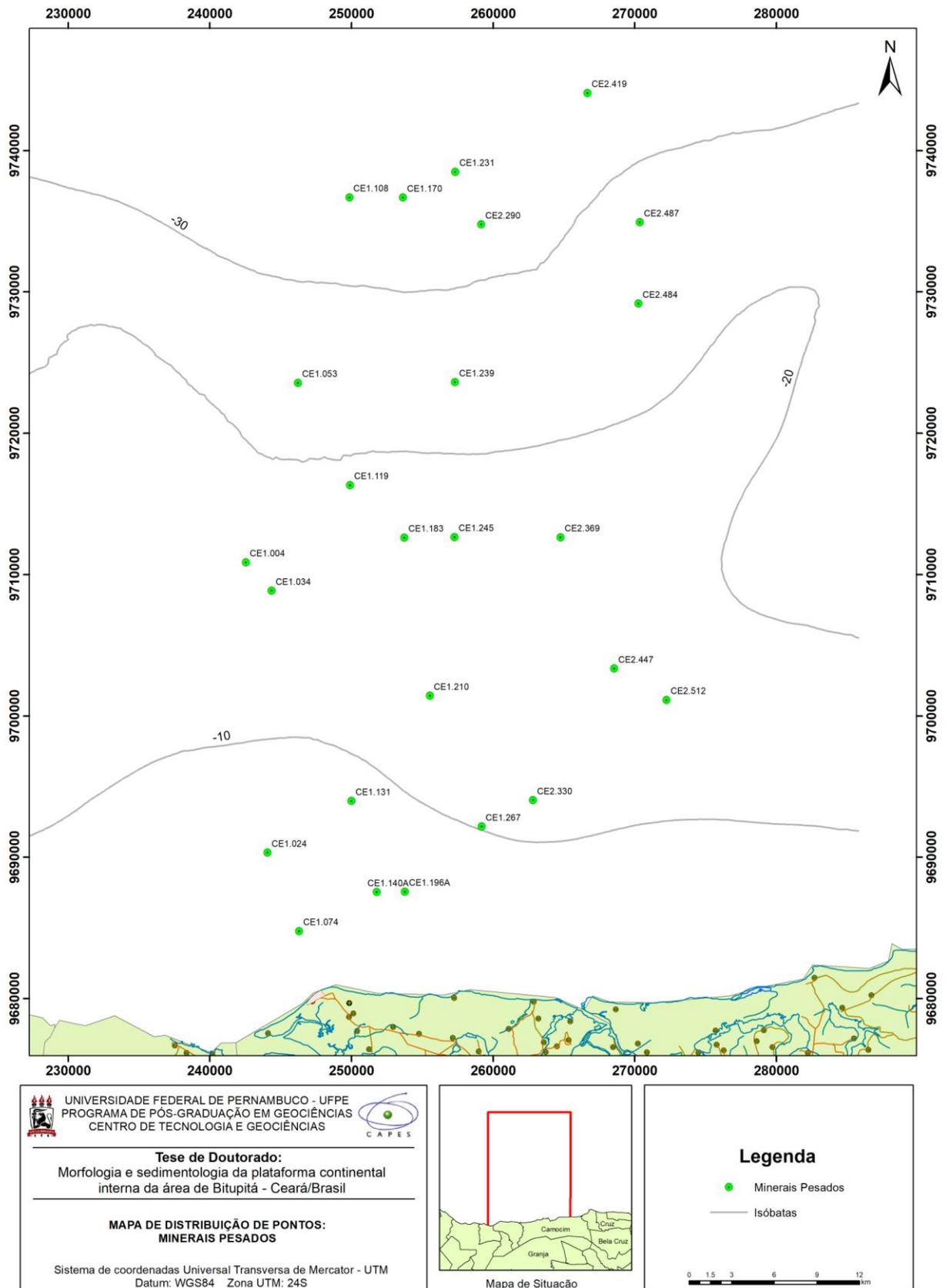
Segundo Tomazelli (1978), o estudo dos minerais pesados representa uma referência para a caracterização dos processos sedimentares de transporte, velocidade de fluxo hidráulico, erosão e deposição, parâmetros que definem os ambientes sedimentares. Maiores ou menores concentrações de minerais pesados podem indicar períodos de tempo nos quais os processos sedimentares manifestaram-se com intensidades diferentes, refletindo níveis de energia ambiental variáveis e, desta forma, constituem uma excelente ferramenta para a reconstituição dos paleoambientes, paleoclimas e paleogeografia.

Os *placers* apresentam, em geral, concentrações consideráveis de ilmenita, cassiterita, ouro, diamante, monazita, zircão, entre outros minerais estratégicos que em determinadas áreas formam jazidas passíveis de exploração. As principais atividades exploratórias de *placers* marinhos no Brasil concentram-se na zona costeira emersa, onde alguns depósitos de praias atuais e pretéritas são/foram explorados na Bahia, Paraíba, Espírito Santo e Rio de Janeiro. Nestas regiões os principais minerais pesados são ilmenita, zircão, rutilo e monazita (e.g. Serafim & Chaves, 2005).

Foram utilizadas no total de 25 amostras para análise de minerais pesados e confeccionada um mapa de pontos de amostragem dos minerais pesados (Figura 19), Os minerais pesados encontrados nas amostras foram Ilmenita, Turmalina, Monazita, Estaurolita, Andaluzita, Silimanita, Epídoto, Hornblenda, Zircão, Rutilo, Cianita, Apatita, Granada, Magnetita, Espinélio, Cassiterita e Leucoxênio.

Os minerais pesados (Tabela 01), encontrados nas amostras apresentam um teor médio de 0,14% com valor mínimo de 0,5% e máximo de 75,6% (amostra 487). O que indica que os dados provêm de uma população um pouco irregular e estão em uma dispersão relativamente ampla.

Figura 19 - Mapa de Pontos minerais pesados da área de estudo.



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2016.

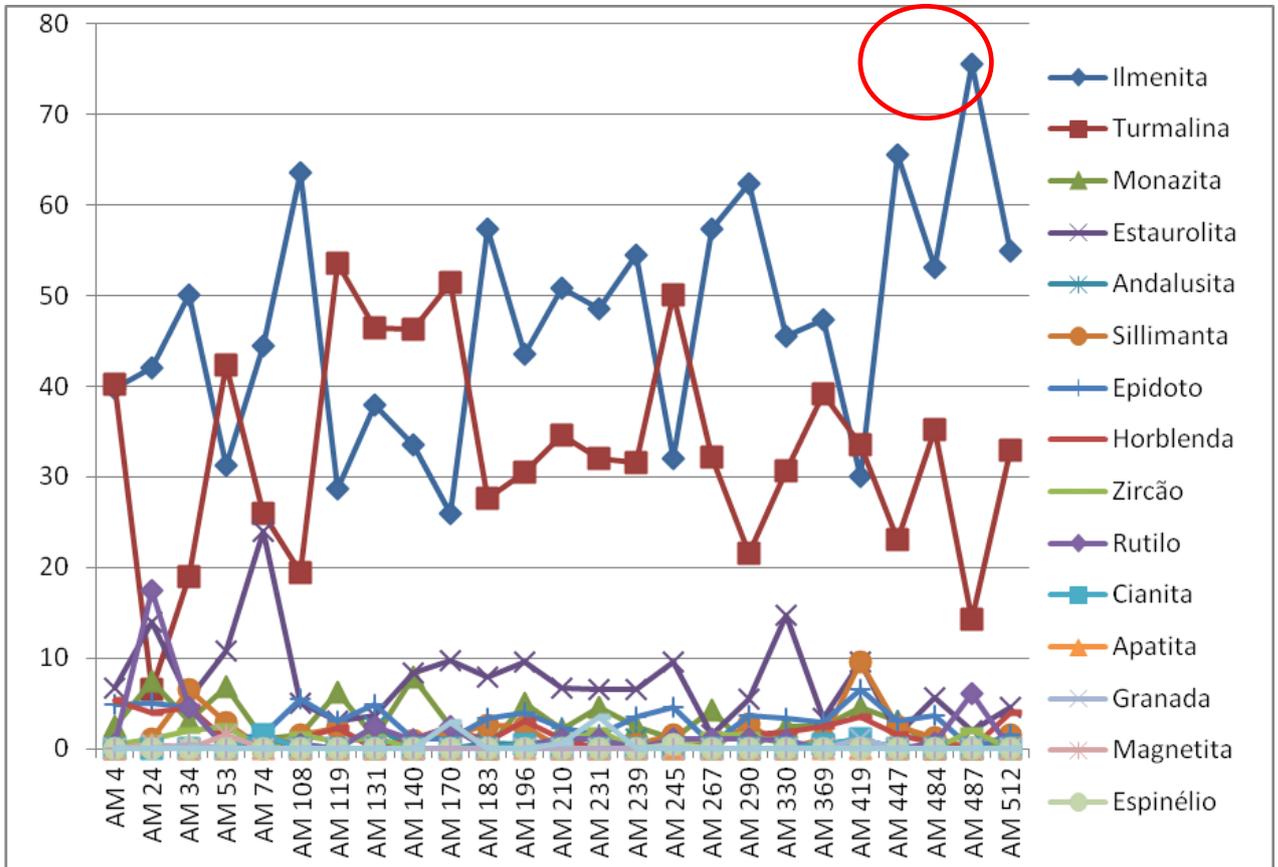
Tabela 2- Minerais pesados da área Bitupitá.

Nº AM. TESE	Nº AM Dados LGMA	Ilmenita	Turmalina	Monazita	Estaurólita	Andalusita	Sillimanita	Epidoto	Hornoblenda	Zircão	Rutilo	Cianita	Apatita	Granada	Magnetita	Espinélio	Cassiterita	Leucocênio	Somatório
AM 4	CE1,004	39,7	40,2	2,4	6,7	0	0	4,8	5,3	0,5	0,4	0	0	0	0	0	0	0	100
AM 24	CE1,024	42	6,5	7,5	14	0	1	5	4	1	17,5	0	0,5	0,5	0,5	0	0	0	100
AM 34	CE1,034	50	19	3	5,5	0	6,5	4,5	4,5	2	4,5	0	0	0	0	0	0,5	0	100
AM 53	CE1,053	31,2	42,4	6,9	10,8	0	2,9	0,9	0,9	2,5	0	0	0	0	1,5	0	0	0	100
AM 74	CE1,074	44,5	26	1	24	0,5	0	1,5	0	0	1	1,5	0	0	0	0	0	0	100
AM 108	CE1,108	63,5	19,5	1,5	5	0,5	1,5	5,5	1	1,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	100
AM 119	CE1,119	28,7	53,5	6,2	3,1	0	2,3	3,1	2,3	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	100
AM 131	CE1,131	38	46,4	1,2	3,6	2,4	0	4,8	0	1,2	2,4	0	0	0	0	0	0	0	100
AM 140	CE1,140	33,6	46,3	7,9	8,4	0	0,9	1	1	0	0,9	0	0	0	0	0	0	0	100
AM 170	CE1,170	26	51,5	2,5	9,7	0	1,5	1	2,4	0	2,5	0	0	0	0	0	0	2,9	100
AM 183	CE1,183	57,3	27,6	0	7,9	0,6	2,6	3,3	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
AM 196	CE1,196	43,5	30,5	5	9,5	0,5	2,5	4	3	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	100
AM 210	CE1,210	50,8	34,6	2,2	6,7	0	0	2,3	1,1	0,6	1,1	0	0	0	0	0	0	0,6	100
AM 231	CE1,231	48,5	32	4,5	6,5	0	0,5	1,5	0	2	1	0	0	0	0	0	0	3,5	100
AM 239	CE1,239	54,5	31,5	2,5	6,5	1	0,5	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
AM 245	CE1,245	32	50	1	9,5	0	1,5	4,5	0	0	1	0	0	0	0	0,5	0	0	100
AM 267	CE1,267	57,3	32,1	4,2	1,6	0	0	0,5	1,6	1,6	1,1	0	0	0	0	0	0	0	100
AM 290	CE2,290	62,4	21,5	0	5,4	0	2,7	3,7	1,6	1,6	1,1	0	0	0	0	0	0	0	100
AM 330	CE2,330	45,5	30,7	2,4	14,8	0	0	3,3	1,9	0,5	0,9	0	0	0	0	0	0	0	100
AM 369	CE2,369	47,4	39,2	2,4	3,4	0,4	1	2,9	2,4	0,5	0	0,4	0	0	0	0	0	0	100
AM 419	CE2,419	30	33,5	4,5	9,5	1	9,5	6,5	3,5	0	0	1	0	1	0	0	0	0	100
AM 447	CE2,447	65,5	23	3	1,5	0	2,5	3	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
AM 484	CE2,484	53,1	35,2	0	5,6	0	1,2	3,7	0,6	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	100
AM 487	CE2,487	75,6	14,3	0	2	0	0	0	0	0	2	6,1	0	0	0	0	0	0	100
AM 512	CE2,512	55	33	0,5	4,5	0	1,5	1,5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100

Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2016.

A figura abaixo (figura 20) mostra o teor de minerais pesados calculada para todas as amostras. (ver tabela no apêndice).

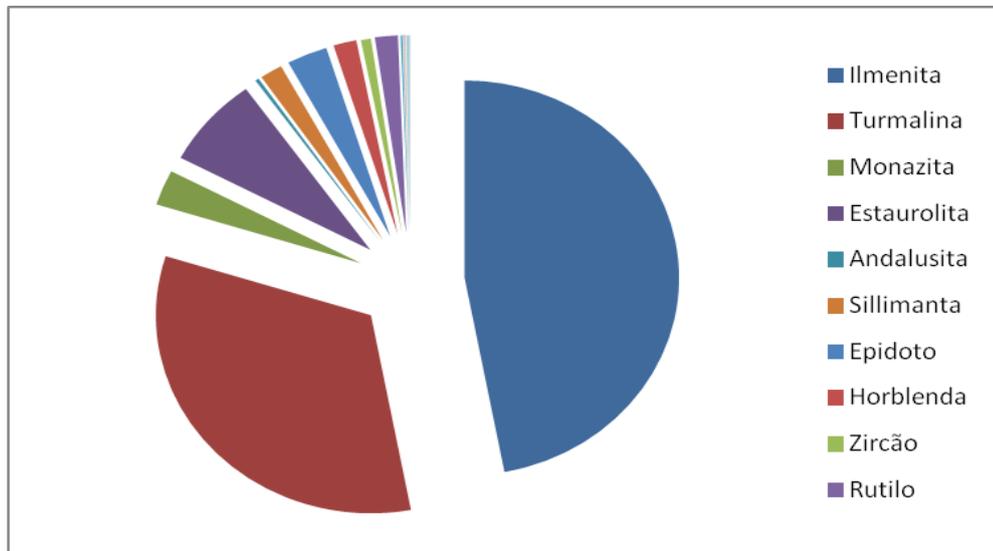
Figura 20 – Teor de minerais pesados nas amostras



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2016.

