



Universidade Federal do Pará



Faculdade de Geologia



Instituto de Geociências

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

BRUNO LEAL GONÇALVES

**PRAIA DE APEÚ-SALVADOR, MUNICÍPIO DE VISEU,
NE DO PARÁ: OCORRÊNCIA OU PLACER DE
MINERAIS PESADOS**

**GEOCIÊNCIAS
U F P A**

**BELÉM - PA
2010**

BRUNO LEAL GONÇALVES

**PRAIA DE APEÚ-SALVADOR, MUNICÍPIO DE VISEU,
NE DO PARÁ: OCORRÊNCIA OU PLACER DE
MINERAIS PESADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de
Geologia da Universidade Federal
do Pará – UFPA, em cumprimento
às exigências para obtenção do grau
de Bacharel em Geologia.
Orientador: Maâmar El Robrini.

**BELÉM
2010**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

- G Gonçalves, Bruno Leal
Praia de Apeú-Salvador, município de Viseu, NE do Pará:
ocorrência ou placer de minerais pesados / Bruno Leal
Gonçalves; Orientador:El-Robrini Maâmar– 2010
00 f. : il.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em
Geologia) – Faculdade de Geologia, Instituto de Geociências,
Universidade Federal do Pará, Belém, Quarto Período de
2010.
1. Minerais pesados. 2. Placer. 3. Praia Apeú-Salvador.
4. NE do Pará. I. El-Robrini, Maâmar, *orient.* II. Universidade
Federal do Pará. III. Título.

CDD 20º ed.: 553.4

BRUNO LEAL GOANÇALVES

**PRAIA DE APEÚ-SALVADOR, MUNICÍPIO DE VISEU,
NE DO PARÁ: OCORRÊNCIA OU PLACER DE
MINERAIS PESADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de
Geologia da Universidade Federal
do Pará – UFPA, em cumprimento
às exigências para obtenção do
grau de Bacharel em Geologia.

Data de aprovação ___/___/___

Conceito: _____

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Maâmar El-Robrini – Orientador
Doutor em Oceanografia
Universidade Federal do Pará

Prof..... – Relator
Doutor em Geologia
Universidade Federal do Pará

Prof. – Avaliador

*Aos meus maiores tesouros Ivanildo (Pai),
Bárbara (Mãe), Nildo (Irmão) e
Vitor Manoel e Bárbara Sofia (Filhos).*

AGRADECIMENTOS

Registro meus sinceros e profundos agradecimentos às pessoas e entidades que direta ou indiretamente prestaram sua contribuição para que este trabalho fosse concluído com êxito, em especial:

- Em primeiro lugar a Deus, pois sem ele não somos nada.
- À Universidade Federal do Pará (UFPA) que através do Instituto de Geociências, Faculdade de Geologia, pelo fornecimento de infra-estrutura necessária à realização deste trabalho.
- Ao Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros (GEMC), do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, pelo suporte técnico-científico indispensável ao desenvolvimento deste trabalho.
- Ao Prof. Dr. Maâmar El-Robrini, por sua orientação, CONFIANÇA, paciência, motivação e amizade demonstrados ao longo deste trabalho.
- A Prof. Dr^a. Rosemry Nascimento, vice-diretora da Faculdade de Geologia pela compreensão e apoio nas horas mais difíceis, ao término desse curso.
- Ao Prof. Dr. Rômulo Angélica, pela ajuda na interpretação dos espectros na DRX.
- Aos Amigos Ana Paula e Gustavo Rosa, pela ajuda, apoio e momentos de descontração nos campos realizados para a elaboração deste trabalho.
- Aos colegas do GEMC (Isaac, Sury, Cristiane, Antonio, Leilanne, Fabio, Leandro, Shirlene, João Vitor e Igor Charles), pelo companheirismo, críticas e sugestões, além de me proporcionarem um agradável ambiente de trabalho.
- Ao Geólogo, amigo e técnico do LAIT Paulo José pelas sugestões e ajuda na elaboração dos mapas referente a este trabalho.

- A Amélia Carolina meu braço direito, meus eternos agradecimentos por toda ajuda, carinho, “ralhos” e todo apoio na reta final de elaboração deste trabalho.
- Aos amigos da turma de Geologia 2005, em particular ao Eduardo Souza, Fabrício Araujo, João Neto, Diogo Corrêa, Jeremias Feitosa e Patrick Santos integrantes da “DIRETORIA”, pela fiel amizade estabelecida ao longo da graduação.
- Aos Amigos que fiz durante toda a graduação, em particular: Wilson, Orlando, André “*Urso*”, Kléber “*Sequela*”, Mike Macedo, Haroldo Igreja, Deyveson Menezes, Ronaldo Paiva “*cachorrão*”, Roberto Barbalho, Edricio “*Bin Laden*”, Alan, Wagner Vitor “*Boke*”, Ignacio de Loiola, Max, Bob, Jack, Lucios, Alex “*Mexicano*”, Elias Maluco, Fabricio “*Melhor do Mundo*”; dentre outros mais que me ajudaram nessa trajetória dentro do curso.
- A geóloga Alessandra Dutra, pela fiel amizade e sugestões para a realização deste trabalho.
- A família Chaves Vitório, em particular Dona Vera, Batista, Rose, Márcia, Andrêa, Andréa, por todo carinho e orações para ajudar nas horas de maior angústia.
- A meu avô Diquinho, por ter me abrigado em sua casa, por toda esse período de graduação.
- A Kátia Nariane que me deu meus maiores tesouros, Vitor Manoel e Bárbara Sofia, e me acompanhou nessa trajetória sempre me encorajando e dando força para nunca desistir meu muito obrigado.
- A minha Família **Bárbara** (Mãe), **Nildo** (Irmão), **Vitor Manoel** (Filho), **Bárbara Sofia** (Filha), por todo carinho, amor, respeito, confiança, ajuda que me passaram durante toda graduação.
- Em especial ao meu maior exemplo de pessoa, meu alicerce **Sr. Ivanildo Amaral** que nunca me deixou faltar nada durante esse todo tempo sempre confiando em minha pessoa.

*“...Em nosso dia-a-dia temos tempos bons e tempos ruins
Mas fazer o que a vida é assim! Em questão
De segundos você pode decidi-lá, pode arrumá-la
Como pode destruí-la...”
(Doctors Mc’s)*

RESUMO

Mineral pesado é definido como um mineral detrítico originado de uma rocha ígnea, sedimentar ou metamórfica, após litificação, tendo peso específico maior que $2,85 \text{ g/cm}^3$ e comumente formando constituintes menores ou minerais acessórios das rochas. A quantidade dos minerais pesados em um determinado local depende da sua abundância na área fonte e da intensidade do processo de transporte, que inclui a sua capacidade de resistência ao intemperismo, à abrasão e a sua segregação devido a diferenças na densidade e forma. Sua ocorrência em depósitos continentais costeiros e marinhos permite inferir em conta a evolução desses ambientes, destacando-se como um importante instrumento para a sedimentologia e estratigrafia. A proveniência e tendência de distribuição contribuem para a caracterização sedimentológica e mineralógica de ambiente deposicional, detalhando aspectos relativos sedimentares para cada ambiente. Na exploração petrolífera, eles são utilizados na interpretação dos processos ambientais e na análise das bacias sedimentares. Quando os minerais pesados são encontrados em concentrações superiores a 1% em relação à fração estudada, estes podem ser considerados como depósitos do tipo placers (placers residuais, placers aluviais, placers praias, placers offshore e paleoplacer), economicamente viáveis para a exploração. Entre placers de valor econômico destacam os de ilmenita, rutilo, zircão, monazita e magnetita, concentrando-se em ambientes de alta energia, após a desagregação da fonte de rochas. A área de trabalho está localizada no contexto geológico do NE do Estado do Pará e NW do Estado do Maranhão, onde está incluído dentro do Cráton São Luís e Cinturão Gurupí, nesta região são encontrados garimpos de extração de ouro. A praia de Apeú-Salvador, está localizada na foz do rio Piriá, que recorta os Grupo Aurizona e Gurupi, com ocorrência de garimpos. Os sedimentos encontrados nesta praia são do tipo areias muito finas, bem selecionadas, de assimetria positiva á negativa. Os principais minerais pesados encontrados neste sedimentos são zircão, turmalina, epidoto, estaurolita e cianita com mais abundantes e menos abundantes granada, cassiterita e cromita. Os mais possuem concentrações que variam acima de 10%, sendo considerados placer praias.

Palavras-chave: Minerais pesados. Placer. Praia Apeú-Salvador. NE do Pará.

ABSTRACT

Heavy mineral is defined as a detrital mineral originated from an igneous rock, sedimentary or metamorphic after lithification, having specific gravity greater than 2.85 g/cm^3 and commonly forming minor constituents or accessory minerals from rocks. The amount of heavy minerals in a given location depends on its abundance in the source area and the intensity of the transport process, which includes their ability to resistance to weathering, abrasion and its segregation due to differences in density and shape. Its occurrence in coastal and marine continental deposits inferring into account the evolution of these environments, highlighting as an important tool in sedimentology and stratigraphy. The origin and distribution trends contribute to the sedimentological and mineralogical characterization of the depositional environment, detailing aspects for each sedimentary environment. In oil exploration, they are used in the interpretation of environmental processes and the analysis of sedimentary basins. When found in concentrations higher than 1% in the fraction studied, it can be economically viable to exploit and then they are known as placer type deposits (residual placer, placer alluvial placers RIAO paleoplacer and offshore placers). Among placers highlight the economic value of ilmenite, rutile, zircon, monazite, magnetite, focusing on high-energy environments, after the breakdown of the source rocks. Work area is located in the geological context of the NE of Pará and Maranhão State NW, where it is included within the Craton and Gurupí Belt in this region are found mines of gold mining, hence the need for more detailed studies on species of minerals, their concentrations and their distribution areas. The APEU-Salvador beach, is located at the mouth of the Piriá estuary, that flows through the Gurupi and Arizona Groups, where exists some gold mines (garimpos). The sediments found in this beach are very fine sands, well selected, positive asymmetry will be negative. The main heavy minerals found in sediments were zircon, tourmaline, epidote, staurolite and kyanite with more abundant and less abundant garnet, chromite and cassiterite. Most have concentrations ranging up to 10% and is considered beach placer.

Keywords: Heavy minerals. Placer. Beach Apeú-Salvador. NE Pará

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Principais Ocorrências de <i>Placers</i> no Mundo	42
TABELA 2 - Classificação segundo Folk & Ward (1957)	45
TABELA 3 - Classificação da Seleção segundo Folk & Ward (1957)	49
TABELA 4 - Classificação da Assimetria segundo Folk & Ward (1957)	52
TABELA 5 - Classificação da Curtose proposta por Folk & Ward (1957)	55
TABELA 6 - Frequência dos minerais pesados não opacos identificados na Linha de Maré Alta (LMA) da praia de Apeú-Salvador. ZIR (zircão); TUR (turmalina); RUT (rutilo); ESTA (estauroлита); CIA (cianita); EPI (epidoto); G (fração grossa 0,180 – 0,125 mm); F (fração fina 0,125 – 0,090 mm) TOTAL (número total de grãos contatos)	59
TABELA 7 - Frequência dos minerais pesados não opacos identificados na Estirância (EST) da praia de Apeú-Salvador. ZIR (zircão); TUR (turmalina); RUT (rutilo); ESTA (estauroлита); CIA (cianita); EPI (epidoto); G (fração grossa 0,180 – 0,125 mm); F (fração fina 0,125 – 0,090 mm) TOTAL (número total de grãos contatos); * (ausência de minerais)	60
TABELA 8 - Frequência dos minerais pesados não opacos identificados na Linha de Maré Baixa (LMB) da praia de Apeú-Salvador. ZIR (zircão); TUR (turmalina); RUT (rutilo); ESTA (estauroлита); CIA (cianita); GRAN (granada) EPI (epidoto); G (fração grossa 0,180 – 0,125 mm); F (fração fina 0,125 – 0,090 mm) TOTAL (número total de grãos contatos); * (ausência de minerais)	61
TABELA 9 - Concentração Percentual de Minerais Pesados Na Fração Fina e Fração Grossa na LMA. ZIR (zircão); TUR (turmalina); RUT (rutilo); ESTA (estauroлита); CIA (cianita); EPI (epidoto); %G (fração grossa 0,180 – 0,125 mm); %F (fração fina 0,125 – 0,090 mm) TOTAL (número total de grãos contatos); * (ausência de minerais)	88
TABELA 10 - Concentração Percentual de Minerais Pesados Na Fração Fina e Fração Grossa no EST. ZIR (zircão); TUR (turmalina); RUT (rutilo); ESTA (estauroлита); CIA (cianita); EPI (epidoto); %G (fração grossa 0,180 – 0,125 mm); %F (fração fina 0,125 – 0,090 mm) TOTAL (número total de grãos contatos); * (ausência de minerais)	89
TABELA 11 - Concentração Percentual de Minerais Pesados na Fração Fina e Fração Grossa na LMB. ZIR (zircão); TUR (turmalina); RUT (rutilo); ESTA (estauroлита); CIA (cianita); GRAN (granada) EPI (epidoto); %G (fração grossa 0,180 – 0,125 mm); %F (fração fina	

0,125 – 0,090 mm) TOTAL (número total de grãos contatos);*
(ausência de minerais) 90

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- FIGURA 1** - Localização da Praia de Apeú-Salvador (quadro vermelho), NE do Pará 21
- FIGURA 2** - (A) Modelamento 3D da Praia de Apeú-Salvador (B) Mapa com localização dos pontos de amostragem na Praia de Apeú-Salvador 24
- FIGURA 3** - (A) Coleta de amostras de sedimentos praias e (B) Acondicionamento destas 25
- FIGURA 4** - Peneira no agitador do Laboratório de Geologia Marinha 26
- FIGURA 5** - Estrutura para separação de minerais pesados por sedimentação gravítica. a) estrutura de apoio; b) vidro de relógio; c) funil de separação; d) minerais leves; e) líquido de separação; f) suporte do funil; g) tubo de borracha; h) minerais pesados; i) pinça que não deixa (ou deixa) passar o líquido e a fração pesada; j) suporte do funil de filtração; k) funil de filtração; l) frasco de recepção. Adaptado de Mange e Maurer (1992) 27
- FIGURA 6** - Microscópio petrográfico, modelo axioskop 40, utilizado para realização da identificação mineralógica e obtenção de fotomicrografias 28
- FIGURA 7** - Difratorômetro PaNalytical , modelo X'PERT PRO MPD 29
- FIGURA 8** - (A) Magnitude e direção dos ventos, (B) altura das ondas e (C) pico médio de onda 32
- FIGURA 9** - Rede de drenagens da área em estudo 34
- FIGURA 10** - Mapa das principais províncias cratônicas do Brasil e África, modificado de Klein, 2004 38
- FIGURA 11**- Mapa Geológico da Região do Gurupí, Modificado de Klein, 2004 46
- FIGURA 12** - Subambientes Praiais, modificado de Muehe, 1996 51
- FIGURA 13** - Tipos de arrebatamento de ondas, modificado Silva et al. 2004 52
- FIGURA 14** - Modelo de depósitos do tipo *placers* residuais, modificado de Bred e Jobson (1973) 57
- FIGURA 15** - Esquema para ilustração de sítios de deposição de *placers*. *Placers* mostrados por esferas pretas, modificado de Selley, 1976 58

FIGURA 16 - Distribuição horizontal da Média na praia de Apeú-Salvador	63
FIGURA 17 - Distribuição horizontal da Mediana na praia de Apeú-Salvador	65
FIGURA 18 - Percentagens do padrão granulométrico Seleção	67
FIGURA 19 - Distribuição horizontal da Seleção na praia de Apeú-Salvador	68
FIGURA 20 - Percentagens do padrão granulométrico Assimetria	70
FIGURA 21 - Distribuição horizontal da Assimetria na praia de Apeú-Salvador.	71
FIGURA 22 - Percentagens do padrão granulométrico Curtose	73
FIGURA 23 - Distribuição horizontal da Curtose na praia de Apeú-Salvador .	76
FIGURA 24 - Distribuição dos % dos minerais pesados na LMA	79
FIGURA 25 - Distribuição dos % dos minerais pesados na EST	80
FIGURA 26 - Distribuição dos % dos minerais pesados na LMB	80
FIGURA 27 – Mapa percentual mineral correspondente a fração fina	81
FIGURA 28 - Mapa percentual mineral correspondente a fração grossa	82
FIGURA 29 – Variedades de grãos de cianitas	83
FIGURA 30 – (A) Mapa de distribuição fração fina das cianitas nas três subdivisões da praia e (B) modelo 3D dessa distribuição	84
FIGURA 31 – (A) Mapa de distribuição fração grossa das cianitas nas três subdivisões da praia e (B) modelo 3D dessa distribuição	85
FIGURA 32 – Variedades de grãos de epidotos	86
FIGURA 33 - (A) Mapa de distribuição fração fina dos epidotos nas subdivisões da praia e (B) modelo 3D dessa distribuição	87
FIGURA 34 - (A) Mapa de distribuição fração grossa de epidoto nas subdivisões da praia e (B) modelo 3D da sua ocorrência	88
FIGURA 35 – Abundâncias de grãos estaurolita	89
FIGURA 36 - (A) Mapa de distribuição fração fina de estaurolitas nas subdivisões da praia e (B) modelo 3D da sua ocorrência	90
FIGURA 37 - (A) Mapa de distribuição fração grossa de estaurolitas nas subdivisões da praia e (B) modelo 3D da sua ocorrência	91

FIGURA 38 – Abundâncias de grãos granada	92
FIGURA 39 - (A) Mapa de distribuição fração grossa das granadas nas subdivisões da praia e (B) modelo 3D da sua ocorrência	93
FIGURA 40 – Variedades de grãos de rutilos	94
FIGURA 41 – (A) Mapa de distribuição fração fina dos rutilos nas subdivisões da praia e (B) modelo 3D da sua ocorrência	95
FIGURA 42 - (A) Mapa de distribuição fração grossa dos rutilos nas subdivisões da praia e (B) modelo 3D da sua ocorrência	96
FIGURA 43 – Famílias de Turmalinas	97
FIGURA 44 - (A) Mapa de distribuição fração fina das turmalinas nas subdivisões da praia e (B) modelo 3D da sua ocorrência	98
FIGURA 45 - (A) Mapa de distribuição fração grossa das turmalinas nas subdivisões da praia e (B) modelo 3D da sua ocorrência	99
FIGURA 46 – Assembléia de grãos de zircão	100
FIGURA 47 - (A) Mapa de distribuição fração fina de zircão nas subdivisões da praia e (B) modelo 3D da sua ocorrência	101
FIGURA 48 - (A) Mapa de distribuição fração grossa de zircão nas subdivisões da praia e (B) modelo 3D da sua ocorrência	102
FIGURA 49 – Espectro de DRX ilustrando a mineralogia	103
FIGURA 50 – Gráfico ilustrando as concentrações minerais na praia de Apeú-Salvador	104

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.2	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA	20
2	OBJETIVOS	22
2.1	GERAL	22
2.2	ESPECÍFICOS	22
3	MATERIAIS E MÉTODOS	23
3.1	REVISÕES BIBLIOGRÁFICAS	23
3.2	COLETAS DAS AMOSTRAS NA PRAIA	23
3.3	PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS	25
3.3.1	Lavagem, peneiramento e análise granulométrico	25
3.3.2	Separação dos minerais e confecção de lâminas delgadas	26
3.3.2.1	<i>Separação de minerais pesados</i>	26
3.3.2.2	<i>Confecção de lâminas delgadas</i>	27
3.3.2.3	<i>Identificação dos Minerais Pesados em microscópio petrográfico</i> ...	27
3.3.3	Análise dos minerais opacos por DR-X	28
4	CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E METEREOLÓGICAS	30
5	CONDIÇÕES OCEANOGRÁFICAS	31
6	HIDROGRAFIA	33
7	ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	35
7.1	MACIÇOS RESIDUAIS	35
7.2	ZONA DE PLATÔS	35
7.3	PENEPLANO	35
7.4	SUPERFÍCIES DE DUNAS	35
7.5	PLANÍCIE ALUVIONAR	35
8	ASPECTOS GEOLÓGICOS	37

9	GEOLOGIA LOCAL	47
9.1	DEPÓSITOS DE DUNAS	47
9.2	DEPÓSITOS DE PRAIAS	47
9.3	DEPÓSITOS DE MANGUE	47
10	PLATAFORMA CONTINENTAL INTERNA DO PARÁ	48
11	MORFOLOGIA PRAIAL	49
12	ARCABOUÇO ESTRUTURAL	54
13	TECTÔNICA E NEOTECTÔNICA	55
14	“PLACERS”	56
15	RESULTADOS	62
16	DISCUSSÕES	108
17	CONCLUSÕES	113
	REFERENCIAS	114

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO E JUSTIFICATIVA

Os minerais pesados são grãos encontrados dispersos nas areias de praia (MARTIN *et al*, 1997), originado de uma rocha ígnea, sedimentar ou metamórfica, após litificação, que possuem densidade superior a $2,9 \text{ g/cm}^3$, ou seja, superior à dos minerais comuns (leves) como o quartzo ($2,65 \text{ g/cm}^3$) e feldspatos ($2,56$ a $2,76 \text{ g/cm}^3$) (DIAS, 2004), característica esta que faz com que sejam mais dificilmente transportados pela ação de ondas (KOMAR e WANG, 1984).

O estudo de minerais pesados em ambientes de praia contribui com a determinação da origem, dos ciclos de erosão e retrabalhamento além das trajetórias de transporte dos sedimentos (SUGUIO, 2003), o que está diretamente relacionado com sua granulometria e densidade (KOMAR, 1976).

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.

Quando encontrados em concentrações maiores que 5% em relação à fração estudada, podem tornar-se viáveis economicamente para a exploração e são, então, depósitos conhecidos como *placers* (ROY, 1999).

Dentre os *placers* de valor econômico destacam-se os de ilmenita, rutilo, zircão, monazita, magnetita, cassiterita, ouro e diamante, concentrando-se em ambientes de alta energia, após a desagregação das rochas fonte. Associam-se a eles importantes concentrações de ferro, titânio, tório, zinco e muitos outros metais estratégicos que podem ser passíveis de exploração.

Devido à diferença de cores entre esses depósitos de minerais pesados e os minerais leves, os *placers* podem ser facilmente visíveis no ambiente praias. A formação desses depósitos está ligada ao conceito de equivalência de arraste introduzido por Hand (1967 apud CASCALHO, 2000) e aprofundado por Slingerland (1977 apud CASCALHO, 2000), que determina a separação seletiva de partículas.

De acordo com Slingerland (op. cit), as condições de equivalência de arraste são definidas de acordo com a energia do fluxo hídrico e a granulometria total do leito sedimentar, ou seja, em ambientes de fluxo pouco energético e onde a média

granulométrica geral dos sedimentos é idêntica à dos minerais pesados, a densidade seria a característica física mais importante na seleção dos grãos.

Em ambientes cujo fluxo é altamente energético e onde a média granulométrica total dos sedimentos é superior à dos minerais pesados, o diâmetro do grão passaria a ser o fator mais importante no processo de seleção (CASCALHO e TABORDA, 2006). Portanto, o desenvolvimento de *placers* está diretamente relacionado à erosão de praia (FRIHY e KOMAR, 1991).

Sítios com elevadas concentrações de minerais pesados em depósitos emersos, ocorrem entre os Estados do Pará e do Rio Grande do Sul, sendo algumas em exploração na Paraíba, Espírito Santo e Rio de Janeiro (SILVA, 2000).

Na plataforma continental norte e nordeste do Brasil, Silva (2000) identificou áreas de concentração de minerais pesados com teores entre 0.5 e 2.4% na frente de Salinópolis (PA) e no trecho Jaguaribe-Apodi (CE).

O nordeste do Pará tem sido palco de intensas pesquisas sedimentológicas nos últimos anos, por exemplo: Morfoestratigrafia da Planície Costeira do município de São João de Pirabas (Porção NW) - NE do Estado do Pará (SILVA JUNIOR, 1998); Estratigrafia Holocênica e Morfodinâmica atual da Planície Costeira da Ilha de Algodal e Marudá (SANTOS, 1996); Análise Morfoestratigráfica do Estuário do Rio Marapanim - NE do Pará (SILVA, 1998), Morfodinâmica e Sedimentologia da Praia de Ajuruteua – NE do Pará (ALVES, 2001); Aspectos Morfoestratigráficos da Região de Curuçá NE do Estado do Pará (BORGES *et al.*, 1994); Geoquímica dos sedimentos de manguezais do nordeste do estado do Pará: o exemplo do estuário do rio Marapanim (BERRÊDO, 2006); A distribuição da Formação Barreiras como fonte de sedimentos dos manguezais e de fundo do Rio Marapanim na região de Marapanim (PA) com base na assinatura de minerais pesados. (SANTOS, 2008); Caracterização textural e mineralógica dos minerais leves na Plataforma Continental do Pará (entre a foz dos rios Pará e Gurupi) (CARVALHO, 2003); Minerais Pesados da Plataforma Continental do Pará (OLIVEIRA, 2005); Estudo da cobertura sedimentar da Plataforma Continental do Pará (CARVALHO; EL-ROBRINI, 2000); Estudo da distribuição dos minerais pesados presentes na cobertura arenosa superficial da Plataforma Continental do Maranhão (AMARAL, 1998), entre outros.

1.2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área de estudo do trabalho apresenta aproximadamente 400.000 m², estando situada na ilha de Apeú-Salvador, município de Viseu (PA), localizado ao extremo NE do estado do Pará, a uma latitude 01°11'48" sul e a uma longitude 46°08'24" oeste, estando a uma altitude de 15 metros, estando contido na Folha Turiaçú SA.23-V-D (CPRM, 2004). O acesso é feito a partir da cidade Belém (PA) pela BR-316 até cidade de Capanema (PA), tomando-se a rodovia PA-242 até a cidade de Viseu (PA). O deslocamento até a área de estudo é feito através do rio Piriá, partindo do porto do "bombom", com o auxílio de barcos pesqueiros (FIG. 1).

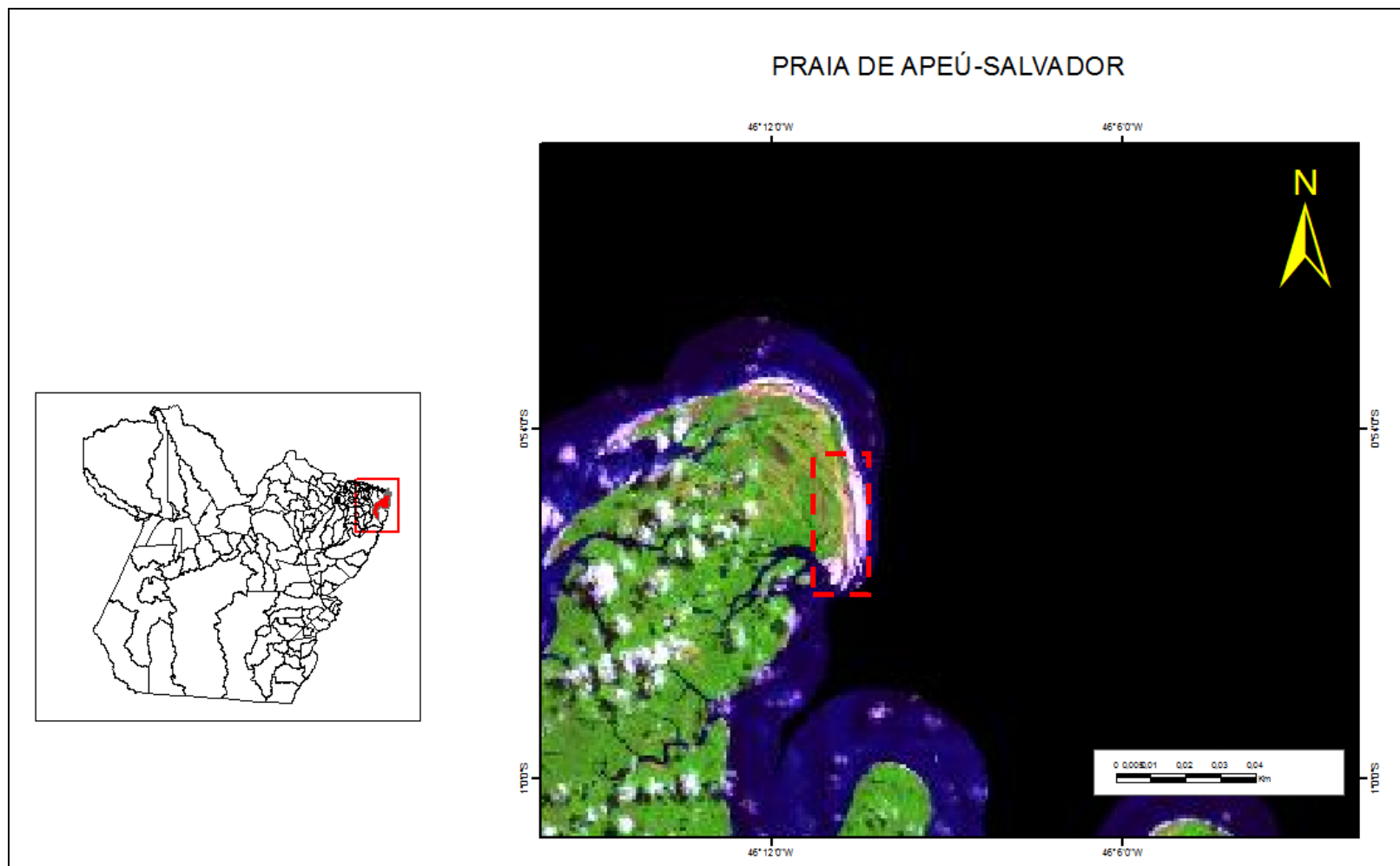


FIGURA 1 - Localização da praia de Apeú-Salvador, NE do Pará.
FONTE: Google Earth.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

1. Caracterizar texturalmente e mineralogicamente os sedimentos, dando ênfase aos minerais pesados (coloridos e opacos) da Praia de Apeú-Salvador.
2. Estimar a proveniência destes sedimentos, além de avaliar a possibilidade de ocorrência de um depósito do tipo *placer praial* e exploração dos minerais economicamente viáveis na Praia de Apeú-Salvador.

2.2 ESPECÍFICOS

- A) Caracterizar e classificar a textura (mediana, média, seleção, assimetria, curtose, grau de arredondamento, esfericidade) e a mineralogia principal das areias da praia Apeú-Salvador;
- B) Analisar os minerais pesados (quantificação e caracterização textural, principalmente grau de arredondamento);
- C) Analisar os minerais opacos por meio de difração de raios-x;
- D) Deduzir o(s) tipo(s) de rocha mãe destes minerais.
- E) Caracterizar os minerais economicamente viáveis para a exploração.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adotada para este trabalho foi subdividida em três etapas principais: (1) Revisão bibliográfica; (2) Coleta das amostras sedimentológicas na Praia Apeú-Salvador e (3) Trabalhos laboratoriais.

3.1 REVISÕES BIBLIOGRÁFICAS

Foi feito um levantamento sistemático sobre os trabalhos já realizados na região de estudo, visando contribuir de forma significativa para o conhecimento dos principais aspectos gerais, morfológicos, oceanográficos e geoeconômicos desta área, além de dar suporte para interpretação de dados.

Foram consultados materiais como artigos, tcc's, teses de mestrado, dissertações, periódicos do portal da Capes entre outros materiais disponíveis sobre a área em questão, bem como referente aos procedimentos de campo e de laboratório.

3.2 COLETAS DAS AMOSTRAS NA PRAIA DE APEÚ-SALVADOR VISEU

A coleta das amostras de sedimentos na praia de Apeú-Salvador, foi realizada através de uma malha quadrada (ver anexo 1) com três linhas longitudinais de 2000 m e espaçamento de 100 m e 18 linhas latitudinais com espaçamento de 100 m, totalizando uma área de 400.000 m² e 54 amostras (FIG. 2) que foram coletadas com um cano PVC, acondicionadas em sacos plásticos e etiquetadas (FIG 3).

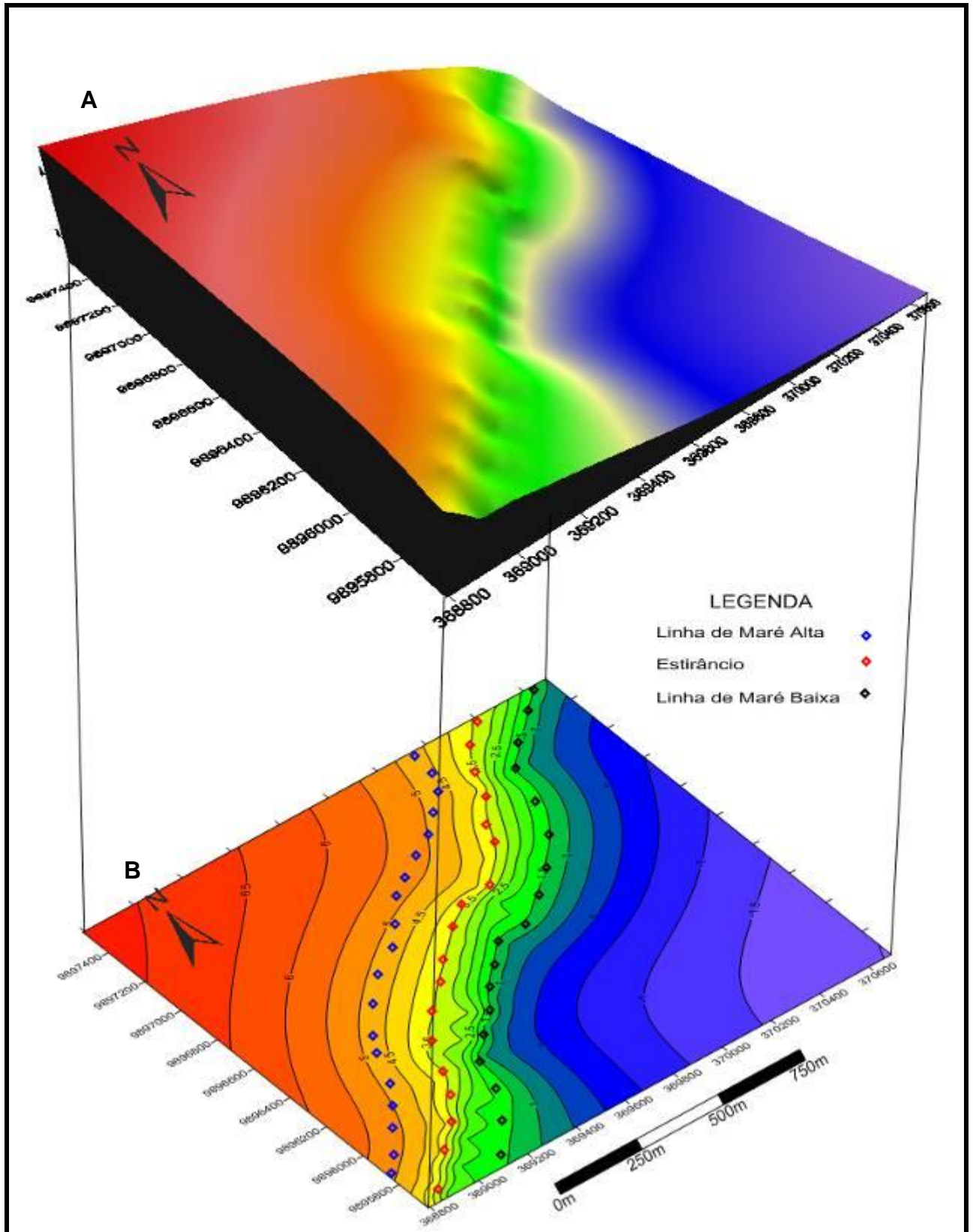


FIGURA 2 - (a) modelamento 3D da praia de Apeú-salvador (b) mapa com localização dos pontos de amostragem na praia de Apeú-Salvador.

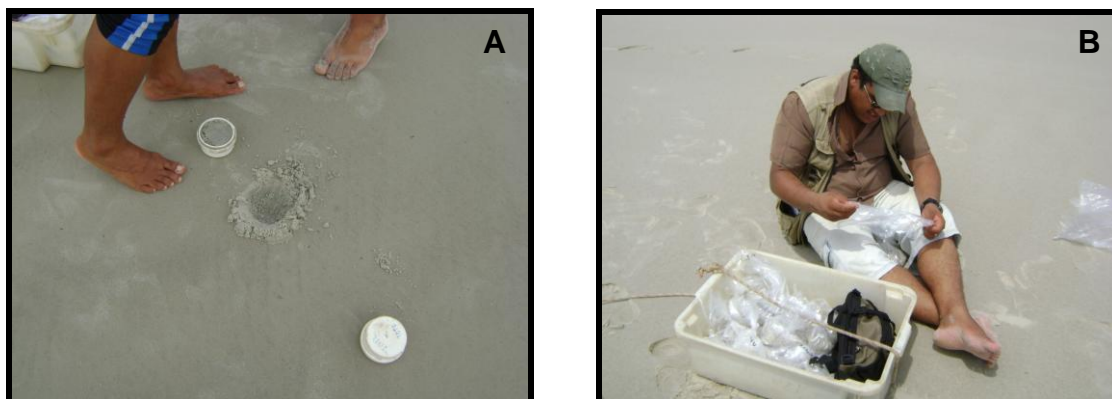


FIGURA 3 – (a) Coleta de amostras de sedimentos praias e (b) Acondicionamento destas.

3.3 PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS

Os trabalhos laboratoriais foram subdivididos em três etapas: (1) lavagem, peneiramento e análise granulométrica; (2) separação dos minerais pesados dos leves e confecção de lâminas delgadas; (3) análise dos minerais opacos por difração de raios-x.

3.3.1 LAVAGEM, PENEIRAMENTO E ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Neste processo as amostras foram lavadas com água destilada e secadas em uma estufa, sob temperatura de 50°C.

Após a secagem a amostra foi quarteada e então separado 100 g para o peneiramento. A subamostra para análise granulométrica foi peneirada em peneiras empilhadas, em um agitador automático (FIG. 4). Foram utilizadas as seguintes peneiras de 0,355; 0,250; 0,180; 0,125; 0,090 e 0,062 mm de abertura de malha. A coluna de peneiras foi colocada durante dez minutos no agitador e o material retido em cada uma delas foi pesado. Para o estudo dos minerais pesados foram utilizadas as subamostras retidas nas peneiras de abertura de malha 0,125 – 0,090 para separação das frações finas e 0,180 - 0,125 mm para separação das frações grossas.

Para o cálculo dos parâmetros estatísticos (mediana, média, selecionamento, assimetria e curtose) de Folk (1968) foi utilizado o software SysGran (sistema integrado para análises granulométricas de sedimentos) em PC for Windows.



FIGURA 4 - Peneira no agitador do Laboratório de Geologia Marinha.

3.3.2 SEPARAÇÃO DOS MINERAIS E CONFECÇÃO DE LÂMINAS DELGADAS

Após o peneiramento foi feito o procedimento de separação dos minerais pesados, sendo subdivididos em etapas:

- (1) Separação de minerais pesados;
- (2) Confecção de lâminas delgadas;
- (3) Verificação em microscópio petrográfico.

3.3.2.1 *Separação de minerais pesados*

A metodologia aplicada no processamento das amostras de areia foi a tradicionalmente utilizada nos estudos sedimentológicos de minerais pesados, em que é utilizada a técnica padrão baseada na decantação gravitativa, de um líquido denso (bromofórmio – CHBr_3), cuja densidade específica é de 2.89, que propicia a separação dos minerais pesados, deixando os minerais leves em suspensão.

