



**Universidade de Brasília**  
Instituto de Geociências  
Programa de Pós-graduação em Geologia

**Caracterização granulométrica e mineralógica de sedimentos de manguezais da Ilha de Tinharé, Bahia, Brasil: uma contribuição ao manejo ambiental e à elaboração de modelo deposicional**

Granulometric and mineralogical characterization of mangrove sediments from Tinharé Island, Bahia, Brazil: a contribution to environmental management and the development of a depositional model.

**MARIANA DA SILVA GOMES**

**Dissertação de Mestrado N° 522**

**Orientador:** Profa. Dra. Edi Mendes Guimarães

**Brasília, 07/12/2023**



**Universidade de Brasília**  
Instituto de Geociências  
Programa de Pós-graduação em Geologia

# **Caracterização granulométrica e mineralógica de sedimentos de manguezais da Ilha de Tinharé, Bahia, Brasil: uma contribuição ao manejo ambiental e à elaboração de modelo deposicional**

**MARIANA DA SILVA GOMES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia – Instituto de Geociências – IG da Universidade de Brasília – UnB como requisito parcial obrigatório para a obtenção do título de Mestre em Geologia.

**Área de concentração:**

Bioestratigrafia e Paleoecologia

**Orientador:** Profa. Dra. Edi Mendes Guimarães

**Comissão Examinadora:**

Prof. Dr. Dermeval Aparecido Do Carmo (IG/UnB);

Prof. Dra. Josefa Varela Guerra (UERJ);

Prof. Dra. Lucieth Cruz Vieira (Suplente IG/UnB);

Prof. Dr. Adriano Domingos Dos Reis (Suplente IG/UnB).

dG633g da Silva Gomes, Mariana  
Gomes / Mariana da Silva Gomes; orientador Edi Mendes  
Guimarães. -- Brasília, 2024.  
101 p.

Dissertação (Mestrado em Geologia) -- Universidade de  
Brasília, 2024.

1. Sedimentos bioclásticos 2. Halimeda. 3. Cimentação. 4.  
Aragonita. 5. Mg-Calcita. I. Mendes Guimarães, Edi ,  
orient. II. Título.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelas incessantes graças que permearam minha jornada, possibilitando a conclusão deste trabalho e abençoando a vida de todos os envolvidos.

À minha orientadora, Professora Edi, expresso minha sincera gratidão. Sua paciência ao me instruir nos intrincados caminhos da pesquisa e produção científica foi crucial. Agradeço também por sua compreensão nos momentos de dificuldade, pela disponibilidade em extensas horas de discussões, esclarecimentos e, acima de tudo, pela amizade sincera que se estabeleceu.

Ao meu esposo, Rafael, dedico um agradecimento especial. Seu apoio moral e sentimental foram pilares ao longo desses dois anos de mestrado. À minha família – pais e irmão – expresso profunda gratidão pelo apoio incondicional. Sem vocês, dificilmente estaria onde estou hoje.

Aos queridos amigos e companheiros de laboratório – João Gabriel, Ana, Manu, Gabi, Gabriel e João Carlos – agradeço pela parceria e amizade. Compartilhamos não apenas espaços de pesquisa, mas também risadas, desafios e conquistas.

Ao Professor Demerval, à Pâmela e ao Juscelino (UFBA) agradeço por entrarem na "lama" da pesquisa comigo e com a Professora Edi. Suas contribuições foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho. À Eliane Guimarães, por nos acolher em sua casa durante o trabalho de campo.

Expresso meu profundo agradecimento ao Professor Jeremie, responsável pelo laboratório de geoquímica. Sua orientação e apoio no tratamento dos dados foram cruciais para a qualidade dos dados de geoquímica obtidos. A disponibilidade do laboratório foi um aspecto essencial para a realização das análises necessárias.

Agradeço ao Professor Nilson, responsável pelo laboratório de microsonda eletrônica, por sua valiosa contribuição ao meu trabalho. Sua orientação e paciência ao me ajudar a compreender os dados e permitir que eu refizesse as análises foram fundamentais para o sucesso deste estudo.