A Ilmenita e Turmalina foram os minerais que mais se destacaram, apresentando percentagens consideráveis que juntos perfazem mais de 70% da assembléia total de minerais pesados. (Figura 21)

Figura 21 - Minerais pesados que mais se destacaram.



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2016.

No mapa de isotores de Turmalina (figura 22), mostra perfeitamente a distribuição deste mineral sobre a área estudada. O teor de turmalina apresentado na figura foi dividido em 4 intervalos de classes. Partindo de 6,5% a 53,5%.

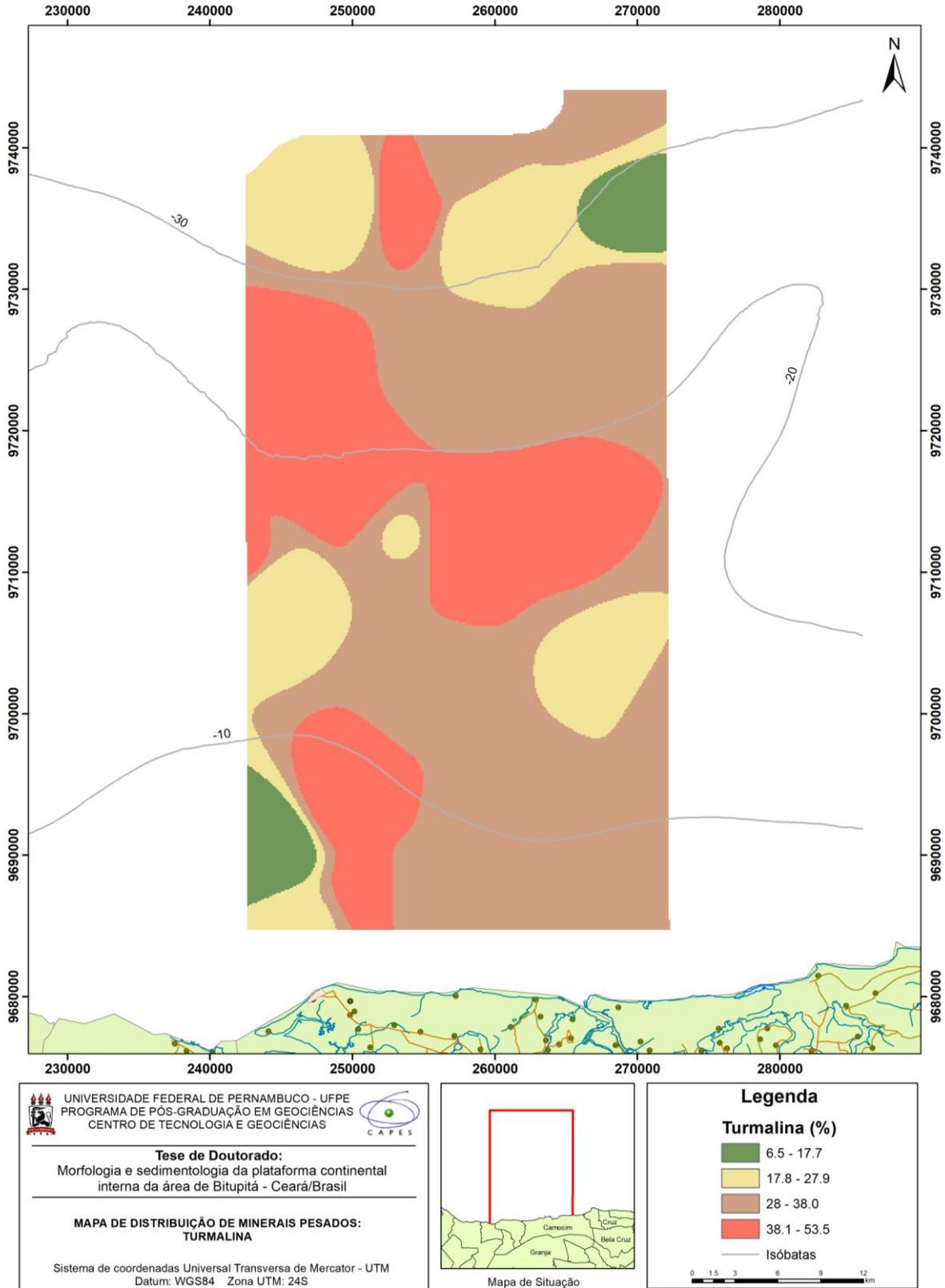
O teor mais baixo (amostra 24), deste mineral se encontra na parte inferior e ao lado esquerdo (suldoeste) da área de estudo com 6,5% da amostra, havendo uma outra representatividade na parte superior direita (nordeste) da área de estudo na isóbata de 30. Há uma concentração maior deste mineral na parte central da área onde as amostras se encontram entre os teores de 38% a 53% .

De acordo com o sumário mineral do DNPM (2013) cerca de 88% da produção mundial de titânio provém da ilmenita, mineral de titânio mais comum, enquanto que o restante vem do rutilo. As reservas lavráveis brasileiras de ilmenita e rutilo representam menos de 0,3% das reservas mundiais, um outro agravante para a economia brasileira foi as exportações corresponderem a menos de 10% do valor das importações desse minério para o ano de 2012. Esse fato ocasionou um déficit na balança comercial de titânio e derivados de US\$ 584,5 milhões.

De acordo com Aguiar Neto (2015), a pesquisa com minerais pesados tem grande relevância na exploração dos recursos geológicos, principalmente na mineração, contudo, os desafios a serem vencidos no aproveitamento de pláceres marinhos são consideráveis. Reduzir os custos de produção e as restrições ambientais dessa atividade são uns dos principais obstáculos que dificultam a competição desses recursos com os minerais extraídos no continente.

Além da finalidade econômica o estudo dos minerais pesados tem outras aplicabilidades como exemplificou Suguio (2003): importante ferramenta em estudos de proveniência sedimentar, correlação paleogeográfica e histórias do intemperismo e transporte. Addad (2010) relata ainda a capacidade dos minerais pesados como indicadores diretos de mudança climática. Durante alternâncias climáticas ficam marcadas as variações populacionais desses minerais pela diluição ou resistência a esses eventos.

Figura 22 - Mapa de isoteores de Turmalina

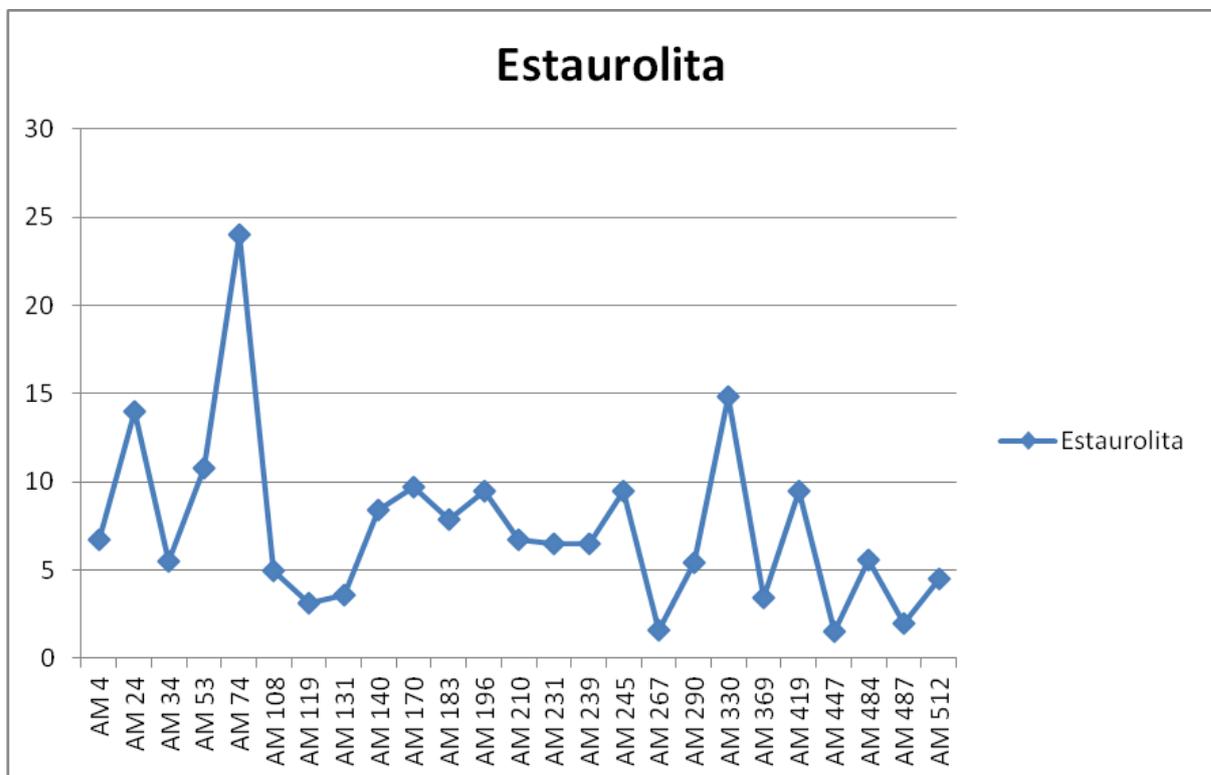


Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2016.

Maia (2005), pesquisando parte da porção oeste da plataforma continental interna cearense (entre os municípios de Jijoca de Jericoacoara e Camocim), encontrou um teor médio de 0,22% (variando de 0,03 a 1,19%) de minerais pesados. Os principais minerais encontrados foram Ilmenita e Hornblenda e que juntos corresponderam a quase 70% de todos os pesados no local. Os demais que se destacam foram: turmalina, monazita e Andaluzita. A distribuição desses minerais revelou um aumento do teor para NE da área estudada, correlacionada com o efeito da descarga do Rio Acaraú.

A Estaurolita (Figura 23) se encontra bem distribuída nas amostras analisadas, havendo um acréscimo significativo na amostra 74 com um percentual deste mineral de quase 25 %, as amostras que apresentaram percentuais abaixo ou igual a 5% foram amostras 108 (5%), amostra 119 (3,1%), amostra 131 (3,6%), amostra 267 (1,6%), amostra 369 (3,4%), amostra 447 (1,5%), e a amostra 487 com 2% deste mineral. (ver tabela no apêndice)

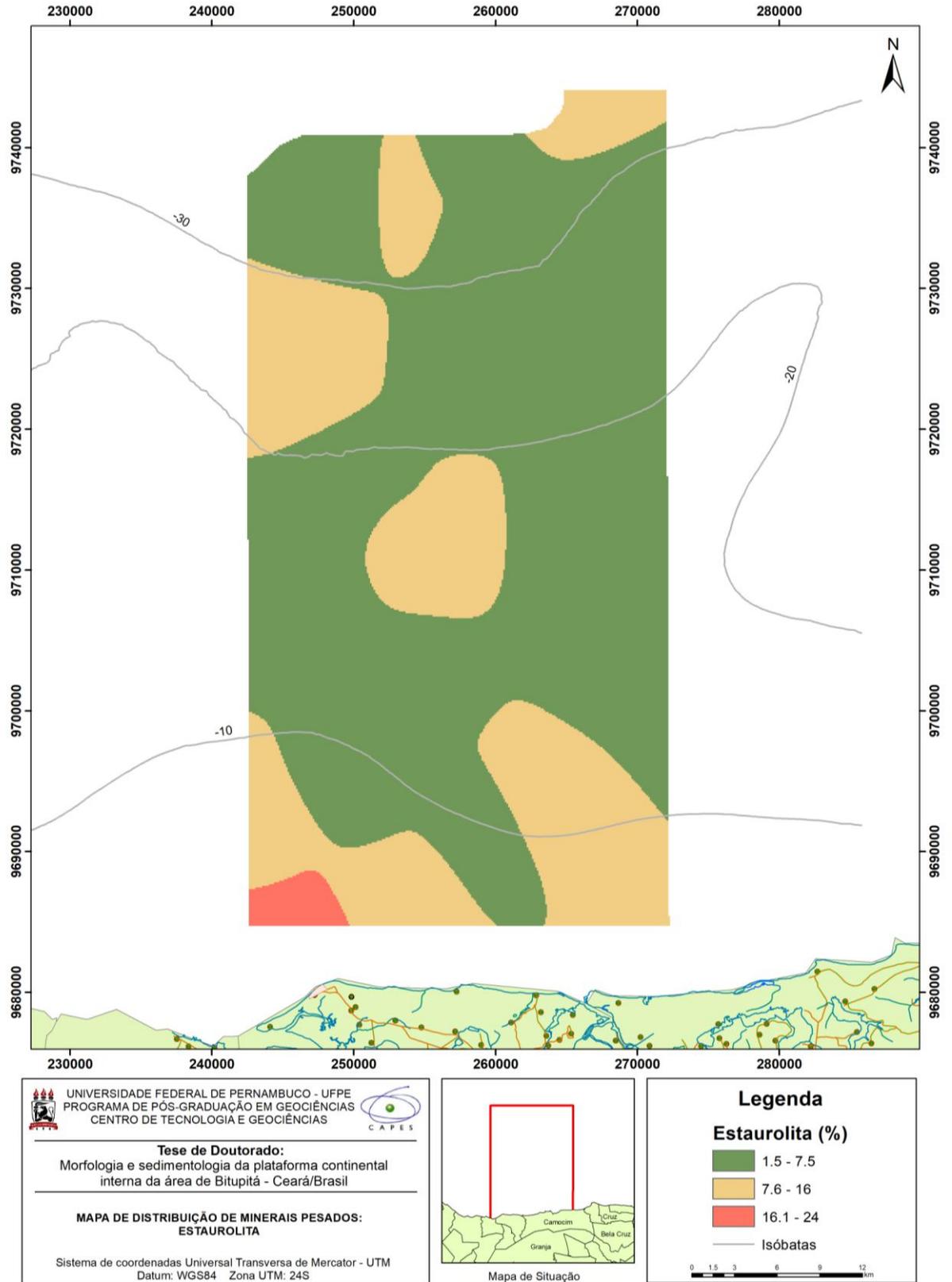
Figura 23 – Distribuição de Estaurolita nas amostras analisadas.