Do material obtido no peneiramento, foram separadas as frações 0,125-0,088mm como sendo a fração grossa e 0,088-0,062mm como fração fina. Para cada amostra foram usados os seguintes materiais: Funis, papel de filtro, erlenmeyers (250 ml), bastões de vidro, vidros de relógio, tubos de borracha e presilha. São colocados em um suporte dois funis de cano longo vedados com uma presilha cada um, para em seguida, ser adicionado à solução de bromofórmio e abaixo destes funis são colocados dois erlenmeyers, com os dois outros funis, sendo que inicialmente estes estão com papel de filtro, para filtrar os minerais pesados da fração grossa e fina (FIG. 5).

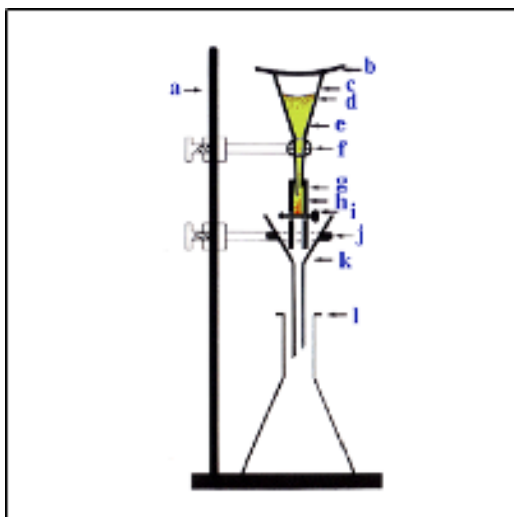


FIGURA 5 - Estrutura para separação de minerais pesados por sedimentação gravítica. a) estrutura de apoio; b) vidro de relógio; c) funil de separação; d) minerais leves; e) líquido de separação; f) suporte do funil; g) tubo de borracha; h) minerais pesados; i) pinça que não deixa (ou deixa) passar o líquido e a fração pesada; j) suporte do funil de filtração; k) funil de filtração; l) frasco de recepção. Adaptado de Mange e Maurer (1992).

3.3.2.2 Confeção de lâminas delgadas

Após essa separação, os minerais pesados foram colocados em filtros de papel e lavados com álcool. Ambas as frações foram colocadas para secar a temperatura ambiente. Posteriormente, os minerais retidos foram utilizados para confecção de lâminas de emersão, para determinação dos minerais pesados sob o microscópio petrográfico;

A confecção consistiu em separar uma fração representativa do material retido nos filtros, e colocar imersa em uma mistura de líquido endurecedor (bálsamo Etelan) em uma placa de vidro para que fossem homogeneizadas. Posteriormente foi sobreposto a este conjunto uma lamínula de vidro. As lâminas foram deixadas secando por um período de cinco dias e então estavam prontas para análise de contagem dos grãos.

3.3.2.3 Identificação dos Minerais Pesados em microscópio petrográfico

Os minerais pesados foram estudados em 90 lâminas (45 na fração grossa e 45 na fração fina) de grãos sob o microscópio petrográfico binocular Zeiss Axioskop 40 (FIG. 6), para caracterização da composição mineralógica, hábito, forma dos grãos, textura superficial e grau de arredondamento, além da contagem de grãos.

Para fazer o cálculo da porcentagem de ocorrência dos minerais pesados foram contados em média 200 grãos nas lâminas da fração fina e em média 200 nas lâminas da fração grossa.



FIGURA 6 – Microscópio petrográfico, modelo axioskop 40, utilizado para realização da identificação mineralógica e obtenção de fotomicrografias.

3.3.3 ANÁLISE DOS MINERAIS OPACOS POR DIFRAÇÃO DE RAIOS-X

Para a análise dos minerais opacos as amostras foram pulverizadas em Grál de ágata até ficar como pó. As mesmas foram submetidas a identificação mineral por difração de raios X – DRX usando um difratômetro PANalytical, modelo X'PERT PRO MPD (PW 3040/60) (FIG. 7), com um goniômetro PW 3050/60 (theta-theta) equipado com um anodo de cobre ($\lambda_{Co \text{ } \kappa\alpha} = 1.7902 \text{ \AA}$) e condições de funcionamento a 40 kV e 35mA, detector do tipo RTMS, X'Celerator. A aquisição dos dados foi realizada através do software X'Pert Data Collector, versão 2.1a, tratamento de dados com X'Pert HighScore versão 2.1b. Todos os equipamentos e softwares pertencem ao laboratório de Raios-X do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará.



FIGURA 7 - Difratômetro PANalytical , modelo X'PERT PRO MPD.

4 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E METEOROLÓGICAS

O litoral do NE do Pará é caracterizado por um clima do tipo AWA'A ' (DHN, 1986), ou seja, um clima muito úmido, megatérmico, com deficiência de água moderada nos períodos de julho a dezembro.

A temperatura apresenta uma pequena variação anual, oscilando entre 18°C (mínima) e 33°C (máxima), com média de 27°C, sendo, os valores mais elevados, observados nos meses de agosto a outubro, com valor máximo de 42°C.

VENTOS

Os principais ventos que atingem diretamente ao NE do Pará, são os ventos alísios, que possuem uma direção preferencial NE, com variações para N e E. Estes ventos sopram ao nível do solo, sendo originados por dois anticiclones subtropicais: o Anticiclone Tropical Atlântico (ATA) e o Anticiclone Tropical Atlântico Norte (ATAN). O encontro, na linha do Equador, dos ventos alísios gerados por estes anticiclones, resulta na Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que corresponde a uma área de extensão variável, com fracas pressões e poucos contrastes, ventos fracos e de direções variáveis.

Esta zona sofre deslocamento sazonal, e atinge diretamente o litoral paraense no período chuvoso, com ventos alísios de NE, constantes e moderados, com velocidades de até 7,9 m/s (DHN, 1986). Esses ventos são geralmente precedidos de calmaria e, quase sempre, acompanhados de rajadas violentas e chuva intensa.

Os ventos apresentam velocidade máxima de 6,56 m/s, mínima de 5,03 m/s, e média de 5,92 m/s (CPTEC, 2010). No entanto, há uma maior concentração em torno de 7 m/s, onde a direção preferencial é a NE, estas direções preferenciais dos ventos são atestadas, principalmente, pela direção de deslocamento dos campos de dunas, e orientação preferencial das ondas, que atingem a linha de costa (FIG. 8 (a)).

5 CONDIÇÕES OCEANOGRÁFICAS

De modo geral, a região integra-se as reentrâncias do NE do Pará e NW do estado do Maranhão, sendo recortada por baías estuarinas. A região é dominada por macro-marés, semi-dunas com amplitudes máximas em torno de 6,5 m, onde a amplitude média das marés de sizígia é de 5,0 m e a amplitude média das marés de quadratura é de 2,5 m (DHN, 2004).

As principais correntes que atuam na região são as correntes de maré, relacionadas à variação de marés, que atingem velocidades máximas de 2.3 nós (6h antes da preamar nas marés de sizígia) e a mínima de 1.8 nós (4h depois da preamar na marés de quadratura), com direções E-NW e NE (DHN, 1986), e correntes litorâneas, resultantes da chegada de ondas à costa, geradas pela ação dos ventos alísios de direção E-NE, com velocidades médias de 8,0 m/s predominantes nos meses de dezembro a maio. Durante os meses de junho a novembro, os ventos predominam na direção leste, com intensidade moderadas (DNH, 2004).

Para Innocentini *et al.* (2000), o NE do Pará sofre influência das ondas formadas a partir dos alísios, que apresentam alturas abaixo de 1-1,5 m em mar aberto e em outras ocasiões por Ciclones Extra-tropicais no Hemisfério Norte (FIG. 8 (b)).

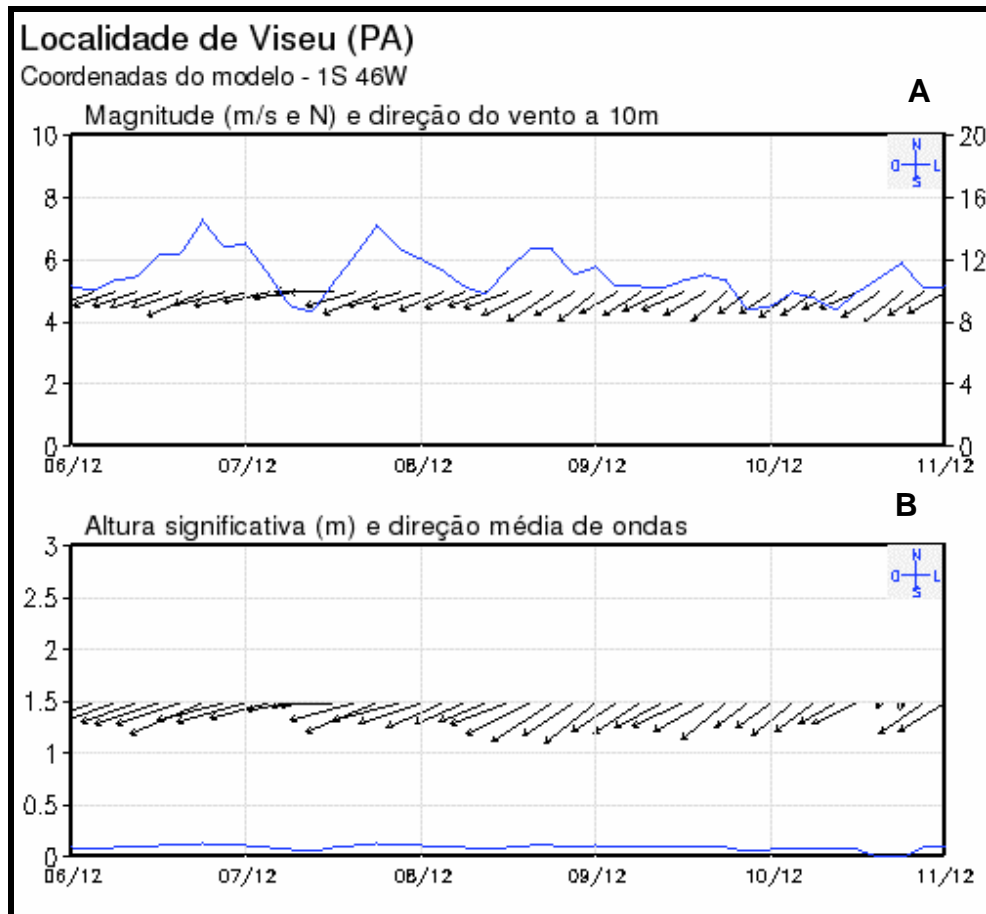


FIGURA 8 – (a) Magnitude e direção dos ventos e (b) altura das ondas.

6 HIDROGRAFIA

O rio de maior importância na hidrografia do município de Viseu é o Gurupi, que nasce em território maranhense, formado por furos e igarapés. Seu curso apresenta 719 km de extensão e sua bacia hidrográfica está contida, aproximadamente, em 70% do Estado do Maranhão e o resto, no Estado do Pará; é o divisor natural entre os dois Estados. Por sua constituição geológica, correndo sobre rochas cristalinas, apresenta-se encachoeirado em longo trecho, o que ocorre entre o local conhecido como Pedras de Amolar até o distrito de São José do Gurupi.

O Rio Gurupi possui os seus principais afluentes pela margem esquerda. Assim, recebe o Gurupí-Mirim e, após essa junção, sua largura de 40 metros cresce expressivamente, alcançando os 250 metros, antes da vila de São José do Gurupi, chegando a atingir até 2 km de uma margem a outra. Sua profundidade, de cerca de 5 metros nas primeiras rochas, chega a ser quase insignificante nas áreas sedimentares, atingindo pouco mais de meio metro. Além do Gurupi-Mirim, recebe os rios Guajará, Rolim e Coaraci-Paraná, no lado paraense.

A poucos quilômetros da foz (mais ou menos 10 km), há a interligação entre o igarapé das Cobras (canal natural) e o rio Carutapera, ambos no lado maranhense, ligação esta que se torna importante por conectar Viseu, no Estado do Pará, a Carutapera, no Estado do Maranhão. Após servir de limite natural entre os dois Estados, o rio Gurupi deságua no Oceano Atlântico (FIG. 9)

O rio Piriá é o segundo em importância no município, nasce e corre na direção Sudoeste-Nordeste, desaguando no Atlântico. Apresenta-se navegável por embarcação de pequeno porte em todo o seu percurso. O rio Emboranunga nasce no limite com o município de Augusto Corrêa, ao norte de Viseu, banha pequenos povoados, entre os quais os de Açaitéua e Braço Verde, desaguando na baía do Chum.

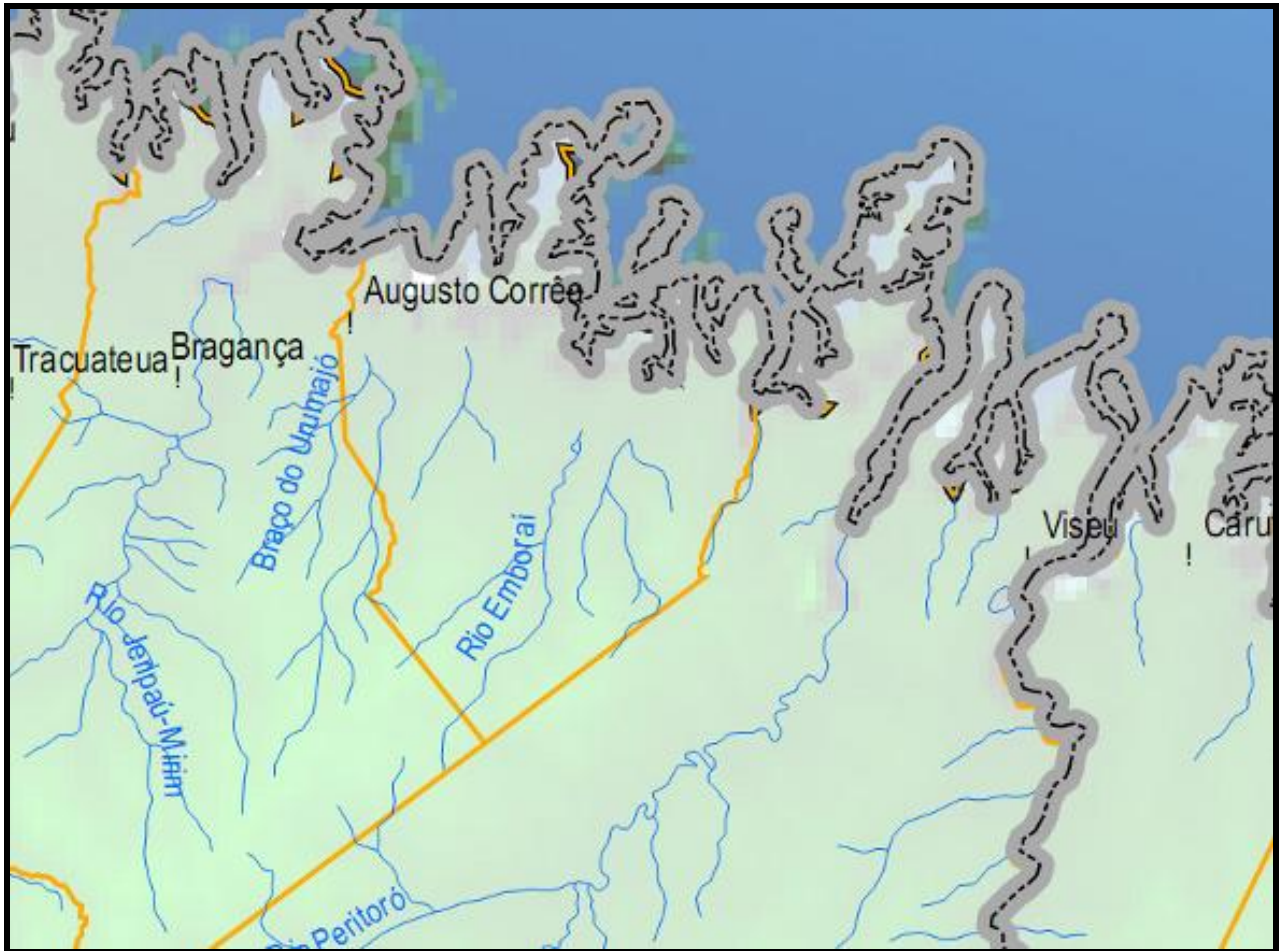


FIGURA 9 – Rede de drenagens da área em estudo.

7 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

O relevo do NE do Pará, onde está situado a área de estudo é constituído por cinco unidades geomorfológicas distintas segundo COSTA et al. (1977), que são (1) Planície Aluvionar; (2) Superfície de Dunas; (3) Peneplano; (4) Zona de Platôs e; (5) Maciços Residuais.

7.1 MACIÇOS RESIDUAIS

Constituem as maiores elevações da região, com cotas máximas em torno de 200m, desenvolvidas principalmente nos metassedimentos do Grupo Gurupi e, mais raramente, nas rochas do Complexo Basal, constituindo elevações isoladas.

7.2 ZONA DE PLATÔS

Caracteriza uma superfície plana, com cotas máximas em torno de 100m, constituindo uma serie de platôs que apresentam bordas escarpadas, fortemente ravinadas. Onde principal área de ocorrência é no divisor d'águas Capim-Gurupi.

7.3 PENEPLANO

COSTA et al. (1977), atribuiu para essa unidade geomorfológica a superfície de maior distribuição da região do Gurupi, compreendendo um relevo intensamente arrasado, com cotas entre 50 a 100m, desenvolvida tanto sobre rochas do Complexo Basal, como nas formações sedimentares.

7.4 SUPERFÍCIES DE DUNAS

São superfícies onduladas, desenvolvidos sobre sedimentos eólicos arenosos inconsolidados, representada por áreas dispersas ao longo da costa, constituindo parte dos “lençóis maranhenses”, onde predominam dunas do tipo “barcana” e “seif” (COSTA et al. 1977).

7.5 PLANÍCIE ALUVIONAR

São caracterizadas por superfície plana, desenvolvida sobre sedimentos inconsolidados, constituindo os aluviões e ocorrendo principalmente no NE do Pará, onde constituem uma faixa alongada de direção geral WNE – ESE, com largura

máxima em torno de 25 Km (COSTA et al., 1977). No interior a planície aluvionar constitui a planície de inundação dos principais cursos d'água, que foram observados, ao longo do rio Pericumã, Turiaçú, Gurupi dentre os demais contidos na bacia hidrográfica da região.

8 ASPECTOS GEOLÓGICOS

APRESENTAÇÃO

A Província Gurupi (FIG. 10), está localizada na divisa do Pará-Maranhão. Nesse seguimento crustal, ocorrem variadas janelas erosivas nas coberturas fanerozóicas, onde estão expostas rochas granitóides, sequências metavulcanossedimentares, sequências sedimentares e plútons graníticos e alcalinos sendo reconhecidas, em associações com estes conjuntos de litotipos aflorantes, três grandes unidades geotectônicas: uma área cratônica, uma zona móvel e coberturas sedimentares (GORAYEB et al., 1999).

A área cratônica correspondente ao Cráton São Luís (KLEIN, 2005), constitui um domínio que se distingue de rochas de embasamento (gnaisses, migmatitos, metagranitos e anfibolitos), conjuntos de rochas supracrustais metavulcanossedimentares em que predominam rochas paraderivadas e uma extensa granitogênese, com algum vulcanismo ácido a intermediário associado. Este domínio cratônico comportou-se de maneira estável desde o transamazônico aproximadamente 2,0 Ga., como atestam datações por sistemáticas diversas (K-Ar, Rb-Sr, Pb-Pb) realizadas nas várias suítes granitóides geradas nas fases finais de cratonização (KLEIN, 2005a).

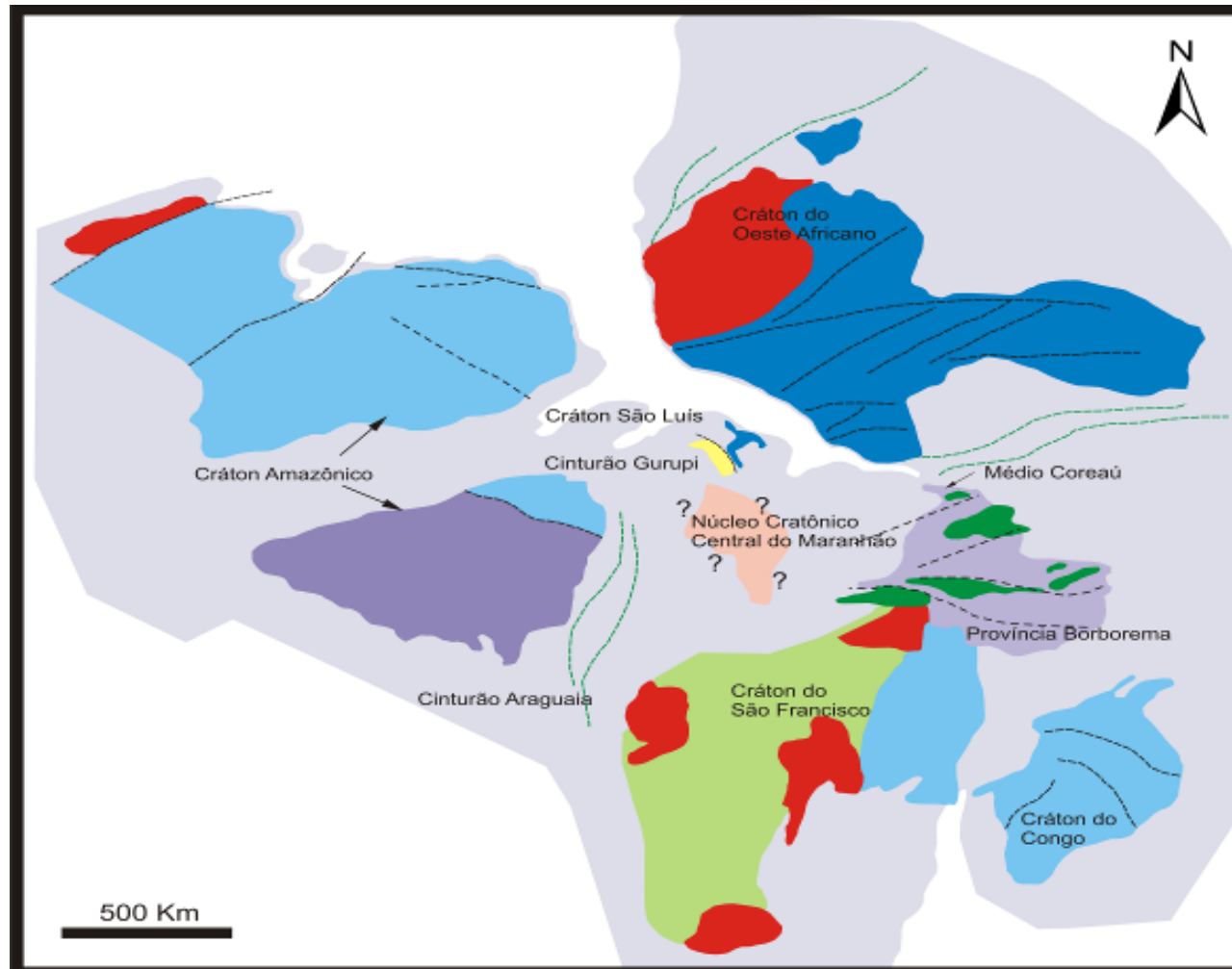


FIGURA 10 – Mapa das principais províncias cratônicas do Brasil e África, modificado de Klein, 2004.

CRÁTON SÃO LUÍS

O **Grupo Aurizona** (FIG. 11) foi denominado por Pastana (1995), associando rochas supracrustais que são compreendidas por uma sequência metavulcanossedimentar em fácies xisto verde. Localmente fácies anfibólito, composta por xisto de diferentes composições, filitos, quartzitos, metapiroclásticas, metacherts e algumas rochas metamáficas e metaultramáficas, havendo larga predominância de termos paraderivados em relação aos ortoderivados.

Segundo Pastana (1995), os xistos são constituídos por quartzo, feldspato, biotita, granada e muscovita/clorita e ou ainda, exclusivamente quartzo e sericita; os metacherts são constituídos por sílica microcriptocristalina, argilominerais, sericita, opacos e quartzo drusiforme; e as metamáficas/metaultramáficas, são constituídas por anfibólio do tipo actinolita tremolita, às vezes gradando para hornblenda verde, grãos relictos do piroxênio original, epidoto, ilmenita, titanita e/ou leucoxênio. As rochas metapiroclásticas apresentam-se constituídas por porfiroclastos de granada, quartzo e/ou agregados de quartzo poligonizados, quartzofeldspático foliado e matriz sericítica, com idades de 2.240 ± 5 Ma, é a possível idade de formação do Grupo Aurizona (KLEIN e MOURA, 2001).

As rochas granitóides são representadas pela **Suíte Tromai** (FIG. 11), subdividida em Tonalito Cândido Mendes, composto predominantemente por tonalitos e granodioritos, possuindo, idade entre 2.149 ± 5 Ma e 2.165 ± 2 Ma (KLEIN e MOURA, 2001). No granito Areal (sieno e monzogranitos), de ocorrência restrita, que possui idade de 2.163 ± 3 Ma (KLEIN e MOURA, 2001). As rochas tonalíticas da Suíte Tromai são constituídas por oligoclásio (PASTANA, 1995), quartzo, hornblenda, clorita, biotita e epidoto, em ordem de decréscimo em abundância, e titanita, apatita, opacos e zircão como minerais acessórios mais frequentes. Os sienogranitos são compostos basicamente por K-Feldspato, Plagioclásio e quartzo como minerais essenciais e biotita e hornblenda como os minerais varietais. Os monzogranitos são compostos mineralogicamente por microclina, plagioclásio e quartzo como minerais essenciais, e sericita, epidoto e calcita, como minerais de alteração. Segundo Pastana (1995), o Granito Areal seria uma fusão parcial do tonalito Cândido Mendes, pois os plagioclásios dos sieno e monzogranitos teriam a mesma composição química das rochas tonalíticas.

Pode correlacionar a esses granitóides com a Suíte Rosário (RODRIGUES et al., 1994), que ocorre segundo Gorayeb et. al. (1999), como uma janela erosiva extensa de aproximadamente 400 Km, situada no interflúvio Mearim-Munim, onde se apresentam rochas de composição tonalítica, constituídas por oligoclásio, quartzo, hornblenda verde e biotita e, como minerais acessórios; titanita, apatita, opacos e zircão. A composição granodiorítica é constituída por oligoclásio, microclínio, quartzo, hornblenda, titanita e biotita. Os principais constituintes acessórios são a apatita, titanita e zircão. A composição granítica é constituída por um pouco mais de quartzo e álcali-feldspato, além de oligoclásio e biotita, sem hornblenda, com frequentes efeitos de hidrotermalismo e/ou metamorfismo e, portanto enclaves máficos (RODRIGUES et. al., 1994; GORAYEB et. al., 1999), a idade estabelecida é entre 2.079 ± 49 Ma e 2.130 ± 22 Ma.

Outra unidade litoestratigráfica pertencente ao Cráton São Luís é a **Suíte Tracuateua** (FIG. 11), essa denominação foi proposta por Costa (2000) que reuniu nessa suíte os corpos graníticos de Tracuateua, Mirasselas e Tuari que afloram na parte NW deste Cráton, nas proximidades de Bragança (PA). São rochas granitóides, isotrópicas e foliadas, com biotita e muscovita, apresentando, ainda migmatitos e, portanto enclaves xistosos (KLEIN, 2005a), a idade atribuída para essa Suíte é entre 2.086 a 2.091 Ma (PALHETA, 2001).

O **Microtonalito Caxias** (FIG. 11), denominado por Leão Neto (1993), para designar um pequeno corpo intrusivo que se hospeda nos xistos do Grupo Aurizona, no garimpo Caxias, constitui-se em uma rocha de composição tonalítica, isotrópica, orientada nas proximidades da zona de cisalhamento, mostrando-se hidrotermalizada em larga escala devido ao processo mineralizante da área. Possui idade de 1.985 ± 4 Ma (KLEIN e MOURA, 2001).

CINTURÃO GURUPI

O **Complexo Maracaçumé** (FIG. 11) foi originalmente descrito por Costa et al. (1977) como associação metamórfica Maracaçumé, contendo gnaisses e migmatitos de composição granítica a tonalítica, possuindo enclaves anfibolíticos, ocorrendo tanto no âmbito do Cráton São Luís quanto junto ao Cinturão Gurupi. Complexo Maracaçumé foi posteriormente descrito por Abreu et al. (1980), mas a concepção atual é devida a Pastana (1995), que limitou a ocorrência desse

complexo ao Cinturão Gurupi, diferentemente de sua definição original, mas ao norte no rio Maracaçú. O complexo Maracaçumé é composto por ortognaisses de composição tonalítica, granodioríticas, com efeitos variados de migmatização, possuindo condições metamórficas e fácies anfibolito médio a alto (PASTANA, 1995). Os minerais que compõem esses litotipos são oligoclásio, quartzo, biotita, microclina, epidoto e em proporções menores muscovita, granada, titanita, zircão, apatita e opacos (PALHETA, 2001).

Pastana (1995) considerou o Complexo Maracaçumé, como a unidade mais antiga de região do Gurupi, de idade arqueana, devido à presença de anatexia e de estruturas migmatíticas que evidenciam eventos geológicos passados, podendo correlacionar esta unidade com unidades arqueanas do Cráton Amazônico. No entanto, as primeiras datações em um biotita-gnaiss tonalítico a granodiorítico, sugeriam uma idade mínima de 2135 ± 4 Ma (KLEIN e MOURA, 2003).

O **Grupo Gurupi** (FIG. 11), é constituído por uma sequência supracrustal, que reúne metaconglomerados, quartzitos, ardósias e filitos; micaxistos diversos contendo clorita, muscovita e/ou biotita, granada e estauroлита; xistos aluminosos contendo muscovita e /ou cordierita, além de metaultramáficas, xistos grafitosos, formações ferríferas, metadacitos e metariolitos, com mineralizações de ouro em veios de quartzo (GORAYEB et al., 1999). As associações minerais presentes sugerem sua estabilização em condições metamórficas que variam de fácies xisto verde a anfibolito baixo (GORAYEB et al., 1999). O grupo possui idade entre 2.148 ± 1 Ma e 2.160 ± 3 Ma (KLEIN, 2001). Segundo Gorayeb (1999), o Grupo Gurupi tem recebido denominações variadas, como Gurupi, Santa Luzia, Chega-Tudo, Igarapé de Areia, Aurizona, Viseu, Vila Cristal, Jaritequara e Marajupema.

O **Kinzigito Marajupema** (FIG. 11) é constituído por muscovita-quartzitos e plagioclásio-granada-cordierita-muscovita-xistos, apresentando uma paragênese constituída por quartzo, titano-biotita, oligoclásio, cordierita, granada, muscovita, zircão e opacos (PASTANA, 1995). O seu posicionamento no contato entre rochas metassedimentares do Grupo Gurupi e gnaisses do Complexo Maracaçumé pode ser sugestivo de tratar-se de lentes de quartzito de fácies anfibolito associadas a uma dessas unidades, sem a necessidade de representar uma unidade autônoma. A unidade foi posicionada no Arqueano (KLEIN e MOURA, 2001), sendo provavelmente de idade paleoproterozóica.

O **Granitóide Cantão** (FIG. 11) é classificado como biotita-monzogranito, sendo constituída por oligoclásio, quartzo, microclina e biotita, além de muscovita, epidoto, apatita, titanita e zircão como minerais acessórios. Epidoto, sericita e argilominerais são produtos de alteração. Possui idade de 2.159 ± 13 Ma (KLEIN e MOURA, 2001).

O **Granitóide Japim** (FIG. 11) encontra-se alojado nos metassedimentos do Cinturão Gurupi no NE do Pará, próximo aos municípios de Santa Luzia e Viseu a 190 Km². Ele é classificado como um biotita-granodiorito com pórfiros de K-Feldspatos, exibindo minerais de quartzo, plagioclásio, microclina e biotita, além de zircão, titanita e apatita, como acessórios, e clorita com o produto de alteração. Possui idade de 2.084 ± 5 Ma (KLEIN e MOURA, 2001).

O **Granitóide Jonasa** (FIG. 11), que ocorre na Pedreira Jonasa, é classificado segundo Leão (2001), como sendo um biotita-muscovita monzogranito, apresentando uma assembléia mineralógica composta de microclina, plagioclásio, quartzo, biotita e muscovita, além de apatita, zircão, epidoto e opacos, como minerais acessórios, possuindo idade de 2.061 ± 8 Ma (KLEIN, 2001).

O **Granitóide Ourém** (FIG. 11), que se encontra exposto principalmente no leito do rio Guamá, na forma de lajedo, em frente à Ourém, segundo Abreu (1990) é litologicamente compreendido como um ortognaisse milonítico, mas segundo a classificação citada por Leão (2001), seria compreendido por um biotita-muscovita monzogranito, apresentando uma assembléia mineralógica composta por quartzo, plagioclásio, microclina, muscovita e biotita, além de pirita, epidoto, zircão, turmalina e opacos, como minerais acessórios. Possui idade entre 2459 ± 16 Ma (PALHETA, 2001).

O **Granitóide Itamoari** (FIG. 11), proposto por Pastana (1995) é constituído, por tonalitos e trondhjemitos, que apresentam uma assembléia mineral composta por oligoclásio, quartzo, hornblenda, epidoto, clorita, microclina, alanita, calcita, opacos, zircão, titanita, apatita e sericita, em ordem de decréscimo em abundância (Pastana, 1995). Possui idade de 2.148 ± 4 Ma (KLEIN e MOURA, 2001).

O **Granitóide Maria Suprema** (FIG. 11) apresenta sienogranitos e tonalitos como variedades petrográficas mais frequentes, exibindo uma assembléia mineralógica representado por feldspato, quartzo, muscovita, biotita, apatita, titanita, opacos, andaluzita e zircão. É representativa nessa unidade, a ocorrência de

granitos duas micas, sendo marcante a presença de biotita e muscovita (PASTANA, 1995).

O **Sienito Gnaiss Boca Nova** (FIG. 11) foi inicialmente reconhecido por Jorge João (1980) como *Litchfieldito* Boca Nova e sua designação atual é devida a Costa (2000). Caracteriza-se por ser um corpo de forma irregular, de intrusão alcalina sienítica metamorfisada e deformada, com estrutura gnáissica e migmatização restrita. É composto de albita, feldspato alcalino, nefelina e biotita, além de apatita, zircão, pirocloro, calcita, muscovita, sodalita, cancrinita, hematita e magnetita, como minerais acessórios (PALHETA, 2001). A única datação existente para esta unidade foi feita por Lowel & Villas (1983), que obtiveram uma idade de 723 Ma, a qual foi interpretada como sendo idade mínima deste corpo.

O **Granitóide Ney Peixoto** (FIG. 11) ocorre nas adjacências do município de Irituia, na pedreira Ney Peixoto, e é representado por uma rocha granítica, classificada segundo Leão (2001), como sendo um muscovita-biotita monzogranito, composto por microclina, plagioclásio, quartzo, biotita e muscovita, além de zircão, apatita e opacos, como minerais acessórios. Sua idade é de 549 ± 5 Ma (Leão, 2001).

COBERTURAS SEDIMENTARES DIVERSAS

Reunidas sob a denominação genérica de coberturas sedimentares diversas, as formações Igarapé de Areia, Viseu e Piriá, interpretadas como bacias molássicas (ABREU *et al.*, 1980), as mesmas foram depositadas em pequenos grabens desenvolvidos sobre rochas do Cráton São Luís e do Cinturão Gurupi (FIG. 11), constituem-se em depósitos continentais de clima semi-árido (arenitos arcoseanos, pelitos e conglomerados), com pacotes dobrados e foliados, localmente anquimetamorfizados (ABREU *et al.*, 1980; PASTANA, 1995; TRUCKENBRODT *et al.*, 2003).

Suas melhores exposições localizam-se nas proximidades da vila de Igarapé de Areia, em um conjunto de serras pronunciadas, de perfil em forma de crista e orientação geral NW-SE. Foram observados bons afloramentos ao longo do caminho que parte do rio Gurupi Mirim para o sítio do Zé dos Santos, em uma serra localizada próximo ao povoado Boa Esperança, onde ocorrem arenitos aproximadamente verticalizados, orientados segundo $N10^{\circ}$ W, sendo visível a

presença de foliação do tipo plano-axial. Adicionalmente foram observadas exposições no médio curso do rio Gurupi, bem como no ramal do Junco próximo a vila de Cajueira (PASTANA, 1995).

A **Formação Viseu** (ABREU *et al.*, 1980) é constituída por conglomerados contendo intercalações de níveis areníticos, com estruturas incipientes, arenitos arcoseanos médios a grossos, com estratificações cruzadas acanaladas e tabulares, além de pelitos com estratificação plano-paralela (FIG. 11). Essas rochas acham-se anquimetamorfisadas ou fortemente diagenisadas, com acentuados mergulhos para sul (50° a 60°), comumente atravessadas por veios de quartzo, exibindo ainda dobramentos cujos eixos orientam-se leste-oeste (PASTANA, 1995). Suas exposições foram observadas ao longo da rodovia Bragança-Viseu, numa extensão de 12 km, entre a localidade de Curva Grande e a cidade de Viseu.

A **Formação Igarapé de Areia** (mais próxima ao Cinturão Gurupi do que a Formação Viseu) apresenta uma xistosidade e acamamento sedimentar com direções paralelas à estruturação desse cinturão (aproximadamente $N30^\circ W$), mas diferindo nos mergulhos, sendo que o acamamento mergulha com ângulos inferiores a 40° para NE ou SW e a foliação mergulha com ângulos maiores, também para os dois quadrantes (PASTANA, 1995). Na Formação Piriá, os poucos dados existentes mostram xistosidade com orientação muito variável, paralela ao acamamento sedimentar, com mergulhos também variáveis, de baixo a alto ângulo (COSTA, 2000).

Em termos de proveniência, Pinheiro *et al.* (2003) sugeriram que rochas félsicas a intermediárias serviram de fontes principais para a sedimentação da bacia Igarapé de Areia, com base na abundância de plagioclásio nos arenitos, e interpretaram o alto conteúdo de minerais pesados estáveis em rochas da Formação Viseu como reflexo de forte retrabalhamento dos sedimentos e / ou fonte distante. Para a Formação Piriá, Truckenbrodt *et al.* (2003) indicaram rochas metamórficas de médio grau e localizadas próximas à bacia como principais fontes dos sedimentos, o que seria refletido pela presença de cianita, estaurolita, anfibólio e alto teor de epidoto. A interpretação tectônica dessas bacias está longe de ser definitiva, sendo mais comumente considerada a condição de molassas (ABREU *et al.*, 1980; COSTA, 2000).

O posicionamento estratigráfico dessas bacias também tem variado largamente, do Paleo e Mesoproterozóico ao Eopaleozóico, em função das

diferentes concepções evolutivas adotadas para a região (ABREU *et al.*, 1980; PASTANA, 1995; COSTA, 2000). Segundo Pinheiro *et al.* (2003), a Formação Viseu e Igarapé de Areia possui idade de 2.100 Ma e para a Formação Igarapé de Areia, duas populações de idade foram identificadas: uma população minoritária entre 2.100 e 2160 Ma e uma população dominante entre 600-650 Ma. Esse dado caracteriza uma idade máxima para a sedimentação da Formação Igarapé de Areia em torno de 600 Ma. Apesar de não terem sido registrados zircões neoproterozóicos na Formação Viseu, Pinheiro *et al.* (2003) não descartaram a possibilidade de que se trate de uma formação contemporânea à Formação Igarapé de Areia, com base nas similaridades litológicas e ambientais.