À Gabriela, meu agradecimento por orientar-me nos primeiros passos com o DRX (Difração de Raios-X), contribuindo significativamente para a evolução do meu aprendizado. Aos professores, técnicos e colaboradores dos laboratórios de Micropaleontologia, Microsonda Eletrônica, Geoquímica e Geocronologia, meu

reconhecimento pela inestimável ajuda e apoio. Cada um de vocês desempenhou um papel crucial no sucesso deste trabalho. Agradeço ao Professor Ícaro Andrade e seu aluno Elísio Santos da UFBA por cederem as amostras e as informações de coleta dos sedimentos objeto de estudo deste trabalho. Agradeço também aos demais membros da UFBA que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, juntamente com o suporte financeiro do projeto Rede Cooperativa de Desenvolvimento de Protocolos para Avaliação de Zonas Costeiras Impactadas por Derramamento de Óleo e Aplicação de Biotecnologias para Remediação – REBICOP.

Dedico esta dissertação com profunda devoção e entrega: 'Totus tuus ego sum, Mariae, et omnia mea tua sunt.' (Todo meu eu pertence a Maria, e tudo o que é meu é teu).

## RESUMO

Este trabalho apresenta a distribuição granulométrica e a composição mineral dos constituintes dos sedimentos de superfície dos manguezais Pedarta e Garapuá, bem como da zona de surf adjacente ao manguezal Garapuá, todos localizados sobre um recife na Ilha de Tinharé (BA). De modo geral, os sedimentos de Pedarta e Garapuá apresentam prevalência de areia média e fina (0,5 a 0,125 mm). A análise granulométrica mostrou variações mais expressivas em Garapuá, especialmente na fração de areia média e fina. Essa diferença é atribuída à influência significativa da energia das ondas, evidenciada pela heterogeneidade na classificação de seleção das amostras. Enquanto as amostras de Pedarta foram classificadas como pobremente selecionadas, em Garapuá, 55% foram classificadas como moderadamente selecionadas. Essas areias consistem em bioclastos retrabalhados que perfazem mais de 80% dos sedimentos, sendo o restante constituído de grãos siliciclásticos (quartzo sub-anguloso, feldspatos e micas), juntamente com minerais autigênicos como halita, gipsita e cimentos carbonáticos. Os bioclastos (Halimeda, moluscos e outros) são predominantemente fragmentos sub-arredondados e perfurados. A composição mineral, determinada por análises por difração de raios X da amostra total, mostra como principais constituintes os minerais aragonita, halita, quartzo, Mg-calcita, calcita e caulinita. As análises químicas e difratométricas revelaram a presença de cimento aragonítico e Mg-calcítico nos bioclastos. Em Garapuá, onde a descontinuidade do recife permite uma maior influência das ondas, observam-se valores maiores de Mg-calcita. Por outro lado, Pedarta, situada sobre recife contínuo e com menor influência das ondas, exhibe teores menores de Mg-calcita. Essa relação entre a composição mineral dos carbonatos e as condições ambientais turbulentas destaca a influência direta da dinâmica das ondas na formação e cimentação desses minerais.