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2016.

O mapa de isoteores de estaurolita (figura 24) foi dividida em 3 classes de teores de 1,5% a 24%. Os maiores teores de estaurolita se encontra na parte sudoeste da área de estudo. Maior parte deste mineral se apresenta nos teores de 4% á 8% nas seguintes amostras 34, 108, 183, 210, 231, 239, 290, 484, 512.

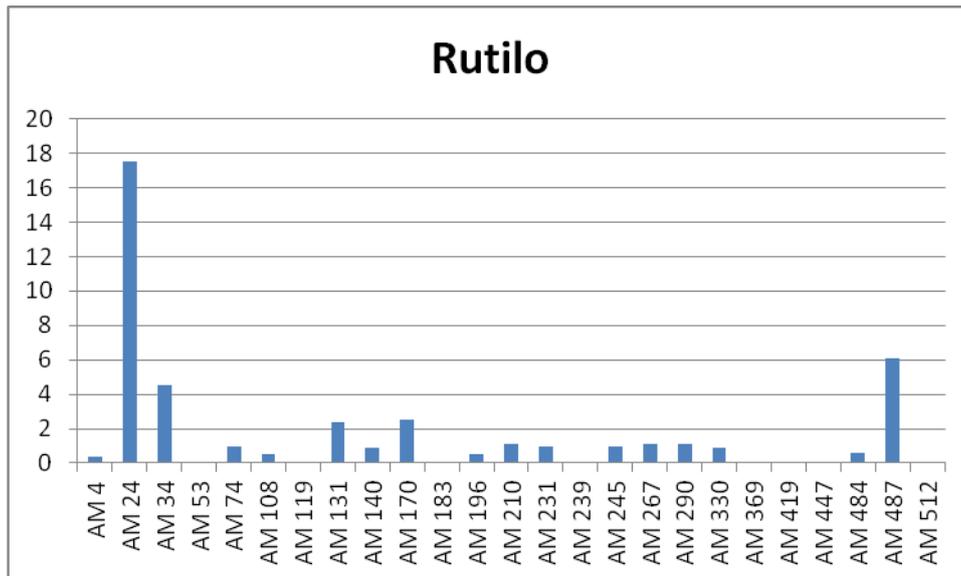
Figura 24 – Mapa de isoteores de Estaurolita



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2016.

A figura abaixo (figura 25), mostra o percentual do mineral Rutilo com relação as amostras analisadas. Há um pico deste mineral na amostra 24 e um sobrepico na amostra 487 com os respectivos valores 17,5% e 6,1%. As demais amostras se mostraram com valores abaixo de 4,6%.

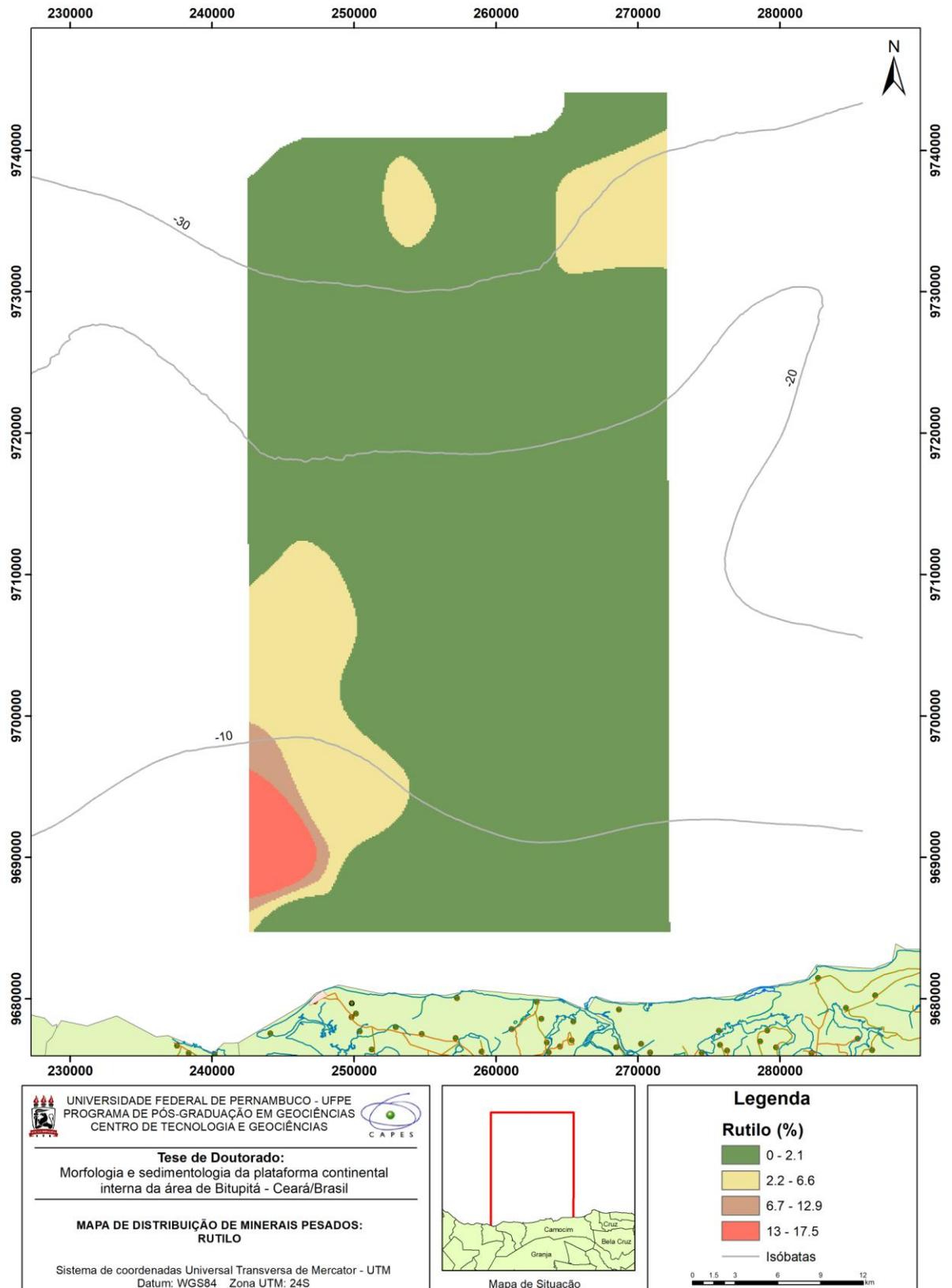
Figura 25 – Distribuição de Rutilo nas amostras analisadas.



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2016.

A figura 26 , mostra o mapa de isotores de Rutilo, que foi dividido em 4 intervalos de classes. Este mineral apresentou percentuais de 0,4% a 17,5%, a amostra 04 apresentou o menor valor percentual e a de maior valor foi a amostra 24.

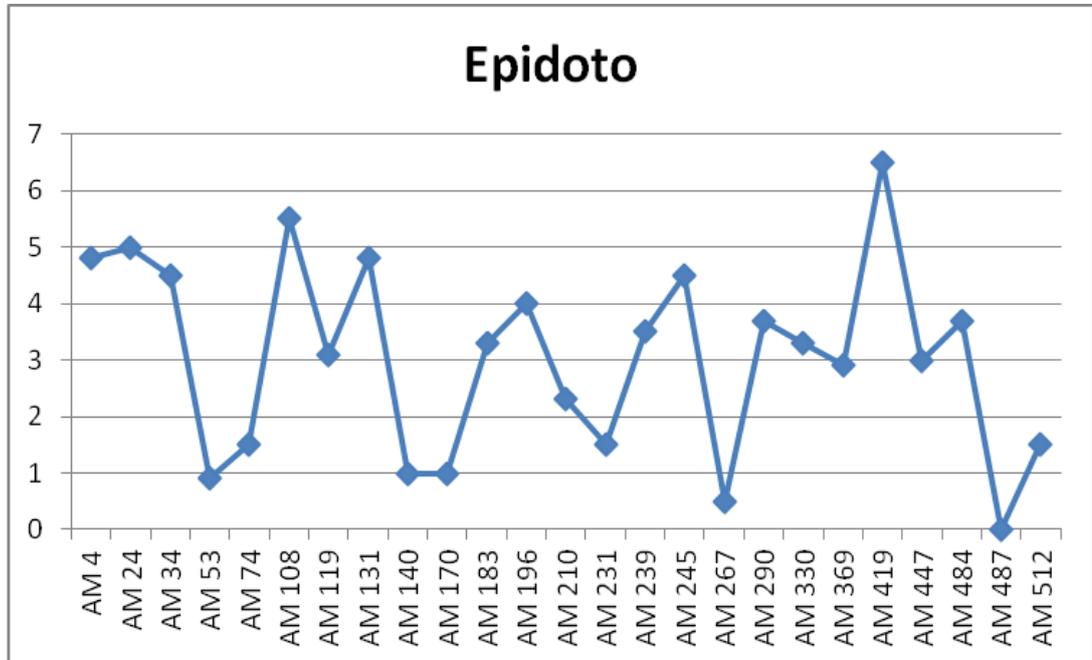
Figura 26 - Mapa de isoteores de Rutilo



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2016.

A figura abaixo (figura 27) mostra a distribuição do mineral Epidoto nas amostras analisadas

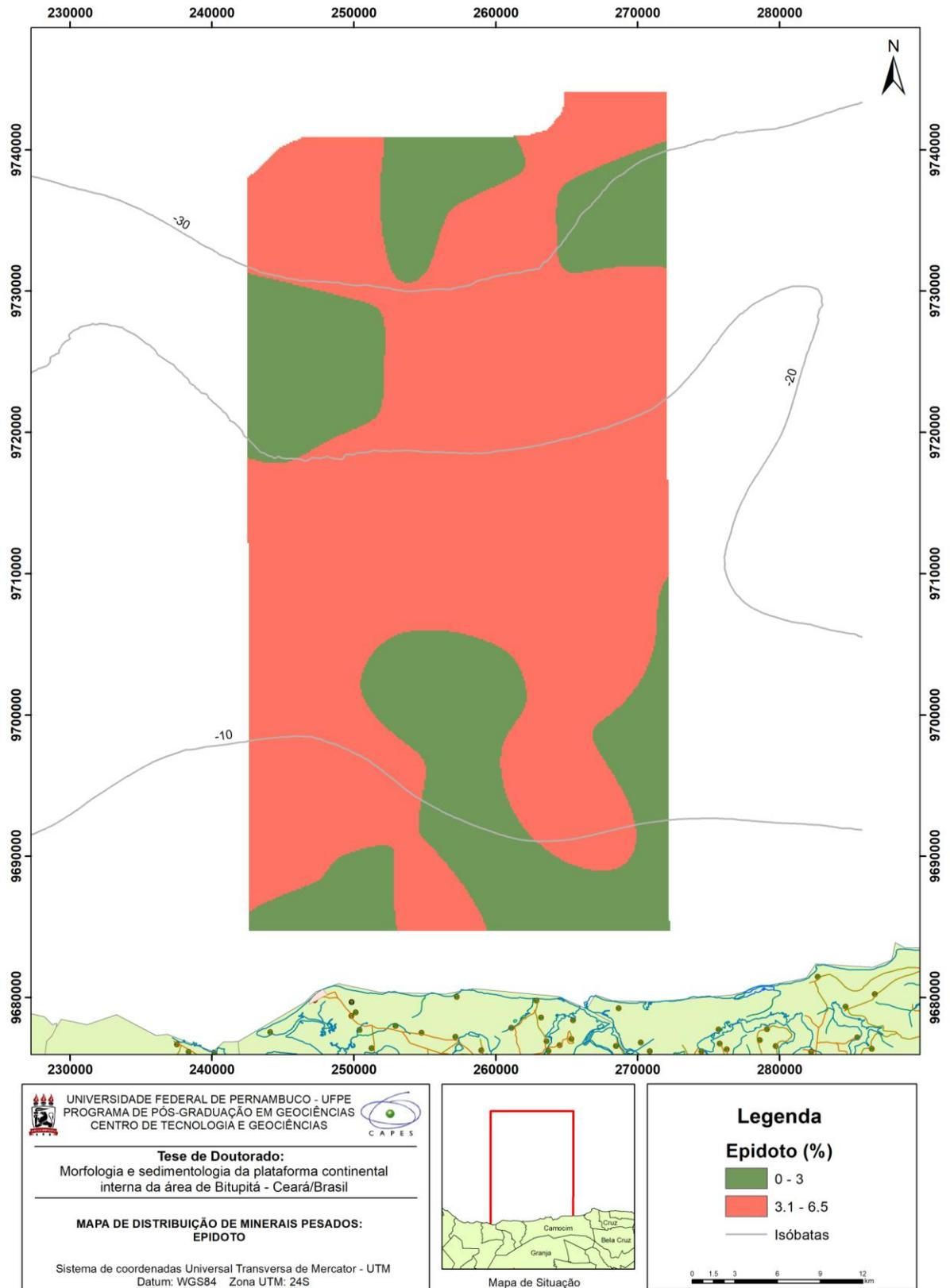
Figura 27 – Distribuição de epidoto nas amostras.



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2016.

O mapa de isotores de epidoto (figura 28) mostra a distribuição deste mineral em 2 diferentes classes que estão distribuídas de 0% a 6.5%. O menor valor deste mineral encontrado nas diferentes amostras se encontra com valor de 0.5% na amostra 267, e de máximo valor a amostra 419 com o valor 6.5% respectivamente. Este mineral se encontra bem distribuído na área de estudo, dentre as amostras analisadas ele se apresenta em maior distribuição na classe de 3,1% a 6.5%.

Figura 28 - Mapa de isoteores de Epidoto



Fonte: LGMA/DEGEO/UFPA, 2016.

A figura 29, mostra a distribuição de Zircão nas amostras analisadas com seus respectivos valores. Este mineral apresentou valor máximo de 2,5% na amostra 53. Em seguida as amostras que ocorreram com maior concentração deste mineral foram as amostra 34, 231 e 487, com seus respectivos valores de 2%.