O Quaternário é representado por sedimentos areno-argilosos pleistocênicos do Pós-Barreiras e pelos depósitos da planície aluvionar, estuarina e costeira da cobertura sedimentar recente (FIG. 11). Estão relacionados a depósitos fluviais com acúmulos de seixos, areias de granulação fina á média, argilas escuras (ricas em húmus, de coloração cinza-amarronzada) associadas à influência de maré, caracterizando as descidas atuais de rios, mangue e praias (ACKERMANN, 1964; SÁ, 1969).

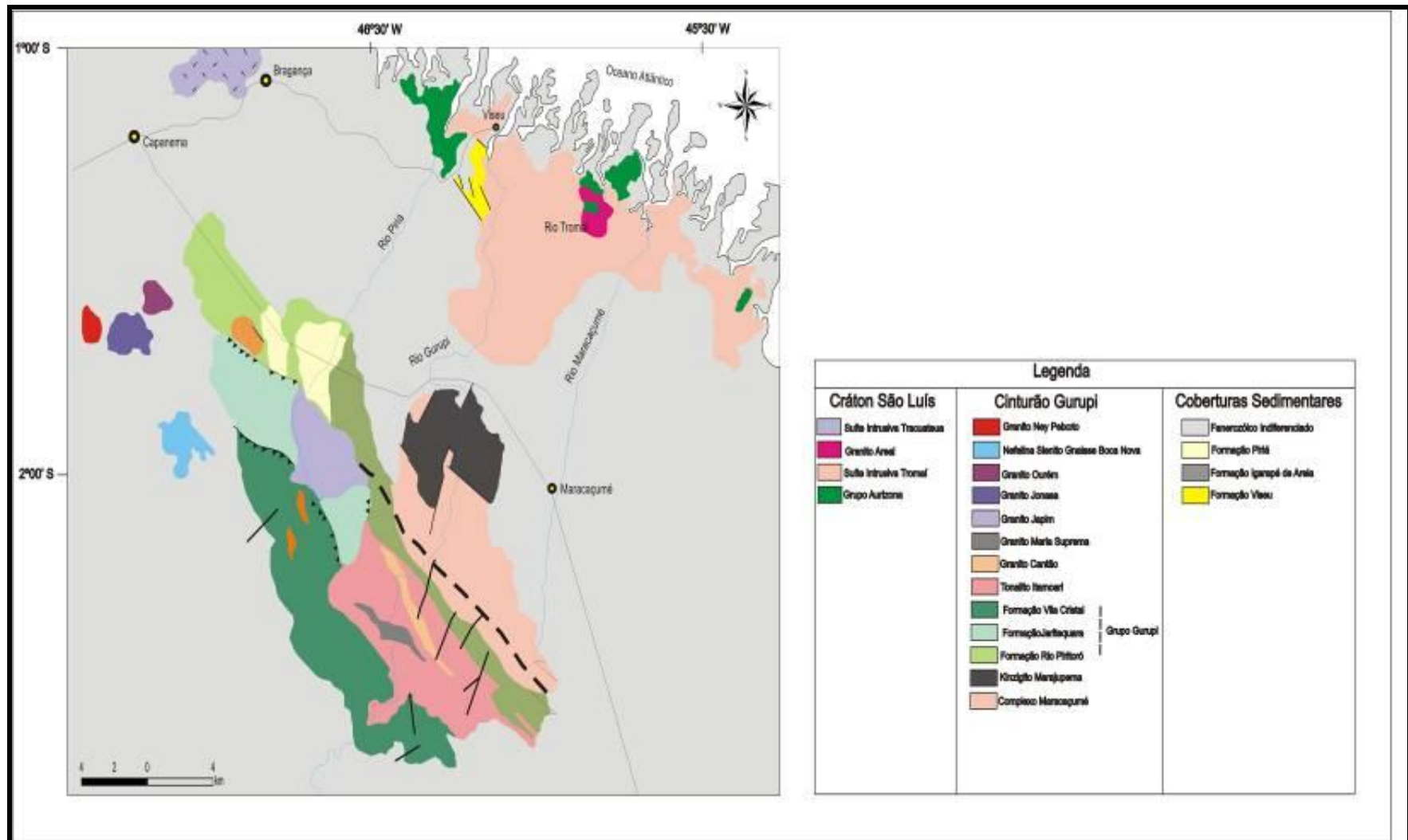


FIGURA 11 – Mapa Geológico da Região do Gurupí, Modificado de Klein, 2004.

9 GEOLOGIA LOCAL

Na área estudada ocorrem exclusivamente as coberturas sedimentares quaternárias e recentes, as quais foram subdivididas em depósitos de dunas, praias e mangues.

9.1 DEPÓSITOS DE DUNAS

Esses depósitos ocorrem margeando o litoral, estendendo-se até a zonal praial. Apresenta-se dimensões métricas e cotas que variam de 3 á 7m, algumas vezes recobertos por vegetação nativa. São constituídos por dunas de grande a médio porte, compostas por areias quartzosas de granulometria fina á média, de coloração amarelo-esbranquiçado.

9.2 DEPÓSITOS DE PRAIAS

Ocorrem principalmente ao norte bordejando a Vila de Apeú-Salvador, sendo constituído por areias finas a muito finas, quartzosas, de coloração amarelo claro, bem selecionadas. Por vezes apresentam-se intercaladas com níveis escuros que são representados por acumulações de minerais pesados, sendo estes contidos na assembléia de ZTR e ZTRE.

9.3 DEPÓSITOS DE MANGUE

Os manguezais ocorrem geralmente em regiões deprimidas, adjacentes às praias e planície de maré. São constituídos principalmente por sedimentos pelíticos, os quais algumas vezes, encontram-se recobertos parcialmente por areias da praia.

10 PLATAFORMA CONTINENTAL INTERNA DO PARÁ

A Plataforma Continental Interna do Pará é limitada “*offshore*” pela isóbata de 20 m, possui um relevo suave, ocorrendo pequenas irregularidades, devido à presença de canais e ondulações. Esta plataforma continental apresenta um gradiente bastante suave de 3.5°, com uma largura máxima de 90km. Os fundos marinhos são em regra geral, na maioria, arenosos e ocupados por várias estruturas arenosas.

Na foz do rio Gurupí, as estruturas arenosas apresentam-se alongadas e orientadas segundo a direção NE-SW, a mesma das correntes de maré: Coroa Grande, da Muriçoca, Banco São João, Espadarte, Coroa das Gaivotas e na plataforma continental interna, Bancos Hylas, Beckle, Marapanim, Maracanã, Bragança, Salinópolis, entre outros.

No entanto, ocorrem afloramentos rochosos (unidades cristalinas, pertencentes ao Cráton São Luís) em determinados pontos, por exemplo: pedra “Encantada”, que fica na foz do rio Gurupi.

11 MORFOLOGIA PRAIAL

Segundo Muehe (1998), a praia é a zona de proteção contra a ação destrutiva das ondas, sendo um dos ecossistemas mais frágeis do planeta. As praias dominadas por macromarés (~4m).

Há várias definições para o termo "praia" segundo Suguio (1983), a praia corresponde à zona perimetral de um corpo aquoso (lago, mar ou oceano), dominada por ondas e composta de material granular inconsolidado, comumente arenoso (0,062-2 mm) ou mais raramente cascalho (2 a 60mm), além de conter teores variáveis de biodetritos (fragmentos de conchas de moluscos, etc).

Komar (1976) define a praia como um depósito de sedimentos não coesivos e inconsolidados sobre a zona costeira. São dominados primariamente por ondas, limitado internamente pelos níveis máximos da ação de ondas de tempestades, ou onde haja mudança abrupta de sedimentos e/ou declividade (como zonas de dunas ou falésias) e externamente pelo início da zona de arrebentação ou o nível de maré mais baixa de sizígia, quando o corpo de água é sujeito a flutuações de macromarés.

De acordo com Short (1999), a ocorrência de praias é totalmente dependente das ondas e sedimentos, porém é independente de muitos outros processos. Podem ser, entretanto influenciadas e modificadas por processos como marés e ventos e outros parâmetros, tais como, biota, química da água, ar e temperatura.

A praia arenosa exhibe forma mais ou menos arqueada, em planta e côncava rumo ao continente. Desenvolve-se em trechos de costa com abundante suprimento arenoso como, por exemplo, nas adjacências de desembocaduras fluviais com predominância da ação das ondas (SUGUIO, 1983).

A zona costeira constitui uma zona de fronteira sujeita às contínuas alterações morfodinâmicas ocorridas temporalmente e espacialmente, em função de uma série de processos geológicos continentais e marinhos (SILVA *et al.*, 2004). Diante deste contexto, as praias compõem o ambiente frontal do sistema costeiro, tornando-se altamente dinâmica. Suas características morfológicas refletem o agente modificador predominante (ondas e marés) e os atributos dos sedimentos que as compõem, principalmente a granulometria.

De acordo com a hidrodinâmica da praia, distinguem-se três zonas (FIG.12).

- a) **Zona de Arrebentação (“*Breaking zone*”)**: é a porção do perfil da praia onde ocorre a dissipação das ondas, compreendida entre o limite da quebra das ondas mais distante e a mais próxima da costa. O número de zonas de arrebentação está conseqüentemente relacionado com o número de bancos de areia e calhas existentes na praia e o seu conjunto forma a zona de arrebentação.
- b) **Zona de Surfe (“*surf zone*”)**: A caracterização desta zona é dependente do modo como ocorre a dissipação energética das ondas incidentes. Segundo Wright *et al.* (1982), em praias de baixa declividade, as ondas quebram e formam vaga (“*bores*”). Porém, o reconhecimento das diferenças das zonas de surfe e arrebentação se torna difícil em praias dissipativas.
- c) **Zona de Espraimento (“*swash zone*”)**: Caracteriza a região entre a máxima e a mínima excursão da vaga sobre a face da praia. Após esta zona, aparece a escarpa de praia e/ou por vezes uma feição deposicional de sedimentos chamada de berma.

Segundo Silva et al (2004), quanto à topografia do ambiente praiar, tem-se:

- ● Berma – terraço formado na zona de pós-praia. Em um mesmo perfil pode haver mais de um berma, indicando a ação de ondas de variáveis níveis energéticos;
- ● Crista do berma – ponto de inflexão entre o berma e a face praiar;

Quanto à morfodinâmica, segundo Wright & Short (1984 apud MUEHE, 1994), os estágios podem ser:

- Dissipativo – ocorre em praias de declividade suave e sedimentos finos em que as zonas de surfe são muito desenvolvidas devido à incidência de ondas altamente energéticas e/ou da própria granulometria sedimentar.
- Refletivo – ocorre em praias de alta declividade, comumente de granulometria grossa. Em condições de baixa energia, nota-se um berma bem desenvolvido e linear; além disso, pode-se observar facilmente a presença de cúspides na face praiar.
- Intermediário – envolve processos dissipativos e refletivos. Ocorre em praias com climas de onda de energia moderada, mas temporalmente variável e sedimentos de granulometria média a grossa.

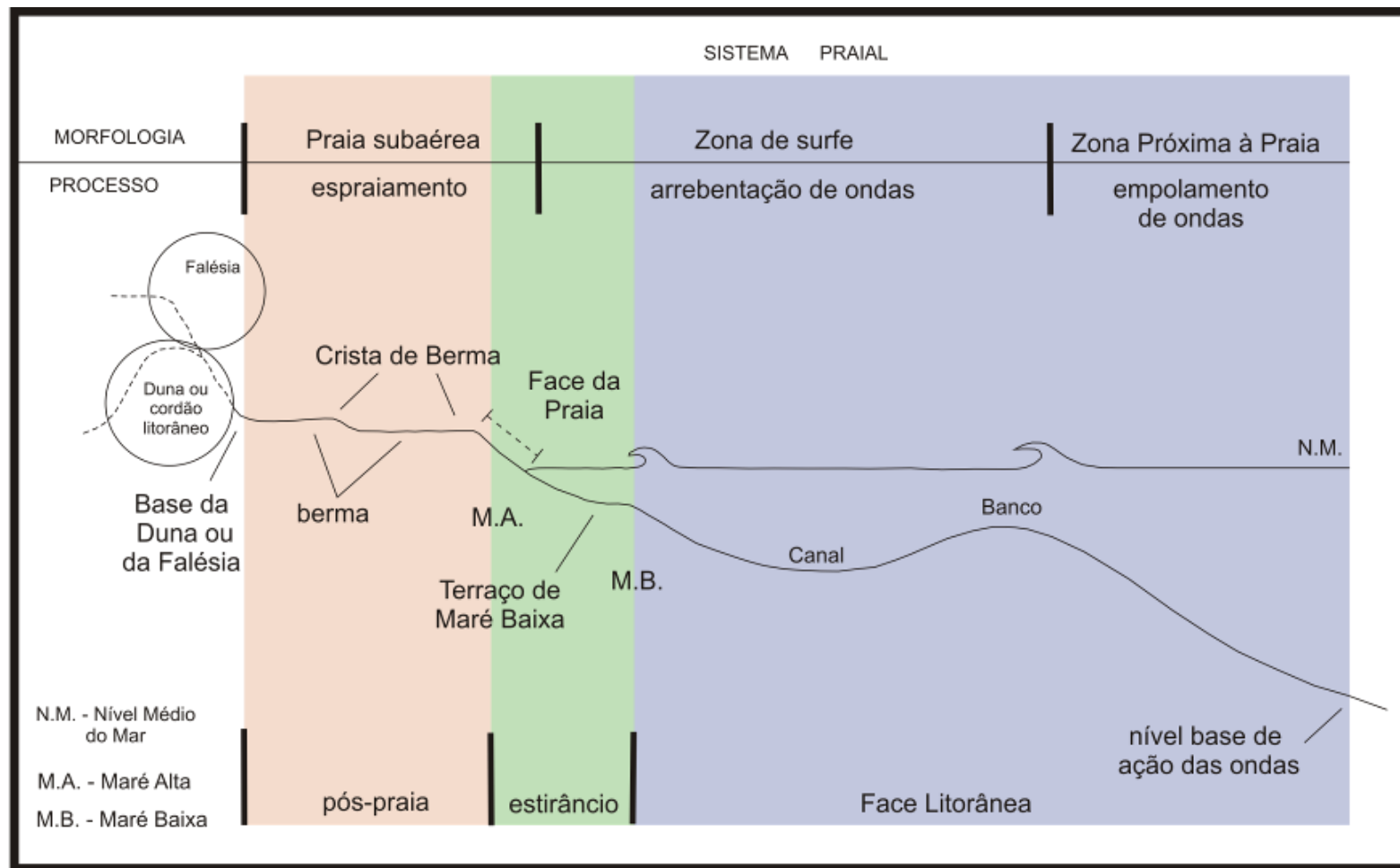


FIGURA 12 - Subambientes Praiais, modificado de Muehe, 1998.

Em relação à hidrodinâmica, segundo Galvin (1968, apud HOEFEL, 1998), de acordo com a declividade da praia, da altura e do comprimento de onda (FIG. 13), as ondas são classificadas como:

- Progressiva ou Deslizante (“*Spilling Breaker*”) – a onda empina-se e em seguida desliza ao longo do perfil da praia, tendo sua energia dissipada ao longo de uma larga faixa. Ocorre em praias de baixa declividade de estágio morfodinâmico dissipativo.

- Mergulhante (“*Plunging Breaker*”) – a onda empina-se de forma abrupta ao aproximar-se da costa quebrando-se violentamente. Sua energia é dissipada sobre uma pequena faixa do perfil e ocorre em praias de declividade moderada a alta de estágio refletivo.

- Ascendente (“*Surging Breaker*”) – a onda ascende sobre a face praial e interage com o refluxo das ondas anteriores não ocorrendo à quebra. É típica de praias de declividade muito alta de estágio refletivo.

- Frontal (“*Collapsing*”) – é um tipo de onda intermediária entre a mergulhante e a ascendente, de difícil identificação. Ocorrendo também em praia de pendente abrupta..

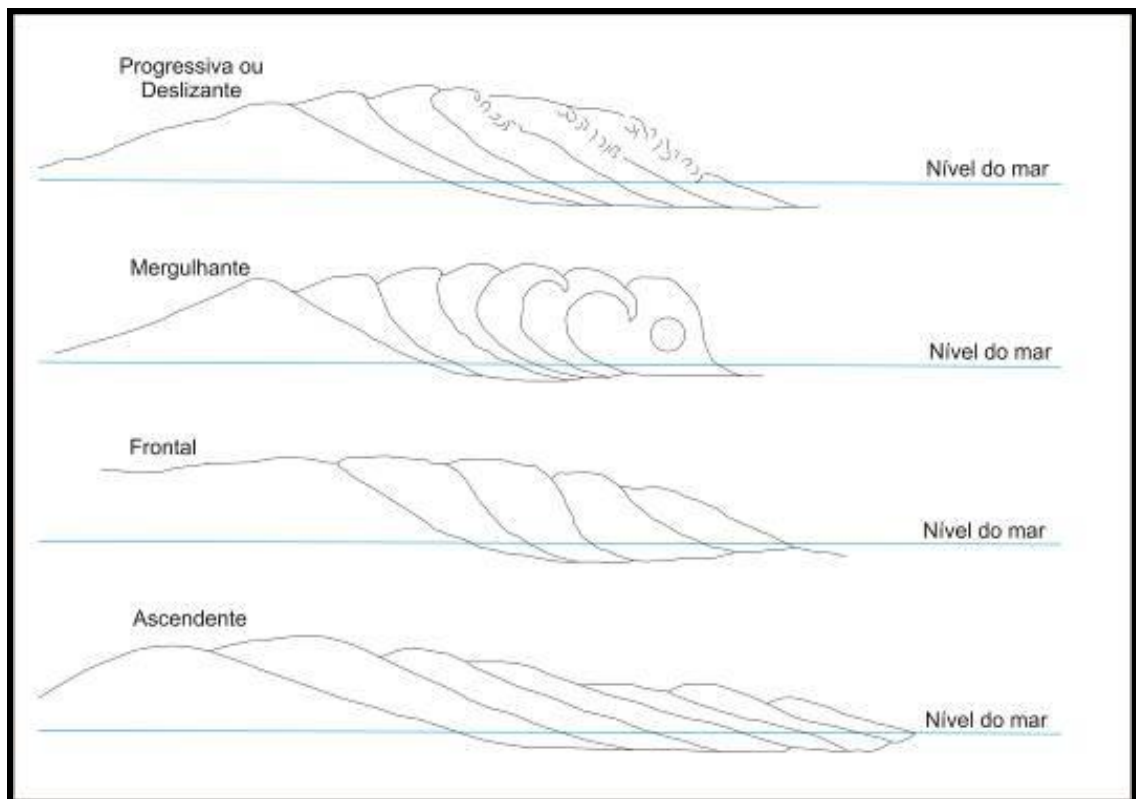


FIGURA 13 – Tipos de arrebentação de ondas.
FONTE: Silva et al., 2004.

As ondas incidentes têm parte de sua energia dissipada na zona de surfe, sendo a mesma transferida para a geração de correntes costeiras longitudinais (“*longshore currents*”) e transversais (“*rip currents*”), que atuam de modo importante no transporte de sedimentos na zona de surfe, sendo responsáveis por modificações no relevo praial (HOEFEL, 1998).

Correntes longitudinais atuam paralelamente entre a linha de costa e a zona de arrebatção, movendo sedimentos ao longo de vários quilômetros através da deriva litorânea (SILVA et al., 2004). Devido à obliquidade da incidência de ondas em uma praia, o transporte longitudinal de sedimentos pode levar à modificação do perfil praial em planta devido a erosões e acumulações, dependendo do estado do mar, ou seja, se o mesmo está sob influência de tempo bom ou tempestade (MUEHE, 1998), o que pode levar à formação de *placers* devido ao carreamento dos minerais de menor densidade aglomeração dos minerais mais densos (KOMAR & WANG, 1984).

Correntes transversais, também conhecidas como correntes de retorno, originam-se através da água acumulada na zona de surfe que precisa retornar para o mar aberto através da zona de arrebatção, ocorrendo nos pontos em que as ondas são mais baixas (MUEHE, 1998). Essas correntes são alimentadas pelas correntes longitudinais e tendem a se extinguir logo após a zona de surfe, em direção ao mar, formando assim, células de circulação (HOEFEL, 1998). Correntes de retorno então são responsáveis pelo transporte de sedimentos praias para a região submarina, representando um perigo para banhistas devido à sua velocidade (MUEHE, 1998).

12 ARCABOUÇO ESTRUTURAL

No NE do Pará, duas unidades estruturais destacam-se e podem ser observadas: (1) Plataforma Bragantina e (2) a Bacia Costeira Bragança-Viseu, que representa uma fossa tectônica delimitada por falhas normais de direção NW-SE (ARANHA *et al.*, 1990).

Durante o Paleozóico, a região esteve sujeita a uma tectônica distensiva de direção NW-SE, relacionada à abertura do oceano Atlântico, originando falhas normais de direção N-S e NE-SW e falhas transferentes de direção NW-SE (COSTA *et al.*, 1992). A estruturação do Mesozóico é consequência da abertura do Atlântico Equatorial, a partir do Jurássico, o que possibilitou a geração de falhas normais NW-SE e falhas transferentes de direção NE-SW, devido a extensão do eixo NE-SW. A tectônica Cenozóica é controlada pela movimentação da placa Sul Americana para W, onde as principais estruturas geradas são falhas transcorrentes de E-W de movimentação dextral e falhas normais NW-SE (COSTA, *op cit.*). A origem e evolução destas estruturas tectônicas tem sido explicada através do modelo de margens do tipo atlântico.

As rochas pré-cambrianas apresentam-se orientadas, segundo direções preferenciais WNW-ESE, compondo o Cinturão de Cisalhamento de Gurupi e, NW-SE, a Faixa de Cisalhamento Tentugal (COSTA, *op cit.*).

A morfologia das zonas costeiras está ligada à sua posição em relação ao movimento das placas tectônicas, desta forma, o NE do Pará, é classificado como uma costa do tipo “*Amero-Trailing Edge Coast*”, caracterizada por apresentar formas costeiras de topografia plana e plataforma continental mais larga (INMAN e NORDSTRÖM, 1971).

13 TECTÔNICA E NEOTECTÔNICA

O contexto tectônico do nordeste do Pará está intimamente relacionado à abertura e à formação do Atlântico Equatorial, a partir de movimentos extensionais durante o Mesozóico, possivelmente no Triássico ou até mesmo no Permiano. Esses movimentos conseguiram gerar falhas normais N-S e NW-SE e falhas de transferências NE-SW e ENE-WSW.

As estruturas do Cenozóico são essencialmente transcorrentes, decorrentes de extensão NE-SW, induzida por um binário E-W dextral, onde falhas diversas foram reativadas e muitas outras se desenvolveram. Provavelmente devido à essa tectônica durante o Mioceno Inferior houve a implantação de uma plataforma carbonática em função de um evento transgressivo que possibilitou a deposição dos calcários da Formação Pirabas.

A presença de sedimentação terrígena costeira intercalada aos carbonatos e por informação paleontológica (FERNANDES, 1992). Ainda no Mioceno, a costa teria sofrido fenômenos tectono-isostáticos que propiciaram a elevação da borda continental, tendo início a deposição dos sedimentos do grupo Barreiras, concomitante aos depósitos Pirabas.

No Plioceno, os sedimentos Pirabas e Barreiras sofreram soerguimentos, provavelmente devido a manifestações tectônicas associadas principalmente a alçamentos de blocos, o que possibilitou a atuação de processos erosivos nesses sedimentos permitindo, em alguns locais, exposições dos calcários da Formação Pirabas, bem como a finalização da sedimentação do Grupo Barreiras (FERNANDES, 1992).

O regime neotectônico distensivo e as flutuações do nível do mar vêm controlando a evolução da paisagem das planícies costeiras paraenses (IGREJA, 1991; SOUZA FILHO, 1995; SOUZA FILHO e EL-ROBRINI, 1998), onde a última transgressão marinha (5.200 anos AP) marca o início desta evolução (SOUZA FILHO, *op cit.*).

14 PLACERS

Segundo Silva (2000) *placers* são acumulações sedimentares formadas pela concentração mecânica de minerais detríticos possivelmente de valor econômico, incluindo diversos bens metálicos ou pedras preciosas, originados a partir da decomposição e erosão de rochas-fonte, rochas estas que são ígneas, metamórficas e sedimentares.

Estes minerais detríticos são geralmente conhecidos como “minerais pesados”, em função de sua alta densidade específica (entre 2,1 e 2,9 g/cm³) superior à do quartzo (2,65 g/cm³). Segundo Emery e Noakes (1968), os *placers* são compostos por minerais pesados “pesados” (densidade específica entre 2,1 e 6,8 g/cm³), por minerais pesados “leves” (densidade específica entre 5,3 e 4,2g/cm³) e por gemas (densidade específica entre 4,1 e 2,9g/cm³).

Os pesados “pesados” são transportados apenas por curtas distâncias (15 a 20 Km) e englobam principalmente o ouro, a platina e a cassiterita. Os pesados “leves” chegam mais comumente às zonas costeiras, concentrando-se em ambientes de deposição de alta energia. Eles compreendem principalmente a ilmenita, o rutilo, o zircão, a monazita e a magnetita. Entre as gemas destaca-se o diamante, que se concentra principalmente em aluviões, mas também em praias e na plataforma continental (SILVA, op cit.).

Nas regiões costeiras e da plataforma continental, os depósitos de minerais pesados têm sua gênese associada aos fenômenos de erosão, transporte e deposição de sedimentos pela ação das ondas e correntes costeiras. Os depósitos minerais possuem uma íntima associação com as modificações decorrentes das variações eustáticas do nível do mar que caracterizaram todo o período Quaternário.

Tais modificações do nível marinho ocasionaram muitas concentrações, onde estas também estão associadas a depósitos fluviais, que recobriam grande parte da plataforma continental, exposta durante fases de nível mais baixo e que foram posteriormente afogadas pela transgressão marinha que ocorreu no final do Pleistoceno e início do Holoceno (SILVA, op cit.).

GÊNESE DO PLACERS

Os minerais pesados que compõem os *placers* marinhos são oriundos de rochas fontes, ígneas, sedimentares ou metamórficas, que sofreram intemperismo e erosão, desagregando e liberando os minerais detríticos para o transporte pelos agentes superficiais como: rios, vento, águas pluviais, gelo e gravidade.

Uma vez liberados das rochas fonte, estes minerais pesados podem ser transportados até o litoral, junto com outros minerais detríticos, onde a ação das ondas e correntes costeiras ocasiona a retirada dos minerais mais leves e concentra aqueles cujas densidades são mais elevadas, dando origem aos *placers* de praias. Existem várias classificações para os depósitos de minerais pesados. Podem ser classificados como *placers* residuais, *placers* aluviais, *placers* praias, *placers* offshore e *paleoplacers*.

Placers Residuais: são aqueles que se acumulam imediatamente sobre uma camada de rocha fonte (ex. em veio de ouro ou cassiterita) através da decomposição química e remoção dos minerais leves da rocha. São os maiores e mais importantes produtores de apatita mineral (FIG. 14).

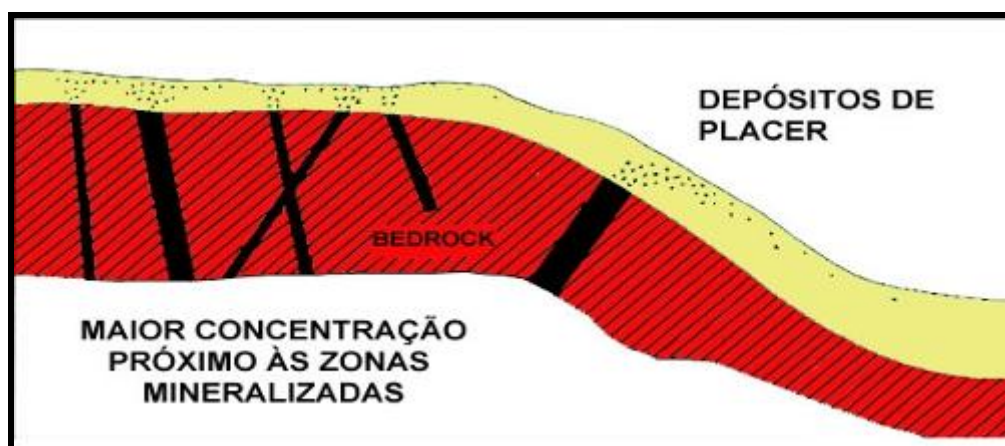


FIGURA 14 - Modelo de depósitos do tipo *placers* residuais.

FONTE: Bates e Jackson (1980)

Placers Aluviais: são os mais importantes tipos de depósitos, devido a facilidade de extração. Segundo Bates e Jackson (1980) a queda de velocidade é o principal mecanismo para essa segregação no depósito. Bred e Jobson (1973) falam que configuração da camada e a densidade dos grãos são os mais importantes fatores.

Placers Praiais: formam-se ao longo da costa através das ações de ondas e correntes (FIG. 15). Podem ser observados nas praias atuais e podem formar discretas lâminas na base da praia. Os minerais pesados mais importantes encontrados nos *placers* praias são: cassiterita, diamante, ouro, ilmenita, magnetita, rutilo e zircão.

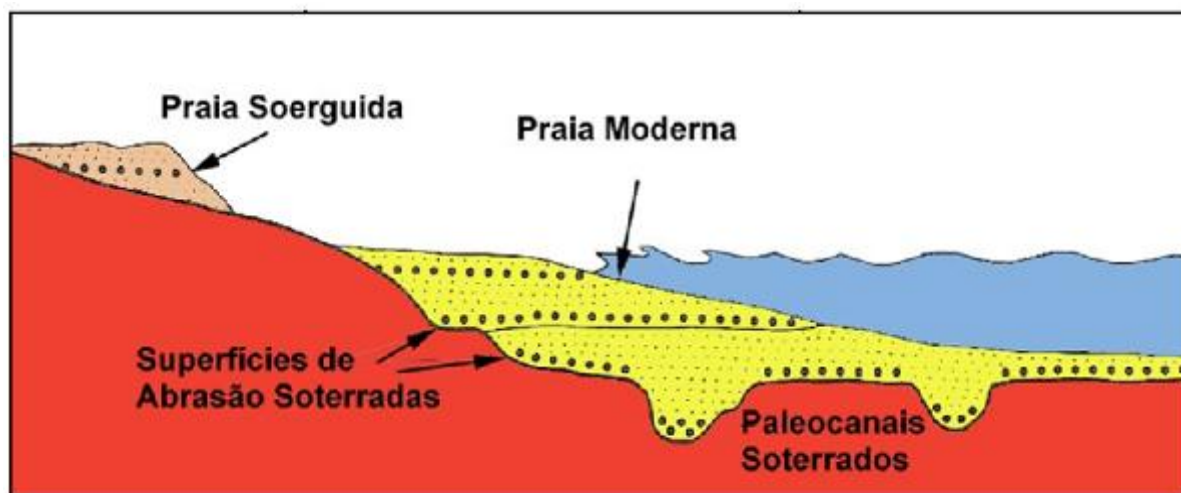


FIGURA 15 - Esquema para ilustração de sítios de deposição de *placers*. *placers* mostrados por esferas pretas, modificado de, Selley (1976).

Placers Offshore: São formados principalmente pela submersão de *placers* aluviais de praia (transgressão e regressão). Com o desenvolvimento de dragas mais eficientes capazes de trabalhar em tempestades nas linhas de costas, elas ajudam no prolongamento da vida deste tipo de depósito. Tornando-se cada vez mais importante como produtores de minerais pesados.

Paleoplacers: são encontradas na maioria dos crátons precambrianos do mundo, ocorrendo em camadas de conglomerados piritosos com seixos de quartzo, aos quais se associam quartzo arenitos, sendo os mais importantes encontrados no Arqueano e Proterozóico Inferior. *Paleoplacers* piríticos e muitos hematíticos ocorrem em espessas seqüências de rochas sedimentares clásticas, dominados por quartzo arenitos de submaduro a supermaduro, com alguma sericita e feldspato.

OS PLACERS NO BRASIL E NO MUNDO

Segundo Silva (2000), os *placers* marinhos são explorados em uma diversidade de locais nas linhas de costa e plataformas continentais em todo o mundo, sendo que a principal fonte de titânio provém dos minerais de ilmenita e rutilo derivados de depósitos de diferentes praias da Austrália, África, Ásia, Américas

do norte e Sul (Tabela 1). Economicamente, no entanto, destacam-se, por seu alto valor agregado, os depósitos marinhos de diamantes da África do sul e Namíbia, e os depósitos de ouro, explorados no Alaska e nova Zelândia. No Brasil, as principais áreas de exploração dos minerais pesados ocorrem em placeres associados a terraços marinhos elevados situados acima, ou adjacentes às falésias esculpidas nos sedimentos do Grupo Barreiras, no litoral sul da Bahia, Espírito Santo e, principalmente, ao norte do estado do Rio de Janeiro.

TABELA 1 – Principais Ocorrências de *Placers* no Mundo.

BEM MINERAL	UTILIZAÇÃO PRINCIPAL	OCORRÊNCIAS
Ouro	Ornamento	Alaska, Nova Zelândia, Gana, Filipinas, Chile e Argentina.
Diamante	Jóias, corte	África do sul, Namíbia, Austrália, Indonésia.
Cassiterita	Cobertura metálica	Indonésia, Malásia, Tailândia, Austrália, Tasmânia, Inglaterra.
Rutilo	Pigmento, metal	Austrália, Sri Lanka, EUA.
Ilmenita	Pigmentos	África do sul, Índia, Austrália, Sri Lanka, Senegal, Florida, Madagascar, Brasil,
-Magnetita e zircão	Aço, refratários, Opacificantes	Nova Zelândia, Indonésia, Filipinas, Japão, Austrália, Índia, EUA, Brasil, Sri Lanka.
Granada	Abrasivos	Austrália, Índia
Monazita	Catalisadores	Austrália, Índia, Brasil
Sillimanita	Refratários	Índia
Apatita	Fertilizantes	Peru, Chile

FONTE: Silva, 2000.

OCORRÊNCIA DE OURO NO CRÁTON SÃO LUÍS E CINTURÃO GURUPÍ

Ocorrências primárias de ouro no Fragmento Cratônico São Luís, são relatadas nos garimpos Roxo e Santa Paz, com exposições precárias e sem dados significativos disponíveis. Segundo Azevedo (2003), Roxo está encaixado em diorito da Suíte Intrusiva Tromai e em xisto com magnetita. A mineralização em Santa Paz está associada com veios de quartzo encaixados em milonitos desenvolvidos sobre tonalitos da Suíte Intrusiva Tromai em uma zona de cisalhamento com orientação aproximada N20°W (CPRM, 2008).

Ocorrências de ouro em rochas sedimentares da Formação Igarapé de Areia foram identificadas em trabalhos de sondagem desenvolvidos por companhia de

mineração. Aparentemente promissoras são as áreas Boa Esperança, Pico 20, Bom Jardim e o garimpo Firmino. Nesses alvos as concentrações auríferas estão associadas essencialmente a lentes de conglomerados monomíticos contendo seixos de quartzo. Embora conglomerados basais polimíticos possam também conter ouro, as concentrações são muito subordinadas. Foi sugerido modelo de depósito tipo paleoplacer semelhante ao de Tarkwa, no Cráton Oeste Africano (CPRM, 2008).

O Cinturão Gurupi contém uma série de depósitos e ocorrências auríferas onde a maioria localizada no estado do Maranhão, que partilham características comuns, que incluem: 1) os depósitos apresentam marcante controle estrutural, estando localizados em estruturas relacionadas à Zona de Cisalhamento Tentugal; 2) as estruturas hospedeiras se desenvolveram em ambiente acrescionário e/ou em margem continental; 3) o estilo de mineralização é caracterizado por abundância de veios de quartzo \pm carbonato-sulfeto e disseminações em zonas de alteração hidrotermal, com ouro ocorrendo no estado livre ou encapsulado em sulfetos; 4) deposição do ouro em estágio tardio em relação ao pico metamórfico e estrutural regional e ao magmatismo granítico; 5) relativa similaridade nas condições físico-químicas dos fluídos mineralizadores em escala regional.

Estas características levaram Klein et al. (2005a) a sugerir a classe de depósitos de ouro orogênicos para os jazimentos auríferos do Cinturão Gurupi.

Na porção paraense do Cinturão Gurupi, o depósito de Cachoeira é o único conhecido dentro deste modelo, sendo que Firmino e Roxo podem ser também associados a ele (CPRM, 2008).

DEPÓSITO CACHOEIRA

O depósito aurífero de Cachoeira está localizado na porção noroeste do Cinturão Gurupi e engloba vários alvos mineralizados distribuídos ao longo de uma área de aproximadamente 3,5 x 1,5 km. Possui produção histórica da ordem de 1200 kg de ouro (BETTENCOURT et al., 1991) e são relatados recursos em torno de 18-20 toneladas de ouro com teor variando entre 1,7 e 4,4 g/t (CPRM, 2008).

De acordo com Klein et al. (2005) as rochas hospedeiras do depósito pertencem à seqüência metavulcano-sedimentar da Formação Chega Tudo, nesta área consistindo em tufos, basaltos, andesitos, filitos grafitosos, clorita xistos clorita-

talco xistos e microdioritos, todos metamorfizados até condições de fácies xisto verde. Também hospeda parte da mineralização uma seqüência metassedimentar composta por arcóseos, grauvacas e tufos, cujo posicionamento estratigráfico (Formação Chega Tudo ou Grupo Gurupi) é incerto. Os corpos de minério, que consistem em veios de quartzo e disseminações em rochas hidrotermalmente alteradas, estão alojados em falhas e zonas de cisalhamento submeridianas paralelas à estruturação regional e possuem alto ângulo de mergulho.

A alteração hidrotermal gerou veios de quartzo com ou sem carbonato e sulfeto e provocou a modificação pervasiva da mineralogia metamórfica das rochas hospedeiras produzindo uma assembléia de composição mineralógica relativamente constante que compreende proporções variadas de quartzo, dolomita, albita e sulfeto (pirita e arsenopirita), independentemente do tipo de rocha alterada. O ouro raramente é visível a olho nu, ocorrendo tanto nos veios como nas rochas hidrotermalmente alteradas, geralmente associado a concentrações de sulfetos (KLEIN et al., 2005).

Com base em estudos de isótopos estáveis Klein et al. (2005) estimaram temperaturas de formação entre 272 e 393°C e origem metamórfica para o fluido mineralizador. Os mesmos autores atribuíram origem profunda, provavelmente metamórfica ou magmática-mantélica, para o carbono presente em carbonatos e em inclusões fluidas, com possível contaminação por carbono orgânico no sítio deposicional.

15 RESULTADOS

CARACTERIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS SEDIMENTOS DA PRAIA APEÚ-SALVADOR

As características granulométricas dos sedimentos da Praia de Apeú-Salvador foram avaliadas a partir dos parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957): média, mediana, seleção, assimetria e curtose. Abaixo será realizado um apanhado geral a respeito destes parâmetros visando o maior entendimento dos dados que serão apresentados.

MÉDIA

A média indica a tendência central do tamanho dos grãos de uma amostra sedimentar e fornecem dados quanto à energia do agente deposicional, além do tamanho dos grãos disponíveis da fonte.

Deve ser utilizada uma expressão aritmética para chegar ao resultado deste parâmetro estatístico e a classificação da média (Tabela 2) de acordo com Folk & Ward (1957) para cada valor obtido em Φ .

$$M\Phi = \frac{\Phi_{84} + \Phi_{16}}{2}$$

TABELA 2 – Classificação da Média segundo Folk & Ward (1957).