**Palavras-chave:** Sedimentos bioclásticos; Halimeda; Cimentação; Aragonita; Mg-calcita.

## ABSTRACT

This work presents the grain size distribution and mineral composition of surface sediments in the Pedarta and Garapuá mangroves, as well as the adjacent surf zone to the Garapuá mangrove, all located on a reef in Tinharé Island (BA). Generally, Pedarta and Garapuá sediments exhibit a prevalence of medium and fine sand (0.5 to 0.125 mm). Granulometric analysis revealed more pronounced variations in Garapuá, especially in the medium and fine sand fraction. This difference is attributed to the significant influence of wave energy, evidenced by the heterogeneity in the sample selection classification. While Pedarta samples were classified as poorly selected, in Garapuá, 55% were classified as moderately selected. These sands consist of reworked bioclasts, comprising over 80% of the sediments, with the remaining composed of siliciclastic grains (sub-angular quartz, feldspars, and micas), along with authigenic minerals such as halite, gypsum, and carbonate cements. The bioclasts (Halimeda, mollusks, and others) are predominantly sub-rounded and perforated fragments. The mineral composition, determined by X-ray diffraction analysis of the total sample, shows aragonite, halite, quartz, Mg-calcite, calcite, and kaolinite as the main constituents. Chemical and diffractometric analyses revealed the presence of aragonitic and Mg-calcitic cement in the bioclasts. In Garapuá, where the reef discontinuity allows for greater wave influence, higher values of Mg-calcite are observed. On the other hand, Pedarta, situated on a continuous reef with less wave influence, exhibits lower levels of Mg-calcite. This relationship between the mineral composition of carbonates and turbulent environmental conditions highlights the direct influence of wave dynamics on the formation and cementation of these minerals.

**Keywords:** Bioclastic sediments; Halimeda; Cementation; Aragonite, Mg-calcite.

## ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES - DISSERTAÇÃO

Figura 1-1 - Mapa de localização dos manguezais Pedarta e Garapuá, objetos de estudo do presente trabalho (Gomes <i>et al.</i> , 2023, submetido).....	1
Figura 2-1 - A – Localização dos manguezais Pedarta (vermelho) e Garapuá (amarelo) e a zona de surf da Praia de Garapuá (verde).....	11
Figura 3-1- A - Localização dos Manguezais Pedarta e Garapuá no litoral da Ilha de Tinharé; B – Localização das amostras coletadas no manguezal).....	12
Figura 4-1 -Média das intensidades das reflexões da difração de raios-x do mineral Mg-Calcita em Pedarta, Garapuá. ....	49
Figura 4-2 - Amostra 5336 M5: A – Fotografia sob lupa binocular de bioclasto carbonático; D e B – Imagem de MEV do bioclasto em A; .....	51
Figura 4-3 - Amostra 5336 I9: A – Fotografia sob lupa binocular de bioclasto carbonático; D e B – Imagem de MEV do bioclasto em A; .....	51
Figura 4-4 - Amostra 5336 L9: Fotografia sob lupa binocular de bioclasto carbonático; D e B – Imagem de MEV do bioclasto em A; .....	51

## ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES - ARTIGO

Figura. 1 - Mapa de localização dos manguezais Pedarta e Garapuá, objetos de estudo do presente trabalho. Fonte: IBGE (2022) .....	19
Figura. 2 - Divisão dos domínios energéticos de onda e altura média de ondas chegando à Costa do Dendê e sentido da deriva litorânea. ....	22
Figura. 3 - (A) Mapa geológico e sentido do transporte de sedimentos litorâneos; (B) Altura média das ondas ao longo da costa.. ....	24
Figura. 4 - A - Localização dos Manguezais Pedarta e Garapuá no litoral da Ilha de Tinharé; B – Localização das amostras coletadas. ....	25
Figura. 5 - Gráfico da Média das percentagens das diferentes frações nas amostras dos manguezais Pedarta e Garapuá.. ....	29
Figura. 6 - Fotografias sob lupa binocular de partículas de sedimentos dos manguezais Pedarta e Garapuá: A - Amostra Total (Amostra 5338).. ....	32
Figura. 7 - Média das porcentagens das intensidades de reflexão das fases minerais das diferentes frações granulométricas dos manguezais Pedarta e Garapuá .....	37

## LISTA DE TABELAS - DISSERTAÇÃO

Tabela 4-1 - Tabela com a porcentagem em peso das médias das frações granulométricas das amostras dos manguezais Pedarta e Garapuí. ....	46
Tabela 4-2 -Tabela de dados granulométricos das amostras dos manguezais de Pedarta e Garapuí a partir da porcentagem das frações granulométricas.. ....	47
Tabela 4-3 - Amostra 5331: Tabela com % e peso dos óxidos FeO, MnO, MgO e CaO obtidos por WDS; Valor do erro percentual da aquisição;.....	50
Tabela 4-4 - Amostra 5336: Tabela com % e peso dos óxidos FeO, MnO, MgO e CaO obtidos por WDS; Valor do erro percentual da aquisição;.....	52