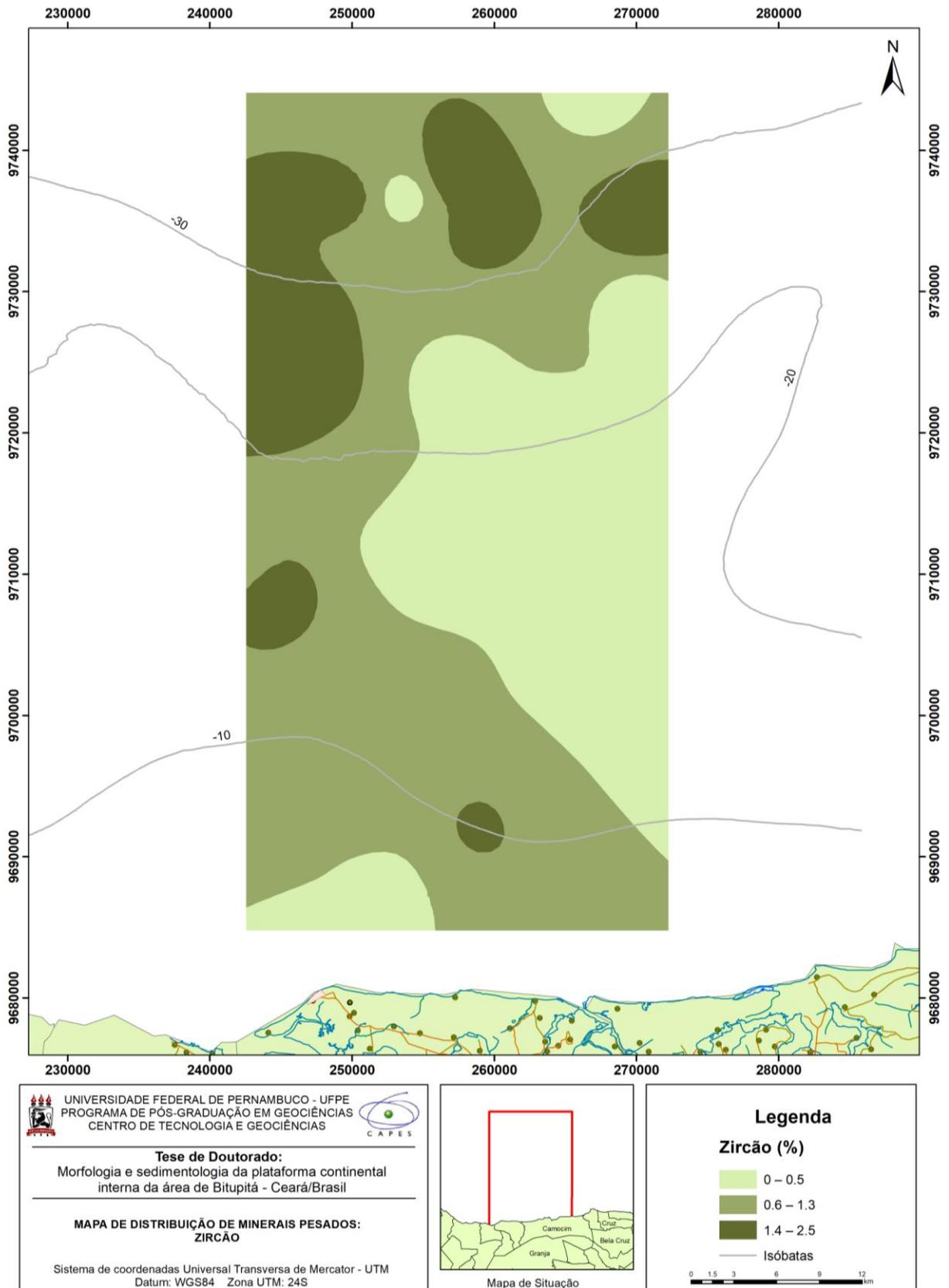
Figura 29 - Distribuição de Zircão nas amostras analisadas.



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2016.

O Mapa de isotores de Zircão (figura 30), se apresenta em 3 diferentes classes. Os valores de Zircão se encontram entre 0% a 2,5%. Os valores de maior concentração (noroeste) deste mineral se encontra no intervalo de 1,3% a 2,5%, na isóbata de 30.

Figura 30- Mapa de isoteores de Zircão

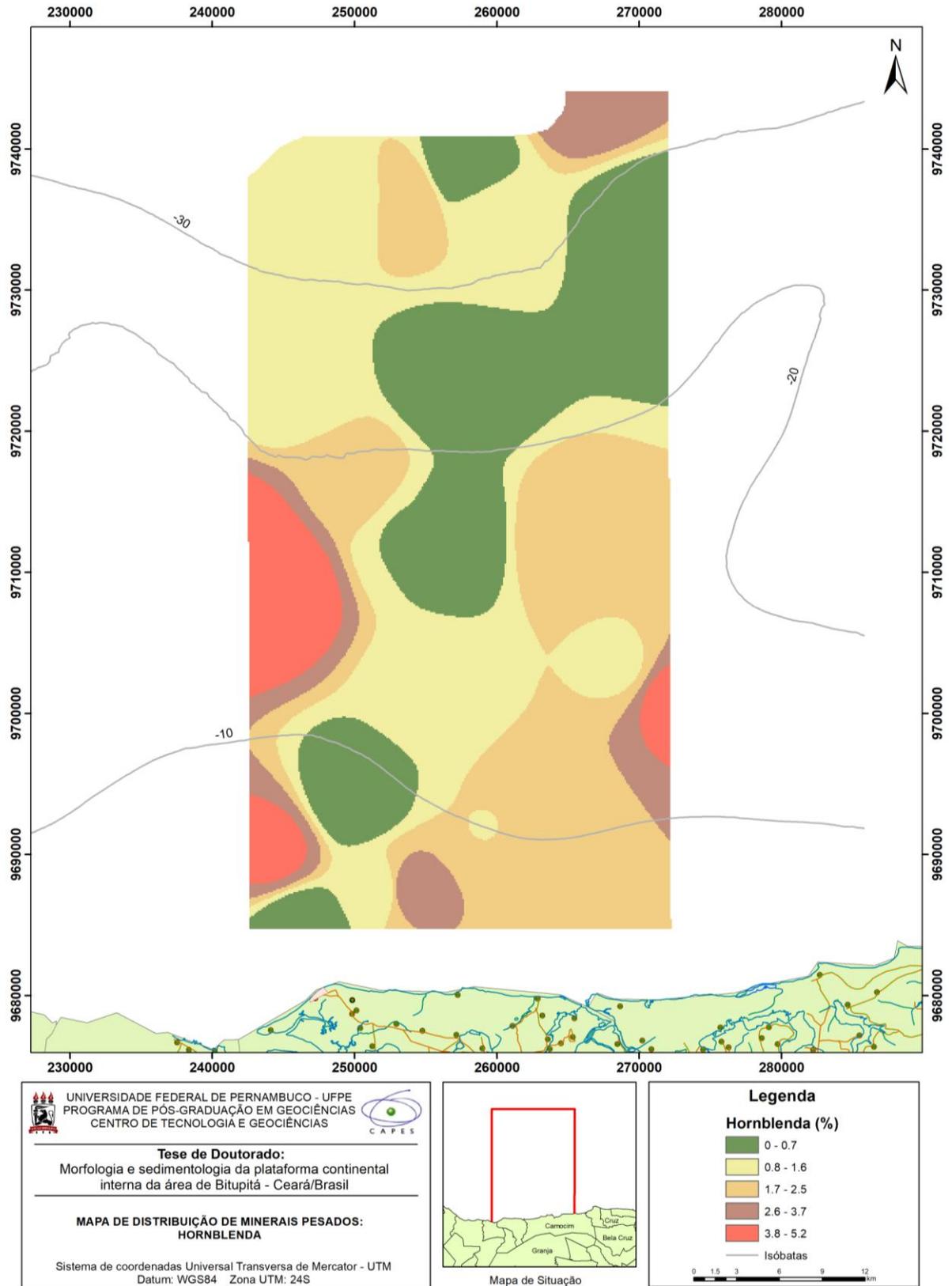


Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2016.

O Mapa de isotores de hornblenda (figura 31), se apresenta em 5 diferentes classes. Os valores se encontram entre 0% a 5.2%. Os valores de maior concentração deste mineral se encontra no intervalo de 3.7% a 5.2%, na isóbata de 20. Havendo uma concentração mínima deste mineral na isobata de 30 nos intervalos de 0% a 0.7% (nordeste).

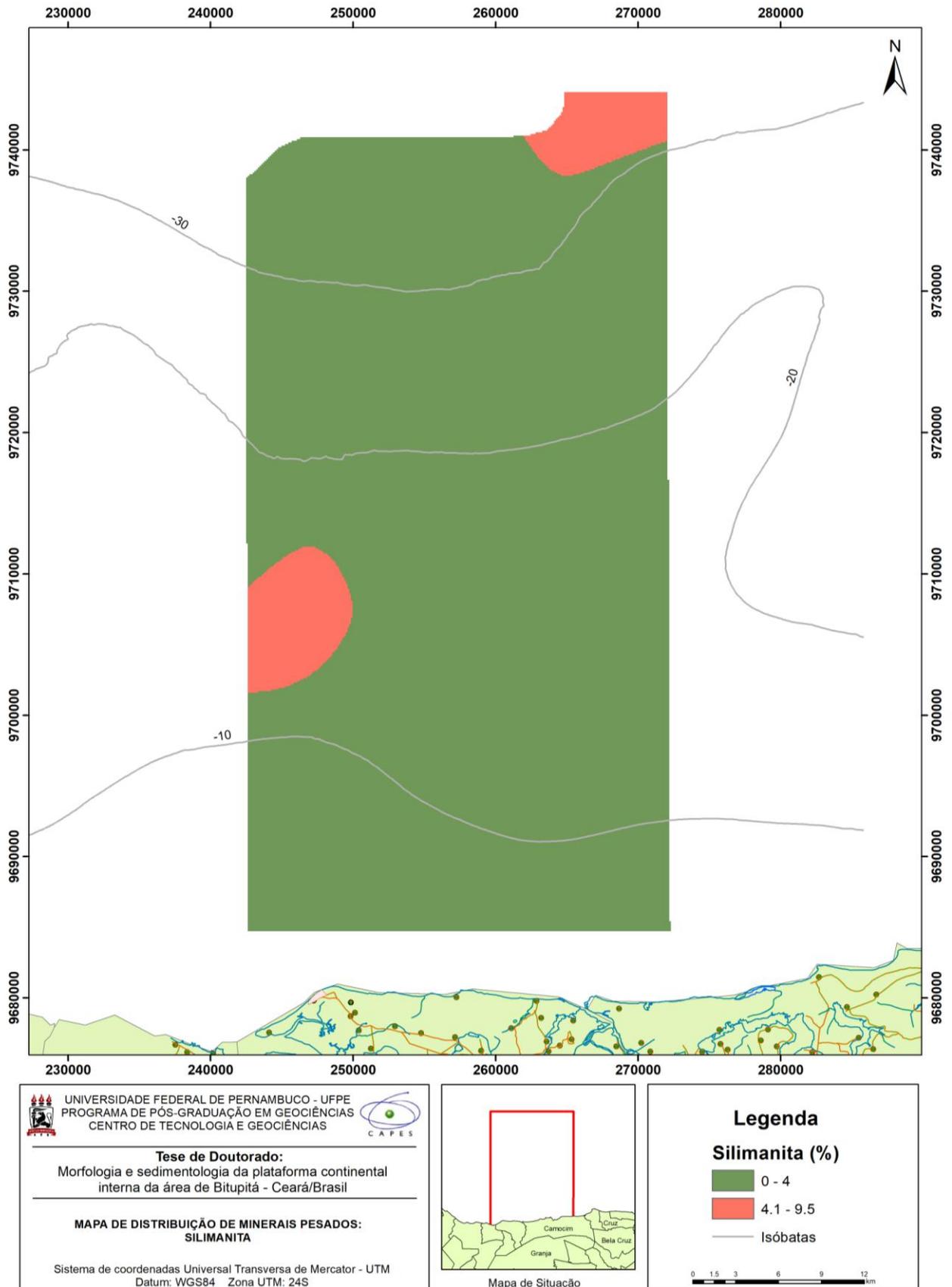
O Mapa de isotores de silimanita (figura 32), apresenta 2 diferentes classes. Os valores se encontram entre 0% a 4% e 4,1% a 9.5%. Os valores de maior concentração (noroeste) deste mineral se encontra no intervalo de 4% a 9.5%, na isóbata de 20. Em toda o restante da área esse mineral se apresenta no percentual abaixo de 4%. Havendo também uma representatividade desse mineral na isobata 40.

Figura 31 - Mapa de isoteores de Hornblenda



Fonte: LGMA/DEGEO/UFPE, 2016.

Figura 32- Mapa de isoteriores de Silimanita



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2016.

Almeida *et al.* (2011) analisaram 56 amostras na plataforma continental oeste cearense e calcularam um teor médio de minerais pesados de 1,4%, variando entre 0,1% e 9,0%. A ilmenita e turmalina predominaram, seguido por monazita, hornblenda, silimanita, estaurolita, epidoto, rutilo, andaluzita e zircão. De acordo com a distribuição espacial foi constatada uma maior concentração próximo à foz do Rio Curu (entre os municípios de Paracuru e Paraipaba) e as amostras do seu entorno apresentaram também concentrações elevadas (3,7%, 4,4%, 4,5%, 5,1% e 5,2%).