M Φ	CLASSIFICAÇÃO
-1 – 0	Areia muito grossa
0 – 1	Areia grossa
1 – 2	Areia média
2 – 3	Areia fina
3 – 4	Areia muito fina
4 – 5	Silte grosso
5 – 6	Silte médio
6 – 7	Silte fino

Nas subdivisões correspondentes a linha de maré alta (LMA), estirâncio (EST) e linha de maré baixa (LMB) da praia de Apeú-Salvador, todos os sedimentos são classificados como areia fina exibindo valores de média entre 2,52 - 2,92 (FIG.16), o padrão da mais baixa da média (2,52 – 2,60) se concentra no EST, enquanto que os mais altos (> 2,92) são localizados ao NE e NW da praia nos extremos da LMA e LMB.

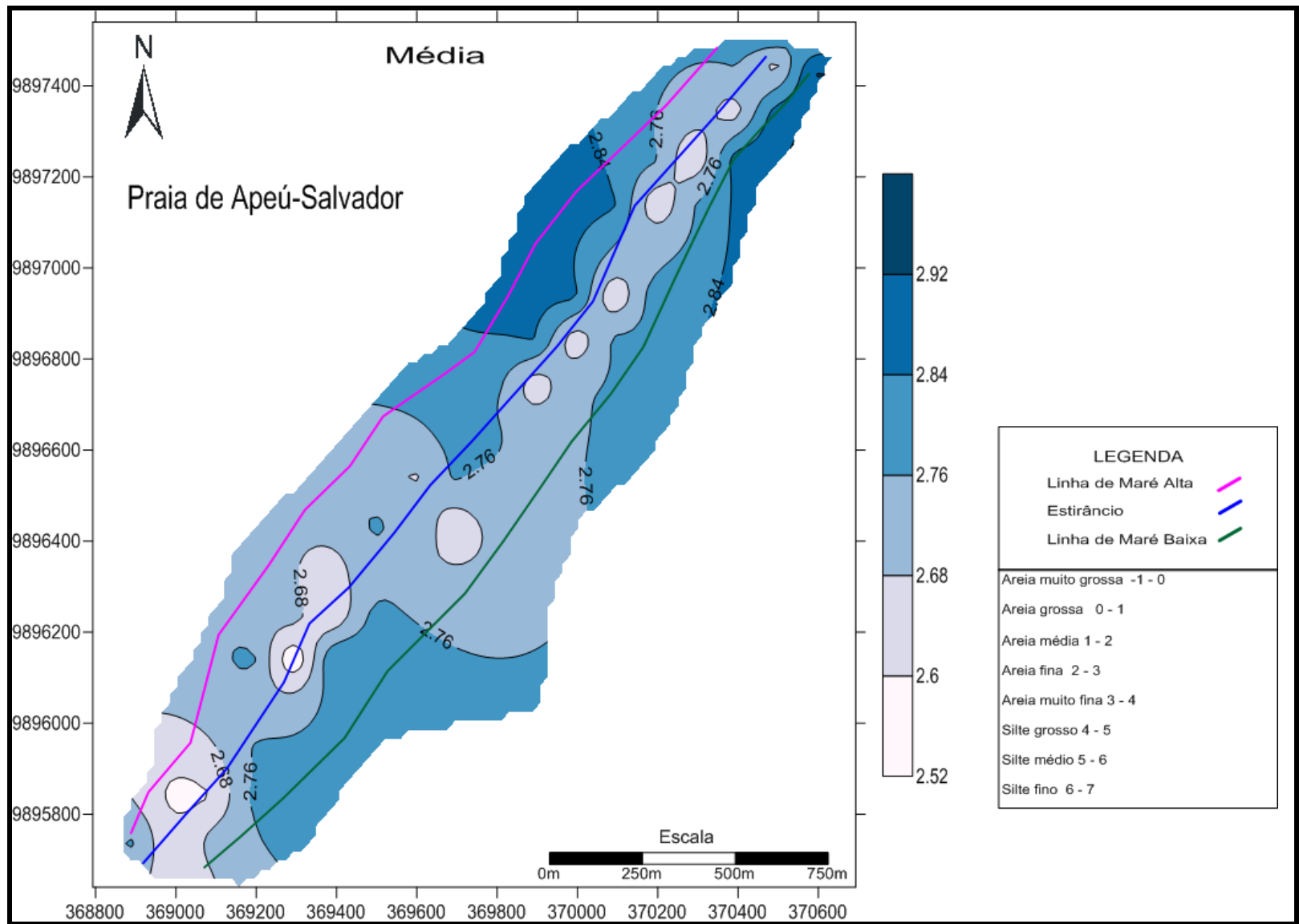


FIGURA 16 - Distribuição horizontal da Média na praia de Apeú-Salvador.

MEDIANA

A mediana reflete a média geral do tamanho (granulometria) dos sedimentos, sendo função da fonte de suprimento do material, pelo processo deposicional e velocidade da corrente. Foi calculado a partir da expressão sugerida por Folk & Ward (1957).

$$Mz = \frac{\Phi_{84} + \Phi_{50} + \Phi_{16}}{3}$$

Os padrões granulométricos da mediana possuem características semelhantes a do padrão média na praia de Apeú-Salvador, valores estes entre 2,658-2,853 (FIG. 17), classificando os sedimentos como areia fina a areia muito fina e concentrações no EST mais baixas, enquanto que os mais altos são localizados ao NE e NW da praia nos extremos da LMA e LMB, possivelmente padronizados por uma barra arenosa no NE e SE da praia (FIG. 17).

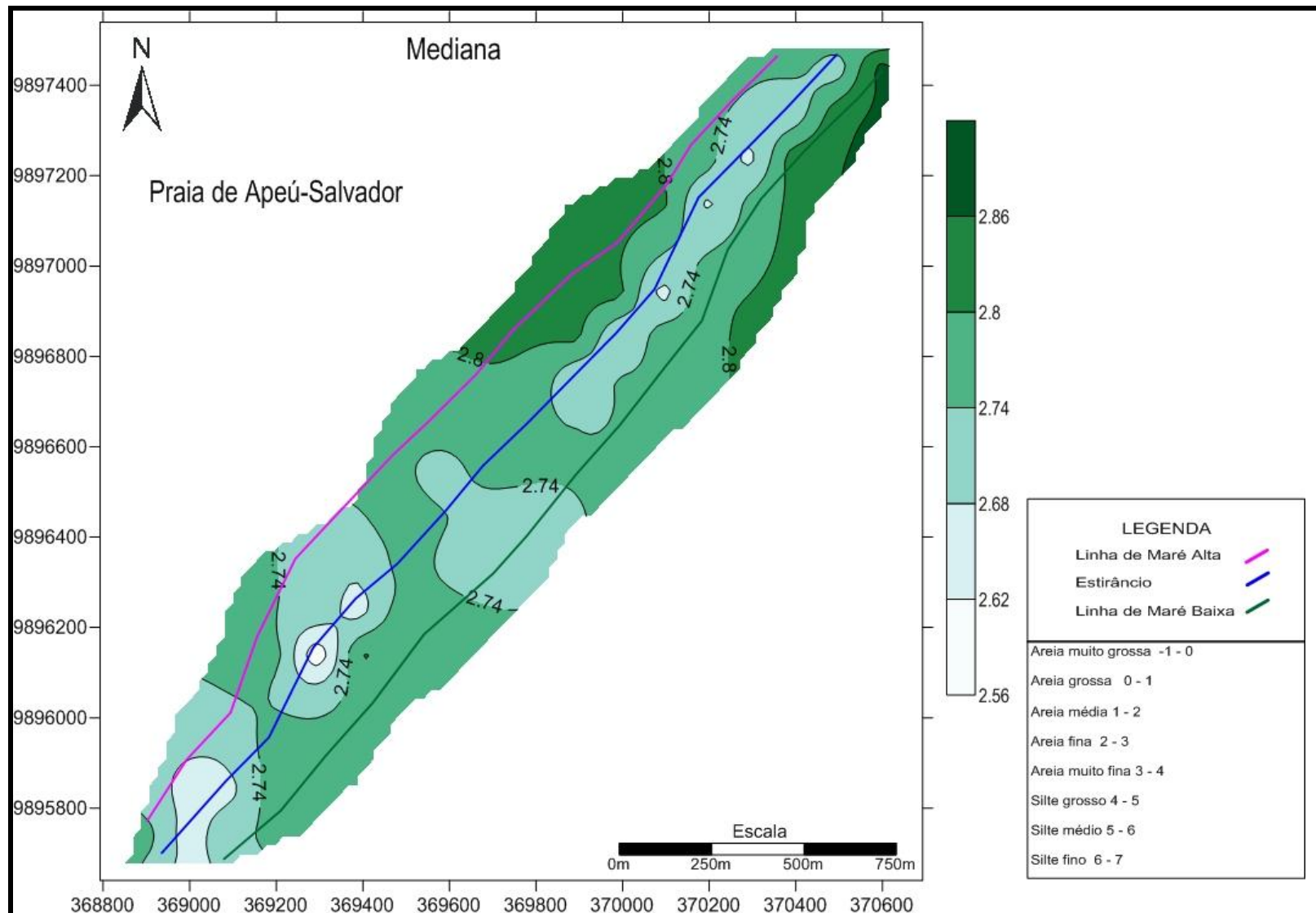


FIGURA 17 - Distribuição horizontal da Mediana na praia de Apeú-Salvador.

SELEÇÃO

Trata-se da medida de seleção granulométrica dos sedimentos, sendo calculada através da expressão e escala de selecionamento (Tabela 3) proposta por Folk & Ward (1957).

$$\delta I = \frac{(\Phi_{84} - \Phi_{16})}{4} + \frac{(\Phi_{95} + \Phi_{05})}{6,6}$$

TABELA 3 - Classificação da seleção segundo Folk & Ward (1957).

δI	SELECIONAMENTO
< 0,35	Muito bem selecionado
0,35 – 0,50	Bem selecionado
0,50 – 1,00	Moderadamente selecionado
1,00 – 2,00	Pobremente selecionado
2,00 – 4,00	Muito pobremente selecionado
> 4,00	Extremamente mal selecionado

Os sedimentos da LMA e LMB são representados por 78% de areia fina, muito bem selecionada e 22% de areia fina, bem selecionada. Já os sedimentos do EST são representados por 45% de areia muito bem selecionada e 55% de areia fina bem selecionada (FIG. 18).

O grau de seleção varia de muito bem selecionado a bem selecionado com valores entre 0,2406 - 0,4315, onde o sedimento muito bem selecionado se concentra no EST enquanto que o sedimento bem selecionado ocorre no restante da praia (FIG. 19).

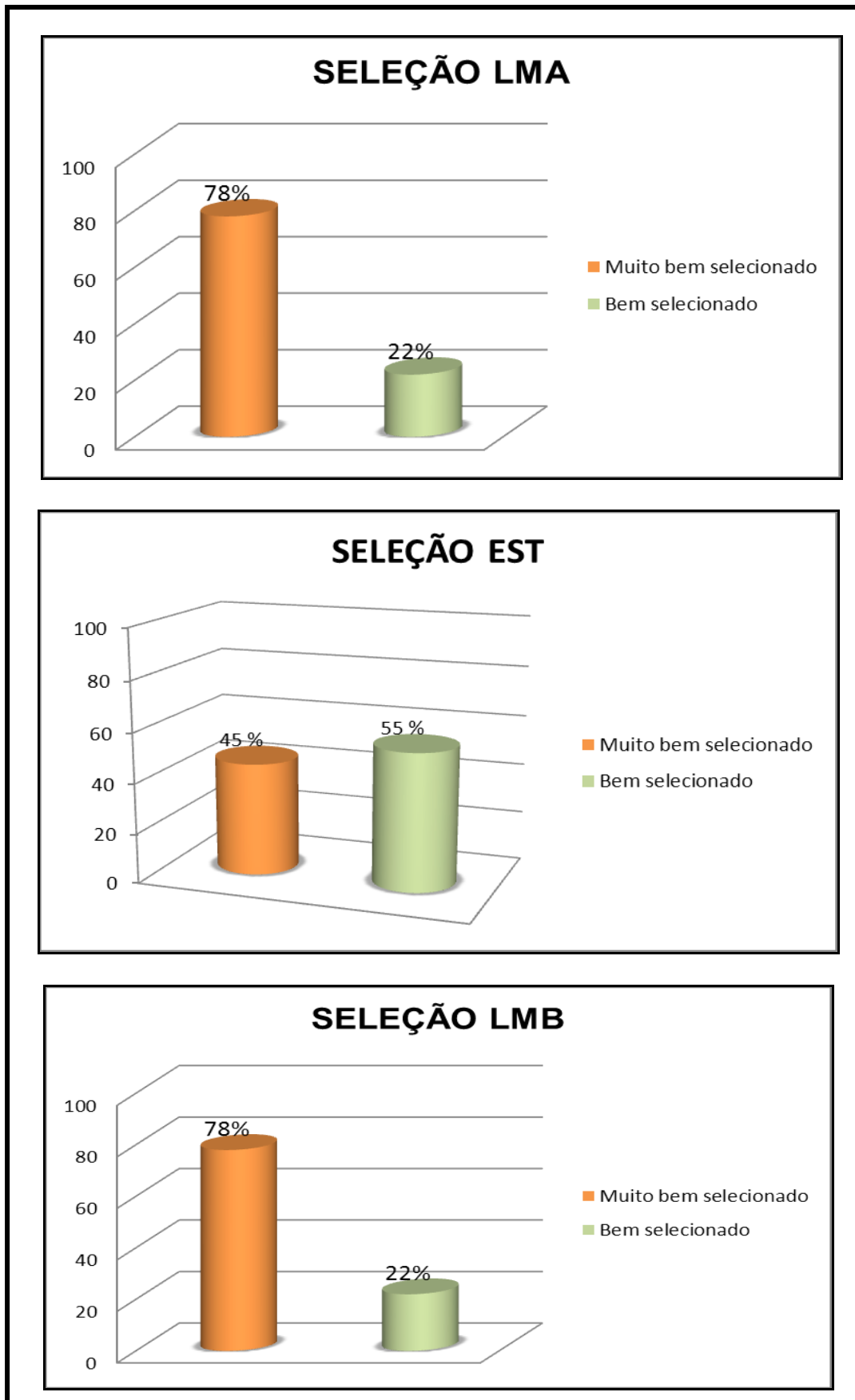


FIGURA 18 – Percentagens do padrão granulométrico Seleção nas diversas partes da praia de Apeú-Salvador (LMA - Linha de Maré Alta, EST - Estirânico e LMB - inha de Maré baixa).

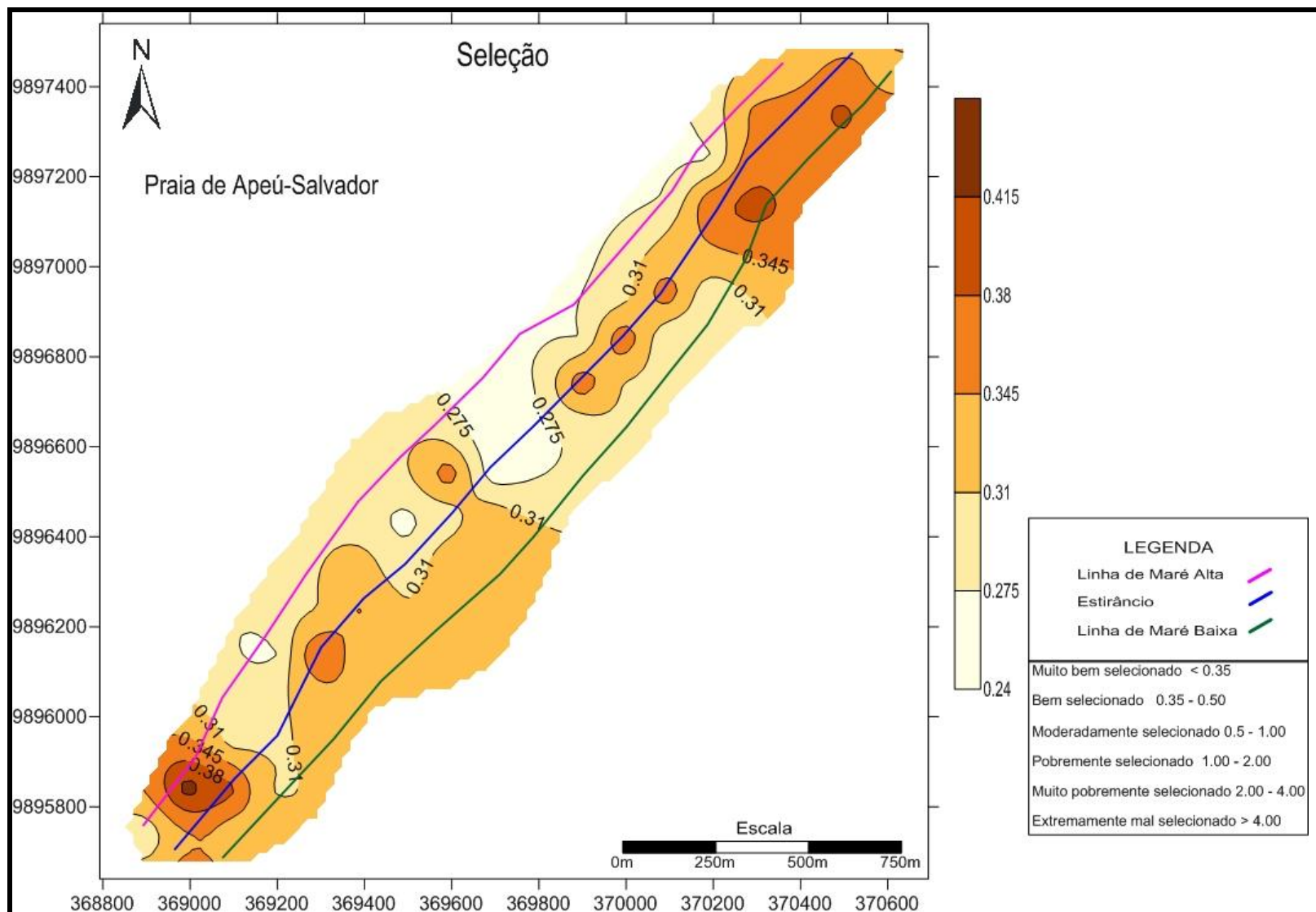


FIGURA 19 - Distribuição horizontal da Seleção na praia de Apeú-Salvador.

ASSIMETRIA

Mostra o afastamento entre o diâmetro médio e a mediana, ou seja, mostra a tendência dos dados a se dispersarem de um ou de outro lado da média. O significado geológico deste parâmetro tem sido muito discutido. De maneira geral, é aceito que variações de assimetria evidenciam uma seleção por parte do agente de transporte, que remove parte do material, depositando outra. Os valores do grau de assimetria foram calculados a partir da curva de frequência acumulativa, através da expressão abaixo e classificados de acordo com (Tabela 4) a definição de Folk & Ward (1957).

$$Ski = \frac{(\Phi_{84} + \Phi_{16} - 2\Phi_{50})}{2(\Phi_{84} - \Phi_{16})} + \frac{(\Phi_{05} + \Phi_{95} - 2\Phi_{50})}{2(\Phi_{95} - \Phi_{05})}$$

TABELA 4 - Classificação da Assimetria segundo Folk & Ward (1957).

Ski	ASSIMETRIA
-1,00 a -0,30	Muito Negativa
-0,30 a -0,10	Negativa
-0,10 a 0,10	Aproximadamente simétrica
0,10 a 0,30	Positiva
0,30 a 1,00	Muito positiva

O padrão granulométrico de assimetria na praia de Apeú-Salvador (FIG. 20), mostram na LMA a ocorrência de assimetria negativa (39%), assimetria positiva (27%) e aproximadamente simétrico (34%). No EST os sedimentos revelam-se com assimetria negativa (61%) e aproximadamente simétrico (39%). Por fim, na LMB ocorre assimetria negativa (11%), aproximadamente simétrico (72%) e assimetria positiva (17%).

A distribuição da assimetria pode ser observada com maior frequência na LMA na parte mais ao norte, visto que pontos menores são encontrados ao sul do EST (FIG. 21).

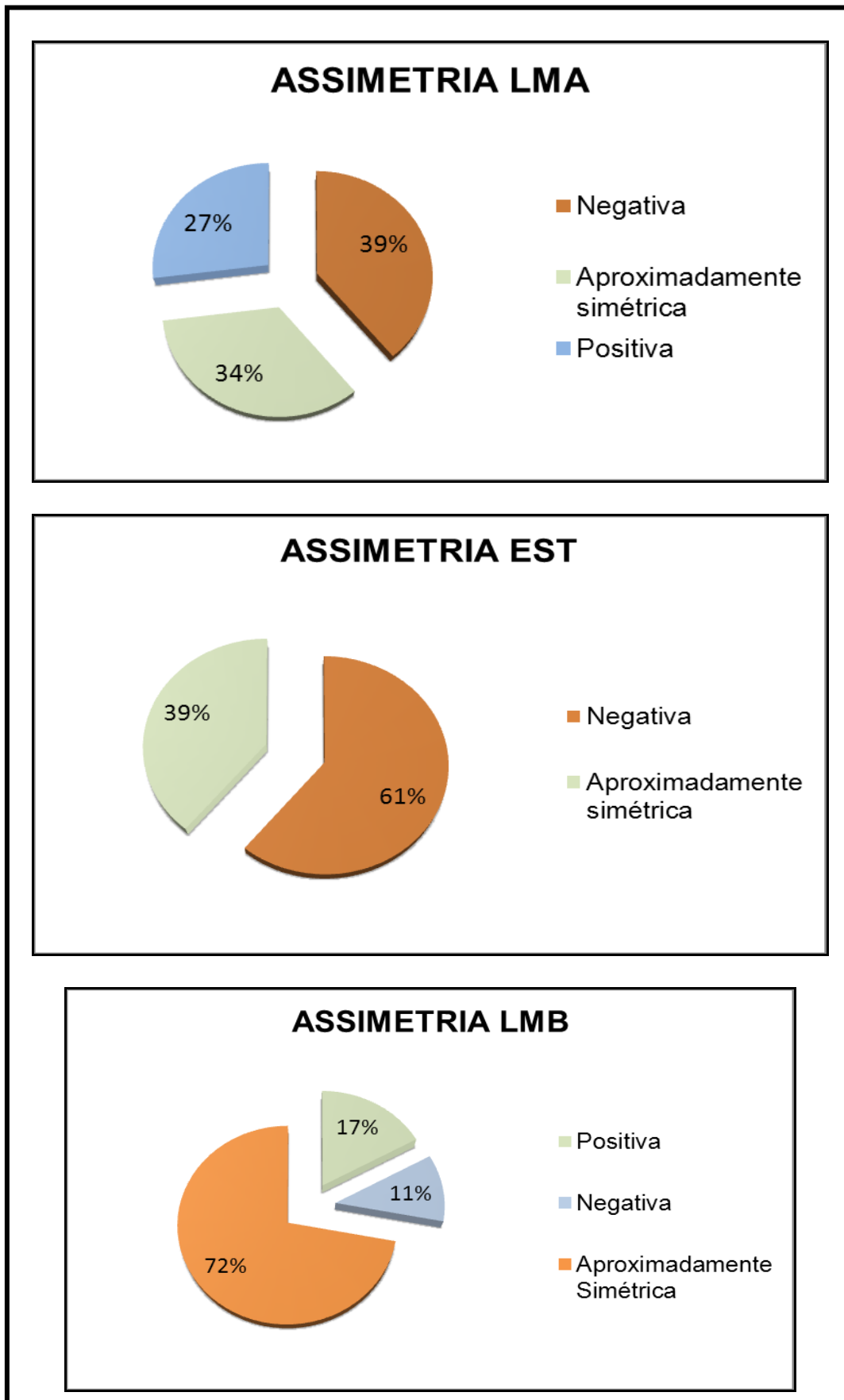


FIGURA 20 – Percentagens do padrão granulométrico Assimetria nas diversas partes da Praia de Apeú-Salvador (LMA - Linha de Maré Alta, EST - Estirânico e LMB - Linha de Maré baixa).

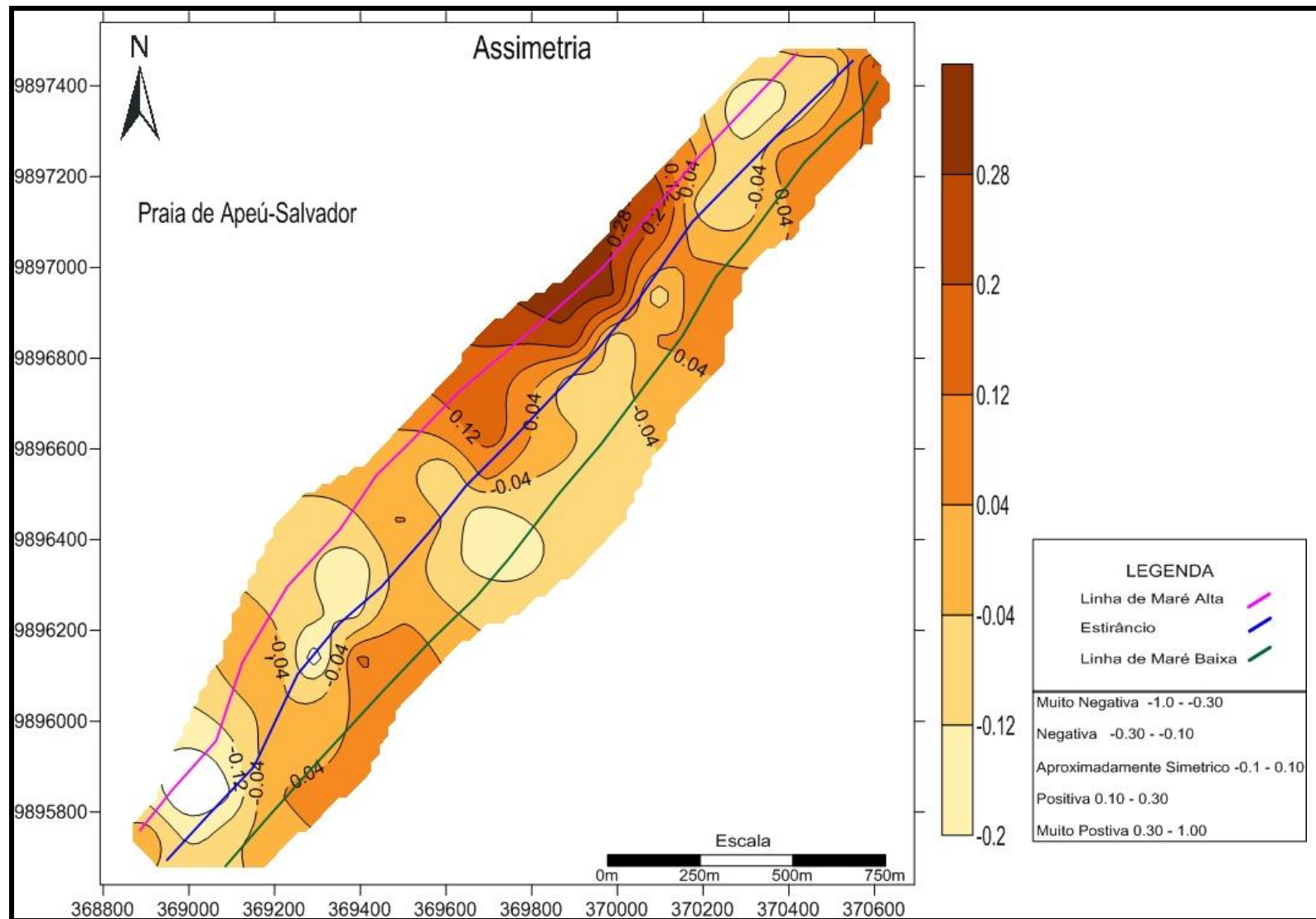


FIGURA 21 - Distribuição horizontal da Assimetria na praia de Apeú-Salvador.

CURTOSE

Esse parâmetro retrata o grau de agudez dos picos nas curvas de distribuição de frequência, completando a razão de dispersão (espalhamento) na porção central e nas caudas das curvas de distribuição. Assim, curvas com o mesmo grau de assimetria podem apresentar curtoses diferentes. Para o cálculo da curtose, empregou-se a expressão e a classificação (Tabela 5) proposta por Folk & Ward (1957).

$$KG = \frac{(\Phi_{05} - \Phi_{95})}{2,44 (\Phi_{75} + \Phi_{25})}$$

TABELA 5 - Classificação quanto à curtose proposta por Folk & Ward (1957).

Ski	ASSIMETRIA
< 0,67	Muito Platicúrtica
0,67 – 0,90	Platicúrtica
0,90 – 1,11	Mesocúrtica
1,11 – 1,50	Leptocúrtica
1,50 – 3,00	Muito leptocúrtica
> 3,00	Extremamente leptocúrtica

No padrão granulométrico a curtose na LMA é representada em 76% como leptocúrtica, 12% como curtose mesocúrtica e 12% como muito leptocúrtica. No EST os sedimentos apresentam curtose leptocúrtica e mesocúrtica com valores de 56% e 44%, respectivamente. Os sedimentos da LMB são representados por 72% como leptocúrtica, 12% como muito leptocúrtica, 12% como curtose mesocúrtica e 4% como curtose Platicúrtica (FIG. 22). A porção mais evidente da curtose se encontra na parte N da LMA (FIG. 23).

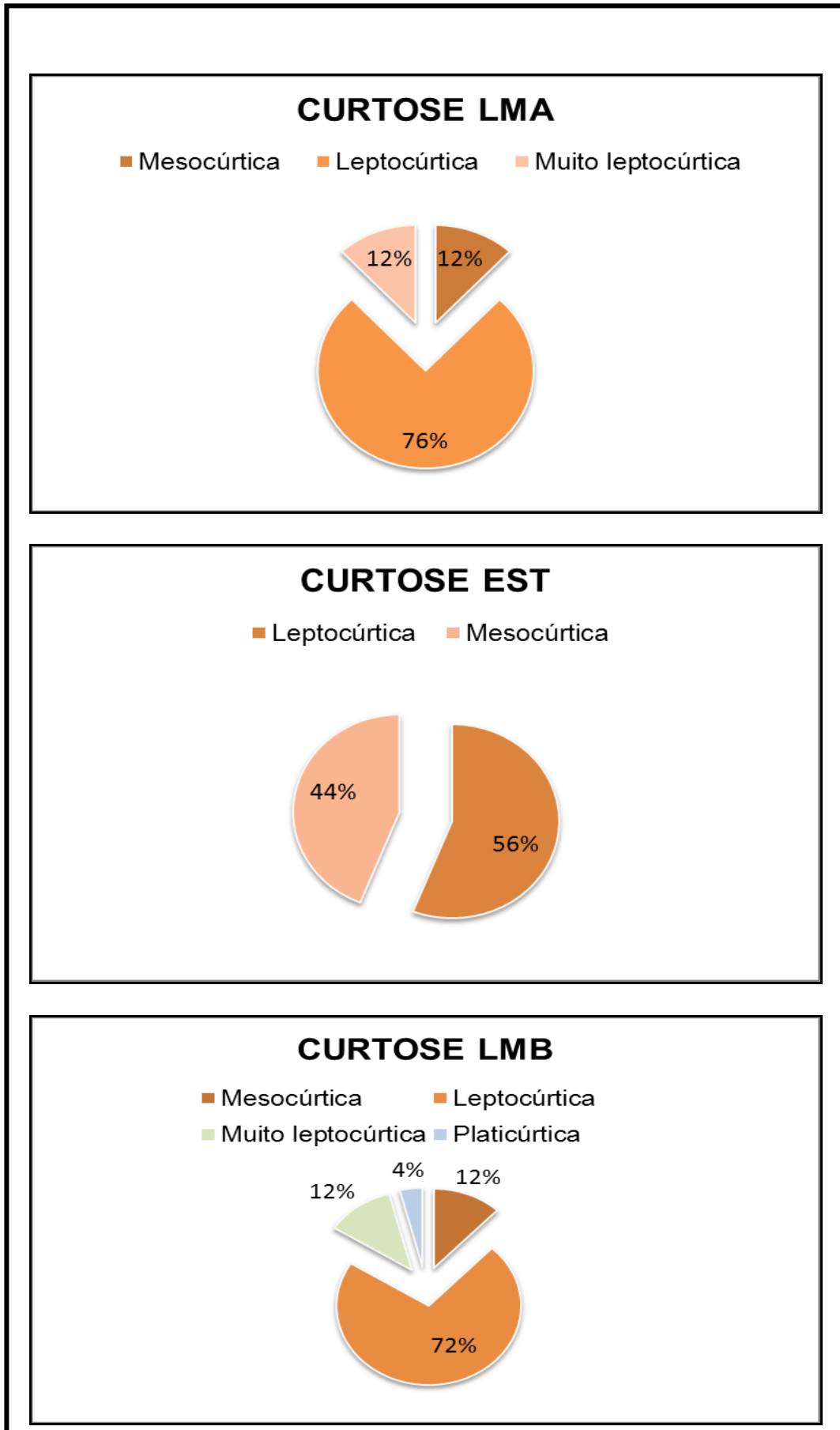


FIGURA 22 - Percentagens do padrão granulométrico Curtose nas diversas partes da Praia de Apeú-Salvador (LMA - Linha de Maré Alta, EST - Estirânico e LMB - Linha de Maré baixa).

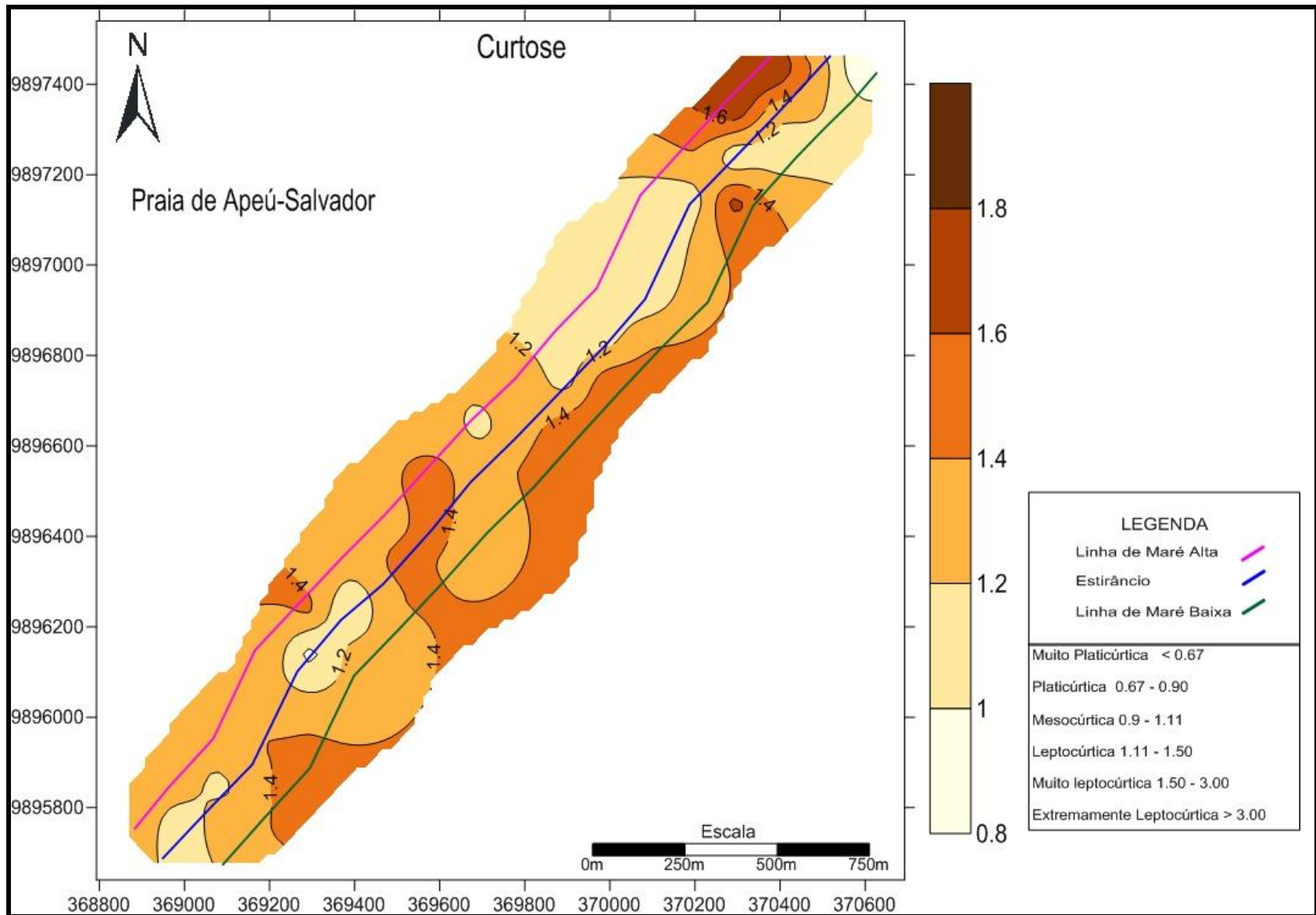


FIGURA 23 - Distribuição horizontal da Curtose na praia de Apeú-Salvador.

MINERAIS PESADOS DA PRAIA DE APEÚ-SALVADOR

Os minerais pesados estudados no presente trabalho estão concentrados em duas frações, as quais são: areia fina e areia muito fina (0,180-0,125mm e 0,125-0,090mm), exibindo variações de 1% a 10% nas amostras coletadas. Mas as melhores e maiores distribuições dos minerais pesados estão fração na correspondente a areia muito fina (0,125-0,090mm), as análises foram concentradas na mesma.

Através de estudos petrográficos foi realizada uma identificação mineralógica e estimativa de valores de frequência percentual de cada ocorrência mineral. A análise das três subdivisões (LMA, EST, LMB) da praia de Apeú-Salvador revelou a ocorrência de seis espécies de minerais pesados não opacos com maior abundância e quatro menos abundantes. Foram identificadas pelo menos duas espécies de minerais opacos.

A mineralogia encontrada é dada por zircão, turmalina, rutilo, estauroлита, cianita e epidoto representando os ZTR'S mais abundantes, e granada, cassiterita, cromita e andalusita como os menos abundantes. Os minerais opacos são representados por ilmenita e magnetita.

As tabelas 6, 7 e 8 mostram valores da frequência dos minerais não opacos, incluindo os de menor ocorrência nas subdivisões da praia.

TABELA 6 - Frequência dos minerais pesados não opacos identificados na Linha de Maré Alta (LMA) da praia de Apeú-Salvador. **ZIR** (zircão); **TUR** (turmalina); **RUT** (rutilo); **ESTA** (estauroлита); **CIA** (cianita); **EPI** (epidoto); **G** (fração grossa 0,180 – 0,125 mm); **F** (fração fina 0,125 – 0,090 mm) **TOTAL** (número total de grãos contatos).

	ZIR		TUR		RUT		ESTA		CIA		EPI		TOTAL	
	G	F	G	F	G	F	G	F	G	F	G	F	G	F
LMA 01	35	40	45	60	40	20	30	40	30	20	20	20	200	200
LMA 02	20	40	45	60	20	20	45	40	35	20	20	20	200	200
LMA 03	35	40	45	60	40	20	30	40	30	20	20	20	200	200
LMA 04	35	35	45	60	40	30	30	30	30	45	20	20	200	200
LMA 05	35	40	45	60	40	20	30	40	30	20	20	20	200	200
LMA 06	35	40	45	60	40	20	30	40	30	20	20	20	200	200
LMA 07	35	35	45	60	40	30	30	30	30	45	20	20	200	200
LMA 08	35	40	45	60	40	20	30	40	30	20	20	20	200	200
LMA 09	35	40	45	60	40	20	30	40	30	20	20	20	200	200
LMA 10	35	40	45	60	40	20	30	40	30	20	20	20	200	200
LMA 11	20	30	20	45	20	15	20	35	20	15	20	10	200	200
LMA 12	35	35	45	60	40	30	30	30	30	45	20	20	200	200
LMA 13	20	28	20	30	20	20	20	42	20	30	20	*	200	200
LMA 14	35	35	45	60	40	30	30	30	30	45	20	20	200	200
LMA 15	35	40	45	60	40	20	30	40	30	20	20	20	200	200
LMA 16	35	35	45	60	40	30	30	30	30	45	20	20	200	200
LMA 17	35	40	45	60	40	20	30	40	30	20	20	20	200	200
LMA 18	35	35	45	60	40	30	30	30	30	45	20	20	200	200

TABELA 7 - Frequência dos minerais pesados não opacos identificados na Estirância (EST) da praia de Apeú-Salvador. **ZIR** (zircão); **TUR** (turmalina); **RUT** (rutilo); **ESTA** (estauroilita); **CIA** (cianita); **EPI** (epidoto); **G** (fração grossa 0,180 – 0,125 mm); **F** (fração fina 0,125 – 0,090 mm) **TOTAL** (número total de grãos contatos); * (ausência de minerais).