## LISTA DE TABELAS - ARTIGO

Tabela. 1 - Distribuição da composição dos sedimentos das praias da Costa do Dendê dividida por setores. ....	20
Tabela. 2 - Limites do desvio-padrão gráfico inclusivo ( $\sigma$ ) proposto por Folk & Ward (1957) com o correspondente grau de seleção de sedimentos. ....	26
Tabela. 3 - Tabela com a porcentagem em peso das médias das frações granulométricas das amostras dos manguezais Pedarta e Garapuí. ....	28
Tabela. 4 - Tabela de dados granulométricos das amostras dos manguezais de Pedarta e Garapuí a partir da porcentagem das frações granulométricas.. ....	30
Tabela. 5 - Minerais identificados com a indicação da reflexão de valor 100% do mineral puro.....	34
Tabela. 6 - Média das porcentagens das intensidades de reflexão das fases minerais das diferentes frações granulométricas dos manguezais Pedarta e Garapuí. ...	37

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 Manguezais e Recifes .....	2
1.2 Objetivos .....	4
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
2.1 Composição Mineral e Cimentação em Sedimentos Carbonáticos.....	5
2.2 Evolução Paleogeográfica da Região .....	7
2.3 Sedimentação e Processos Ambientais.....	8
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>11</b>
3.1 Área de Estudo .....	11
3.1.1 Amostragem.....	11
3.1.2 Análise Granulométrica.....	12
3.2 Determinação da Química Mineral por Microsonda Eletrônica e Obtenção de Imagens por Microscópio Eletrônica de Varredura.....	12
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>13</b>
4.1 Caracterização granulométrica e mineralógica do substrato de manguezais da Ilha de Tinharé, APA Tinharé-Boipeba, Bahia, Brasil.....	14
1. INTRODUÇÃO .....	15
1.1. Contexto Geológico.....	18
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
2.1. Área de Estudo .....	23
2.2. Metodologia.....	24
2.2.1. Coleta, Armazenamento e Registro das Amostras .....	24
2.2.2. Análise granulométrica .....	25
2.2.3. Análises microscópicas .....	26
2.2.4. Determinação da composição mineral: DRX .....	27
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	27
3.1. Granulometria.....	27
3.2. Composição Mineral .....	31
3.2.1. Constituintes das Areias.....	31
3.2.2. Identificação das Fases Minerai s .....	33

---

4. CONCLUSÃO .....	38
5. AGRADECIMENTOS .....	39
6. REFERÊNCIAS.....	39
4.2 Zonação da Região de Garapuá: zona de manguezal e zona de surf.....	46
4.3 Determinação da Química Mineral por Microsonda Eletrônica e Obtenção de Imagens por Microscópio Eletrônica de Varredura.....	48
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>53</b>
<b>6 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>54</b>
<b>7 ANEXO 1 - RESUMO EXPANDIDO.....</b>	<b>65</b>
<b>8 ANEXO 2 – QUÍMICA MINERAL.....</b>	<b>70</b>
<b>9 ANEXO 3 – DADOS DE DRX.....</b>	<b>75</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho aborda a composição mineral, distribuição granulométrica e suas relações com as águas litorâneas dos sedimentos de superfície de manguezais instalados sobre recifes na Ilha de Tinharé, situada na Área de Proteção Ambiental Tinharé-Boipeba, Costa do Dendê, Bahia (Figura 1-1).