5.2 FACIOLOGIA.

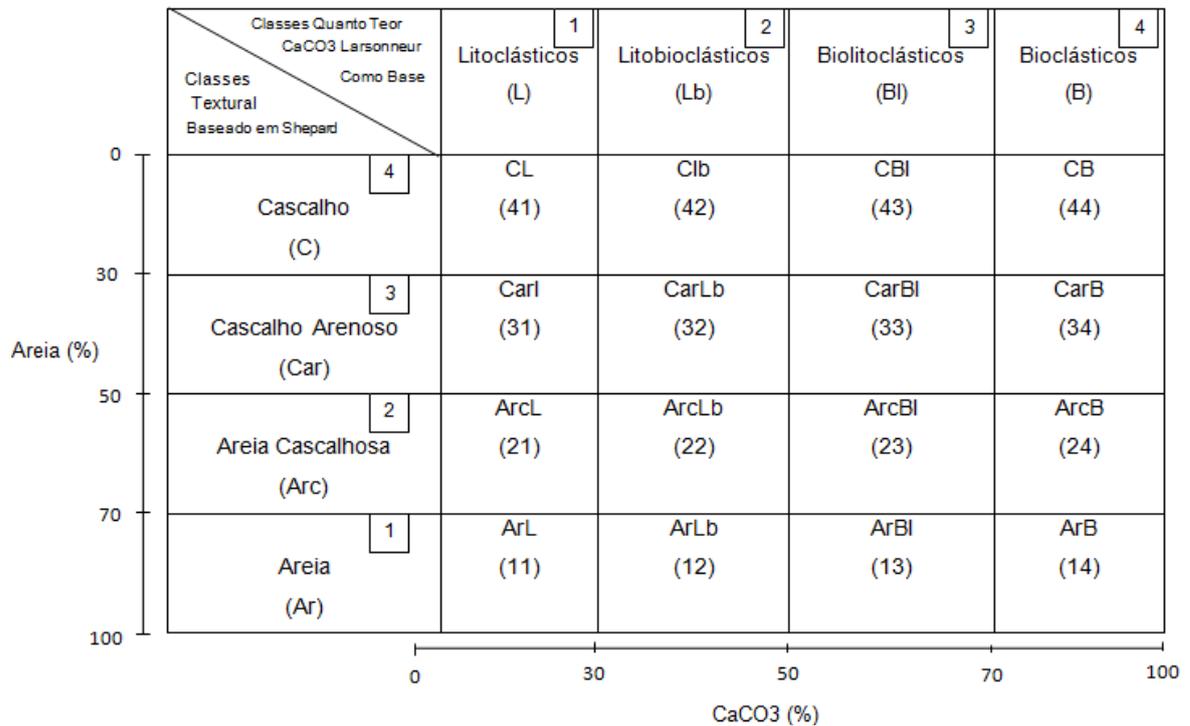
O mapa faciológico é uma representação ilustrativa em nível de escala das principais características dos sedimentos de um dado ambiente. Deste modo, as fácies são propriedades e atributos fundamentais para a reconstituição paleoambiental e condições dinâmicas, que refletem origem, transporte e deposição. Segundo SUGUIO (2003), a descrição, classificação e interpretação destas características através de mapas, constituem um objeto básico da sedimentologia.

Para a classificação das fácies, foram utilizadas 504 amostras para construção do mapa de fácies (figura 34), O mesmo se encontra dividido em 5 fácies sedimentares superficiais diferentes sendo elas: Areia cascalhosa bioclástica, areia bioclástica, areia biolitoclástica, cascalho arenoso bioclástico e areia cascalhosa biolitoclástica.

Para determinação das fácies existentes utilizou-se classificação de Shepard (1954), que leva em consideração a relação entre a quantidade de cascalho, areia e lama e na classificação de Larssoneur modificada de Freire *et al.* (1997), que se baseia nos parâmetros texturais e teores de carbonato de cálcio. Essas duas classificações resultaram em um esquema classificatório apresentado na figura 33 proposto pelo LGMA, considerando o caráter misto dessa plataforma e as ocorrências irrisórias de lama (FREIRE *et al.*, 2007).

Na confecção do mapa faciológico foram utilizados os resultados da classificação granulométrica dos sedimentos de fundo, de acordo com a classificação proposta pelo LGMA e os dados batimétricos. O tratamento das informações para a cartografia em meio computacional foi executado manualmente, com a utilização do *software* ArcGIS 9.3 delimitando as fácies sedimentares.

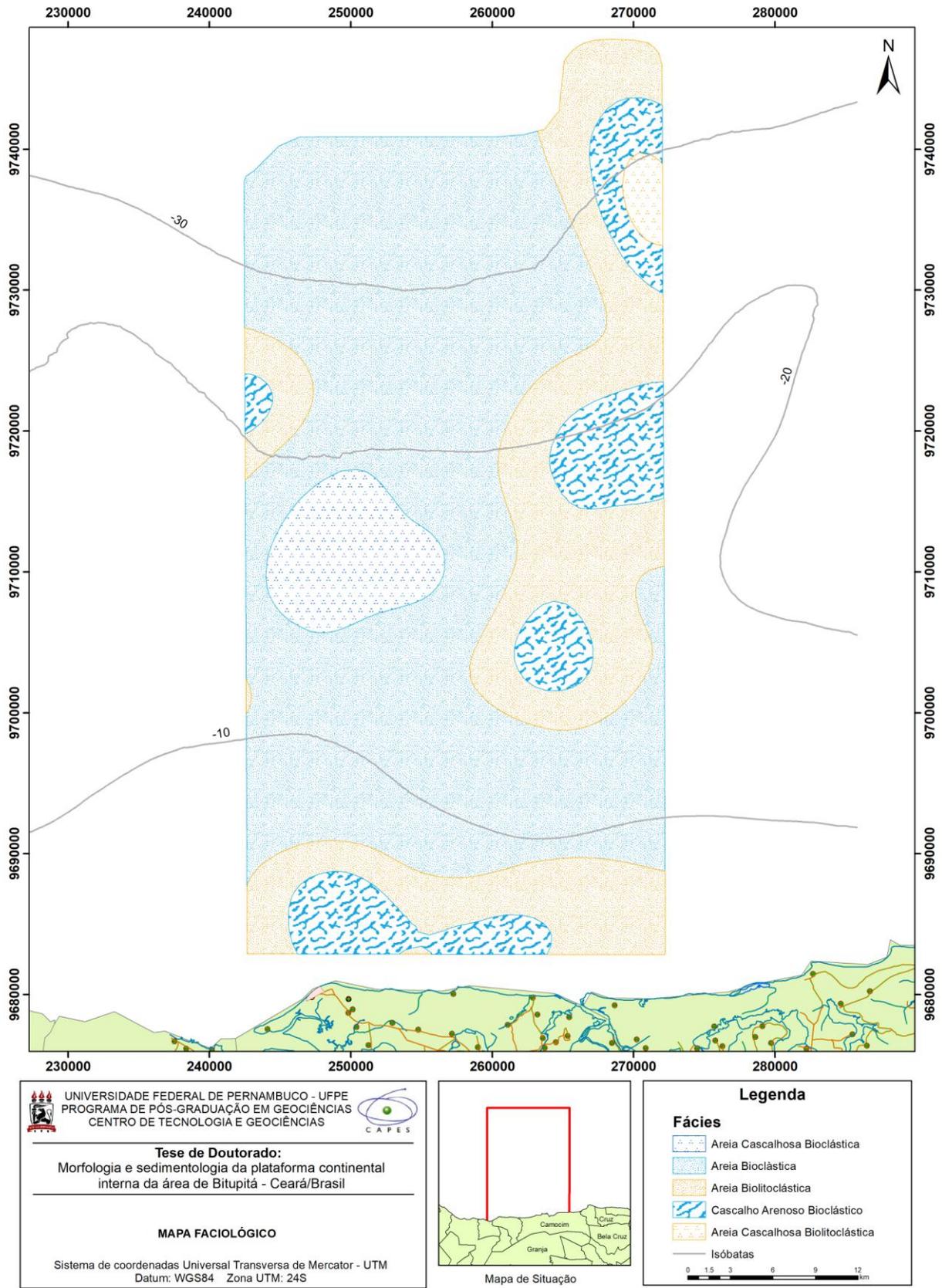
Figura 33 - Classificação de fácies sedimentares.



Fonte: Adaptado de LGMA, 1997.

No mapa faciológico (figura 34) há uma grande concentração de areia bioclástica em toda a área de estudo, havendo uma concentração de areia cascalhosa bioclástica no lado noroeste da área de estudo. Com relação ao cascalho arenoso bioclástico existem algumas áreas representativas na isóbata de 10, já na isóbata de 20 se encontra algumas na parte nordeste do mapa tanto na isóbata de 20 quanto de 30. Com relação a areia cascalhosa biolitoclástica se apresenta apenas na parte nordeste do mapa na isóbata de 30. A areia biolitoclástica se apresenta nas três isóbatas em maior concentração na parte sul da área de estudo na isobata de 10, ou seja próximo ao continente, existe também uma representatividade desta areia na parte nordeste do mapa.

Figura 34 – Mapa de fácies

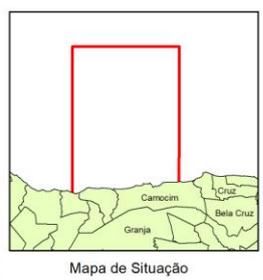


UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS
 CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS

Tese de Doutorado:
 Morfologia e sedimentologia da plataforma continental
 interna da área de Bitupitá - Ceará/Brasil

MAPA FACIOLÓGICO

Sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator - UTM
 Datum: WGS84 Zona UTM: 24S



Legenda

Fácies

- Areia Cascalhosa Bioclástica
- Areia Bioclástica
- Areia Biolitooclástica
- Cascalho Arenoso Bioclástico
- Areia Cascalhosa Biolitooclástica
- Isóbatas

0 1.5 3 6 9 12 km

Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2016.

5.3 ISOTEORES DE CARBONATO CÁLCIO CaCO_3

A concentração predominante de carbonato de cálcio na plataforma continental estudada é superior a 70%, já as menores concentrações ocorrem em pontos isolados. Sendo classificados quanto à composição como “bioclásticos”, utilizando-se a classificação de Larssonneur (1977), modificada por Freire *et al.*, 1997 onde os percentuais de carbonatos e granulometria determinam o tipo de sedimento.

O mapa com os teores de Carbonato de Cálcio (figura 35) apresenta 3 classes distintas, variando 54% até 95%. Para a maior parte das amostras analisadas o percentual de CaCO_3 foi de 86% a 95%. As amostras com esse percentual se apresentam em maior concentração nas isóbatas de 20m e 30m.

5.4 ISOTEORES DE CASCALHO

O mapa de isotores de Cascalho (figura 36), está dividido em 3 classes distintas variando no intervalo de 1.6% a 53.3%. Através do mapa pode-se identificar que as maiores concentrações de cascalho se encontram de forma representativa nas isóbatas de 10m e 20m, com teores de 15.1% a 53.3%. Na isóbata de 30m apresenta uma grande concentração de cascalho nos valores de 1.6% a 15.1%, Na parte sudeste do mapa também ocorre uma boa concentração de cascalho nesses percentuais. Para os valores de 30.3% a 53.3% apresentam uma grande concentração na isobata de 20m, obtendo também uma faixa desses valores na isóbata de 10m.

5.5 ISOTEORES DE AREIA

Mapa de isotores de Areia (figura 37), está dividido em em 3 classes distintas apresentando valores de 36.7% a 93.8%. A primeira classe varia de 36.7% a 63.2%, a segunda varia de 63.2% a 77.5% e a terceira classe varia de 77.5% a 93.8%.

5.6 ISOTEORES DE LAMA

Mapa de isotores de Lama (figura 38), está dividido em em 5 classes distintas apresentando valores de 0.9% a 12.6%.

A primeira classe varia de 0.9% a 2.5%, a segunda varia de 2.5% a 4.4%, a terceira classe varia de 4.4% a 6.8%, quarta varia de 6.8% a 9.5% e a última variando de 9.5% a 12.6%. Das amostras analisadas na área de estudo a maior

concentração de lama se encontra na primeira classe variando de 0.9% a 2.5% na isobata de 20m.

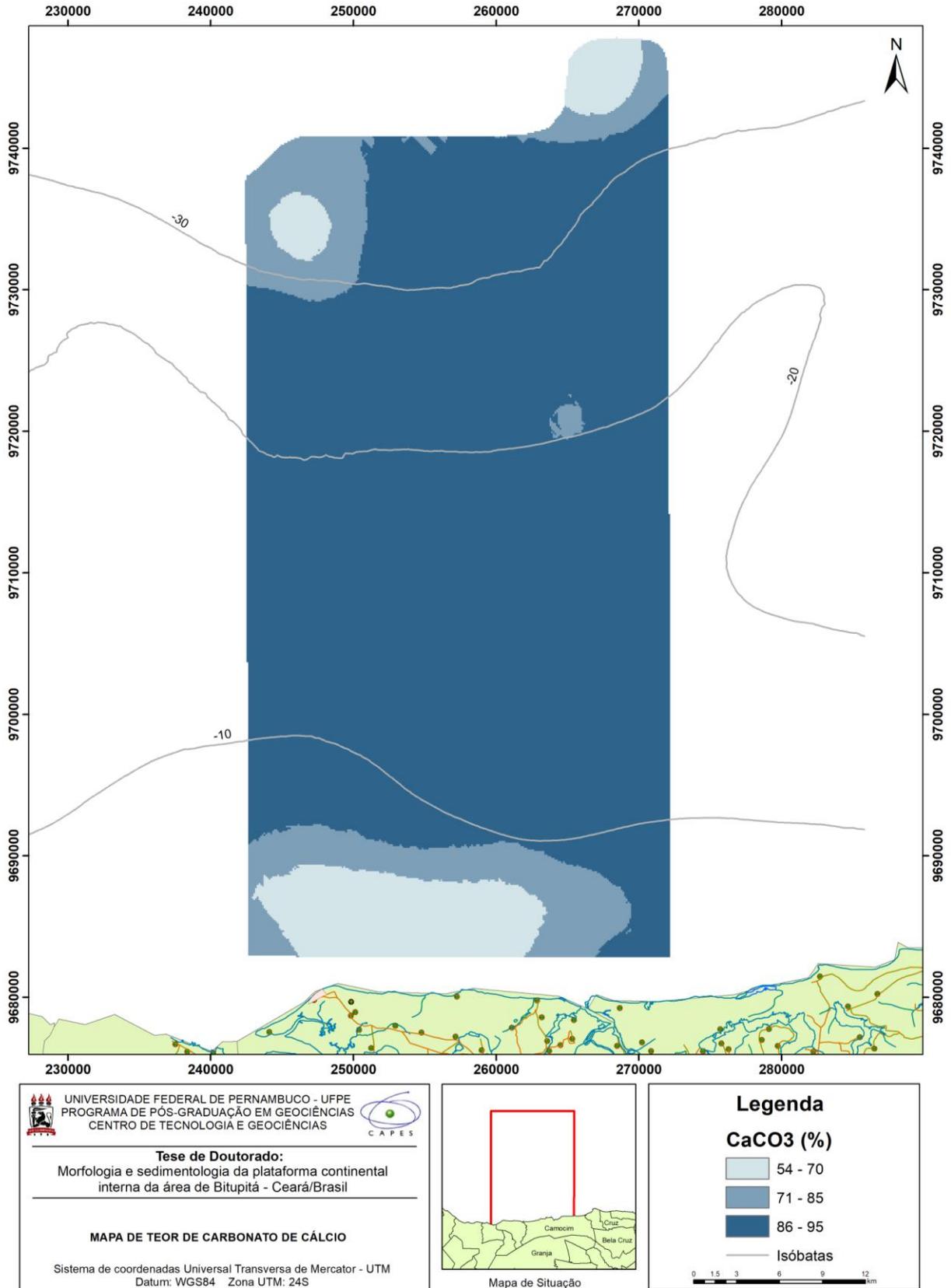
A maior concentração de lama nos teores de 4.4% a 12.6% se apresentam na parte superior da área de estudo mais precisamente acima da isóbata de 20.