	ZIR		TUR		RUT		EST		CIA		EPI		TOTAL	
	G	F	G	F	G	F	G	F	G	F	G	F	G	F
EST. 01	35	40	45	60	20	20	30	40	30	20	20	*	200	200
EST. 02	20	40	45	60	35	30	45	40	35	40	20	10	200	200
EST. 03	68	46	40	32	28	34	36	40	10	36	18	12	200	200
EST. 04	69	20	41	45	29	35	37	45	11	35	8	20	200	200
EST. 05	70	46	42	32	30	34	38	40	12	36	8	12	200	200
EST. 06	30	30	40	45	45	20	50	45	25	40	10	20	200	200
EST. 07	30	30	40	45	45	20	50	50	25	40	5	20	200	200
EST. 08	52	30	38	45	40	20	35	45	35	40	*	20	200	200
EST. 09	52	30	38	45	40	20	35	45	35	40	*	20	200	200
EST. 10	48	30	36	45	32	20	30	45	18	40	20	20	200	200
EST. 11	52	30	38	45	40	20	35	45	35	40	*	20	200	200
EST. 12	35	40	45	60	20	20	30	40	30	20	20	*	200	200
EST. 13	30	35	40	60	45	20	30	40	25	20	10	*	200	200
EST. 14	30	35	40	60	45	30	30	30	25	45	10	*	200	200
EST. 15	30	35	40	60	45	30	30	30	25	45	10	*	200	200
EST. 16	46	35	32	60	34	30	40	30	36	45	*	12	200	200
EST. 17	70	46	42	32	30	34	38	40	12	36	8	12	200	200
EST. 18	30	35	40	60	45	30	20	30	25	45	10	*	200	200

TABELA 8 - Frequência dos minerais pesados não opacos identificados na Linha de Maré Baixa (LMB) da praia de Apeú-Salvador. **ZIR** (zircão); **TUR** (turmalina); **RUT** (rutilo); **ESTA** (estauroлита); **CIA** (cianita); **GRAN** (granada) **EPI** (epidoto); **G** (fração grossa 0,180 – 0,125 mm); **F** (fração fina 0,125 – 0,090 mm) **TOTAL** (número total de grãos contatos);* (ausência de minerais).

	ZIR		TUR		RUT		EST		CIA		GRAN		EPI		TOTAL	
	G	F	G	F	G	F	G	F	G	F	G	F	G	F	G	F
LMB 01	30	30	40	45	45	20	50	45	25	40	*	*	10	20	200	200
LMB 02	52	30	38	45	40	20	35	45	35	40	*	*	*	20	200	200
LMB 03	30	30	40	45	40	20	50	45	20	40	5	*	15	20	200	200
LMB 04	30	30	40	45	45	20	50	45	25	40	*	*	10	20	200	200
LMB 05	30	30	40	45	45	20	50	50	25	40	*	*	10	20	200	200
LMB 06	52	30	38	45	40	20	35	45	35	40	*	*	*	20	200	200
LMB 07	30	30	40	40	40	20	50	45	25	40	5	*	10	20	200	200
LMB 08	30	30	40	45	45	20	50	50	25	40	*	*	5	20	200	200
LMB 09	52	30	38	45	40	20	35	45	35	40	*	*	*	20	200	200
LMB 10	52	30	38	45	40	20	35	45	35	40	*	*	*	20	200	200
LMB 11	48	30	36	45	32	20	30	45	18	40	*	*	20	20	200	200
LMB 12	52	30	38	45	40	20	35	45	35	40	*	*	*	20	200	200
LMB 13	70	46	42	32	30	34	38	40	12	36	*	*	8	10	200	200
LMB 14	52	30	38	45	40	20	35	45	35	40	*	*	*	20	200	200
LMB 15	30	30	40	45	40	20	50	40	20	40	5	*	15	20	200	200
LMB 16	52	30	38	45	40	20	35	45	35	40	*	*	*	20	200	200
LMB 17	30	30	40	45	45	20	50	50	25	40	*	*	10	20	200	200
LMB 18	52	30	38	45	40	20	35	45	35	40	*	*	*	20	200	200

FREQUÊNCIAS DOS MINERAIS PESADOS

Os minerais pesados na LMA são representados por zircão, turmalina, rutilo, estauroлита, cianita e epidoto, perfazendo com isso as seguintes percentagens na fração fina (0,125 – 0,090 mm), 19%, 29%, 12%, 18%, 14% e 9%, respectivamente, enquanto que na fração grossa (0,180 – 0,125 mm) 17% zircão, 22% turmalina, 19% rutilo, 15% estauroлита, 16% cianita e 11% epidoto (FIG. 24).

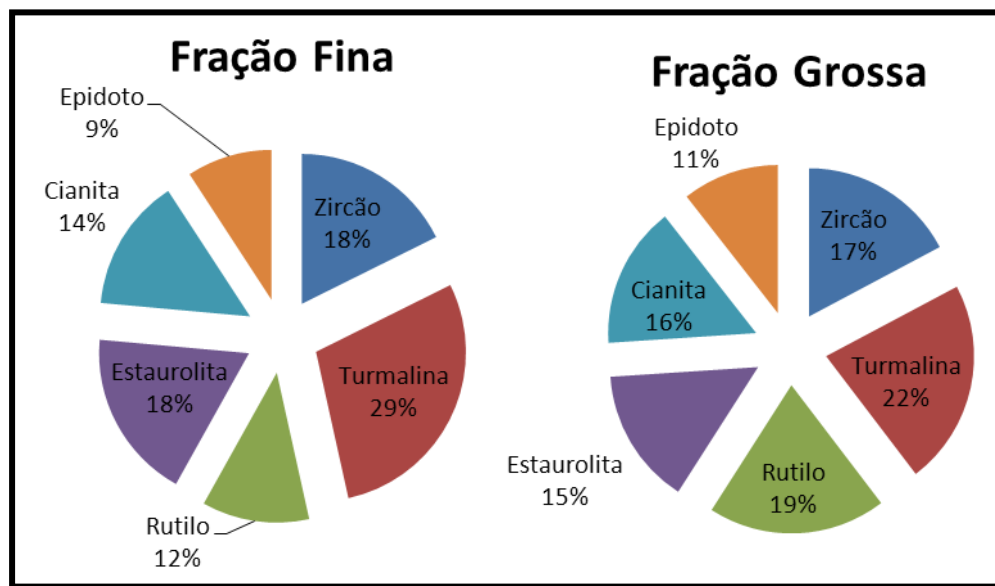


FIGURA 24- Distribuição dos % dos minerais pesados na LMA.

No EST os minerais pesados são representados por zircão, turmalina, rutilo, estauroлита. Cianita, epidoto e ocasionalmente grãos de granada, biotita e monazita. A fração fina (0,125 – 0,090 mm) pode-se observar a seguinte porcentagem 18% zircão, 25% turmalina, 12% rutilo, 21% estauroлита, 18% cianita e 6% de epidoto. Na fração grossa (0,180 – 0,125 mm), 24% zircão, 22% turmalina, 19% rutilo, 17% estauroлита, 13 cianita e 5% epidoto (FIG. 25).

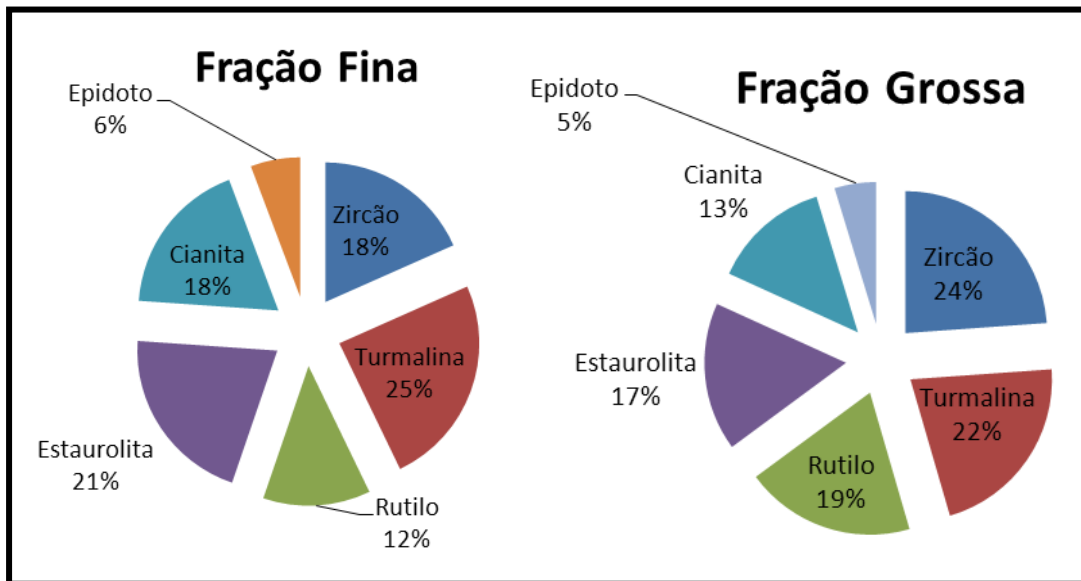


FIGURA 25 - Distribuição dos % dos minerais pesados na EST.

Na LMB os minerais pesados encontrados consistem em zircão, turmalina, rutilo, estauroлита, cianita, epidoto, granada e esporadicamente andaluzita, cromita e biotita. Na fração fina (0,125 – 0,090 mm) observou-se a porcentagem a seguir: 16% Zircão, 22% turmalina, 10% rutilo, 22% estauroлита, 20% cianita e 10% epidoto. Na fração grossa (0,180 – 0,125 mm), 23% zircão, 21% turmalina, 18% rutilo, 21% estauroлита, 14 cianita, 3% epidoto e 1% granada (FIG. 26).

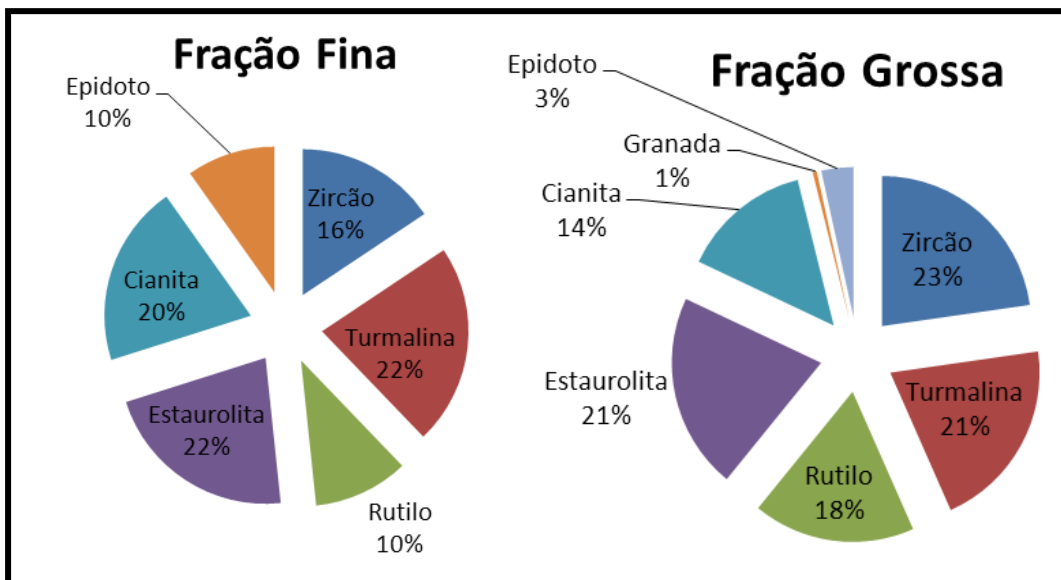


FIGURA 26 - Distribuição dos % dos minerais pesados na LMB.

Com base nessas frequências foram gerados dois mapas de porcentagem para fração fina e grossa da praia de Apeú-Salvador (FIG. 27 e FIG. 28).

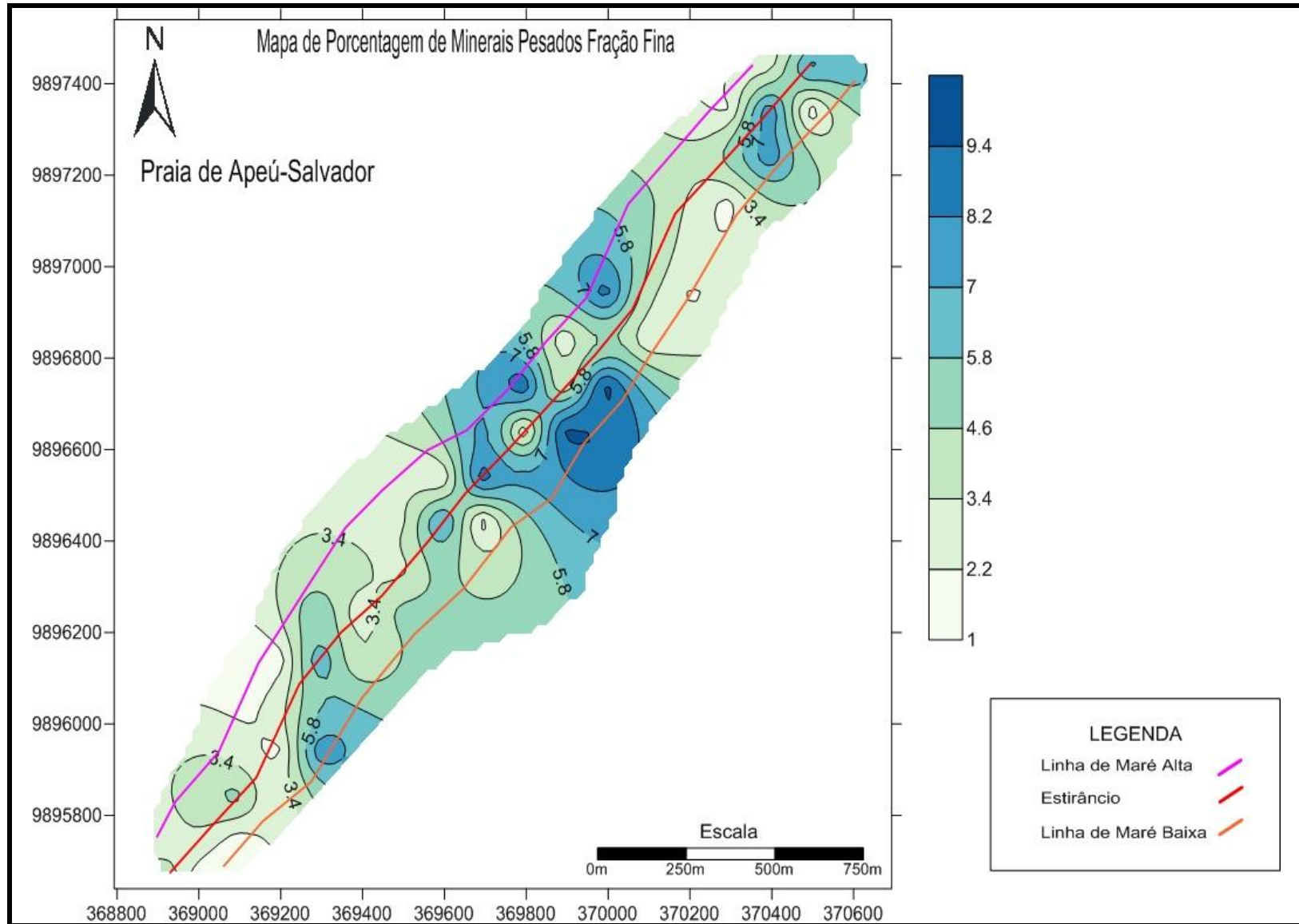


FIGURA 27 – Mapa percentual mineral correspondente a fração fina.

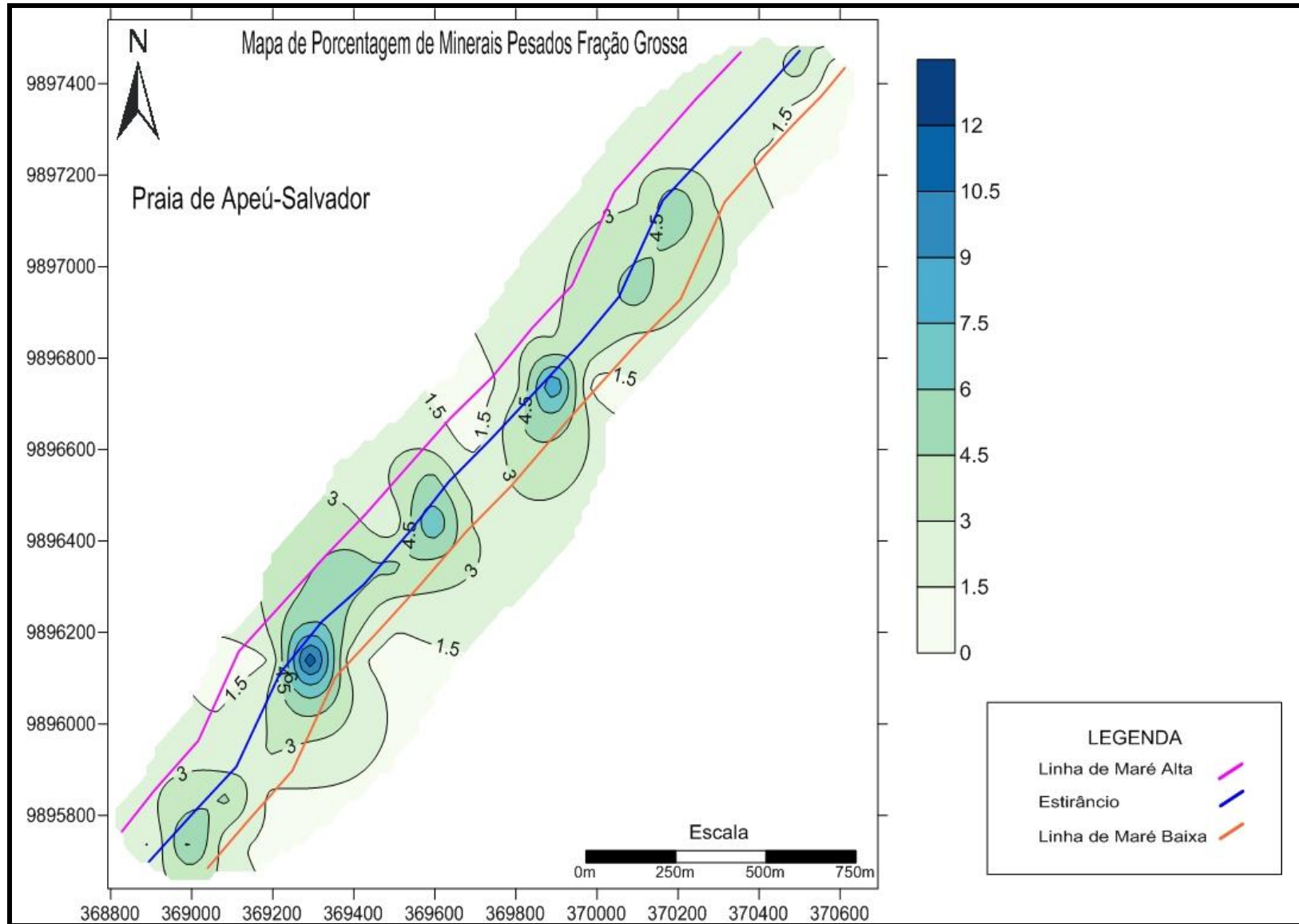


FIGURA 28 - Mapa percentual mineral correspondente a fração grossa.

DESCRIÇÕES DOS MINERAIS PESADOS

Para as descrições mineralógicas, foram utilizados os seguintes termos como índice de frequência: super abundante (>50%); abundante (10-50%); comum (2-10%) e raro (0-2%) em Coutinho e Coimbra (1874). Estão descritos a seguir em ordem alfabética os minerais pesados comuns e abundantes presentes nos sedimentos da praia de Apeú-Salvador e suas características morfológicas e petrográficas, além de suas respectivas fotomicrografias.

CIANITA – (Al_2SiO_5)

A cianita é um silicato de alumínio, incolor, de extinção tipicamente oblíqua com birrefringência e cor de extinção baixa. É comum (10-20%) em todas as frações dos sedimentos da praia. Apresentam-se normalmente como grãos achatados (curtos) e alongados paralelamente ao eixo C com formas de caráter prismático tabular e bordas subarredondadas (FIG. 29). Sua clivagem é quase perpendicular e poucos grãos apresentam bordas irregulares.

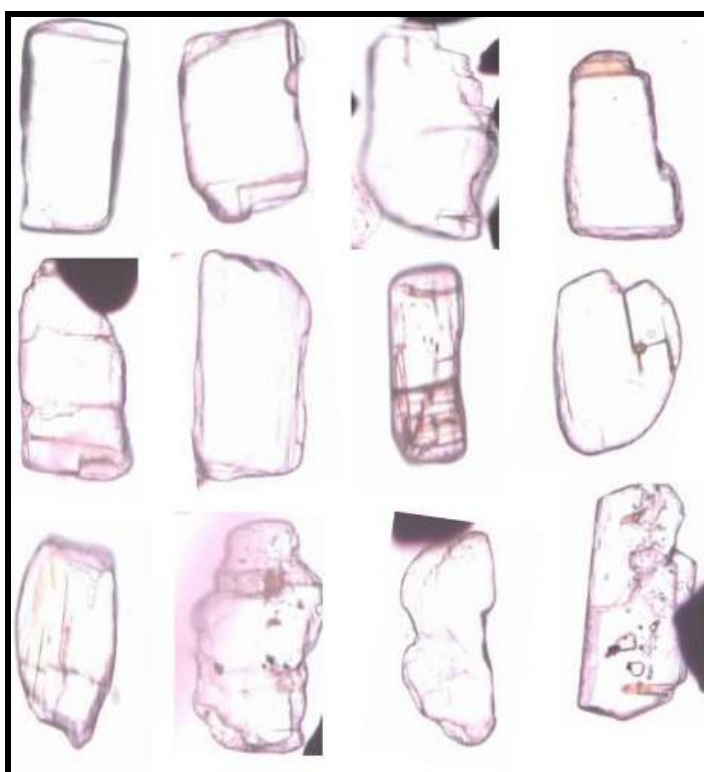


FIGURA 29 – Variedades de grãos de cianitas.

As cianitas são encontradas com maior frequência na praia de Apeú-Salvador, na parte central da LMB na fração fina (FIG. 30) e na fração grossa no centro do EST (FIG. 31).

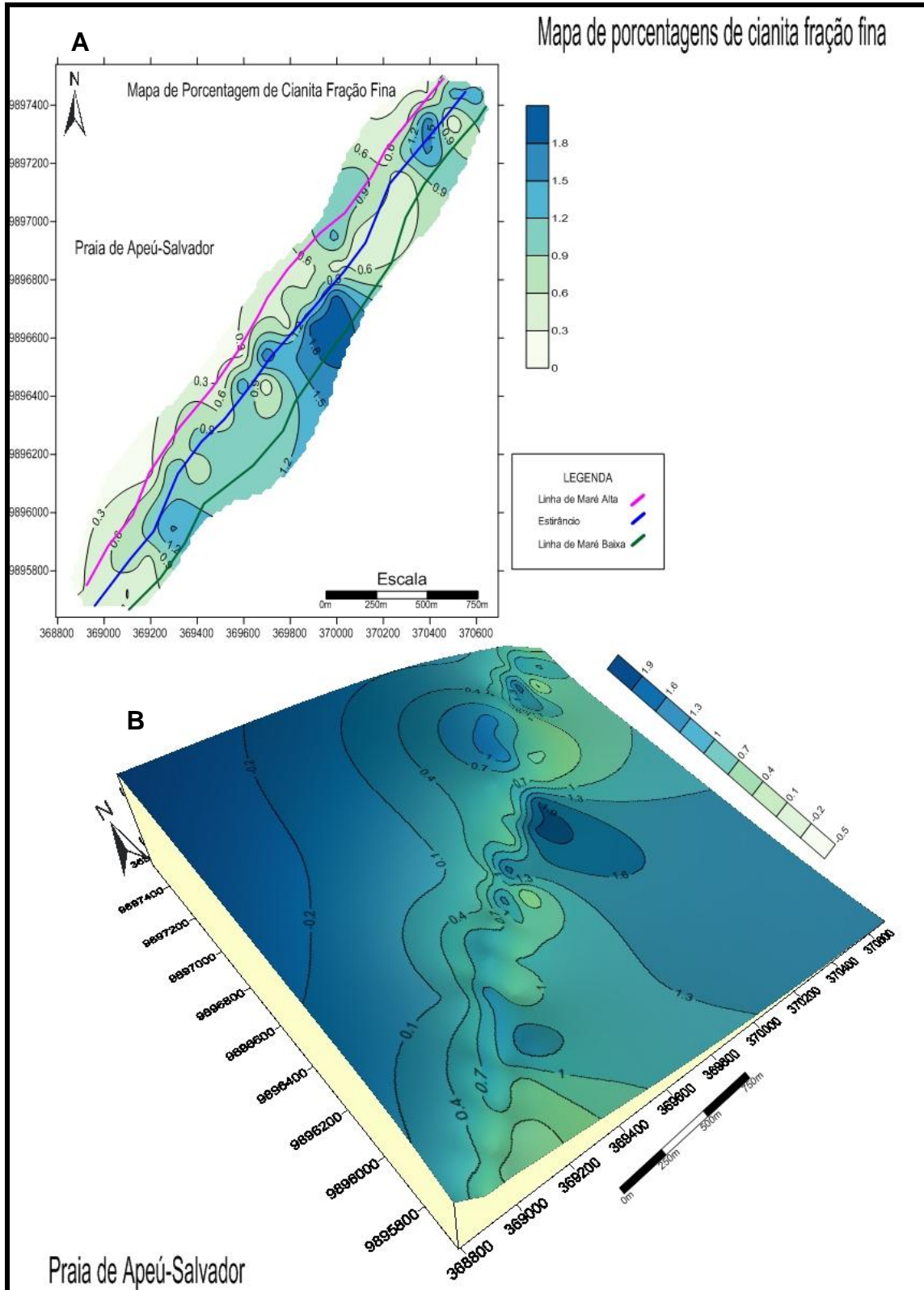


FIGURA 30 – (A) Mapa de distribuição fração fina das cianitas nas três subdivisões da praia e (B) modelo 3D dessa distribuição.

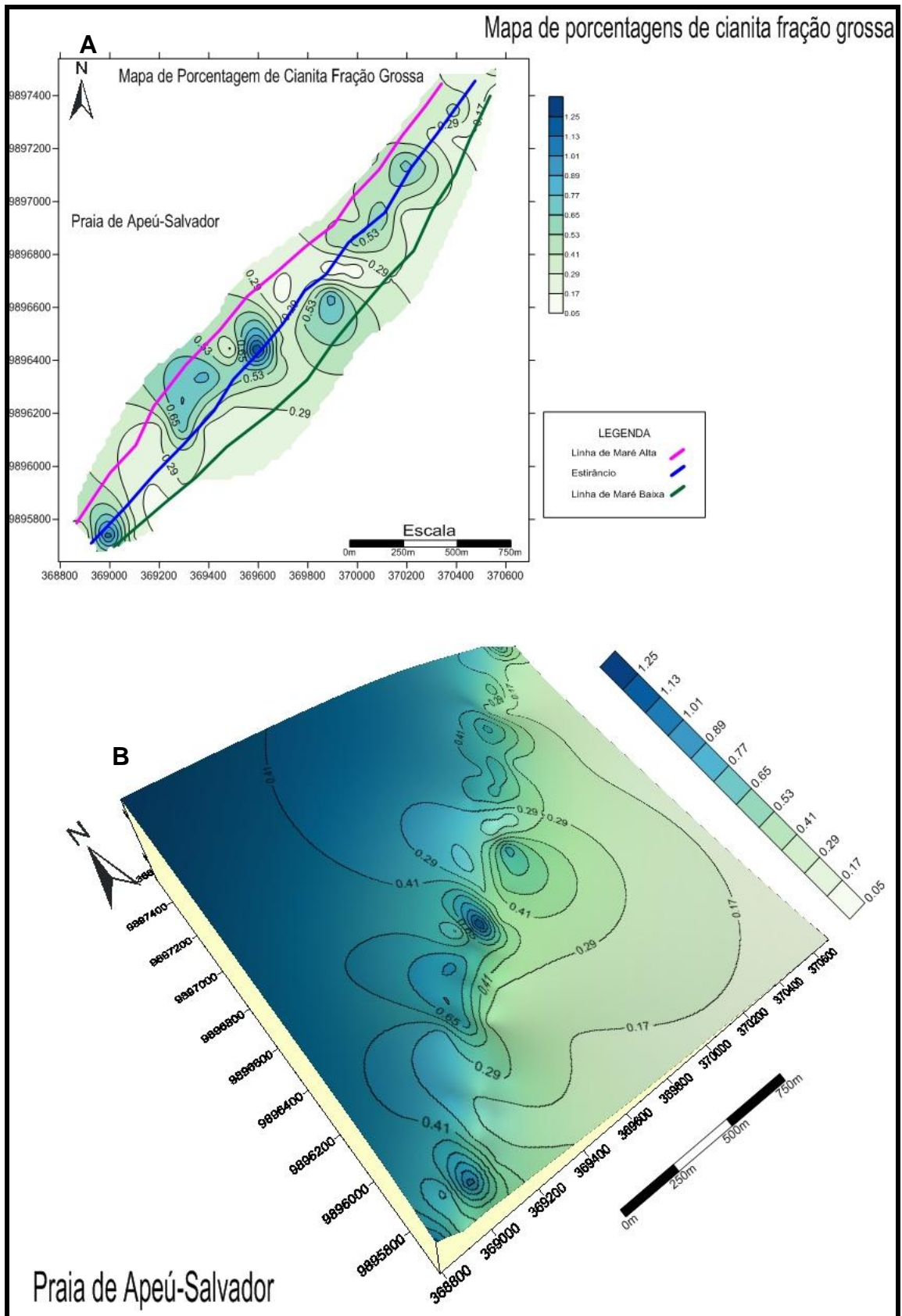


FIGURA 31 – (A) Mapa de distribuição fração grossa das cianitas nas três subdivisões da praia e (B) modelo 3D dessa distribuição.

:

EPIDOTO - $\text{Ca}_2(\text{Al, Fe})_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$

O epidoto é um silicato hidratado de alumínio, ferro, sódio, cálcio, nas frações fina e grossa apresenta-se possuindo cor amarelo pálido ou tons de “*pistache*” e com fraco pleocroísmo. . É comum (2-10%), onde os grãos são geralmente anédricos a subédricos com bordas corroídas, devido a efeitos de dissolução e em outros efeitos de alteração superficial (FIG. 32).

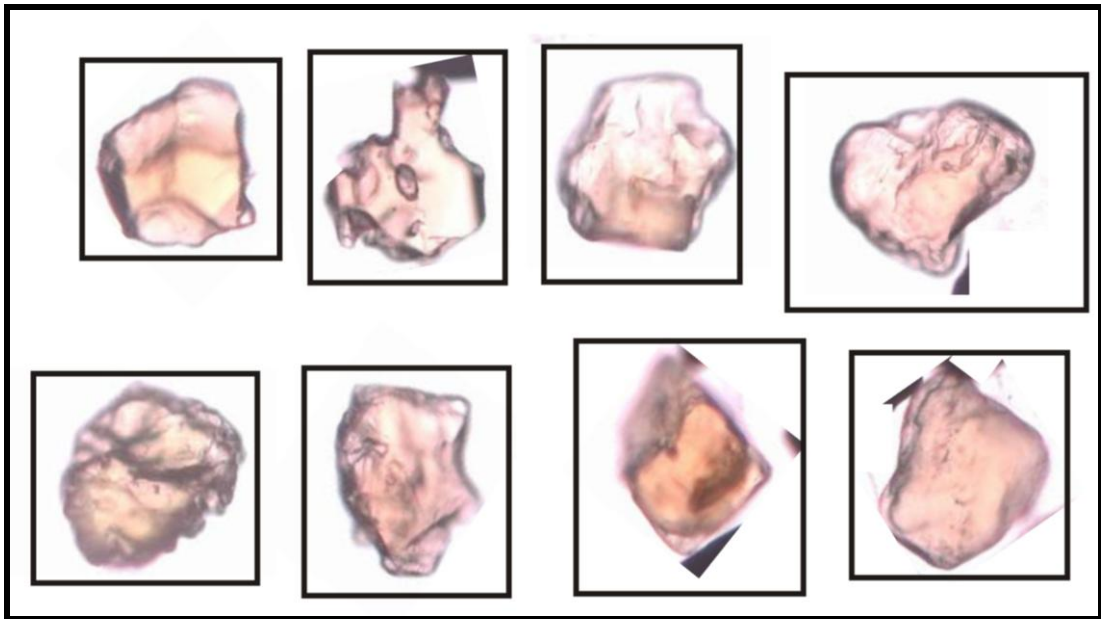


FIGURA 32 – Variedades de grãos de epidotos.

Os grãos de epidotos são encontrados em todas as frações na praia de Apeú-Salvador, na fração fina os grãos estão agrupados na LMB na porção mais central (FIG. 33), já na fração grossa são distribuídos por toda a LMA de NE para SW (FIG. 34).

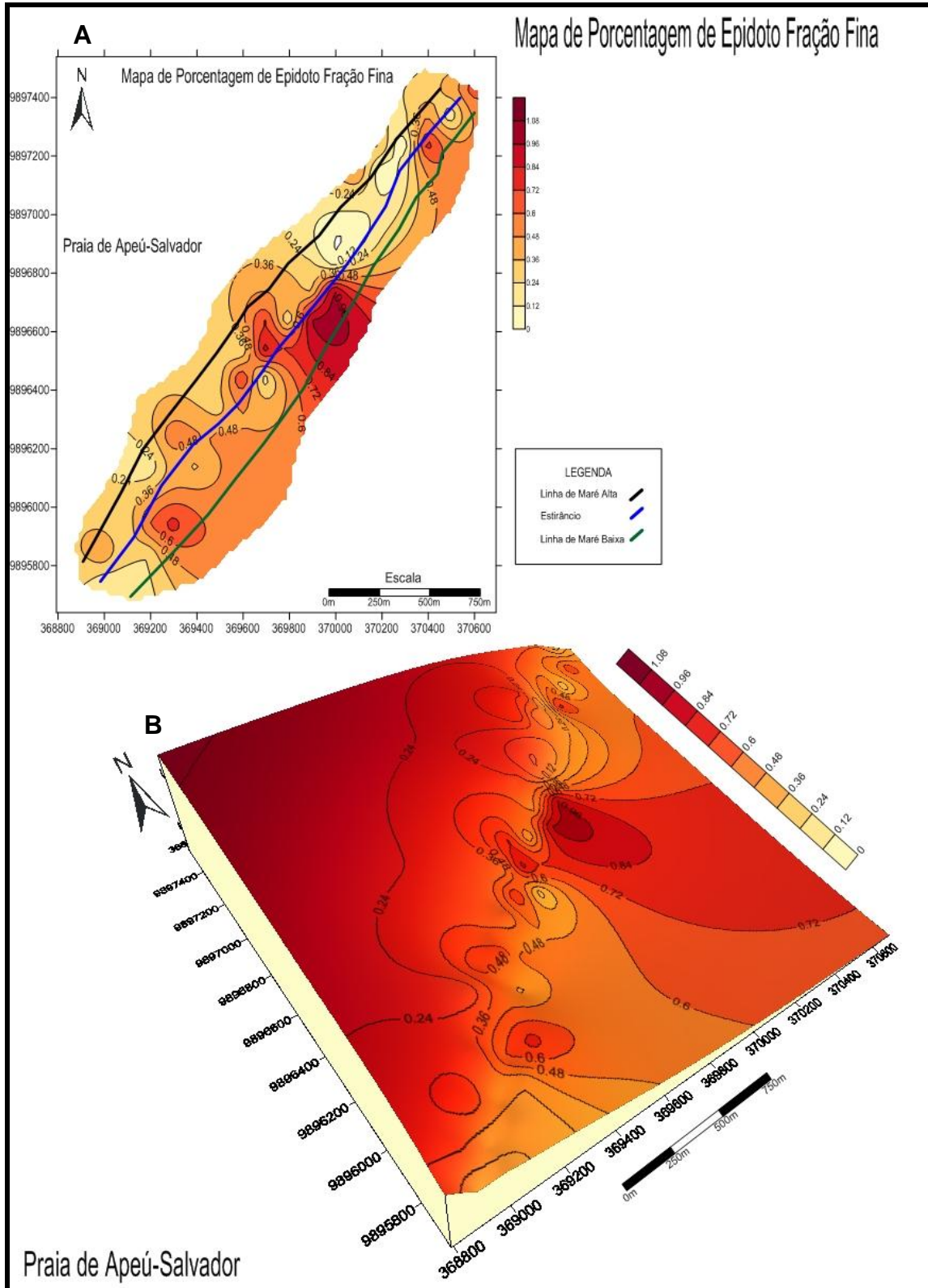


FIGURA 33 - (A) Mapa de distribuição fração fina dos epidotos nas subdivisões da praia e (B) modelo 3D dessa distribuição.