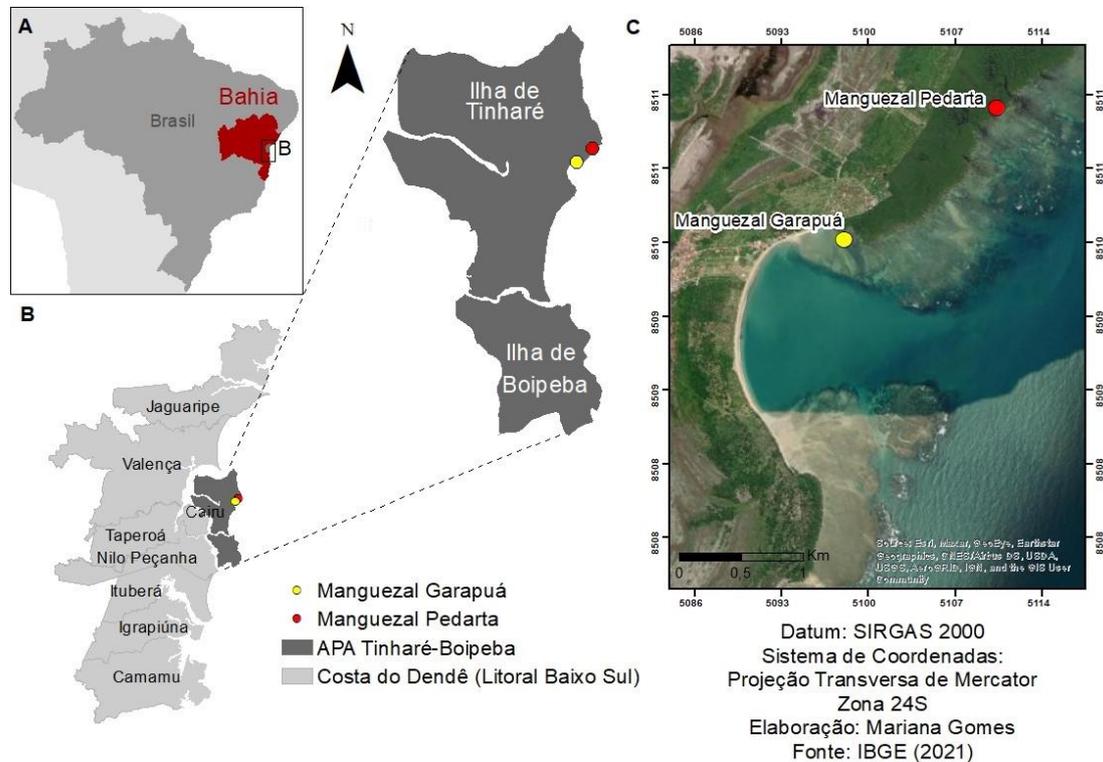


Figura 1-1 - Mapa de localização dos manguezais Pedarta e Garapua, objetos de estudo do presente trabalho (Gomes *et al.*, 2023, submetido).

Inicialmente, são apresentados conceitos pertinentes aos biomas manguezal e recifes, seguidos por uma breve revisão de trabalhos sedimentológicos realizados na região e a justificativa do objetivo desta pesquisa.

Embora numerosas pesquisas ambientais tenham sido conduzidas na região (CPRM 1995, Ellif, 2017, Gonçalves 2010, Gonçalves 2022, Silva & Silva 2007, entre outros), a ausência de dados relacionados à composição mineral e granulométrica, bem como suas interações com as águas litorâneas, destaca a necessidade de preencher essa lacuna. Portanto, o objetivo deste trabalho é buscar essas relações e determinar a mineralogia e distribuição granulométrica dos sedimentos de superfície associados aos recifes nos quais estão instalados os manguezais Pedarta e Garapua, localizados na Ilha de Tinharé, Costa do Dendê, no Litoral Baixo Sul da Bahia, Brasil (Figura 1-1).

No capítulo 2, intitulado "Referencial teórico", são explorados conceitos fundamentais que sustentam a pesquisa, com ênfase nas fases carbonáticas e na evolução paleogeográfica.