5.7 MORFOLOGIA DE FUNDO

A morfologia de fundo foi realizada com dados do levantamento batimétrico, a batimetria foi feita com uso do equipamento Ecobatímetro Modelo (Furuno Eletric) GP-1650F, tela LCD, colorida, a prova d'água, de 5,6", com 2 portas de dados NMEA e com comunicação em PC. Juntamente com GPD, marca Furuno, Modelo GP35-DGPS e um notebook para armazenamento dos dados. As medidas foram realizadas a cada segundo registrando dados referentes às posições e em cada dois segundos e os de profundidades, através de perfis perpendiculares à linha de costa até atingir a isóbata de 30 metros.

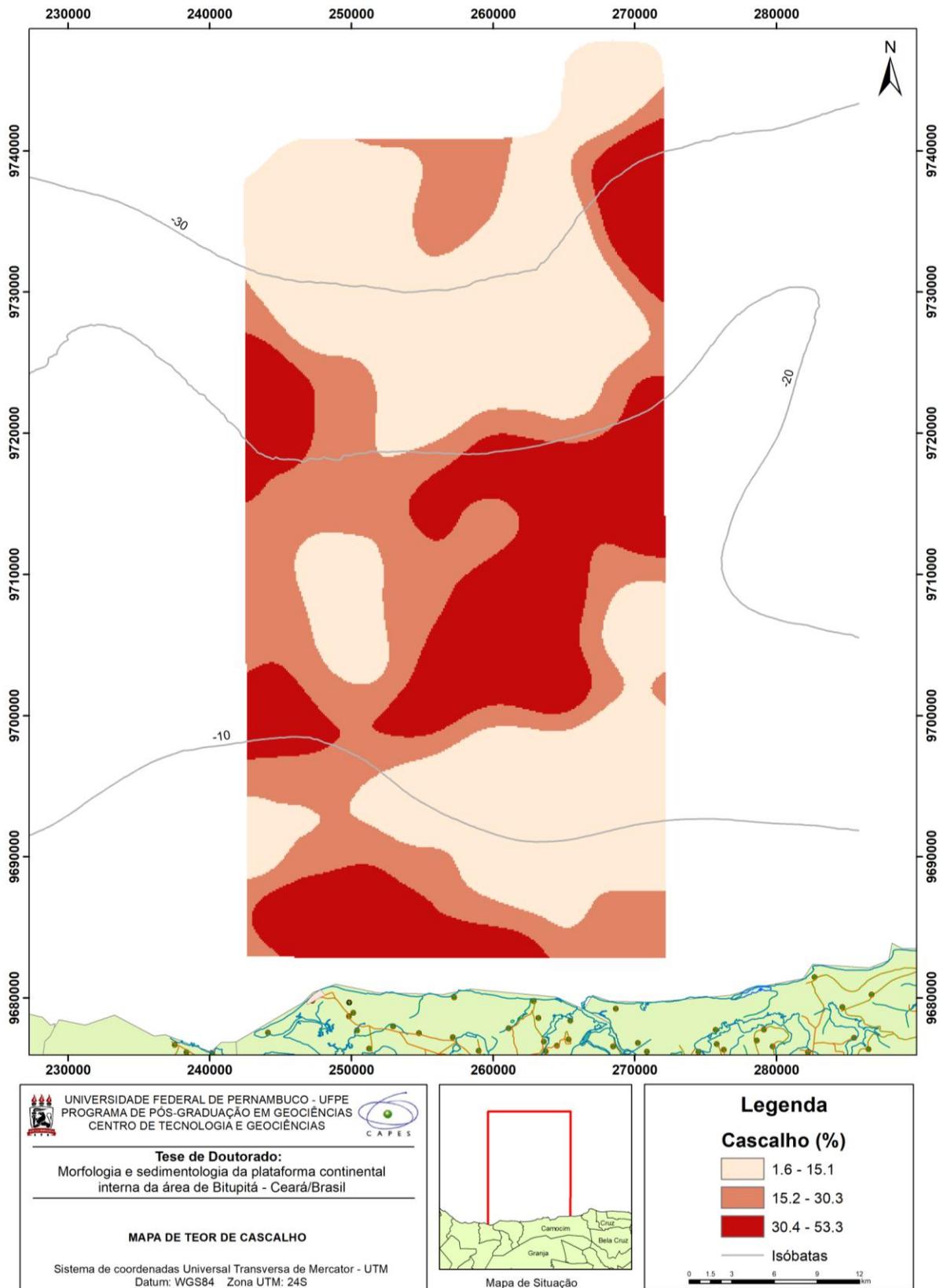
Após a coleta dos dados batimétricos, estes foram vetorizados para gerar um Modelo Digital de Terreno (MDT) (figura 39) de fundo da plataforma. O Modelo Digital de Terreno ou de Elevação é uma representação matemática contínua da distribuição espacial das variações de altitude numa área. Ele é construído a partir das curvas de nível e pontos altimétricos. Eles servem de base para elaboração em softwares específicos para a elaboração de produtos cartográficos como o mapa de declividades e topográfico.

Figura 35 – Mapa de isoteores de carbonato de cálcio.



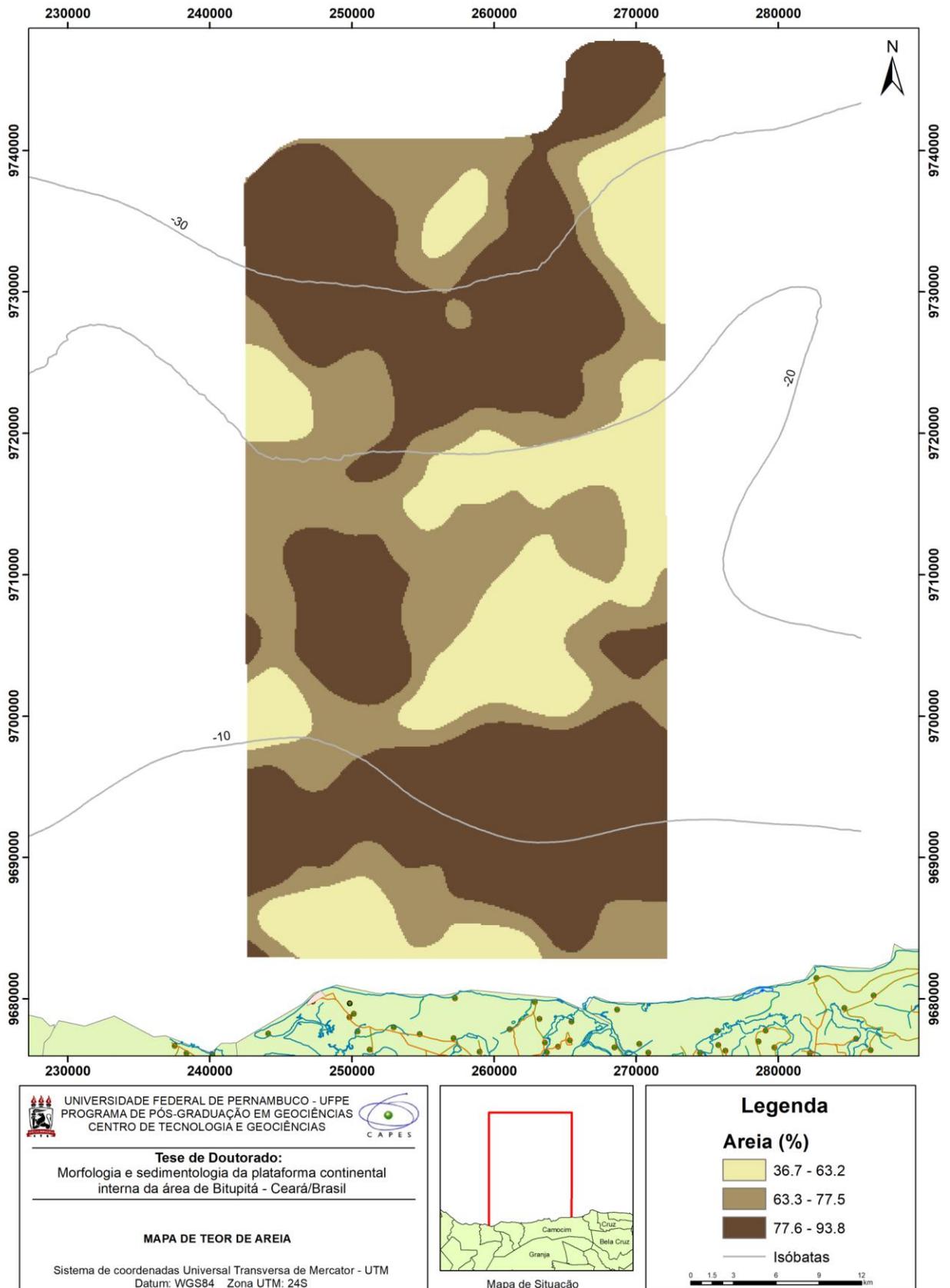
Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2016.

Figura 36 – Mapa de isoteores de cascalho.



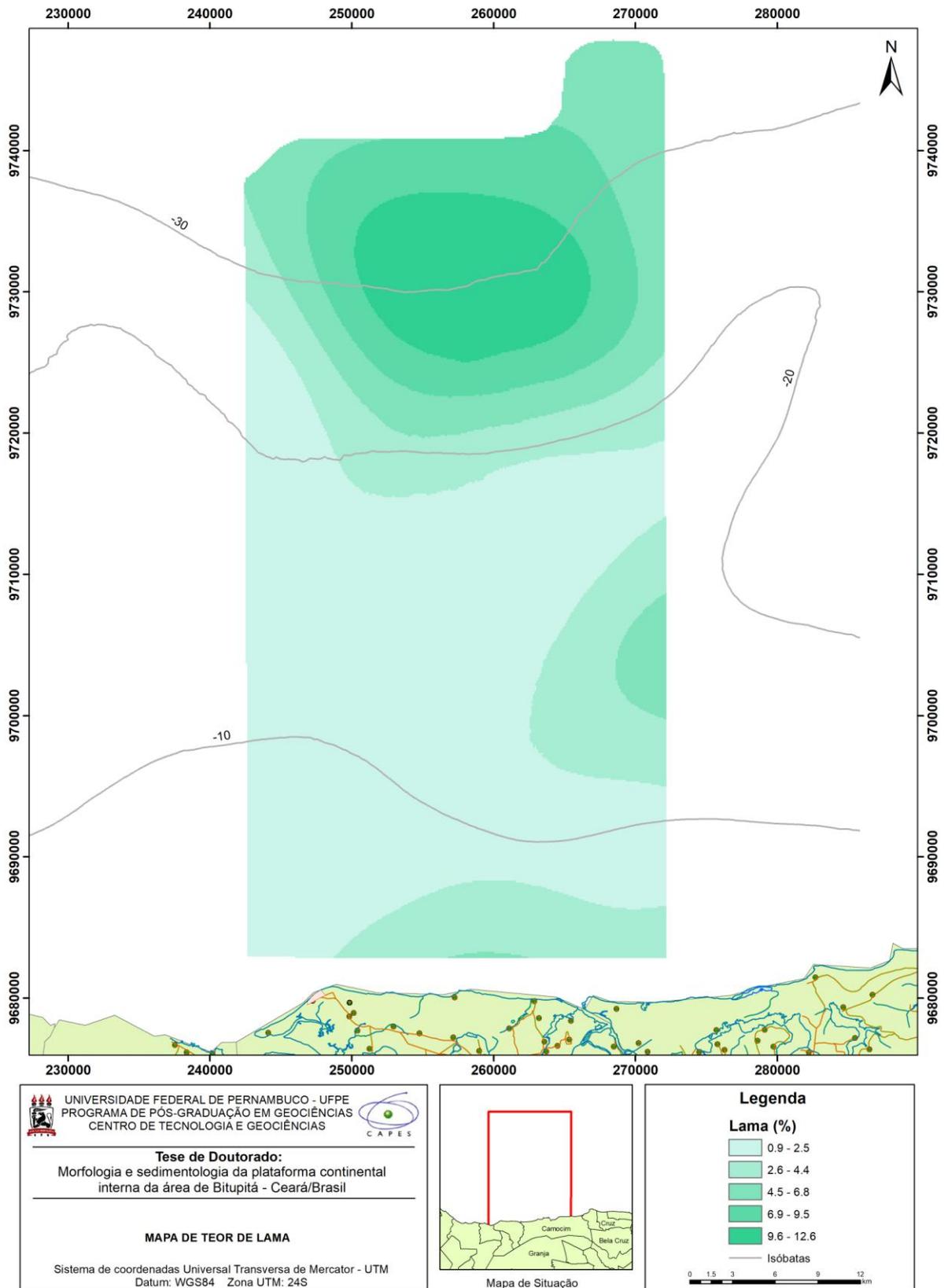
Fonte: LGMA/DEGEO/UFPA, 2016.