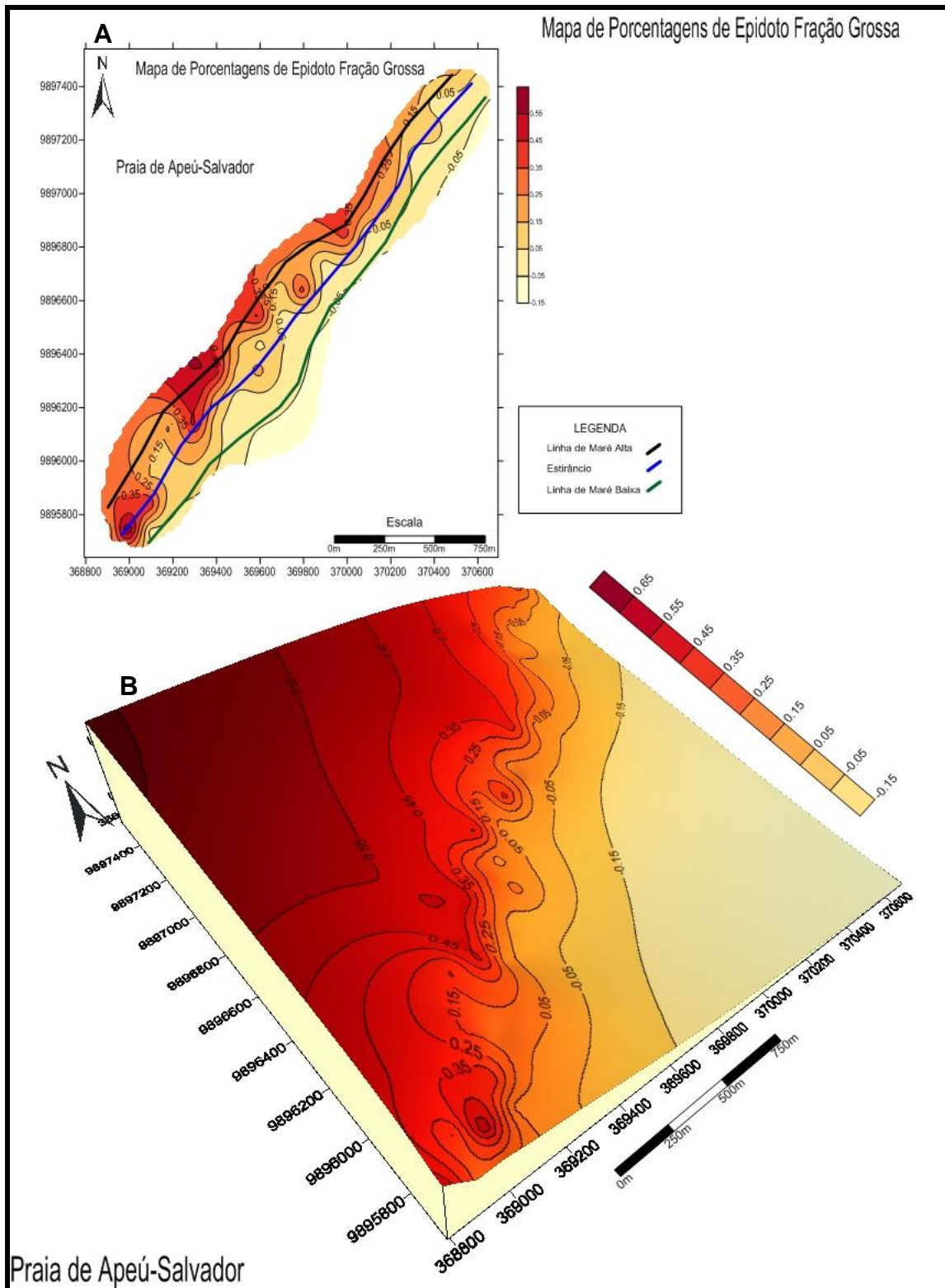


FIGURA 34 - (A) Mapa de distribuição fração grossa de epidoto nas subdivisões da praia e (B) modelo 3D da sua ocorrência.

ESTAUIROLITA – $((\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Zn})_2(\text{Al}, \text{Fe}^{3+}, \text{Ti})_9\text{O}_6[(\text{Si}, \text{Al})\text{O}_4]_4(\text{O}, \text{OH})_2)$

A estauirolita é um silicato de ferro-alumínio, é abundante (10-50%) nas frações finas e nas frações grossas dos sedimentos da praia. Possui cor marrom amarelada com pleocroísmo moderado e cor de interferência baixa. Ocorre como grãos irregulares com bordas serrilhadas e típicas estruturas de “crista de galo” e superfície de corrosão, além de inclusões fluidas e de minerais opacos (FIG. 35). Foram encontrados também grãos arredondados, porém em menor quantidade.

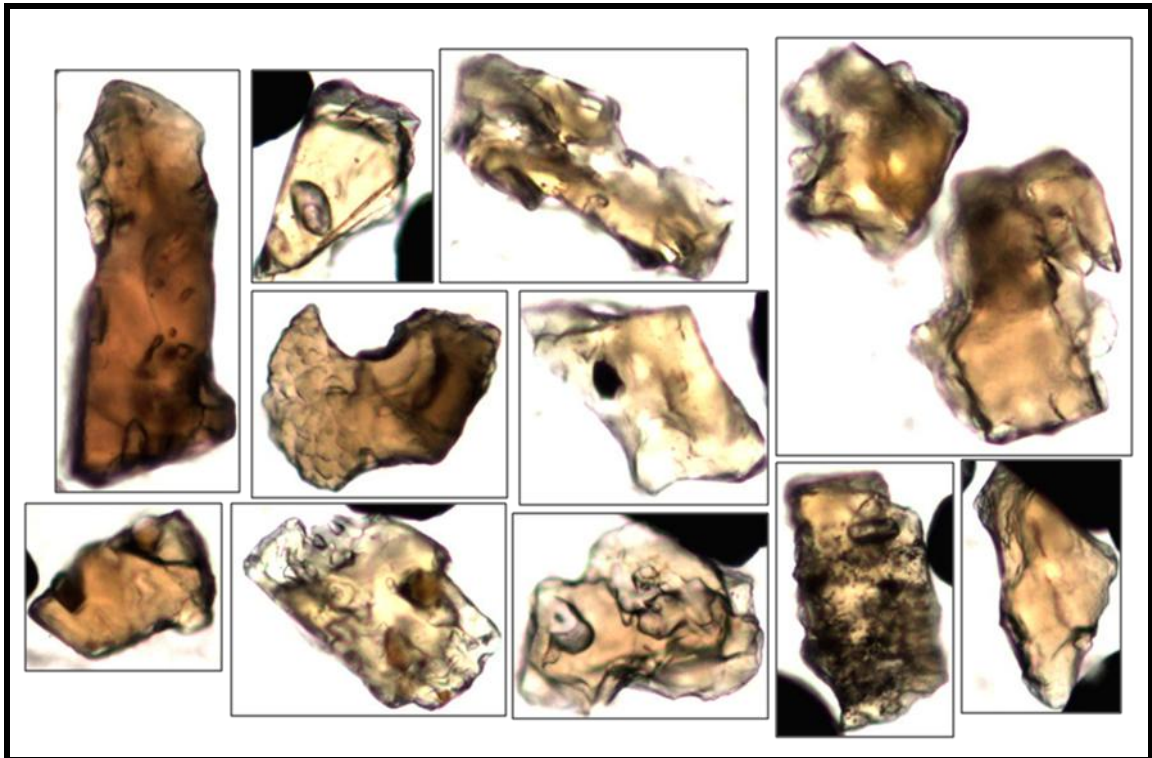


FIGURA 35 – Abundâncias de grãos estauirolita.

Os grãos de estauirolita na fração fina são encontrados na porção central do EST com maior abundância e nas porções da LMA com menos frequência (FIG. 36), já na fração grossa as estauirolita ocorrem em maior assiduidade na LMA e em menor ocorrência na LMB (FIG. 37).

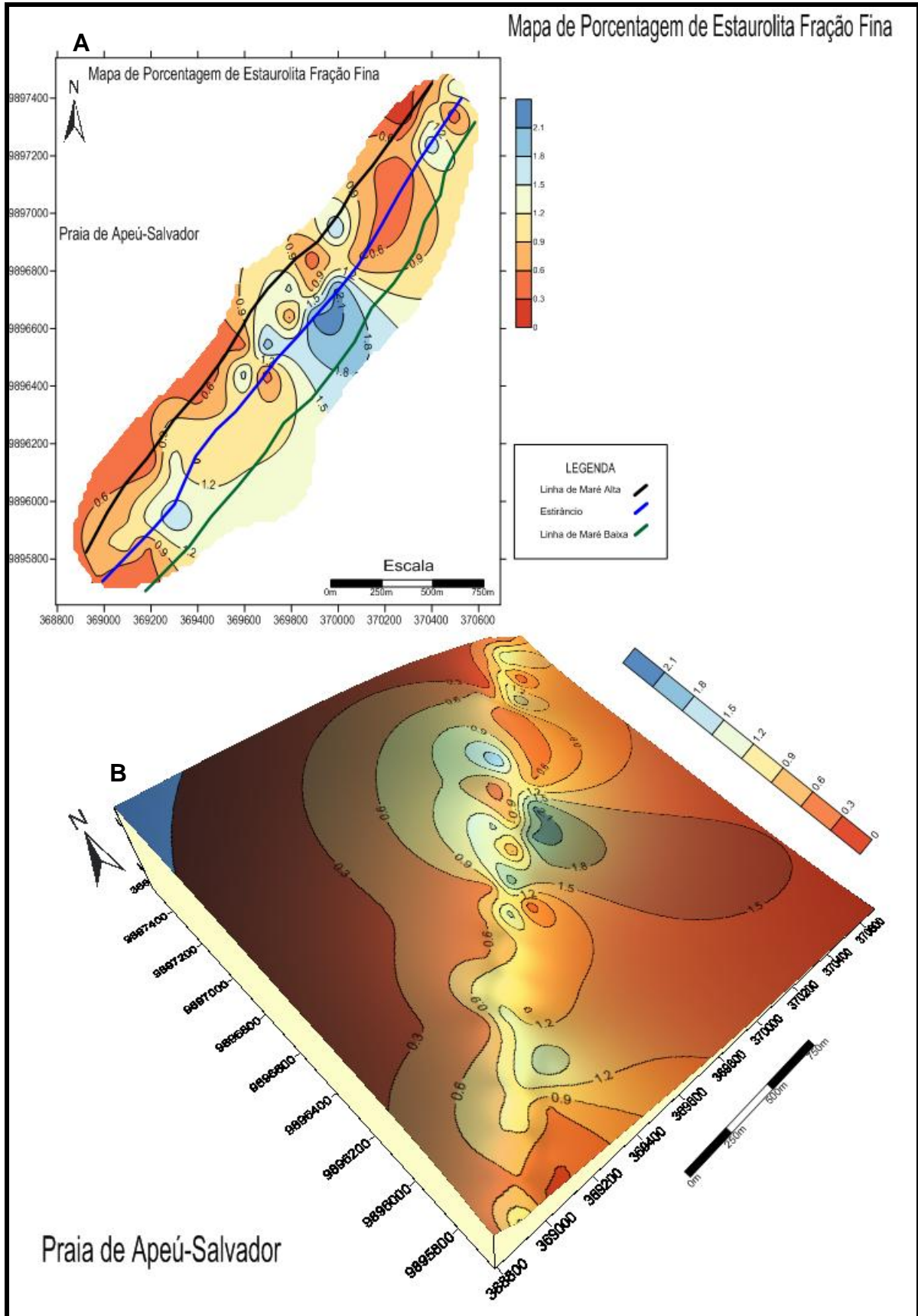


FIGURA 36 - (A) Mapa de distribuição fração fina de estaurolitas nas subdivisões da praia e **(B)** modelo 3D da sua ocorrência.

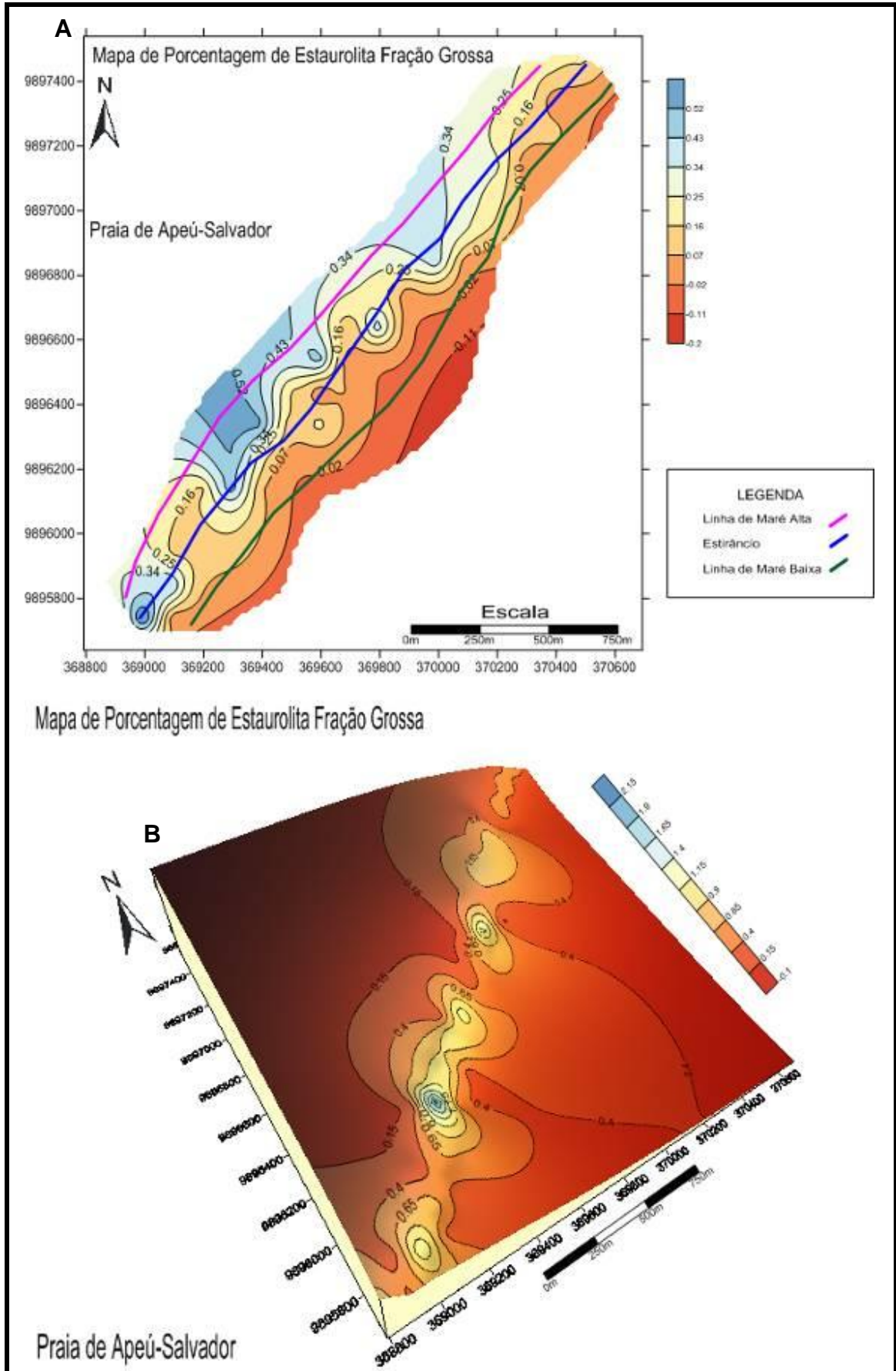


FIGURA 37 - (A) Mapa de distribuição fração grossa de estaurolitas nas subdivisões da praia e (B) modelo 3D da sua ocorrência.

GRANADA – $(X_3Y_2(SiO_4)_3)$

É um nesosilicato. As diversas variedades de granada podem incorporar diversos elementos químicos na sua estrutura, principalmente cálcio, magnésio, alumínio, ferro²⁺, ferro³⁺, cromo, manganês e titânio. As granadas não apresentam clivagem, mas mostram partição dodecaédrica. As granadas encontradas na praia apresentam-se isotrópicas com cor de pálido com grãos variando desde euédricos a anédricos (FIG. 38).

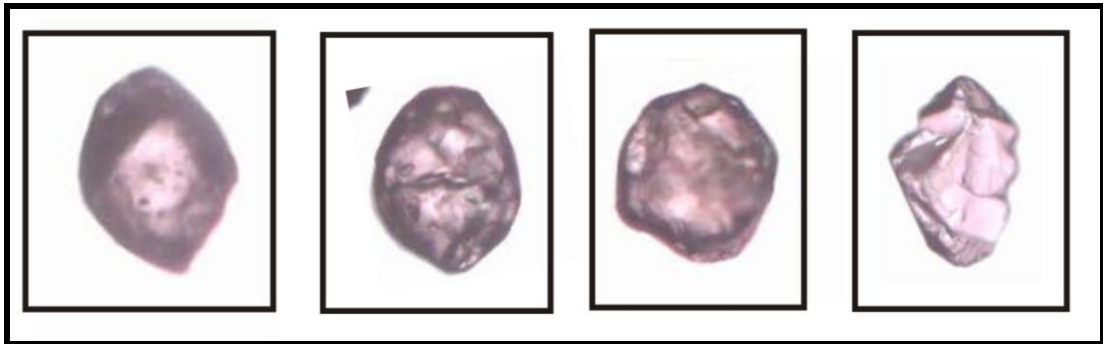


FIGURA 38 – Variedades de grãos granada.

A ocorrência da granada ficou restrita apenas a fração grossa e em uma parte pontual e bem central do EST (FIG. 39), no decorrer da praia não foram encontrados outros grãos da mesma.

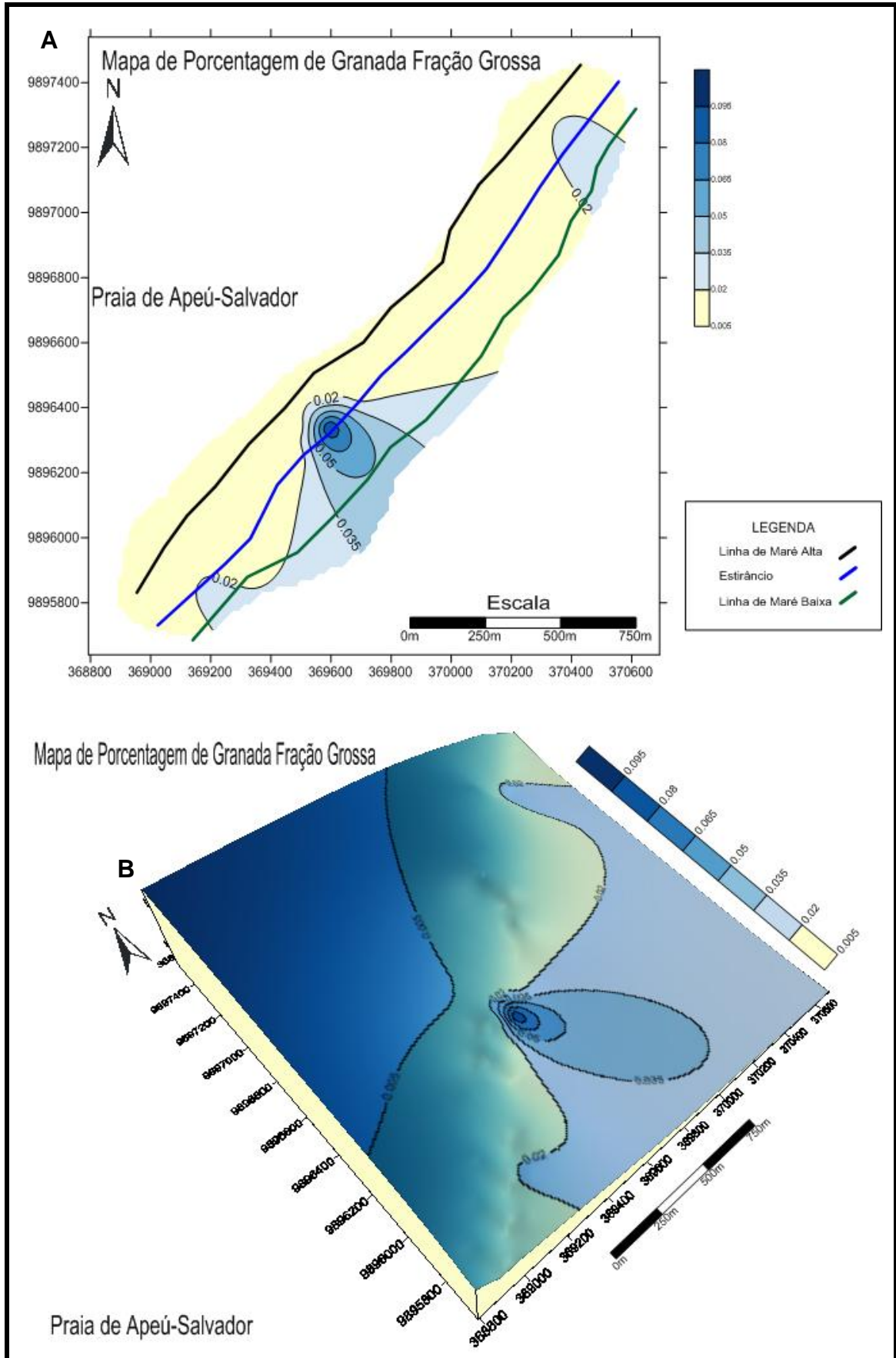


FIGURA 39 - (A) Mapa de distribuição fração grossa das granadas nas subdivisões da praia e (B) modelo 3D da sua ocorrência.

RUTILO – (TiO₂)

O rutilo é um dióxido de titânio comum (2-10%) em todas as frações dos sedimentos da praia. Apresenta-se normalmente como grãos em formas angulosas com arestas progressivamente arredondadas, irregulares e subédricas, com cores que variam de vermelho sangue amarelo-alaranjado (FIG. 40).

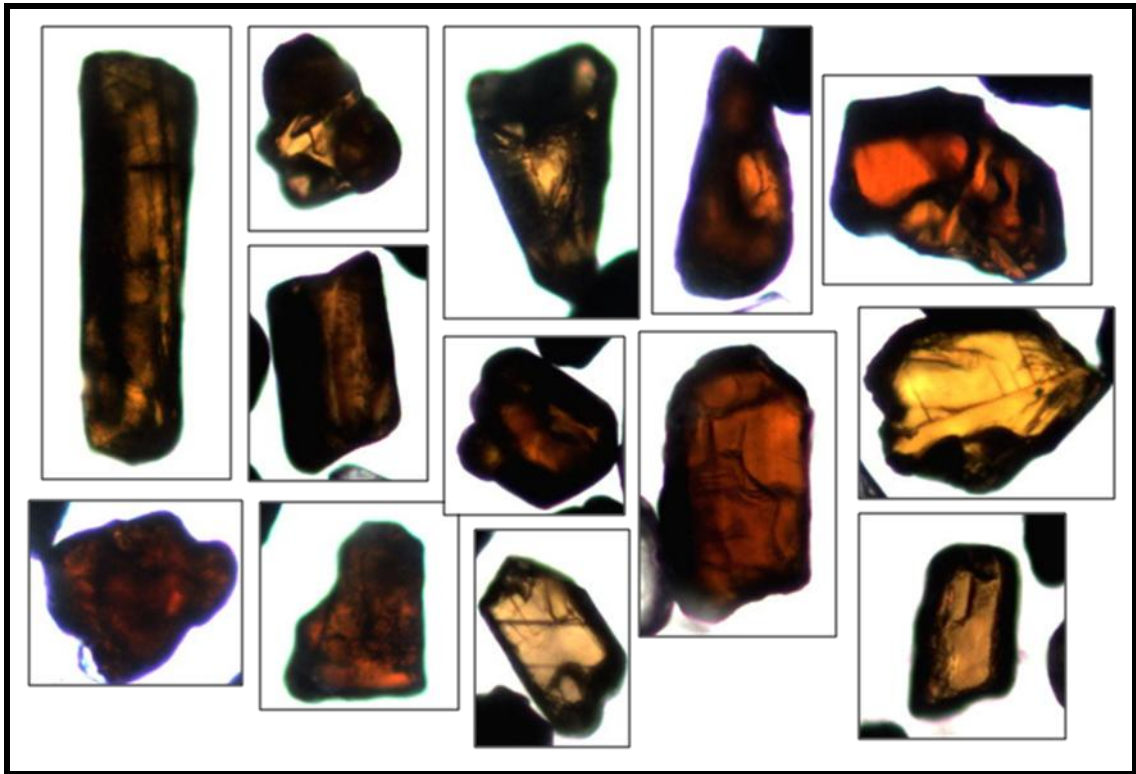


FIGURA 40 – Variedades de grãos de rutilos.

A distribuição dos grãos de rutilo na praia ocorre diversificadamente por toda a praia. Na fração fina sua maior distribuição está situada no EST em sua parte mais central (FIG. 41), e na fração grossa a dispersão na praia é grande porém é também no EST que o rutilo é mais concentrado (FIG. 42).

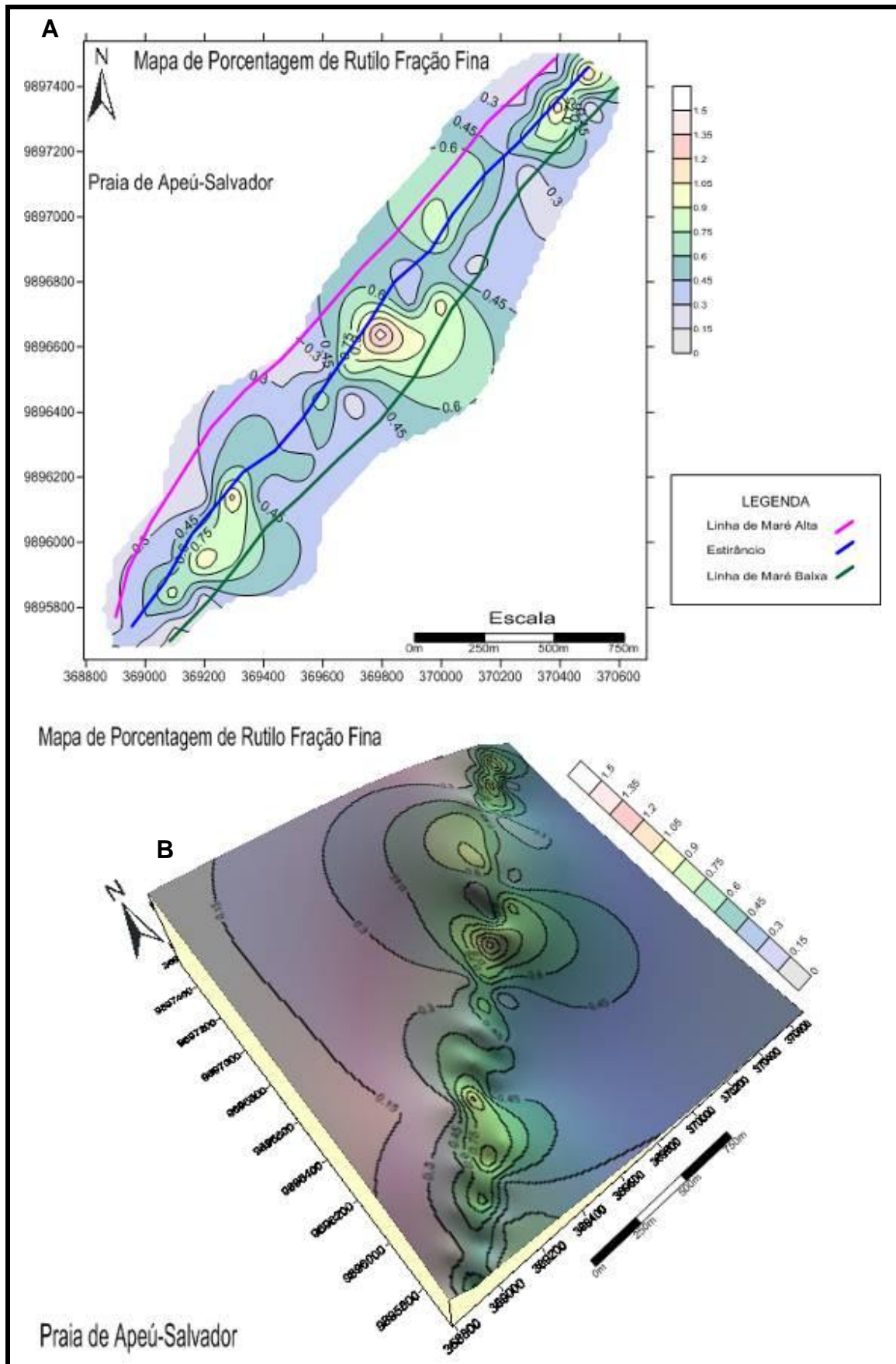


FIGURA 41 – (A) Mapa de distribuição fração fina dos rutilos nas subdivisões da praia e (B) modelo 3D da sua ocorrência.

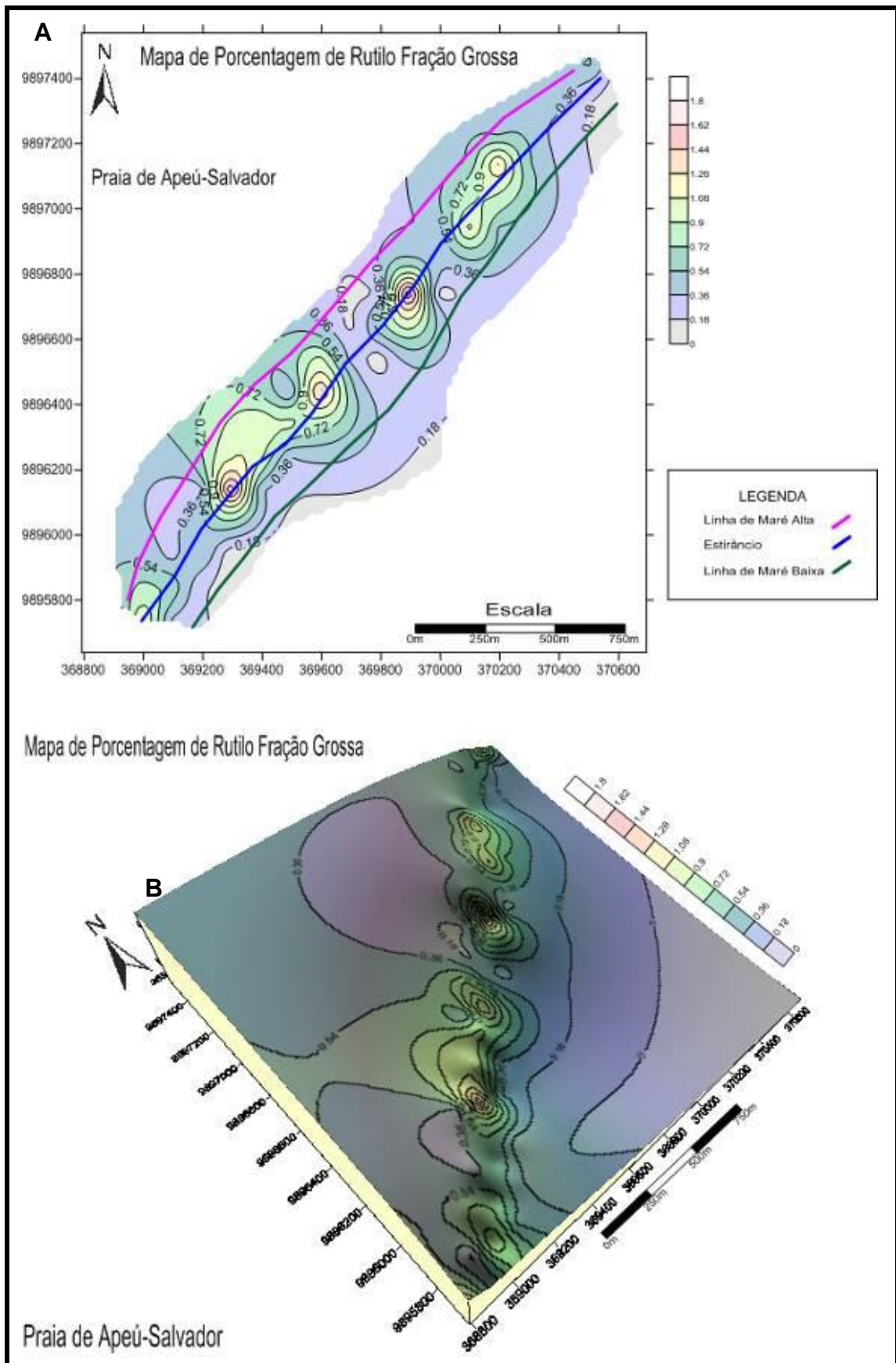


FIGURA 42 - (A) Mapa de distribuição fração grossa dos rutilos nas subdivisões da praia e (B) modelo 3D da sua ocorrência.

Turmalina – $((\text{Na,Ca})(\text{Mg,Al,Li})_3(\text{Al,Fe,Mn})_6(\text{BO}_3)_3(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{OH})_4)$

A turmalina é um borossilicato de cálcio-sódio-ferro-magnésio-lítio, ultra-estável, é abundante (20-30%) em todas as frações dos sedimentos da praia. Ocorre como grãos prismáticos (longos e curtos), arredondados e subarredondados. Percebem-se algumas inclusões fluidas e clivagens, especialmente nos grãos prismáticos.

Apresenta-se com cores azul, verde-azulada, verde, marrom avermelhado e marrom esverdeado, com forte pleocroísmo. As turmalinas azul, verde e verde-azulada vão de arredondadas a subarredondadas e as marrom-esverdeado são prismáticas a subarredondadas (FIG. 43).

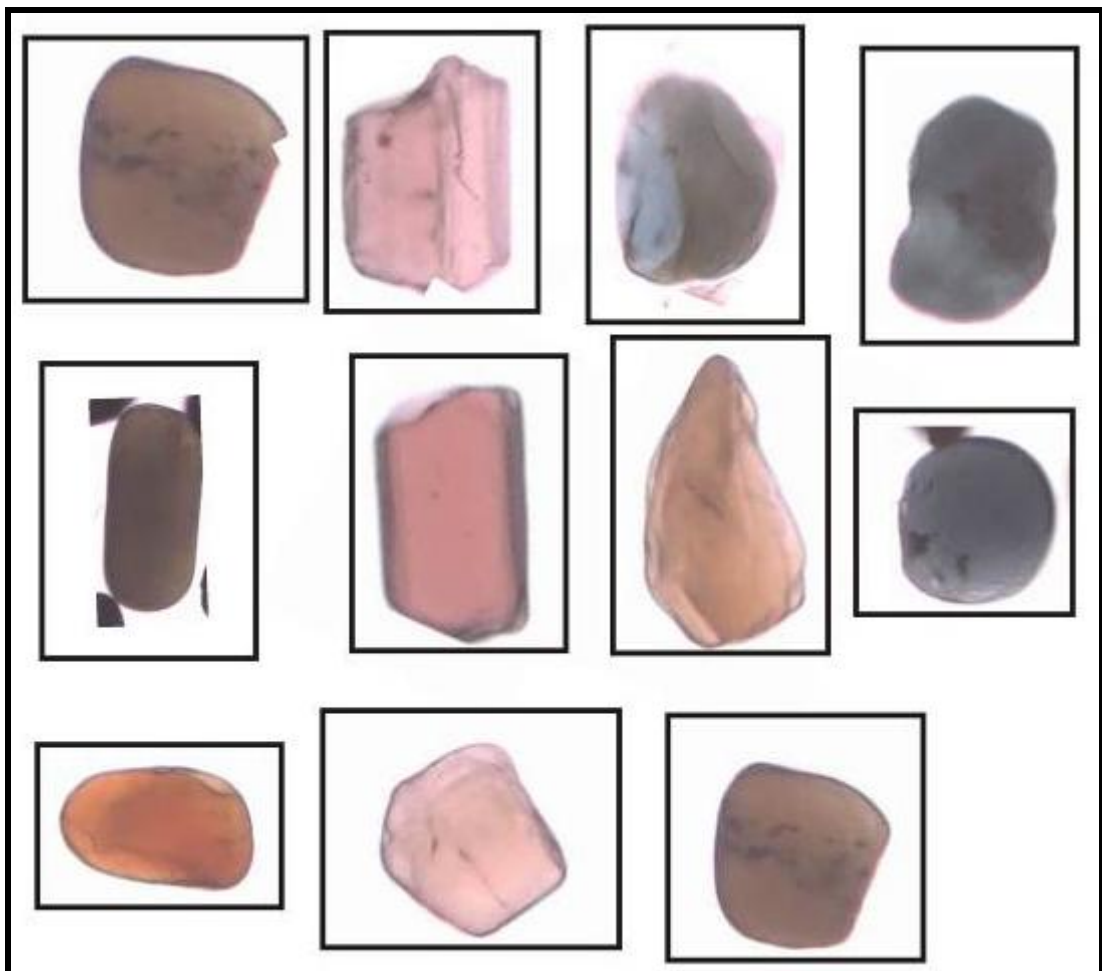


FIGURA 43 – Famílias de Turmalinas.

Na praia a distribuição na fração fina mostra turmalinas se concentrando na porção central das subdivisões (LMA, EST e LMB) com porções mais concentradas no LMA (FIG. 44), já na fração grossa toda concentração está associada ao EST (FIG. 45).

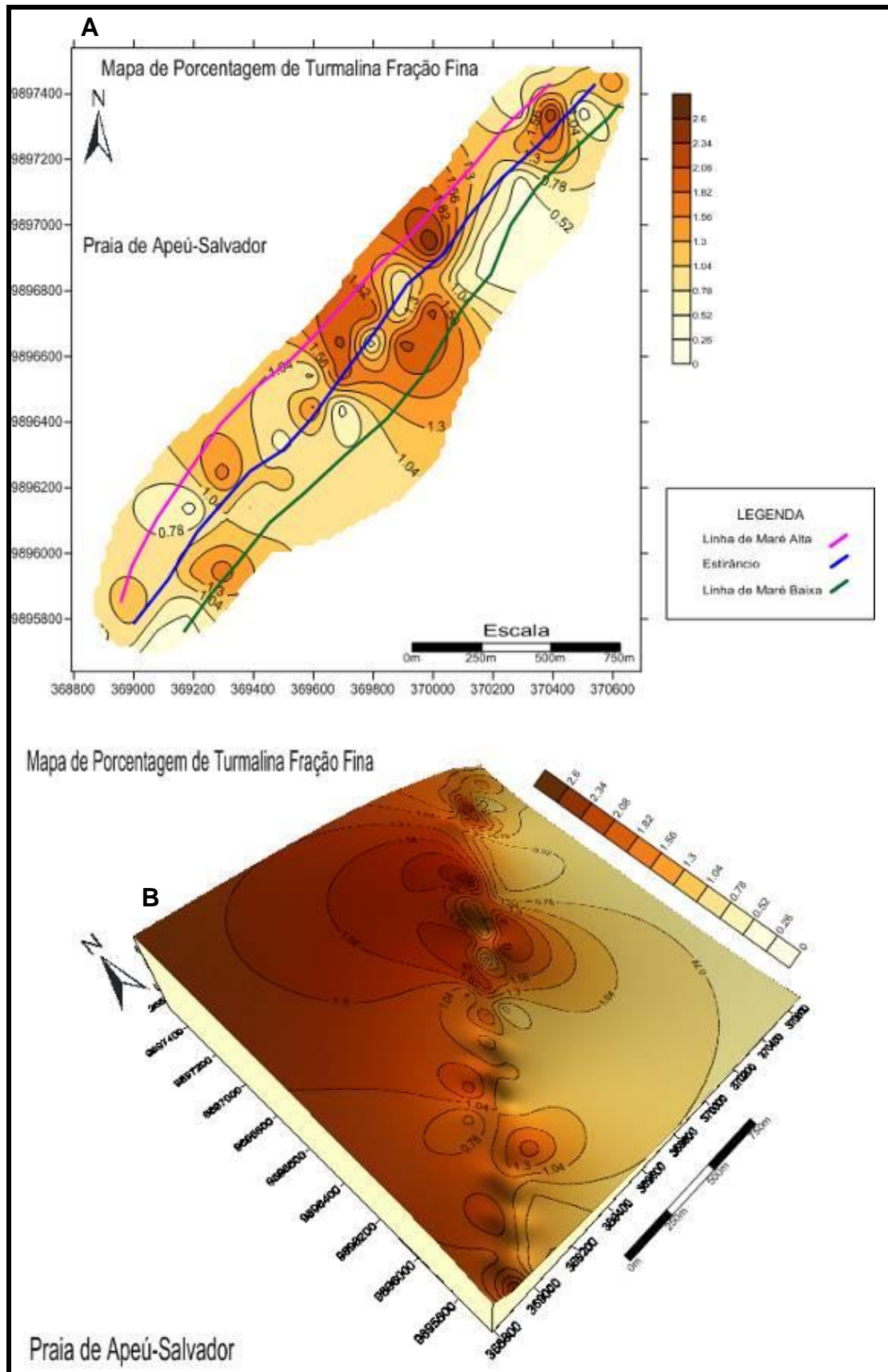


FIGURA 44 - (A) Mapa de distribuição fração fina das turmalinas nas subdivisões da praia e (B) modelo 3D da sua ocorrência.