Figura 37 – Mapa de isoteores de Areia



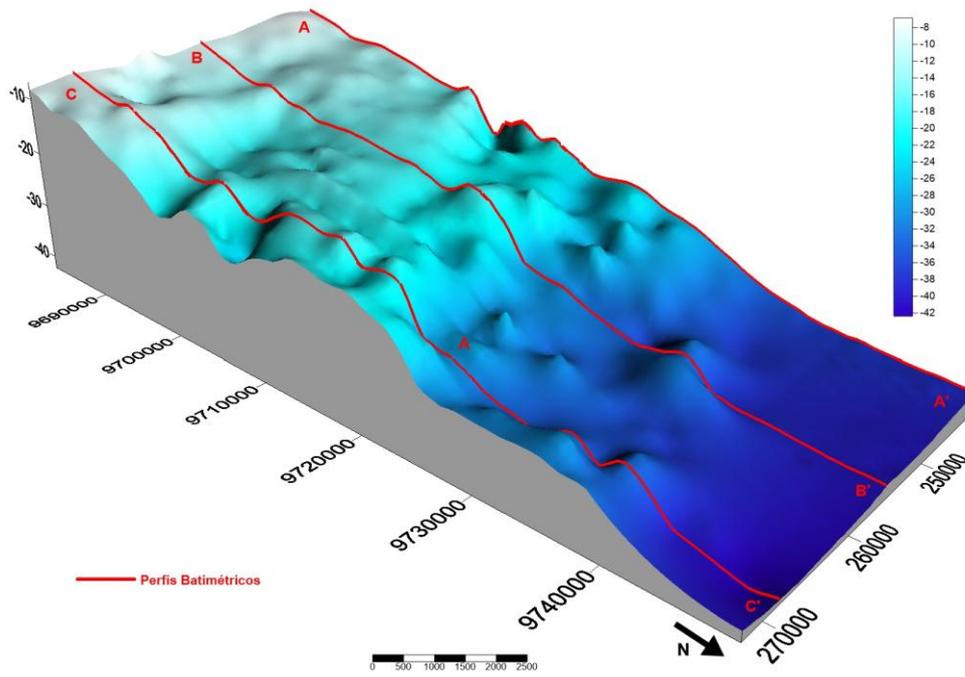
Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2016.

Figura 38 – Mapa de isoteores de Lama

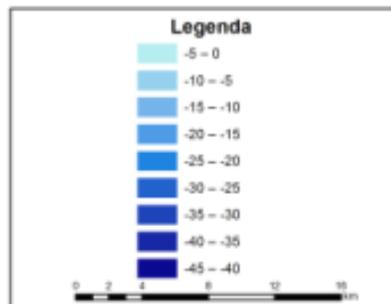
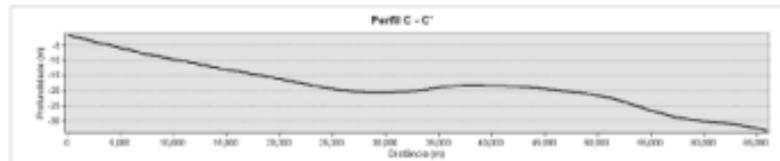
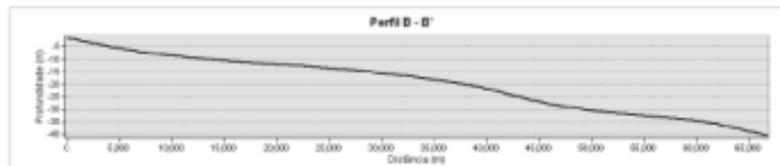
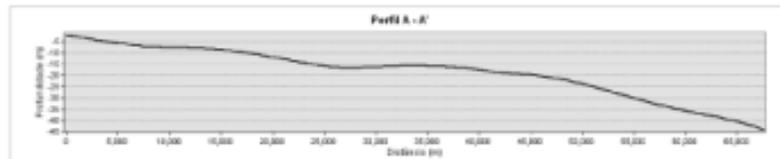


Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2016.

Figura 39 - Mapa Modelo Digital do Terreno.



PERFIS BATIMÉTRICOS



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2016.

5.8 ASSOCIAÇÕES BATIMETRIA X SEDIMENTOS

A área de estudo se apresenta de forma predominantemente plana, com declividade inferior a $0,5^{\circ}$, possuindo sua maior variação na porção central da área, que se encontra na isóbata de 20 metros. Para uma melhor compreensão da morfologia foram traçados 3 perfis batimétricos perpendiculares à linha de costa.

No perfil A-A', a plataforma se apresenta de forma plana na sua porção inicial, possivelmente por causa da influência do rio Timonha no processo de deposição dos sedimentos da região. Ocorre também uma quebra na declividade na isóbata de 20 metros, onde pode ser visualizado um patamar mais plano com uma pequena área rebaixada que se estende por cerca de 15 quilômetros e a partir daí a declividade se acentua novamente, ocorrendo na área rebaixada as maiores concentrações de hornblenda, silimanita e zircão.

Já o perfil B-B' possui uma declividade mais uniforme, com uma quebra mais aparente que acentua a inclinação do terreno próximo a isóbata de 30 metros.

Por último o perfil C-C', apresenta uma área rebaixada próximo à isóbata de 20 metros, sofrendo uma elevação do terreno e logo depois retornando com a inclinação no sentido da bacia oceânica. Essa área rebaixada forma uma zona de acumulação que aparece associada aos maiores teores de turmalina.

A morfologia do fundo também apresenta a ocorrência de minerais associados a determinadas faixas de profundidade, a exemplo da turmalina que tem sua maior concentração associada a profundidade média de 15 a 25 metros.

Com relação à granulometria, sua distribuição na área apresenta os maiores teores de lama próximo a isóbata de 30 metros, os maiores percentuais de areia associados às profundidades de 10 e 30 metros e a distribuição de cascalho com seus maiores teores nas profundidades médias de 5 metros e na faixa entre 10 e 20 metros, na parte leste da área.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa foi realizada na Plataforma Continental Brasileira, ao largo do Estado do Ceará nas adjacências da localidade de Bitupitá, abrangendo parcialmente o município de Barroquinha e Camocim que fica no extremo Oeste do Estado do Ceará.

Para a Plataforma continental, apresentou um mapeamento dos sedimentos superficiais marinhos até a isóbata de 30m, foi confeccionado o modelo batimétrico, o mapa faciológico, teor de carbonato de cálcio (CaCO_3), Cascalho, areia e lama.

O modelo batimétrico é de extrema importância para representar a morfologia de fundo e subsidiar na confecção do mapa faciológico.

Foram utilizadas no total de 25 amostras para análise de minerais pesados e confeccionada um mapa de pontos de amostragem dos minerais pesados, Os minerais pesados encontrados nas amostras foram Ilmenita, Turmalina, Monazita, Estauroлита, Andaluzita, Silimanita, Epídoto, Hornblenda, Zircão, Rutilo, Cianita, Apatita, Granada, Magnetita, Espinélio, Cassiterita e Leucoxênio.

Os minerais pesados encontrados nas amostras apresentam um teor médio de 0,14% com valor mínimo de 0,5% e máximo de 75,6% (amostra 487). O que indica que os dados provêm de uma população um pouco irregular e estão em uma dispersão relativamente ampla.

A Ilmenita e Turmalina foram os minerais que mais se destacaram, apresentando percentagens consideráveis que juntos perfazem mais de 70% da assembléia total de minerais pesados.

Para a classificação das fácies, foram utilizadas 504 amostras para construção do mapa de fácies. O mesmo se encontra dividido em 5 fácies sedimentares superficiais diferentes sendo elas: Areia Cascalhosa Bioclástica, Areia Bioclástica, Areia Biolitoclastica, Cascalho Arenoso Bioclástico e Areia Cascalhosa Biolitoclástica. O mapa de fácies mostra a relação existente entre os pontos de amostragem e o tipo de fácies existente.

Para determinação das fácies existentes utilizou-se classificação de Shepard (1954), que leva em consideração a relação entre a quantidade de cascalho, areia e lama e na classificação de Larssoneur modificada de Freire *et al.* (1997), que se baseia nos parâmetros texturais e teores de carbonato de cálcio.

REFERENCIAS

- ADDAD, J. E. **Minerais Pesados**: uma ferramenta para prospecção, proveniência, paleogeografia e análise ambiental. 2ª Ed. São Paulo, 2010. 208p.
- AGUIAR NETO, Antônio Borges de. **Ocorrências de minerais pesados na plataforma continental interna/média Oeste do Ceará**. 2015. 116f. Tese (Doutorado em Geologia). Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2015.
- ALMEIDA, N. M.; LEHUGEUR, L. G. O.; FREIRE, G. S. S.; SANTOS, D. M.; AGUIAR NETO, A. B. Assembleia de Minerais Pesados da Plataforma Continental – Porção Oeste do Estado do Ceará, Brasil. **Revista de Geologia (Fortaleza)**, Vol. 24, nº 1, 21-27, 2011.
- AQUASIS. **A Zona Costeira do Ceará**: diagnóstico para a questão integrada. Fortaleza, 2003. 293p.
- ARAÚJO, R. C. P. **Diagnóstico Socioeconômico da Zona Costeira do Estado do Ceará**. Fortaleza: Instituto de Ciências do Mar (Labomar/UFC). Programa de Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) do Estado do Ceará, 2005. 539p.
- ARAÚJO, A. B. **Análise caracterização da dinâmica da foz do rio Apodi, região de Areia Branca/RN, com base na cartografia multitemporal de produtos de sensores remotos**. 2006. 159f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.
- ASSIS, H. M. B. **Sedimentos marinhos da plataforma continental de Pernambuco e critérios estratégicos de gestão**. 2006. 153f. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.
- BAPTISTA NETO, J. A. *et al.* **Introdução a Geologia Marinha**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2004. 279p.
- BARRETO, L. A.; MILLIMAN, J. D.; AMARAL, C. A. B.; FRANCISCONI, O. Northern Brazil. In: MILLIMAN, J. D.; SUMMERHAYES, C. P. (Ed.). Upper continental margin sedimentation off Brazil. **Contrib. Sedimentol.**, v. 4, p. 11-43, 1975.
- BELTRAMI, C. V. **Litroestratigrafia da Bacia do Ceará**. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Relatório Interno, Rio de Janeiro, 1990.
- BELTRAMI, C. V. *et al.* **Bacia do Ceará**. *Boletim de Geociências da Petrobras*, **8** (1): 117-125. 1995.
- BEZERRA, A.F. & FURTADO, A.M. Estudo das Variações Morfológicas e Sedimentológicas da Praia de Piratininga, como Subsídio para o Entendimento da Dinâmica Litorânea. Instituto de Geociências. Universidade Federal Fluminense. UFPA. 1995. <http://www.uff.br/egg/artigos/bezerra-adriana.doc>.

BIRKEMEIER, W. A. Fast accurate two-person beach survey. Coastal Engineering Technical Aid 81-11. U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station. Coastal Engineering Research Center, Vicksburg, Mississippi. 1981. 22p.

BOUTMIN, G. 1986. *Dragage et exploitation des sables marins: qualité des matériaux ET conséquences sur le milieu*. Nantes, Université de Nantes, 1986, 201p. (Tese de Doutorado).

BOYER, P. R., 1969. Structure of the continental margin of Brazil. Natal to Rio de Janeiro. Thesis University Illinois, Urbana. 93p.

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

BROOKS, G.R., DOYLE, L.J., SUTHARD, B.C., LOCKER, S.D., HINE, A.C. 2003. *Facies architecture of the mixed carbonate/siliciclastic inner continental shelf of west-central Florida: implications for Holocene barrier development*. Marine Geology, 200: 325-349.

CAVALCANTI, V. M. M. **Plataforma continental: a última fronteira da mineração brasileira**. Brasília: DNPM, 2011. 104p.

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

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

CAMPOS, L. G. Delineamento do pé do talude na margem continental do Ceará através da integração de dados geológicos e geofísicos. Tese de mestrado. UFPA. Belém – PA 1992.

CAVALCANTI, V.M.M. 1998. Qualidade das areias marinhas para utilização como agregado na Construção civil, na Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará. Universidade Federal do Ceará, 1998, 87p. (Dissertação de Mestrado)

CAMPOS, L. G. Delineamento do pé do talude na margem continental do Ceará através da integração de dados geológicos e geofísicos. Tese de mestrado. UFPA. Belém – PA 1992.

CARMONA, S.L., GHERARDI, D.F.M., TESSLER, M.G. Environmental sensitivity mapping and vulnerability modeling for oil spill response along the São Paulo State coastline. Journal of Coastal Research. Florida: Royal Palm Beach, v.39, n.SI, 2004.

CARVALHO, A. M. **Dinâmica costeira entre Cumbuco e Matões, costa noroeste do Estado do Ceará. Ênfase nos processos eólicos**. 2003. 194f. Tese (Doutorado)

em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2003.

CARVALHO, J.C., and O. Fransisconi. **Análise de depocentros, e suas associações com a geomorfologia e a estrutura da Margem Continental Brasileira.** In: Asmus, H.E. (ed.). Estruturas e Tectonismo da Margem Continental Brasileira, e suas Implicações nos Processos Sedimentares e na Avaliação do Potencial de Recursos Minerais (Final Report) Rio de Janeiro: PETROBRAS/CENPES/DINTEP. P 171-186 (Projeto REMAC Series), v.9, 1981.

CASTRO JR., A. C. M. **Aspectos estruturais das bacias de Barreirinhas e do Ceará.** *In: Seminário de Interpretação Exploratória.* 2, Rio de Janeiro, 1994. PETROBRAS/DEPEX, *Anais*, 1994. p.278-281.

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

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

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

CORRÊA, I.C.S.; Zouain, R.N.A.; Weschenfelder, J. Tomazelli, L.J. 2006. Heavy minerals from south Brazilian continental shelf to North Argentina: distribution and provenance. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE SEDIMENTOLOGIA, 4. San Carlos de Bariloche, Rio Negro-Argentina. *Resúmenes...*, p.79.

CORRÊA, I.C.S. 1990. Analyse morphostructurale et evolution paleogeographique de la plateforme continentale atlantique sud-bresilienne (Rio Grande do Sul-Brésil) . Tese de Doutorado. Université de Bordeaux I. Talence-França. 314p.

COSTEAU, JACQUES. <https://www.oeco.org.br/blogs/frases-do-meio-biente/frases-do-meio-ambiente-jacques-cousteau-oceanografo-e-documentarista-23-08-2018/>

COUTINHO,P.N; CARVALHO,AM; 1996 - Caracterização geoambiental e dinâmica costeira da região de Aquiraz na costa leste do Estado do Ceará In Revista de Geologia, vol 7, p 55-68, Fortaleza. AQUIRAZ; GEOANBIENTE; DINAMICA COSTEIRA

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

COUTINHO, P.N. & MORAIS, J.O. Distribution de los sedimentos en la plataforma continental norte-nordeste do Brasil. Symposium on Investigation and Resources of the Caribbean Sea and Adjacent Regions-UNESCO, 261-284, 1968.

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

Damuth, J. E. & Palma, J. J. C., 1979. Geomorfologia do fundo do Atlântico Equatorial Oeste. In: Projeto REMAC - Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. PETROBRÁS, Rio de Janeiro, Série Projeto REMAC, (7):53-88.

DHN. www.mar.mil.br/dhn, pesquisa realizada em 23/10/2010.

DIAS, G.T.M. 2000. Granulados bioclásticos – algas calcárias. *Revista Brasileira de Geofísica*, 18(3):307-318, 2000.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Sumário Mineral 2013**. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=3165> acesso em 27 de abril de 2015.

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

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

EMERY, K. O. Relict sediments on continental shelf of world. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull*, 52 (3): 445-64, 1968.

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

FRANÇA, C.F. de & SOUZA FILHO, P.W.M. Análise das Mudanças Morfológicas Costeiras de Médio Período na Margem Leste da Ilha de Marajó, (Pa) em Imagem Landsat. *Revista Brasileira de Geociências*. 33(2-Suplemento):127-136. 2003.

FRANÇA, A. M. C.; COUTINHO, P. N. & SUMMERHAYES, C.P. Sedimentos superficiais da margem continental Nordeste brasileira. *Revista Brasileira de Geologia*. 6 (2): 78-88, 1976.

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

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

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

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

FUNCEME. **Fundação Cearense de Meteorologia.**

GORNITZ, V., 1995. *Sea-level rise: a review of recent past and nearfuture trends.* Earth Surface Processes and Landforms, 20: 7-20

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

HEEZEN, B.C; THARP, N. & EWING, M. The floors of oceans. In: The North Atlantic New York. P. 122, 1959.

HOEFEL, F.G. 1973. Morfodinâmica de Praias Arenosas Oceânicas - Uma Revisão Bibliográfica. Itajaí: Editora da Univali. 1998. p.92.

INPE. site www.inpe.br.

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

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

ISLAM Md.R.; Stuart, R.; Vesa, P. 2002. Mineralogical changes during intense chemical weathering of sedimentary rocks in Bangladesh. Journal Asian Earth Sciences, 20:889-901.

JACKSON, D.W.T.; COOPER, J.A.G.; DEL RIO, L. Geological control of beach morphodynamic state. Marine Geology 216. 2005. p.297-314.

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

JOAO GÓES. Universidade Estadual Sudoeste da Bahia UESB. (Apostila de estatística básica)

JUDD, J. B. ; SMITH, W.C. & PICKEY, O. H. The enviromental significance of ironstained quarts grains of the southerastern United States Atlantics. Shelf – Mar. Geol., 8: 355-362, 1970.

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

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

LEWIS, G. R. *The Stannaries: A study of the English Tin Miner.* Havard University Press, Cambridge, 1924.

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

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

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

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

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

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

MAIA, C. J. C. **Os minerais pesados da plataforma continental interna oeste do Estado do Ceará.** 2005. Monografia (Graduação em Geologia), Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

MABESOONE, J.M. & COUTINHO, P.N. 1970. Littoral and Shallow Marine geology of northern and northern. *Trab. Oceangr. UFPE Recife*, 12: 214, 1970

MANGE, M.A. & Maurer, H.F.W. 1992. *Heavy Minerals in Colour.* Chapman and Hall, London. 80p.

MARTINS, L. M.; URIEN, C. M. & BUTLER, L. W. **Províncias fisiográficas e sedimentos da margem continental atlântica da América do Sul.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26°. Belém, 1972. *Anais. São Paulo, Soc. Bras. geol.*, V. 2. P. 105-114, 1972.

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

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

MILLIMAN, J.D. & SUMMERHAYES. (1975) Upper continental margin sedimentation off Brasil. Contributions to Sedimentology.4, p.1-175.

MOORE, H. B. Faecal pellets in relation to marine deposits In: TRASK,P.P. ed., Recent marine sediments. Special na. Assoc. Petrol. Geologists. Publ. (4): 516-524, 1939.

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

MORTON, A.C. & HALLSWORTH, C.R. 1994. Identifying provenance-specific features of detrital heavy mineral assemblages in sandstones. Sedimentary Geology. 90:241-256. NATURAL HISTORY MUSEUM - <http://www.nhm.ac.uk/nature-online/science-of-natural-history/expeditions-collecting/hms-challenger-expedition>. pesquisa realizada no dia 24 de março de 2015.

MORTON, A.C. & HALLSWORTH, C.R.1999. Processes controlling the composition of heavy mineral assemblages in sandstones. Sedimentary Geology. 124:3-29.

MORTON, A.C. & HALLSWORTH, C.R. 1994. Identifying provenance-specific features of detrital heavy mineral assemblages in sandstones. Sedimentary Geology, 90, 241-256.

MORTON, A.C. 1985. Heavy minerals in provenance studies. In: Zuffa, G.G. (Ed.), Provenance of Arenites. Reidel, Dordrecht, p.249-277.

PALMA, .J.J.C. 1979. geomorfologia da plataforma continental norte brasileira. in: H.A.F. CHAVES (editor), geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. rio de janeiro. petrobras **projeto remac**, 7, p. 25-51.

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

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

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

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

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

REMAC, 1975. Mapas batimétricos da margem continental brasileira. In: Projeto REMAC-PETROBRÁS, Rio de Janeiro, Série Projeto REMAC.

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

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

SEMACE. Site www.semace.ce.gov.br.

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

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

SILVA FILHO, W.F.D. Domínios da Plataforma Continental do Estado do Ceará. 2004.

SILVA, C. G. Placeres Marinhos. **Brazilian Journal of Geophysics**, Vol. 18(3), p. 327-336, 2000.

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

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

SOUZA, M.J.N. **Cobertura Vegetal e Antropismo no Estado do Ceará: uma abordagem utilizando imagens TM-LANDSAT**. Fortaleza. FUNCEME, 1993. 34p.
STURGES, H. A. The choice of a class interval. Journal of the American Statistical Association, Vol. 21, No. 153 (Mar., 1926), pp. 65- 66.

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

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

SUGUIO, K. Rochas Sedimentares, São Paulo, Edgard blucher, ed., 500, 1973.

SWIFT, D. J.; Stanley, d. j. &Curray, J. R. Relict sediments on continental shelf: a reconsideration. Jour. Geol., 79: 322-346, 1971.

TOMAZELLI, L. J. 1978. Minerais pesados da plataforma continental do Rio Grande do Sul. *Acta Geológica Leopoldensia*, estudos Tecnológicos-UNISINOS, São Leopoldo-RS, Brasil, 2(5):103-159.

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

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

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

WENTWORTH, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. Journal of Geology 30: 377–392.

WRIGHT, L. D.; NIELSON, P.; SHORT, A. D.; GREEN, M.O. Morphodynamics of a macrotidal beach. Marine Geology, 50:97-128. 1982.

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

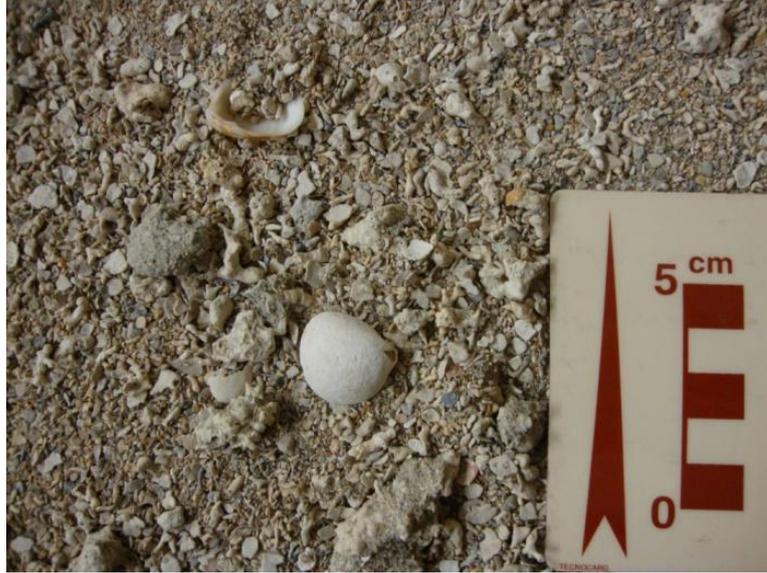
ZEE – ZONEAMENTO ECOLÓGICO ECONÔMICO. **Mapeamento das unidades geoambientais da zona costeira do estado do ceara. (Zoneamento Ecológico-Econômico do litoral e ecossistemas associados do estado do ceará – ZEE).** Instituto de Ciências do Mar (Labomar/UFC). Fortaleza, 2005. 226p.

ZEMBRUSCKI, S.G.; BARRETO, H.T.; PALMA, J.J.C & MILLIMEN, J.D. Estudo das províncias geomorfológicas da margem continental brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26°. Belém. Anais. São Paulo, Soc bras. Geol. V.2. p. 187- 209, 1972.

ZEMBRUSCKI, S.G. Sedimentos da plataforma continental do Brasil. In: COMISSÃO OCEANOGRÁFICA, 33. DHN Noc “Almirante Saldanha”, 14-3 a 3.5.67. p. 369-409, 1967.

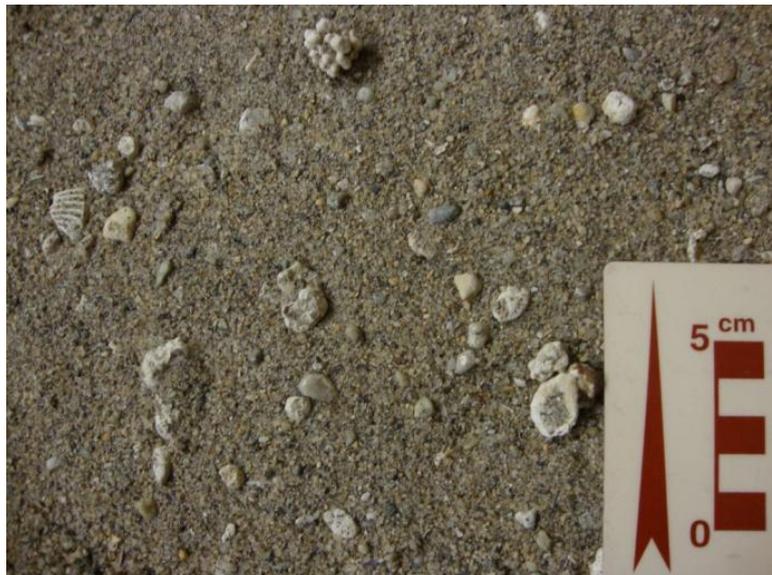
APÊNDICE A – DADOS REFERENTE ÀS ETAPAS DE CAMPO

AM: 392 (CE1.119 AREIA CASCALHOSA)



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2015.

AM: 393 (CE1.)



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2015.

AM: 394 (CE1. 160 AREIA CASCALHOSA)



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2015.

AM: 396 (CE1. 114 CASCALHO ARENOSO)



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2015.

AM: 98 (CE1. 128 AREIA CASCALHOSA)



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2015.

AM: 399 (CE1. 135 AREIA CASCALHOSA)



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2015.

AM: 400 (CE1.105 AREIA)



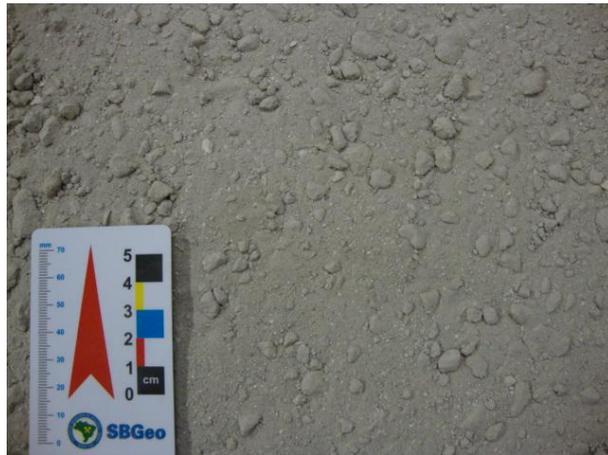
Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2015.

AM: 401 (CE1.105 AREIA)



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2015.

AM: 402 (CE1. 116 AREIA LAMOSA)



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2015.

AM: 403 (CE1. 125 AREIA)



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2015.

AM: 404 (CE1.121 AREIA)



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2015.

AM: 405 (CE1. 142 CASCALHO ARENOSO)



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2015.

AM: 406 (CE1. 167 AREIA LAMOSA)



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2015.

AM: 407 (CE1. 147 CASCALHO ARENOSO)



Fonte: LGMA/DEGEO/UFC, 2015.



Universidade Federal do Ceará
 Centro de Ciências
 Departamento de Geologia
 Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada



FICHA DE ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

LUGAR _____		LÁT. _____		FICHA Nº _____		
AMOSTRA Nº _____		LONG. _____		DATA _____		
TIPO DE COLETA _____		PROF. _____		CÔR _____		
TIPO DE SEDIMENTO _____			COLETOR _____			
PENEIRAMENTO ÚMIDO						
PESO SECO	> 2 mm	< 2 mm ≥ 62 µ	< 62 µ	ϕ ₅ =	ϕ ₅₀ =	
				ϕ ₁₀ =	ϕ ₇₅ =	
				ϕ ₂₅ =	ϕ ₈₄ =	
				Mz =	Sk =	
				Kg =		
				SI =		
Sed.	VALOR Ø	VALOR mm	g	%	ACUMULADO	ANOTAÇÕES
Sk	- 2.0	4,000				
	- 1.5	2,830				
Gn	- 1.0	2,000				
AMG	- 0.5	1,410				
	0.0	1,000				
AG	0.5	0,710				
	1.0	0,500				
AM	1.5	0,354				
	2.0	0,250				
AF	2.5	0,177				
	3.0	0,125				
AMF	3.5	0,088				
	4.0	0,062				
SG	5.0	0,032				
SM	6.0	0,016				
SF	7.0	0,008				
SMF	8.0	0,004				
ARG	9.0	0,002				