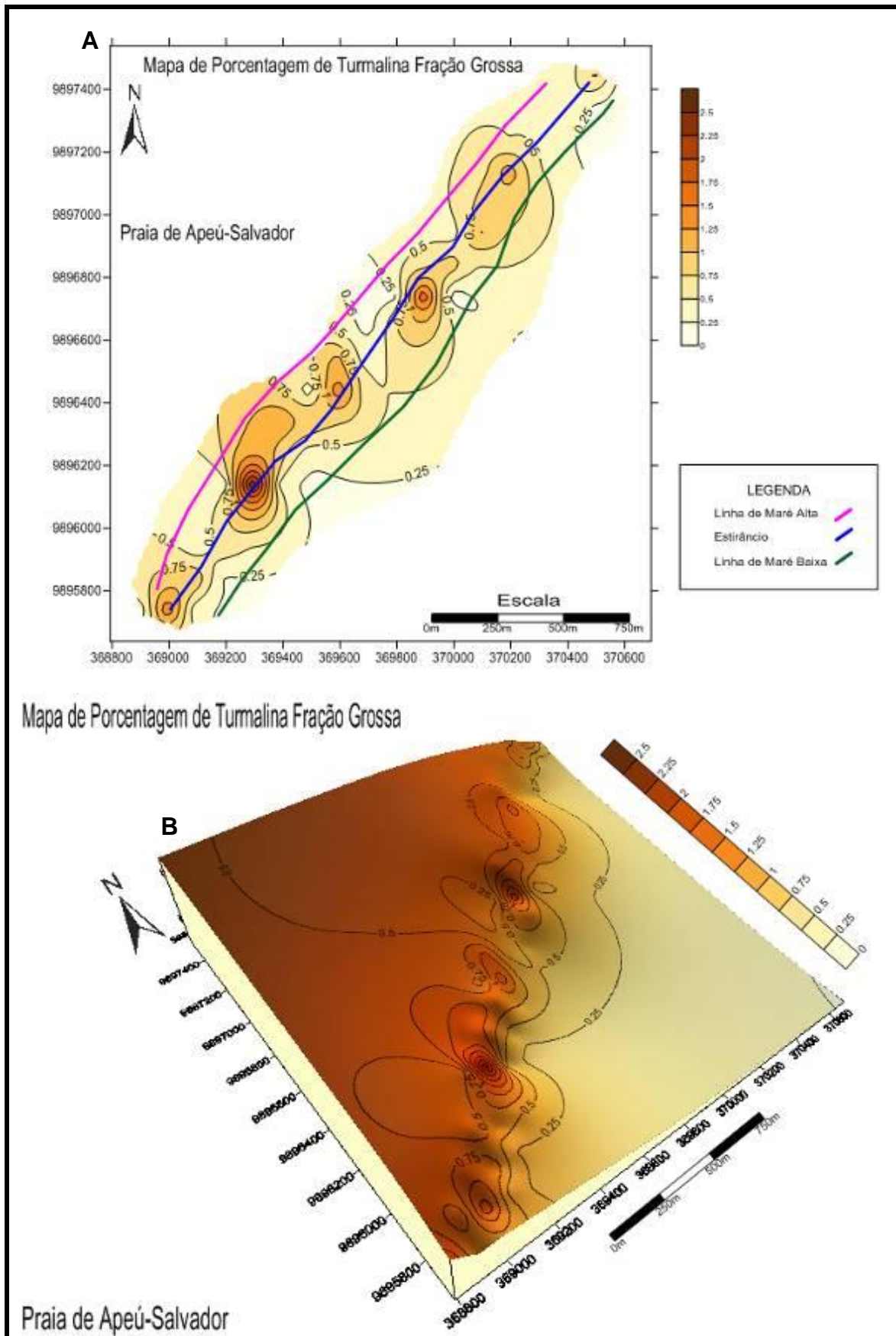


FIGURA 45 - (A) Mapa de distribuição fração grossa das turmalinas nas subdivisões da praia e (B) modelo 3D da sua ocorrência.

Zircão - ($ZrSiO_4$)

O zircão é um mineral ultra-estável, abundante (10-30%) em todas as frações dos sedimentos da praia, é um silicato de zircônio, incolor, de relevo muito alto e cor de interferência muito elevada. Os grãos apresentam-se de diferentes formas e cores. Em geral os grãos arredondados e subarredondados são mais comuns, mas ocorrem também grãos com formas subédricas e euédricas. Os grãos de zircão são na maioria incolores, todavia ocorrem também, grãos de cor marrom e róseo. É comum a ocorrência de inclusões fluidas e de minerais opacos (FIG. 46).

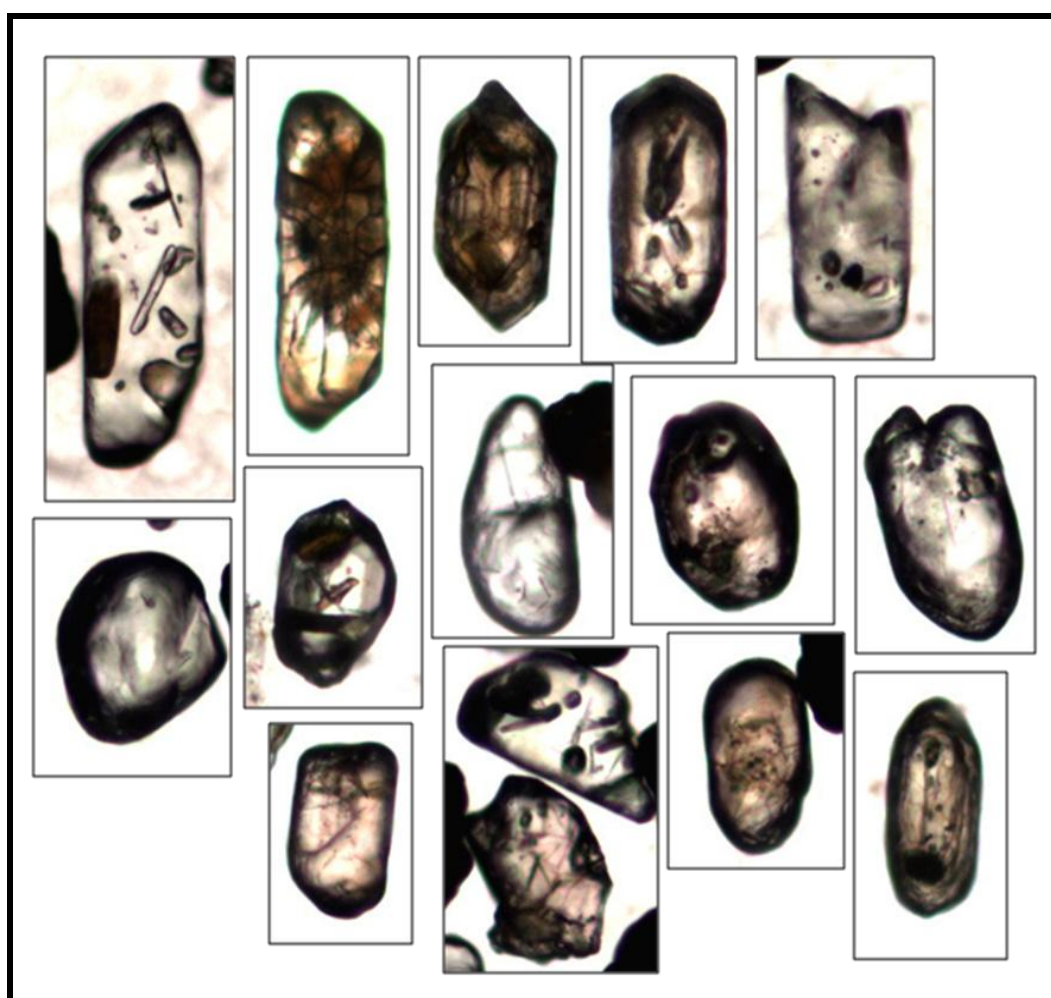


FIGURA 46 – Assembléia de grãos de zircão.

Os grãos de zircão estão disposto de maneira pontual no EST na fração fina (FIG. 47), enquanto que na fração grossa eles ocorrem na parte sul do EST (FIG. 48).

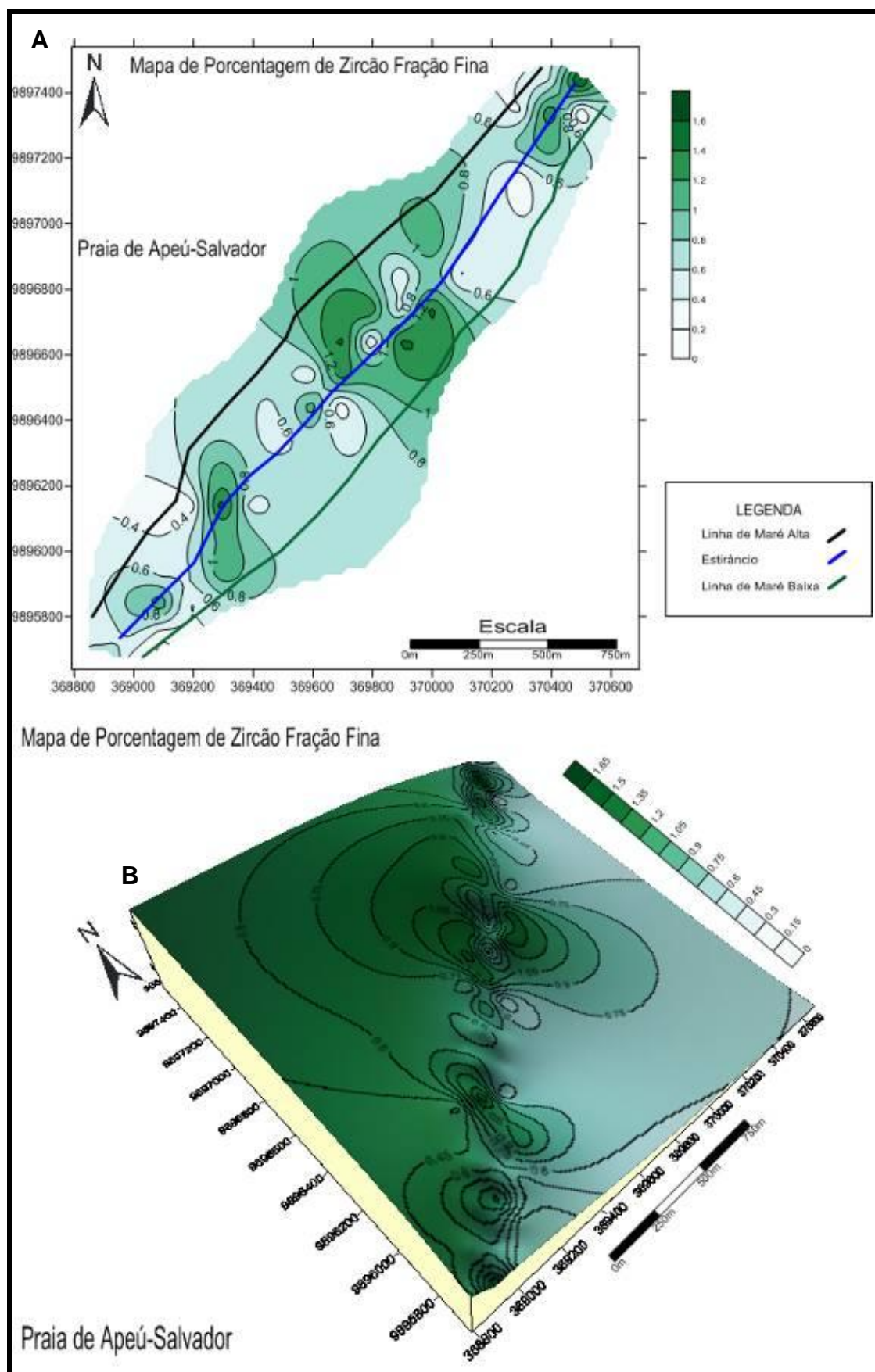


FIGURA 47 - (A) Mapa de distribuição fração fina de zircão nas subdivisões da praia e (B) modelo 3D da sua ocorrência.

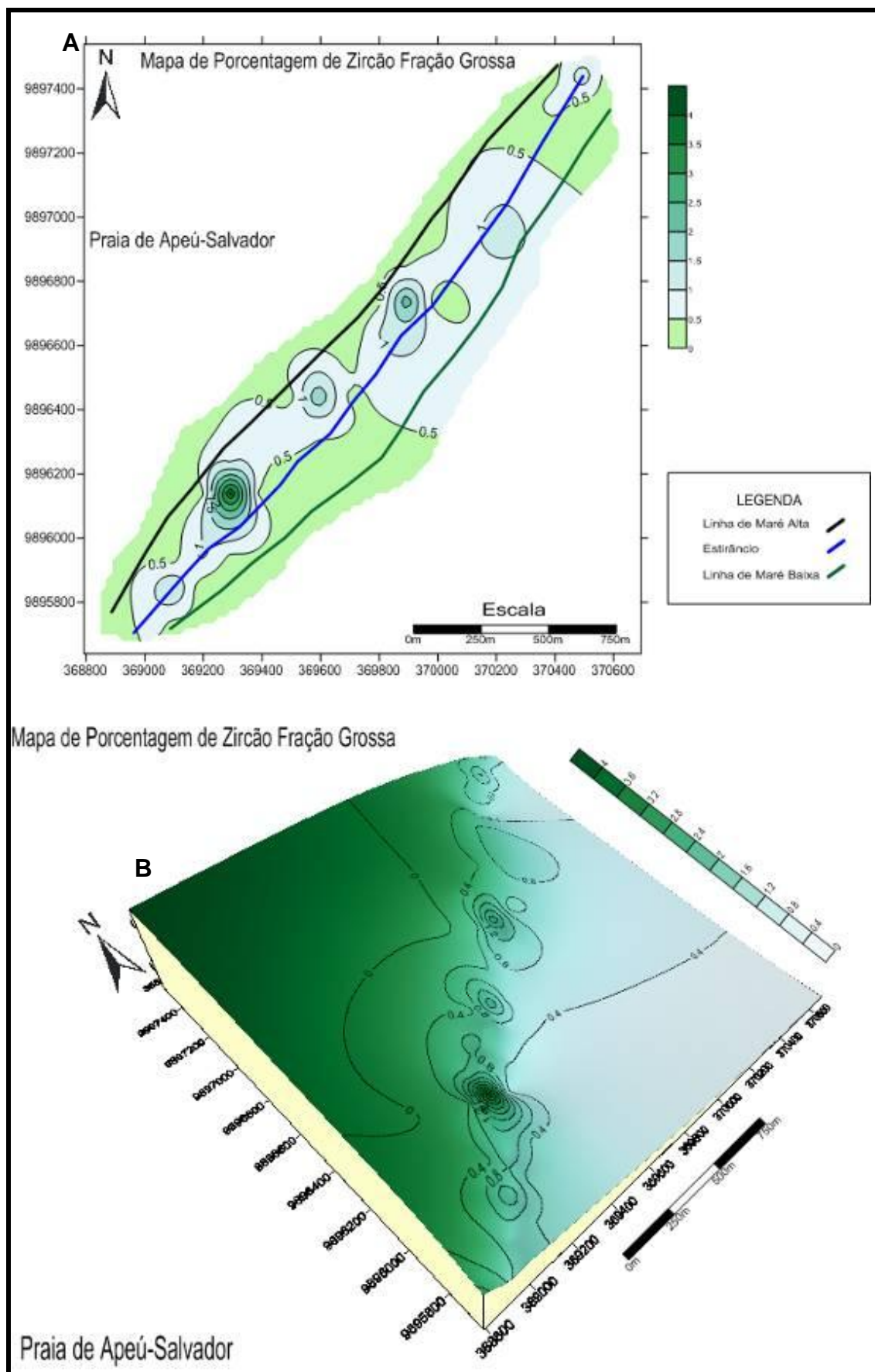


FIGURA 48 - (A) Mapa de distribuição fração grossa de zircão nas subdivisões da praia e (B) modelo 3D da sua ocorrência.

ANÁLISE DOS MINERAIS ATRAVÉS DE DR-X

A caracterização mineralógica por Difração de Raios X revelou uma mineralogia semelhante aquela encontrada no estudo petrográfico realizado. No entanto, esta metodologia possibilitou a classificação de algumas espécies minerais pertencentes a grupos específicos, tais como o da granada.

A espécie identificada para o grupo da granada foi grossulária e os demais minerais são quartzo e mica representando os minerais leves, zircão, rutilo, sillimanita, diásporo representando os minerais pesados. A espécie mineral da mica é classificada como Eastonita. O diásporo é um hidróxido de Al ($\text{AlO}(\text{OH})-\alpha$). A seguir tem-se o espectro de DRX mostrando a mineralogia identificada (FIG. 49).

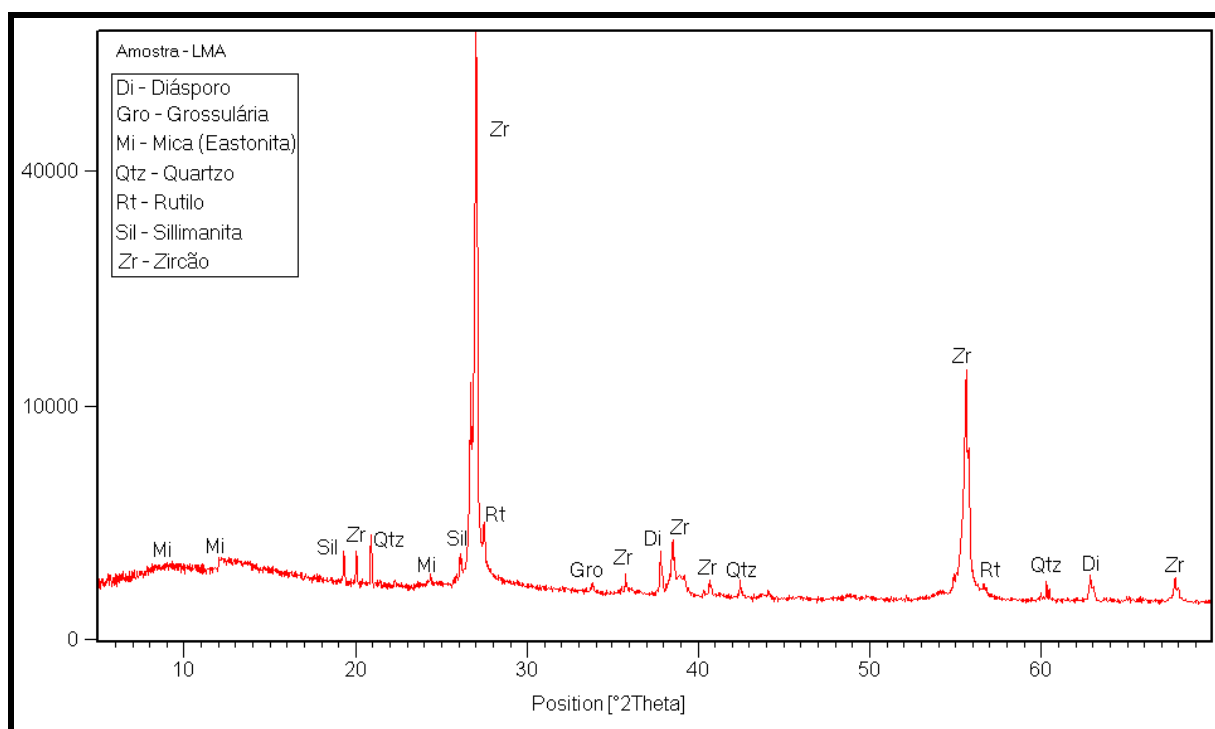


FIGURA 49 – Espectro de DRX ilustrando a mineralogia.

OCORRÊNCIA OU PLACER

Segundo Roy (2006) tem-se que para depósitos com valor econômico do tipo *placer praial* serem viáveis para exploração é necessário concentrações entre 5-10% de alguma espécie de mineral pesado e/ou uma assembleia composta por minerais pesados, já Peterson e Komar (1985), utilizam as concentrações entre 1-5% para estabelecerem depósitos do tipo *placer praial* visto que Colwell (1982) comenta que para ocorrerem depósitos do tipo *placer praial* a concentração deveria estar entre 5-12% de minerais pesados na praia.

As análises realizadas para a praia de Apeú-Salvador foram efetuadas com base nas concentrações reais dos minerais pesados, ou seja, isolados dos minerais leves e levando em consideração todas as subdivisões (LMB, EST e LMA) da praia e granulometrias selecionadas para este estudo.

Tais análises revelaram que aqueles minerais tidos como balizadores de maturidade composicional (ZTRE) se encontram dentre os mais abundantes, havendo esporádicas concentrações de cianita, epidoto e granada em relação aos componentes ZTRE. Ainda ocorrem mínimas concentrações (<1%) dos minerais andaluzita, cassiterita, cromita e biotita (FIG. 50).

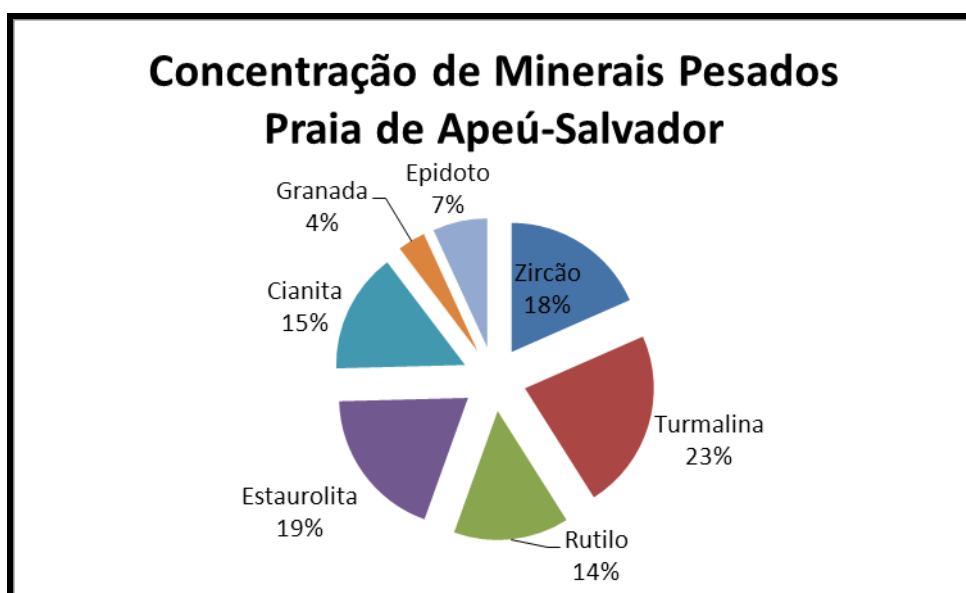


FIGURA 50 – Gráfico ilustrando as concentrações minerais na praia de Apeú-Salvador.

Os dados individuais de concentrações minerais estão representados nas tabelas 9, 10 e 11 respectivamente LMA, EST E LMB, apresentando suas relativas frações granulométricas.

TABELA 9 - Concentração Percentual de Minerais Pesados Na Fração Fina e Fração Grossa na LMA

ZIR (zircão); TUR (turmalina); RUT (rutilo); ESTA (estauroilita); CIA (cianita); EPI (epidoto); %G (fração grossa 0,180 – 0,125 mm); %F (fração fina 0,125 – 0,090 mm) TOTAL (número total de grãos contatos); * (ausência de minerais).

	ZIR				TUR				RUT				EST				CIA				EPI				TOTAL	
	G	F	% G	% F	G	F	% G	% F	G	F	% G	% F	G	F	% G	% F	G	F	% G	% F	G	F	% G	% F	G	F
LMA 01	35	40	0,97	0,38	45	60	1,25	0,57	40	20	1,11	0,19	30	40	0,83	0,38	30	20	0,83	0,19	20	20	0,55	0,19	200	200
LMA 02	20	40	0,13	0,43	45	60	0,30	0,65	20	20	0,13	0,22	45	40	0,30	0,43	35	20	0,23	0,22	20	20	0,13	0,27	200	200
LMA 03	35	40	0,68	0,89	45	60	0,87	1,33	40	20	0,77	0,44	30	40	0,58	0,89	30	20	0,58	0,44	20	20	0,39	0,44	200	200
LMA 04	35	35	0,25	0,50	45	60	0,32	0,86	40	30	0,29	0,43	30	30	0,21	0,86	30	45	0,21	0,64	20	20	0,14	0,29	200	200
LMA 05	35	40	0,24	0,27	45	60	0,31	0,41	40	20	0,28	0,14	30	40	0,21	0,27	30	20	0,21	0,14	20	20	0,14	0,14	200	200
LMA 06	35	40	0,92	1,14	45	60	1,18	1,71	40	20	1,05	0,57	30	40	0,79	1,14	30	20	0,79	0,57	20	20	0,52	0,57	200	200
LMA 07	35	35	0,95	0,66	45	60	1,22	1,13	40	30	1,08	0,56	30	30	0,81	0,56	30	45	0,81	0,84	20	20	0,54	0,38	200	200
LMA 08	35	40	0,28	0,62	45	60	0,36	0,92	40	20	0,32	0,31	30	40	0,24	0,62	30	20	0,24	0,31	20	20	0,16	0,31	200	200
LMA 09	35	40	0,84	0,45	45	60	1,08	0,67	40	20	0,96	0,22	30	40	0,72	0,45	30	20	0,72	0,22	20	20	0,48	0,22	200	200
LMA 10	35	40	0,12	1,46	45	60	0,16	2,20	40	20	0,14	0,73	30	40	0,10	1,46	30	20	0,10	0,73	20	20	0,07	0,73	200	200
LMA 11	20	30	0,19	1,40	20	45	0,19	2,10	20	15	0,19	0,70	20	35	0,19	1,63	20	15	0,19	0,70	20	10	0,19	0,47	200	200
LMA 12	35	35	0,52	0,44	45	60	0,67	0,75	40	30	0,59	0,38	30	30	0,45	0,38	30	45	0,45	0,56	20	20	0,30	0,25	200	200
LMA 13	20	28	0,36	1,23	20	30	0,36	2,65	20	20	0,36	0,88	20	42	0,76	1,85	20	30	0,36	1,32	20	*	0,36	*	200	200
LMA 14	35	35	0,49	0,86	45	60	0,63	1,48	40	30	0,56	0,74	30	30	0,42	0,74	30	45	0,42	1,11	20	20	0,28	0,49	200	200
LMA 15	35	40	0,40	0,75	45	60	0,51	1,13	40	20	0,45	0,38	30	40	0,34	0,75	30	20	0,34	0,38	20	20	0,23	0,38	200	200
LMA 16	35	35	0,38	0,36	45	60	0,48	0,61	40	30	0,43	0,31	30	30	0,32	0,03	30	45	0,32	0,48	20	20	0,22	0,20	200	200
LMA 17	35	40	0,30	0,57	45	60	0,39	0,86	40	20	0,34	0,29	30	40	0,26	0,57	30	20	0,26	0,29	20	20	0,17	0,29	200	200
LMA 18	35	35	0,30	0,38	45	60	0,39	0,65	40	30	0,34	0,33	30	30	0,26	0,33	30	45	0,26	0,49	20	20	0,17	0,22	200	200

TABELA 10 - Concentração Percentual de Minerais Pesados Na Fração Fina e Fração Grossa no EST.

ZIR (zircão); TUR (turmalina); RUT (rutilo); ESTA (estauroilita); CIA (cianita); EPI (epidoto); %G (fração grossa 0,180 – 0,125 mm); %F (fração fina 0,125 – 0,090 mm) TOTAL (número total de grãos contatos); * (ausência de minerais).

	ZIR				TUR				RUT				EST				CIA				EPI				TOTAL	
	G	F	% G	% F	G	F	% G	% F	G	F	% G	% F	G	F	% G	% F	G	F	% G	% F	G	F	% G	% F	G	F
EST. 01	35	40	0,39	1,33	45	60	0,50	2,00	20	20	0,22	0,67	30	40	0,33	1,33	30	20	0,33	0,67	20	*	0,22	*	200	200
EST. 02	20	40	0,65	0,60	45	60	1,47	0,90	35	30	1,14	0,45	45	40	1,47	0,60	35	40	1,14	0,60	20	10	0,65	0,15	200	200
EST. 03	68	46	1,66	1,15	40	32	0,97	0,80	28	34	0,68	0,85	36	40	0,88	1,00	10	36	0,24	0,90	18	12	0,44	0,30	200	200
EST. 04	69	20	1,10	0,60	41	45	0,65	1,35	29	35	0,56	1,05	37	45	0,59	1,35	11	35	0,17	1,05	7	20	0,11	0,60	200	200
EST. 05	70	46	4,22	1,53	42	32	2,53	1,07	30	34	1,81	1,13	38	40	2,29	1,33	12	36	0,72	1,20	8	12	0,48	0,40	200	200
EST. 06	30	30	0,64	0,75	40	45	0,85	1,13	45	20	0,96	0,50	50	45	1,07	1,13	25	40	0,53	1,00	10	20	0,21	0,50	200	200
EST. 07	30	30	0,72	0,45	40	45	0,96	0,60	45	20	0,96	0,30	50	50	1,20	0,75	25	40	0,61	0,60	5	20	0,12	0,30	200	200
EST. 08	52	30	1,98	1,13	38	45	1,44	1,69	40	20	1,52	0,75	35	45	1,33	1,69	35	40	1,33	1,50	*	20	*	0,75	200	200
EST. 09	52	30	0,41	1,35	38	45	0,31	2,03	40	20	0,32	0,90	35	45	0,28	2,03	35	40	0,28	1,80	*	20	*	0,90	200	200
EST. 10	48	30	0,97	0,36	36	45	0,73	0,54	32	20	0,65	1,50	30	45	0,61	0,54	18	40	0,37	0,48	20	20	0,41	0,24	200	200
EST. 11	52	30	2,39	0,50	38	45	1,75	0,75	40	20	1,84	0,33	35	45	1,61	0,75	35	40	0,05	0,67	*	20	*	0,33	200	200
EST. 12	35	40	0,68	0,90	45	60	0,88	1,35	20	20	0,39	0,45	30	40	0,59	0,90	30	20	0,59	0,45	20	*	0,39	*	200	200
EST. 13	30	35	0,77	0,70	40	60	1,03	1,20	45	20	1,16	0,40	30	40	0,77	0,80	25	20	0,64	0,40	10	*	0,26	*	200	200
EST. 14	30	35	0,86	0,58	40	60	1,15	1,00	45	30	1,29	0,50	30	30	0,86	0,50	25	45	0,72	0,75	10	*	0,29	*	200	200
EST. 15	30	35	0,33	0,88	40	60	0,44	1,50	45	30	0,49	0,75	30	30	0,33	0,75	25	45	0,27	1,13	10	*	0,11	*	200	200
EST. 16	46	35	0,62	1,40	32	60	0,43	2,40	34	30	0,46	1,20	40	30	0,54	1,20	36	45	0,49	1,80	*	12	*	0,48	200	200
EST. 17	70	46	1,35	1,73	42	32	0,81	1,20	30	34	0,58	1,28	38	40	0,64	1,50	12	36	0,23	1,35	8	12	0,15	0,45	200	200
EST. 18	30	35	0,91	0,35	40	60	1,22	0,60	45	30	1,37	0,30	20	30	0,61	0,30	25	45	0,76	0,45	10	*	0,30	*	200	200

TABELA 11 - Concentração Percentual de Minerais Pesados na Fração Fina e Fração Grossa na LMB.

ZIR (zircão); TUR (turmalina); RUT (rutilo); ESTA (estauroлита); CIA (cianita); GRAN (granada) EPI (epidoto); %G (fração grossa 0,180 – 0,125 mm); %F (fração fina 0,125 – 0,090 mm) TOTAL (número total de grãos contatos);* (ausência de minerais).

	ZIR				TUR				RUT				EST				CIA				GRAN				EPI				TOTAL	
	G	F	% G	% F	G	F	% G	% F	G	F	% G	% F	G	F	% G	% F	G	F	% G	% F	G	F	% G	% F	G	F	% G	% F	G	F
LMB 01	30	30	0,51	0,16	40	45	0,69	0,25	45	20	0,77	0,11	50	45	0,86	0,25	25	40	0,43	0,22	*	*	*	*	10	20	0,17	0,11	200	200
LMB 02	52	35	0,43	0,21	38	45	0,32	0,32	40	20	0,33	0,14	35	45	0,29	0,32	35	40	0,29	0,29	*	*	*	*	*	20	*	0,14	200	200
LMB 03	30	30	0,17	0,38	40	45	0,23	0,56	40	20	0,23	0,25	50	45	0,29	0,56	20	40	0,11	0,50	5	*	0,03	*	15	20	0,09	0,25	200	200
LMB 04	30	30	0,37	1,17	40	45	0,49	1,75	45	20	0,05	0,78	50	45	0,62	1,75	25	40	0,31	1,56	*	*	*	*	10	20	0,12	0,78	200	200
LMB 05	30	30	0,27	0,50	40	45	0,35	0,75	45	20	0,40	0,33	50	50	0,44	0,83	25	40	0,22	0,67	*	*	*	*	10	20	0,09	0,33	200	200
LMB 06	52	30	0,47	0,76	38	45	0,34	1,14	40	20	0,36	0,51	35	45	0,31	1,15	35	40	0,31	1,02	*	*	*	*	*	20	*	0,51	200	200
LMB 07	30	30	0,59	0,74	40	40	0,78	0,98	40	20	0,78	0,49	50	45	0,98	1,11	25	40	0,49	0,98	5	*	0,10	*	10	20	0,20	0,49	200	200
LMB 08	30	30	0,43	0,24	40	45	0,57	0,36	45	20	0,64	0,16	50	50	0,71	0,36	25	40	0,36	0,32	*	*	*	*	5	20	0,07	0,16	200	200
LMB 09	52	30	0,83	1,10	38	45	0,61	1,65	40	20	0,06	0,73	35	45	0,56	1,65	35	40	0,56	1,46	*	*	*	*	*	20	*	0,73	200	200
LMB 10	52	30	1,26	1,46	38	45	0,92	2,18	40	20	0,97	0,97	35	45	0,85	2,18	35	40	0,85	1,94	*	*	*	*	*	20	*	0,97	200	200
LMB 11	48	30	0,15	1,48	36	45	0,12	2,21	32	20	0,10	0,98	30	45	0,10	2,21	18	40	0,06	1,97	*	*	*	*	20	20	0,06	0,98	200	200
LMB 12	52	30	0,69	0,37	38	45	0,50	0,55	40	20	0,53	0,24	35	45	0,46	0,55	35	40	0,46	0,49	*	*	*	*	*	20	*	0,24	200	200
LMB 13	70	46	1,21	0,49	42	32	0,73	0,34	30	34	0,52	0,37	38	40	0,66	0,48	12	36	0,21	0,39	*	*	*	*	8	10	0,14	0,22	200	200
LMB 14	52	30	0,75	0,27	38	45	0,55	0,41	40	20	0,57	0,18	35	45	0,50	0,41	35	40	0,50	0,36	*	*	*	*	*	20	*	0,18	200	200
LMB 15	30	30	0,21	1,18	40	45	0,29	1,77	40	20	0,29	0,79	50	40	0,36	1,77	20	40	0,14	1,57	5	*	0,04	*	15	20	0,11	0,79	200	200
LMB 16	52	30	0,27	0,19	38	45	0,20	0,29	40	20	0,21	0,13	35	45	0,18	0,29	35	40	0,18	0,26	*	*	*	*	*	20	*	0,13	200	200
LMB 17	30	30	0,09	1,04	40	45	0,12	1,56	45	20	0,14	0,69	50	50	0,15	1,56	25	40	0,08	1,38	*	*	*	*	10	20	0,03	0,69	200	200
LMB 18	52	30	0,48	0,46	38	45	0,35	0,69	40	20	0,37	0,31	35	45	0,32	0,69	35	40	0,32	0,61	*	*	*	*	*	20	*	0,31	200	200

16 DISCUSSÕES

- CARACTERÍSTICAS DA PRAIA DA APEÚ-SALVADOR

A praia de Apeú-Salvador está localizada no extremo NE do Pará, a desembocadura do rio Piriá. A praia de Apeú-Salvador é uma praia-barreira formada por um conjunto de barras coalescentes. É dominada por macromaré-semidiurna, constituída essencialmente por cordões arenosos lineares, formados por areias quartzosas muito finas, muito bem selecionadas de coloração cinza clara a esbranquiçada.

O rio Piriá desde a nascente até a desembocadura percorre várias formações geológicas dentre elas observa-se o Grupo Aurizona (Cráton São Luís), Grupo Gurupi e Granito Japiim (Cinturão Gurupi) e a Formação Vizeu. Estas regiões são geologicamente importantes, pois são encontradas garimpos de ouro nos principais afluentes do rio Piriá.

Wright et al. (1982) subdividiu a morfologia da praia em três zonas: supramaré, intermaré e inframaré. As subdivisões seguidas para a praia de Apeú-Salvador foram a linha de maré alta (LMA), localizada entre a zona de supramaré e a zona de intermaré, o estirâncio (EST), localizado na zona de intermaré e a linha de maré baixa (LMB), localizada entre a zona de intermaré e a zona de inframaré.

- PARÂMETROS ESTATÍSTICOS

Os sedimentos da LMA e LMB são representados por 78% de areia fina, muito bem selecionada e 22% de areia média, bem selecionada. Já os sedimentos do EST são representados por 45% de areia muito bem selecionada e 55% de areia média bem selecionada.

Nos setores correspondentes a LMA, EST e LMB da praia de Apeú-Salvador, todos os sedimentos são classificados como areia média exibindo valores de média entre 2,52 - 2,92 (FIG.16), o padrão mais baixa da média (2,52 – 2,60) se concentra no EST, enquanto que os mais altos (> 2,92) são localizados ao NE e NW da praia nos extremos da LMA e LMB.

O padrão granulométrico de assimetria na praia de Apeú-Salvador(FIG. 20), mostram na LMA a ocorrência de assimetria negativa (39%), assimetria positiva (27%) e aproximadamente simétrico (34%). No EST os sedimentos revelam-se com assimetria negativa (61%) e aproximadamente simétrico (39%). Por fim, na LMB

ocorre assimetria negativa (11%), aproximadamente simétrico (72%) e assimetria positiva (17%).

A curtose na LMA é representada em 76% como leptocúrtica, 12% como curtose mesocúrtica e 12% como muito leptocúrtica. No EST os sedimentos apresentam curtose leptocúrtica e mesocúrtica com valores de 56% e 44%, respectivamente. Os sedimentos da LMB são representados por 72% como leptocúrtica, 12% como muito leptocúrtica, 12% como curtose mesocúrtica e 4% como curtose Platicúrtica.

- DIVERSIDADE DOS MINERAIS PESADOS DA PRAIA DE APEÚ-SALVADOR

Os principais minerais pesados não opacos encontrados nos sedimentos da praia foram zircão, turmalina, rutilo, estaurolita, epidoto e cianita. Os menos frequentes são a granada, cassiterita, cromita e andaluzita.

- a) O zircão é incolor, marrom e róseo com diferentes formas. Os grãos arredondados e subarredondados são mais comuns, mas ocorrem também grãos com formas subédricos e euédricos. É comum a ocorrência de inclusões fluidas e de minerais opacos. É um mineral abundante (10-30%).
- b) A turmalina apresenta cores variando entre verde-azulada, verde e marrom-esverdeado. Ocorre como grãos prismáticos (alongados e curtos), arredondados e subarredondados com algumas inclusões fluidas, principalmente nos grãos prismáticos. As turmalinas verdes e verde-azulada são arredondadas e subarredondadas e as marrom-esverdeada são arredondadas e principalmente prismáticas. É um mineral abundante (20-30%) nos sedimentos da praia de Apeú-Salvador.
- c) O rutilo é um dióxido de titânio comum (2-10%) em todas as frações dos sedimentos da praia. Apresenta-se normalmente como grãos em formas angulosas com arestas progressivamente arredondadas, irregulares e subédricas, com cores que variam de vermelho sangue amarelo-alaranjado.
- d) A estaurolita é um silicato de ferro-alumínio, é abundante (10-50%) nas frações finas e nas frações grossas dos sedimentos da praia. Possui cor marrom amarelada com pleocroísmo moderado e cor de interferência baixa. Ocorre como grãos irregulares com bordas serrilhadas e típicas estruturas de “crista de galo” e superfície de corrosão, além de inclusões fluidas e de minerais opacos.

- e) O epidoto é um silicato hidratado de alumínio, ferro, sódio, cálcio, nas frações fina e grossa apresenta-se possuindo cor amarelo pálido ou tons de “*pistache*” e com fraco pleocroísmo. É comum (2-10%), onde os grãos são geralmente anédricos a subédricos com bordas corroídas, devido a efeitos de dissolução e em outros efeitos de alteração superficial.
- f) A cianita é um silicato de alumínio, incolor, de extinção tipicamente oblíqua com birrefringência e cor de extinção baixa. É comum (10-20%) em todas as frações dos sedimentos da praia.

Nos minerais menos frequentes identificou-se:

- a) As granadas não apresentam clivagem, mas mostram partição dodecaédrica. As granadas encontradas na praia apresentam-se isotrópicas com cor de pálido com grãos variando desde euédricos a anédricos.
- b) A andaluzita é incolor, com formas irregulares e angulosas com algumas inclusões fluidas. É um mineral raro apareceu cerca de quatro grãos em todo sedimentos da praia

- FREQUENCIA DOS MINERAIS PESADOS

Os minerais pesados na LMA são representados por zircão, turmalina, rutilo, estaurolita, cianita e epidoto, perfazendo com isso as seguintes percentagens na fração fina (0,125 – 0,090 mm), 19%, 29%, 12%, 18%, 14% e 9%, respectivamente, enquanto que na fração grossa (0,180 – 0,125 mm) encontram-se 17% zircão, 22% turmalina, 19% rutilo, 15% estaurolita, 16% cianita e 11% epidoto.

No EST os minerais pesados são representados por zircão, turmalina, rutilo, estaurolita. Cianita, epidoto e ocasionalmente grãos de granada, biotita e monazita. A fração fina (0,125 – 0,090 mm) pode-se observar a seguinte percentagem 18% zircão, 25% turmalina, 12% rutilo, 21% estaurolita, 18% cianita e 6% de epidoto. Na fração grossa (0,180 – 0,125 mm), 24% zircão, 22% turmalina, 19% rutilo, 17% estaurolita, 13 cianita e 5% epidoto.

Na LMB os minerais pesados encontrados consistem em zircão, turmalina, rutilo, estaurolita, cianita, epidoto, granada e esporadicamente andaluzita, cromita e biotita. Na fração fina (0,125 – 0,090 mm) observou-se a percentagem a seguir: 16% Zircão, 22% turmalina, 10% rutilo, 22% estaurolita, 20% cianita e 10% epidoto. Na fração grossa (0,180 – 0,125 mm), os minerais que compõem a assembleia são 23%

zircão, 21% turmalina, 18% rutilo, 21% estauroлита, 14 cianita, 3% epidoto e 1% granada.

- MATURIDADE DOS MINERAIS PESADOS

Segundo Nascimento (2002), o zircão, a turmalina e o rutilo, devido as suas. Estabilidades mecânica e química apresentam extrema resistência aos processos sedimentares, diagenéticos e intempéricos. Durante o ciclo sedimentar, suas concentrações tendem a aumentar nos sedimentos, em função da perda dos minerais menos resistentes.

Para Morton e Hallsworth (1994), o cálculo de índice utilizando-se minerais com densidade, forma e estabilidade similares permite eliminar os efeitos dos processos intempéricos, diagenéticos e hidráulicos que durante o ciclo sedimentar modificam a composição mineralógica das assembleias de minerais pesados.

De acordo com Hubert (1972) o índice ZTR (100x Zircão + Turmalina + Rutilo/Total de grãos translúcidos) tem sido utilizado como índice de maturidade mineralógica, mediante a soma das frequências percentuais destes minerais pesados. Este índice foi calculado para os sedimentos da praia de Apeú-Salvador e em todas as subdivisões, ficou um pouco acima de 50% (58 LMA%, 68 EST% e 54% respectivamente). As maturidades mineralógicas (química) e texturais (físicas) progridem durante o transporte de um sedimento.

Então, se o sedimento é fisicamente maturo, subentende-se que também é quimicamente maturo e vice-versa. A composição mineralógica depende essencialmente da proveniência enquanto a composição textura resulta de processos de transporte e deposição (SUGUIO, 1981). Isso mostra que a contribuição fluvial foi muito restrita, pelo menos no último ciclo de sedimentação, visto que os sedimentos possuem maturidade textura e mineralógica.

- A HIDRODINÂMICA NA DISTRIBUIÇÃO DOS SEDIMENTOS

As correntes de marés são as principais responsáveis pela presença dos inúmeros bancos de areias que dispõem perpendicularmente à costa NE do Pará, assim, também é responsável pelo resultado apresentado pelos parâmetros estatísticos dos sedimentos da praia de Apeú-Salvador.

Segundo Morton (2002) a ação erosiva das ondas (acresção e/ou erosão) depende da interação entre as características das ondas, dos sedimentos e da

configuração do estado modal da praia visto que os sedimentos mais finos são mais facilmente transportados pelas ondas, do que os mais grossos.

Notou-se que as maiores concentrações de minerais pesados situam-se ao longo do EST na fração grossa cerca de 12%. Pode estar associado aos parâmetros estatísticos onde o grau de seleção dos sedimentos aumentava em sentido da LMB para o EST e a granulometria diminuía em sentido a mesma, o que é ocasionado pela atuação das correntes de maré na costa, das ondas e dos ventos, pois na praia as ondas tem o sentido SW, com amplitudes de ondas de cerca de 1,5 m.

- ANÁLISE DE DR-X

A caracterização mineralógica por DRX revelou uma mineralogia semelhante aquela encontrada no estudo petrográfico realizado. A espécie do grupo da granada é a grossulária e os demais minerais são quartzo, mica (Eastonita), zircão, rutilo, sillimanita e diásporo.

- FONTE

A assembléia de minerais pesados encontrados nos sedimentos da praia de Apeú-Salvador é constituída por minerais ultra-estáveis (zircão, turmalina e rutilo) e minerais estáveis (estauroлита, andaluzita e cianita).

A presença de minerais ultra-estáveis associados à presença de minerais metaestáveis pode indicar um transporte curto, sugerindo áreas fonte próximo e caracterizando os sedimentos como maduros.

Com a assembleia mineralógica encontrada na Praia de Apeú-Salvador pode-se dizer que os minerais são originados de diversas fontes como rochas ígneas ácidas, rochas ígneas básicas, pegmatitos e rochas metamórficas de alto grau (Grupo Aurizona) e rochas metamórficas de grau baixo grau (Grupo Gurupí).

Toda via, por se tratar de uma praia que possui macromaré, como o fundo adjacente é arenoso (Plataforma Continental do Pará), poderia existir contribuições secundária oceânicas para explicação dos minerais menos abundantes.

17 CONCLUSÕES

- Os sedimentos arenosos contidos na praia de Apeú-Salvador são representados principalmente por areias finas muito bem selecionadas à bem selecionadas, de leptocúrtica e com assimetria variando de negativa quanto positiva.

- Os principais minerais pesados que ocorrem nas subdivisões da praia são: zircão, turmalina, rutilo, estaurolita, epidoto, cianita e, subordinadamente, andaluzita, cassiterita, cromita e granada além dos minerais opacos possivelmente magnetita e a ilmenita.

- Os minerais pesados encontrados na Praia de Apeú-salvador apresentam características como:

- Cianita é incolor de forma tabular alongada e achatada. Sua frequência no LMA, EST e LMB, variam de 10-20%. Sua concentração é de 15% sendo encontradas com maior frequência na parte central da LMB na fração fina e na fração grossa no centro do EST.

- Zircão apresenta-se incolor, com algumas inclusões, possuem forma arredondada à subarredondada, grãos anédricos e subédricos, prismáticos e fragmentos angulosos. Sua frequência na LMA, EST e LMB varia de 15-25% enquanto sua concentração na frações fina e grossa é de 18%. Os grãos de zircão estão disposto de maneira pontual no EST na fração fina na fração grossa eles ocorrem na parte sul do EST.

- Estaurolita apresenta-se com forma irregular e angulosa na cor marrom amarelada. Sua ocorrência na praia varia entre 15-25% nas três subdivisões. Sua concentração na fração fina e grossa é de 20%. Os grãos de estaurolita na fração fina são encontrados na porção central do EST com maior abundancia e nas porções da LMA com menos frequência, já na fração grossa as estaurolita ocorrem em maior assiduidade na LMA e em menor ocorrência na LMB.

- Turmalina possui uma variedade de cores bem como azul, verde e marrom, com forma arredondada, subarredondadas e prismática. Suas variedades tem 20-30% de minerais na LMA, EST e LMB. Estando concentrados 23% na praia de Apeú-Salvador. Na praia a distribuição na fração fina mostra turmalinas se concentrando na porção central das subdivisões (LMA, EST e LMB) com porções

mais concentradas no LMA, já na fração grossa toda concentração está associada ao longo do EST.

- Rutilo é vermelho sangue com alguns grãos amarelo-avermelhado com forma arredondada, angulosa e prismática. Sua distribuição nas subdivisões da praia apresentam uma frequência de 10-20%. Visto que sua concentração é de 14% na frações fina e grossa da praia. As distribuições dos grãos de rutilo na praia ocorrem de maneira diversificada por toda a praia. Na fração fina sua maior distribuição está situada no EST em sua parte mais central e na fração grossa a dispersão na praia é grande, porém, é também no EST que o rutilo concentra-se.

- Epidoto possui cor amarelo pálido ou tons de “*pistache*” e com fraco pleocroísmo, os grãos são geralmente anédricos a subédricos com bordas corroídas, devido a efeitos de dissolução e em outros efeitos de alteração superficial. Sua frequência varia de 1-12% na LMA, EST e LMB. A concentração é de 7% nas frações fina e grossa. Os grãos de epidotos são encontrados em todas as frações na praia de Apeú-Salvador, na fração fina os grãos estão agrupados na LMB na porção mais central, já na fração grossa são distribuídos por toda a LMA de NE para SW.

- Granada encontradas na praia de Apeú-Salvador apresentam-se isotrópicas com cor rósea pálido com grãos variando desde euédricos a anédricos. Apareceram somente no EST na fração grossa, com uma frequência de 1%. Sua concentração é de 4% nos minerais. A ocorrência da granada ficou restrita apenas a fração grossa e em uma parte pontual e bem central do EST, no decorrer da praia não foram encontrados outros grãos da mesma.

- Andaluzita, Cassiterita e cromita foram encontrados apenas 4, 2 e 3 respectivamente, restritos ao EST acompanhando quase sempre os grãos de granada.

- Através do índice ZTR pode-se afirmar que estes sedimentos apresentam maturidade mineralógica e textural, evidenciando que a contribuição fluvial foi muito limitada, pelo menos no último ciclo de sedimentação.

- Com base nas percentagens minerais e assembleia mineral da praia de Apeú-Salvador, confirma-se que a mesma trata-se de um placer praial, devido sua concentração variando desde 5% até mesmo 20% de minerais pesados.

- Com a assembleia mineralógica encontrada na Praia de Apeú-Salvador pode-se dizer que os minerais são originados de diversas fontes como rochas ígneas ácidas, rochas ígneas básicas, pegmatitos e rochas metamórficas de alto grau (Grupo Aurizona) e rochas metamórficas de grau baixo grau (Grupo Gurupí). Toda via, por se tratar de uma praia que possui macromaré, como o fundo adjacente é arenoso (Plataforma Continental do Pará), poderia existir contribuições secundária oceânicas para explicação dos minerais menos abundantes.

REFERENCIAS

- ACKERMANN, F.L. 1964. **Esboço para a geologia entre a cidade de Belém-rio gurupi a Atlântico-rio Guamá**. Belém-Pa, Universidade Federal do Pará. Imprensa Universitária, 79p., 26 fotos, 1 mapa.
- ABREU, F.A.M., VILLAS, R.N.N. e HASUI, Y. 1980. **Esboço estratigráfico do Precambriano da região do Gurupi, Estados do Pará e Maranhão**. In: Congresso Brasileiro de Geologia 31, Camboriú. SBG, Resumos expandidos, v. 2, pp. 647-658.
- ALVES, M. M. S. **Morfodinâmica e sedimentologia da praia de Ajuruteua – NE do Pará**. 2001. 104 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2001.
- AMARAL, M. da S. **Estudo da distribuição dos minerais pesados presentes na cobertura arenosa superficial da Plataforma Continental do Maranhão**. Belém 1998. 75f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) –, Universidade Federal do Pará. Instituto de Geociências 1998.
- AZEVEDO, L. **Mapeamento geológico nos arredores da Vila de Baixinhos, região do Gurupi, nordeste do Pará**. 2003. 100 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.
- BERRÊDO J. F. 2006. **Geoquímica dos sedimentos de manguezais do nordeste do estado do Pará: o exemplo do estuário do rio Marapanim**. Tese de Doutorado (Geologia), Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, 185 p.
- BORGES, M. S; LIMA, J. I. S. e BEMERGUY, J. L., 1994 – **Aspectos morfotectônicos da Região de Curuçá, NE do Estado do Pará**. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 1994, Belém. **Anais Simposio**. Belém: UFPA. p. 43 e 44.
- BRASIL. MARINHA DO BRASIL. DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO. 1986. *Tábuas das marés*. Rio de Janeiro - RJ. Ministério da Marinha.
- CARVALHO, C. A.; EL-ROBRINI, M. **Estudo da cobertura sedimentar da Plataforma Continental do Pará**. Belém. PIPES/UFPA/Centro de Geociências. 23f. 2000. (Relatório Final de Iniciação Científica).

CARVALHO, C. de A. **Caracterização textural e mineralógica dos minerais leves na Plataforma Continental do Pará (entre a foz dos rios Pará e Gurupi)**. Belém, 2003. 84f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) – Universidade Federal do Pará Instituto de Geociências, Belém, 2003.

CASCALHO, J. **Mineralogia dos Sedimentos Arenosos da Margem Continental Setentrional Portuguesa**. Universidade de Lisboa, 2000. Tese (Doutorado em Sedimentologia) disponível em: <<http://www.mnhn.ul.pt/teses/jc>> Acesso em: 11 jul. 2010.

CASCALHO J. P. V. e TABORDA R.P.M., 2006. Heavy mineral placer formation – An example from Algarve, Portugal. **Journal of Coastal Research**, Proceedings of the 8 International Coastal Symposium, Itajaí, SC, Brazil. Sl. 39: 246-249.

CPRM – **Serviço Geológico do Brasil**. Relatório final do Projeto Carutapera – Metodologia e Resultados, Relatório Interno. Belém: 2004. 24 p. (Inédito).

CPTEC. 2010. Disponível em < <http://www.cptec.inpe.br>> Acesso em: 26 de outubro de 2010.

COSTA, J.L. (2000) **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Programa Grande Carajás**. Castanhal, Folha SA.23-V-C. Estado do Pará. Belém, CPRM (em CD-ROM).

COSTA, J. B. S.; BORGES, M. S.; FERNANDES, J. M. G.; COSTAS Jr., P.S. e COSTA, M. L. 1992. **Evolução cenozóica da Região de Salinópolis, Nordeste do Estado do Pará**. Geociências, 12 (2): 353-372.

COSTA, J.B.S.; HASUI, Y.; BERMEGUY, R.L.; BORGES, M.S.; SOARES JÚNIOR, A.V.; LLEGAS, J.M.C., 2002. **Tectonic and Paleogeography of the Marajó Basin, Northern Brazil**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 74 (3): 1-13.

COSTA, J.B.S; PASTANA, J.M.N.; COSTA, E.J.S. e JOÃO, X.S.J., 2000. **Faixa de Cisalhamento Tentugal Na Folha SA-23-V-B**. In: XXXV Congresso Brasileiro de Geologia. Belém. Anais. Boletim de Resumos Expandidos. São Paulo. v. 5: 2257-2266.

COSTA, J.L.; VILLAS BOAS, J.M.; PESTANA, J.M.N; WANDERLEY, V.J.R.; ARAÚJO, A.A.F.; FRIZZO, J.S.1977. **Projeto Gurupi**. Relatório final de etapa. Belém – PA, Ministério das Minas e Energia (MME) Departamento Nacional da Produção Mineral (convenio DNPM / CPRM)v. 2, 258p.

COUTINHO, J. M. V.; COIMBRA, A. M. **Os Pesados do Barreiras na Costa Oriental Brasileira**: Estudo de Áreas-fonte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28. 1974, Porto Alegre. Anais.do Congresso. Porto Alegre, 1974: SBG, 1974. v.5, p.27-41.

COLWELL, J.B., The nature and mineralogy of beach and dune sands on the central and northern New South Wales and southern Queensland coasts: **Bureau of Mineral Resources Geology and Geophysics Record**. 1982, n.º 1, 23 p.

DEL RIO J. L. e SHNACK E. J. 1985. Efectos de tormenta en la depositación selectiva de minerales pesados em playas. **Revista de La Asociación** Argentina de Mineralogía, Petrología y sedimentología, 16 (4): 27-33.

DIAS, J. M. A.; A **Análise Sedimentar e o Conhecimento dos Sistemas Marinhos - Uma Introdução à Oceanografia Geológica**. Universidade de Algarve, 2004. E-book disponível em: <http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/e_b_Sedim.html> Acesso em: 03 jun. 2010.

DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO, 1986. Informações sobre amostras geológicas. **Relat. Minist. Marinha**. Banco Nacional de Dados Oceanográficos: 8p.

_____ 2010. Tábuas das Marés. www.dhn.mar.mil.br.

FERNANDES, J.M.G. 1992. **Considerações sobre a ocorrência de Ophiomorpha em sedimentos do Grupo Barreiras no Nordeste do Estado do Pará**. In: CONG. BRAS. GEOL., 37, *Anais...* São Paulo-SP, SBG, v.2. 497 p

FRIHY, O. E.; LOTFY, M. F.; KOMAR, P.D. Spatial Variations in Heavy Minerals and Patterns of Sediment Sorting Along the Nile Delta, Egypt. **Sedimentary Geology**, n. 97, p. 33-41, dez. 1995.

FOLK, R. L. **Petrology of Sedimentary Rocks**. Helphill, Austin, 1968. 172p.

GORAYEB, P.S.S., GAUDETTE, H.E., MOURA, C.A.V. and ABREU, F.A.M. Geologia e geocronologia da Suíte Rosário, nordeste do Brasil, e sua contextualização geotectônica. **Rev. Brasil Geociências**, v. 29, p. 571-578. Belém, 1999.

GOOGLE Earth. 2000. Disponível em: <<http://www.google.com>>. Acesso em: 25 de agosto de 2010.

HOEFEL, F. G.; **Morfodinâmica de Praias Arenosas oceânicas: uma Revisão Bibliográfica**. Itajaí: Univali. 1998.

HUBERT J.E. 1962. **A zircon-tourmaline-rutile maturity index and the interdependence of the composition of heavy mineral assemblages with the cross composition and texture of sandstones**. *J. Sed. Pet.*, **32**:440-450.

IGREJA, H.L.S., **Aspectos tectono-sedimentares do fanerozóico do NE do estado do Pará**. Belém: Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências.: 192p. (Tese de Doutorado em geologia), 1991.

INMAN, D.L. AND NORDSTRÖM, C.E., 1971. On the tectonic and morphologic classification of coasts. *Journal of Geology*, v.79: 1-21.

INNOCENTINI, V.; PRADO, S.C.C.; PEREIRA, C.S; ARANTES, F.O.e BRANDÃO, I.N., 2000. **Marulhos no litoral norte do Brasil geradas por furacões: caso 24 de outubro de 1999**. XI Congresso Brasileiro de Meteorologia de 16 a 20 de outubro. Rio de Janeiro.

JORGE JOÃO, X.S. **O Litchfieldito Boca Nova no nordeste do Estado do Pará: aspectos petroquímicos e implicação econômica**. Belém, CPRM, 1980.

KLEIN, E.L. e MOURA, C.A.V. (2001) Age constraints on granitoids and metavolcanic rocks of the São Luís Craton and Gurupi Belt, northern Brazil: implications for lithostratigraphy and geological evolution. *Int. Geol. Revista*, v. 43, pp. 237-253.

KLEIN, E.L. e MOURA, C.A.V. **Síntese geológica e geocronológica do Cráton São Luís e do Cinturão Gurupi na região do rio Gurupi (NE-Pará/NW-Maranhão)**. *Rev. Geol. 2003 USP – Série Científica*, v. 3, pp. 97-112.

KLEIN, E.L. et al. The Gurupi belt in northern Brazil: lithostratigraphy, geochronology, and geodynamic evolution. *Precambrian Research*, v. 141, n. 3-4, p. 83-105, 2005a.

KLEIN, E.L. et al. Sistematização da litoestratigrafia do Cráton São Luís e do Cinturão Gurupi. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 35, n. 3, p. 415-418, 2005b.

KOMAR, P.D. **Beach Processes and Sedimentation**. New Jersey: Prentice-Hall, 1976, 129p.

KOMAR P. D. e WANG C. 1984. Processes of selective grain transport and the formation of placer on beaches. ***Journal of Geology***, 92: 637-655.

LOWELL, G.R. & VILLAS, R.N.N. 1983. Petrology of nepheline syenite gneiss from Amazonian Brazil. ***Geological Journal***, 18: 53-75.

LUEPKE, G. & CLIFFON E. 1983. Heavy-mineral distribution in modern and ancient bay deposits, Willapa Bay, Washington, U.S.A. ***Sedimentary Geology***, 35: 233-247.

MANGE M.A e MAURER H.F.W. 1992. **Heavy Minerals in Colour**. London. Chapman and Hall. 147p.

MARTIN, L. DOMINGUEZ, J.M.L.; SUGUIO. K.; FLEXOR J.M. ***Geologia do Quaternário Costeiro do litoral norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo***. Belo Horizonte: Editora CPRM, 1997.

MORTON A.C. e HALLSWORTH C. 1994. **Identifying provenience-specific features of detrital heavy mineral assemblages in sandstones**. *Sedim. Geol.*, 90:241-256.

_____. 1999. **Processes controlling the composition of heavy mineral assemblages in sandstones**. *Sedim. Geol.*, 124:3-29.

MUEHE, D. 1998. O Litoral brasileiro e sua Compartimentação. In: CUNHA, S.B; GUERRA, A.J. T., (ed). **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro. Ed. Bertrand Brasil S. A., p.273-349.

PALHETA, E.S.M. **Evolução geologica da região nordeste do Estado do Para com base em estudos estruturais e isotopicos de granitoides**. Tese de Mestrado (Geologia). Univ. Federal do Para, Belém, 144p. 2001

PALMA, J.J.C. 1979. **Depósitos de Minerais Pesados**. Série Projeto REMAC, PETROBRÁS/DNPM/ CPRM/DHN/CNPq. Rio de Janeiro. 10: 33-50.

PASTANA, J.M.N. (1995) **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**. Programa Grande Carajás. Turiaçu/ Pinheiro, folhas SA.23-V-D/SA.23-Y-B. Estados do Pará e Maranhão. Brasília, CPRM, 205p.

PETERSON, C.D., KOMAR, ED., SCHEIDEGGER, K.F. **Distribution, geometry and origin of heavy mineral placer deposits on Oregon beaches.** *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 56, p. 67-77. 1985

PETRI, S. e FÚLFARO, V.J. 1983. Geologia do Brasil (Fanerozóico). São Paulo – SP. Ed. T.A. Queiroz & Ed. da USP, 613p.

PINHEIRO B.L.S.; MOURA C.A.V.; KLEIN E.L. **Estudo de proveniência em arenitos das formações Igarapé de Areia e Viseu, nordeste do Pará, com base em datação de monocristais de zircão por evaporação de chumbo.** In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 8., 2003, Manaus. Resumos expandidos... Manaus: SBG, 2003. 1 CD-ROM.

RODRIGUES T.L.N., ARAÚJO, C.C., Camozzato, E. and Ramgrab, G.E. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos** 1994. São Luís, Folha SA.23-Z-A. Cururupu, Folha SA.23-X-C. Estado do Maranhão – Escala 1:250.000. Brasília, CPRM, 185p.

ROY, P. S. Heavy Mineral Beach Placers in Southeastern Australia: Their Nature and Genesis. **Economic Geology**. Vol. 94. p 567-588. 1999.

SÁ, J.H.S. 1969. **Contribuição á geologia dos sedimentos Terciários e Quaternários da Região Bragantina.** Bol. Inst. Geol. 3:21-36, Rio de Janeiro-RJ.

SANTOS, V. F. **Estratigrafia Holocênica e Morfodinâmica atual da Plataforma Costeira da Ilha de Algodal e Marudá.** 1996. 139f. Dissertação (Mestrado em Geologia). Universidade Federal do Pará. Belém. 1996.

SANTOS. J. T. dos. **A contribuição da Formação Barreiras como fonte dos sedimentos dos manguezais e de fundo do rio Marapanim na região de Marapanim (PA) com base na assinatura de minerais pesados.** Belém, 2008. 74f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) – Universidade Federal do Pará. Instituto de Geociências, Belém, 2008.

SELLEY, 1976. R.C., **Subsurface environmental analysis of North Sea sediments.** *Bull. Am. Assoc. Pet. Geol.* 60 2 (1976), pp. 182–195.

SHORT, A. **Beach and Shoreface Morphodynamics.** United States: John Wiley & Sons, 1999. 419p.

SILVA, C. G. **Placeres Marinhos**. *Revista Brasileira de Geofísica*. 2000. v.18. n 3 p. 327-335.

SILVA, C. G.; PATCHINEELAM, S. M.; BATISTA NETO, J. A.; PONZI, V. R. A. Ambientes de Sedimentação Costeira e Processos Morfodinâmicos atuantes na linha de costa. In: BATISTA NETO, J. A.; PONZI, V. R. A.; SICHEL, S. E. **Introdução à Geologia Marinha**. Rio de Janeiro. Editora Interciência, 2004, p.175-218.

SILVA JÚNIOR, O. G. 1998. **Morfoestratigrafia da planície costeira do município de São João de Pirabas (porção NW): NE do Estado do Pará**. Belém-PA. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, 89 p. (Dissertação de Mestrado).

SILVA JUNIOR, O.G.; EL-ROBRINI, M. O **Noroeste da Planície Costeira de São João de Pirabas; uma análise morfoestratigráfica**. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 6., 1999, Manaus/AM: SBG. Núcleo Norte, 1999. p. 420-423

_____. Morfoestratigrafia do Nordeste da Planície Costeira de São João de Pirabas (Nordeste do Pará). **Revista da Oceanografia**. São Paulo, v. 49, n. ½, p. 99-114. 2001.

SILVA, M.S. da. **Morfoestratigrafia e Evolução da Planície Costeira de Salinópolis. NE do Estado do Pará**. 1996. 122f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará Centro de Geociências. Belém, 1996.

SOUZA FILHO, P.W.M.; EL-ROBRINI, M. As variações do nível do mar e a estratigrafia de sequências da planície costeira bragantina – nordeste do Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Série Ciências da Terra, n. 10, p. 45-78. 1998.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. Ed. USP. São Paulo. 1973.317p.

SUGUIO, K. **Rochas sedimentares**: propriedades, gênese e Importância econômica. Ed. Edgar Blucher Ltda, 1983. 500p.

SUGUIO, K. *Geologia Sedimentar*. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2003.

TOMAZELLI, L. J. **Minerais pesados da plataforma continental do Rio Grande do Sul**. 1977. 81f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1977.

UVO, C.R.; REPELLI, C.; ZEBIAK, S.; KUSHINIR, Y. The relationships between tropical Pacific and Atlantic SST and northeast Brasil **Monthly Pecipitation**. **Journal Climate**, v. 11, n.4, p.551-562. 1998.

WAGNER, R. G. Mechanisms controlling variability of the interhemispheric sea surface temperature gradient in the tropical Atlantic. **Journal of Climate**, v. 9, n.7, p.67-90. 1996.

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

WU, F. T. **Minerais pesados das seqüências arenosas paleozóicas e mesozóicas do centro-leste do estado de São Paulo**. 1981. 129 f. Dissertação de Mestrado em Geociências, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1981.

ANEXOS

ANEXO 1 – PONTOS DE AMOSTRAGEM COM COORDENADA UTM.

LMA			
PONTOS	LONGITUDE	LATITUDE	COTA
Ponto 01	368943	9895628	4
Ponto 02	369064	9895740	4
Ponto 03	369065	9895840	4
Ponto 04	369051	9895940	4
Ponto 05	368873	9896140	4
Ponto 06	369064	9896240	3
Ponto 07	369943	9896340	3
Ponto 08	368916	9896440	3
Ponto 09	368889	9896540	3
Ponto 10	368868	9896639	3
Ponto 11	368848	9896740	3
Ponto 12	368834	9896840	4
Ponto 13	368967	9896938	4
Ponto 14	368882	9897142	4
Ponto 15	368856	9897240	4
Ponto 16	368833	9897342	3
Ponto 17	368820	9897439	3
Ponto 18	368900	9897540	3

EST			
PONTOS	LONGITUDE	LATITUDE	COTA
Ponto 01	368993	9895628	2
Ponto 02	369113	9895740	2
Ponto 03	369115	9895840	2
Ponto 04	369101	9895940	2
Ponto 05	389993	9896140	3
Ponto 06	369014	9896240	3
Ponto 07	368993	9896340	3
Ponto 08	368966	9896440	2
Ponto 09	368939	9896540	2
Ponto 10	368918	9896639	2
Ponto 11	368898	9896740	2
Ponto 12	368884	9896840	3
Ponto 13	369017	9896938	3
Ponto 14	368932	9897142	3
Ponto 15	368906	9897240	2
Ponto 16	368883	9897342	2
Ponto 17	368870	9897439	2
Ponto 18	368895	9897540	2

LMB			
PONTOS	LONGITUDE	LATITUDE	COTA
Ponto 01	369043	9895628	2
Ponto 02	369163	9895740	2
Ponto 03	369165	9895840	2
Ponto 04	369154	9895940	2
Ponto 05	368973	9896140	1
Ponto 06	369164	9896240	1
Ponto 07	369043	9896340	1
Ponto 08	369016	9896440	1
Ponto 09	368989	9896540	1
Ponto 10	368968	9896639	2
Ponto 11	368948	9896740	2
Ponto 12	368934	9896840	2
Ponto 13	369067	9896938	2
Ponto 14	368982	9897142	2
Ponto 15	368956	9897240	1
Ponto 16	368933	9897342	1
Ponto 17	368920	9897439	1
Ponto 18	368945	9897540	1

ANEXO 2 - PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DOS SEDIMENTOS COLETADOS NA LMA DA PRAIA DE APEÚ-SALVADOR.

	Média	Classificação	Mediana	Seleção	Classificação	Assimetria	Classificação	Curtose	Classificação
LMA 01	2,66	Areia fina	2,705	0,3557	Bem selecionado	-0,1867	Negativa	1,475	Leptocúrtica
LMA 02	2,772	Areia fina	2,772	0,278	Muito bem selecionado	0,03691	Aproximadamente simétrica	1,354	Leptocúrtica
LMA 03	2,578	Areia fina	2,658	0,4315	Bem selecionado	-0,2906	Negativa	1,256	Leptocúrtica
LMA 04	2,67	Areia fina	2,701	0,3009	Muito bem selecionado	-0,1473	Negativa	1,232	Leptocúrtica
LMA 05	2,773	Areia fina	2,773	0,2702	Muito bem selecionado	0,05134	Aproximadamente simétrica	1,338	Leptocúrtica
LMA 06	2,714	Areia fina	2,726	0,3095	Muito bem selecionado	-0,1008	Negativa	1,451	Leptocúrtica
LMA 07	2,641	Areia fina	2,686	0,3291	Muito bem selecionado	-0,1769	Negativa	1,246	Leptocúrtica
LMA 08	2,769	Areia fina	2,769	0,2634	Muito bem selecionado	0,05495	Aproximadamente simétrica	1,336	Leptocúrtica
LMA 09	2,668	Areia fina	2,711	0,3665	Bem selecionado	-0,1235	Negativa	1,477	Leptocúrtica
LMA 10	2,784	Areia fina	2,784	0,2406	Muito bem selecionado	0,1768	Positiva	1,141	Leptocúrtica
LMA 11	2,781	Areia fina	2,778	0,2768	Muito bem selecionado	0,06055	Aproximadamente simétrica	1,338	Leptocúrtica
LMA 12	2,846	Areia fina	2,812	0,274	Muito bem selecionado	0,2604	Positiva	1,112	Leptocúrtica
LMA 13	2,86	Areia fina	2,815	0,2948	Muito bem selecionado	0,2919	Positiva	1,153	Leptocúrtica
LMA 14	2,851	Areia fina	2,814	0,281	Muito bem selecionado	0,2632	Positiva	1,103	Mesocúrtica
LMA 15	2,772	Areia fina	2,772	0,2703	Muito bem selecionado	0,03651	Aproximadamente simétrica	1,387	Leptocúrtica
LMA 16	2,707	Areia fina	2,725	0,3522	Bem selecionado	-0,1858	Negativa	1,761	Muito leptocúrtica
LMA 17	2,76	Areia fina	2,76	0,3247	Muito bem selecionado	-0,09607	Aproximadamente simétrica	1,807	Muito leptocúrtica
LMA 18	2,901	Areia fina	2,853	0,297	Muito bem selecionado	0,2552	Positiva	0,9075	Mesocúrtica

ANEXO 3 - PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DOS SEDIMENTOS COLETADOS NO EST DA PRAIA DE APEÚ-SALVADOR.

	Média	Seleção	Mediana	Classificação	Classificação	Assimetria	Classificação	Curtose	Classificação
Est. 01	2,721	0,3258	2,736	Areia fina	Muito bem selecionado	-0,04547	Aproximadamente simétrica	1,398	Leptocúrtica
Est. 02	2,613	0,3422	2,657	Areia fina	Muito bem selecionado	-0,1266	Negativa	1,01	Mesocúrtica
Est. 03	2,599	0,3903	2,66	Areia fina	Bem selecionado	-0,2139	Negativa	1,163	Leptocúrtica
Est. 04	2,767	0,3042	2,764	Areia fina	Muito bem selecionado	0,005841	Aproximadamente simétrica	1,406	Leptocúrtica
Est. 05	2,522	0,3802	2,568	Areia fina	Bem selecionado	-0,2591	Negativa	0,9273	Mesocúrtica
Est. 06	2,604	0,3477	2,653	Areia fina	Muito bem selecionado	-0,1464	Negativa	1,001	Mesocúrtica
Est. 07	2,761	0,2808	2,761	Areia fina	Muito bem selecionado	0,005217	Aproximadamente simétrica	1,449	Leptocúrtica
Est. 08	2,744	0,2898	2,744	Areia fina	Muito bem selecionado	-0,03728	Aproximadamente simétrica	1,474	Leptocúrtica
Est. 09	2,77	0,2565	2,77	Areia fina	Muito bem selecionado	0,06405	Aproximadamente simétrica	1,307	Leptocúrtica
Est. 10	2,769	0,2591	2,769	Areia fina	Muito bem selecionado	0,0503	Aproximadamente simétrica	1,326	Leptocúrtica
Est. 11	2,625	0,3681	2,674	Areia fina	Bem selecionado	-0,1121	Negativa	1,12	Leptocúrtica
Est. 12	2,625	0,3707	2,673	Areia fina	Bem selecionado	-0,1056	Negativa	1,107	Mesocúrtica
Est. 13	2,608	0,3666	2,654	Areia fina	Bem selecionado	-0,1014	Negativa	1,028	Mesocúrtica
Est. 14	2,621	0,373	2,667	Areia fina	Bem selecionado	-0,09172	Aproximadamente simétrica	1,076	Mesocúrtica
Est. 15	2,611	0,3664	2,658	Areia fina	Bem selecionado	-0,1049	Negativa	1,044	Mesocúrtica
Est. 16	2,648	0,3591	2,692	Areia fina	Bem selecionado	-0,1066	Negativa	1,252	Leptocúrtica
Est. 17	2,651	0,3617	2,697	Areia fina	Bem selecionado	-0,1219	Negativa	1,341	Leptocúrtica
Est. 18	2,618	0,3732	2,669	Areia fina	Bem selecionado	-0,1196	Negativa	1,099	Mesocúrtica

ANEXO 4 - PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DOS SEDIMENTOS COLETADOS NA LMB DA PRAIA DE APEÚ-SALVADOR.

	Média	Classificação	Mediana	Seleção	Classificação	Assimetria	Classificação	Curtose	Classificação
LMB 01	2,599	Areia fina	2,648	0,3729	Bem selecionado	-0,1133	Negativa	1,015	Mesocúrtica
LMB 02	2,717	Areia fina	2,732	0,3193	Muito bem selecionado	-0,05774	Aproximadamente simétrica	1,405	Leptocúrtica
LMB 03	2,778	Areia fina	2,769	0,3077	Muito bem selecionado	0,03284	Aproximadamente simétrica	1,392	Leptocúrtica
LMB 04	2,775	Areia fina	2,765	0,3203	Muito bem selecionado	0,01923	Aproximadamente simétrica	1,439	Leptocúrtica
LMB 05	2,845	Areia fina	2,807	0,3226	Muito bem selecionado	0,14	Positiva	1,265	Leptocúrtica
LMB 06	2,776	Areia fina	2,766	0,3112	Muito bem selecionado	0,03113	Aproximadamente simétrica	1,376	Leptocúrtica
LMB 07	2,695	Areia fina	2,725	0,3443	Muito bem selecionado	-0,09706	Aproximadamente simétrica	1,396	Leptocúrtica
LMB 08	2,635	Areia fina	2,685	0,3342	Muito bem selecionado	-0,1977	Negativa	1,263	Leptocúrtica
LMB 09	2,746	Areia fina	2,746	0,2719	Muito bem selecionado	-0,03225	Aproximadamente simétrica	1,42	Leptocúrtica
LMB 10	2,741	Areia fina	2,741	0,2861	Muito bem selecionado	-0,03194	Aproximadamente simétrica	1,491	Leptocúrtica
LMB 11	2,75	Areia fina	2,75	0,3075	Muito bem selecionado	-0,04469	Aproximadamente simétrica	1,537	Muito leptocúrtica
LMB 12	2,777	Areia fina	2,777	0,2777	Muito bem selecionado	0,05211	Aproximadamente simétrica	1,36	Leptocúrtica
LMB 13	2,802	Areia fina	2,787	0,2835	Muito bem selecionado	0,1223	Positiva	1,289	Leptocúrtica
LMB 14	2,762	Areia fina	2,756	0,3931	Bem selecionado	-0,08441	Aproximadamente simétrica	1,681	Muito leptocúrtica
LMB 15	2,877	Areia fina	2,833	0,3495	Muito bem selecionado	0,09964	Aproximadamente simétrica	1,11	Mesocúrtica
LMB 16	2,875	Areia fina	2,832	0,3877	Bem selecionado	0,02823	Aproximadamente simétrica	1,217	Leptocúrtica
LMB 17	2,925	Areia fina	2,878	0,3224	Muito bem selecionado	0,2153	Positiva	0,8101	Platicúrtica
LMB 18	2,819	Areia fina	2,786	0,3552	Bem selecionado	0,05566	Aproximadamente simétrica	1,376	Leptocúrtica