As informações sobre materiais e métodos, assim como os resultados, discussões e conclusões, são parcialmente apresentados em Gomes *et al.* (2023, submetido): "Caracterização granulométrica e mineralógica do substrato de manguezais na Ilha de Tinharé, APA Tinharé-Boipeba, Bahia, Brasil" e são complementados nesta dissertação.

## 1.1 Manguezais e Recifes

Os manguezais, definidos como ecossistemas desenvolvidos em zonas litorâneas intertropicais, estão sujeitos à influência dos ambientes terrestre e marinho, condicionados pela dinâmica das águas (Boggs JR., 2012). Esta dinâmica é determinada por variáveis continentais, como o regime de chuvas e o fluxo das desembocaduras dos cursos d'água, enquanto a influência marinha é dada pelo regime das ondas, das marés e das correntes litorâneas. A dinâmica das águas é responsável pela origem dos sedimentos, distribuídos de acordo com a morfologia do entorno e do substrato (Einsele, 2000), gerando fácies sedimentares com características próprias (Leeder 2011, Reading 1986).

Além da importância ecológica, os manguezais oferecem diversos serviços ambientais, incluindo a proteção da linha de costa contra processos erosivos, a exportação de carbono para outros ecossistemas costeiros e a ciclagem de nutrientes (Rönnbäck, 1999; Kaiser *et al.*, 2005; Duke *et al.*, 2007 apud Rodinelli, 2013). Desempenham também funções ecológicas fundamentais, servindo como habitat durante fases específicas do desenvolvimento ou durante todo o ciclo vital de muitas espécies e proporcionando habitat para visitantes esporádicos (Rönnbäck, 1999; Magalhães *et al.*, 2007; Walters *et al.*, 2008 apud Rodinelli, 2013).

Com uma extensão de mais de 10.000 km, o litoral do Brasil (IBGE 2022) abrange distintas zonas climáticas e múltiplos aspectos geomorfológicos, favorecendo a significativa diversidade de biomas, destacando-se os manguezais (Alves, 2001) e recifes (Leão *et al.*, 2016).

Localizada no nordeste do Brasil, a Bahia possui a maior zona costeira entre os estados brasileiros, caracterizada pelos recifes de coral e algas coralíneas (Andrade &

Hatje, 2009; Barbosa *et al.*, 2012; Leão, 1999; Leão *et al.*, 2003; Martin *et al.*, 1980), por vezes associados a manguezais (Camargo, 2016; Hadlich *et al.*, 2009; Leão *et al.*, 2003; Leão *et al.*, 2016). Condicionada por aspectos geográficos, fisiográficos e pela distribuição de fácies sedimentares, a zona costeira da Bahia pode ser subdividida em distintos setores: "Litoral Norte", "Baía de Todos os Santos", "Litoral Baixo Sul", "Baías Santa Cruz e Cabralia" e "Abrolhos", ao Sul (Bittencourt *et al.*, 2000; Leão *et al.*, 2003; Martin *et al.*, 1980; Rebouças, 2006).

Ao longo da costa da Bahia, a composição dos sedimentos tem sido definida como fácies de areia quartzosa, lamosa, biodetrítica ou mista (Bittencourt *et al.*, 1979; Bittencourt *et al.*, 2000; Macedo, 1977). No Litoral Baixo Sul, também identificado como "Costa do Dendê", com extensão de cerca de 128 km (IBGE 2022), predominam as fácies quartzosas, exceto nas áreas dominadas pelos manguezais associados a recifes, onde os sedimentos bioclásticos perfazem até mais de 80%, como na Ilha de Tinharé (Rebouças 2006).

Por outro lado, a composição mineral dos sedimentos é pouco conhecida, limitando-se à indicação de "quartzosa", enquanto são escassos os trabalhos de identificação de outros minerais, como a caracterização dos sedimentos da Baía de Todos os Santos (Bittencourt *et al.*, 1979), da Baía de Camamu (Oliveira *et al.*, 2002) e da Costa do Dendê (Rebouças, 2006). Destaca-se ainda o trabalho de Alexandersson & Milliman (1981) na identificação e distribuição dos sedimentos carbonáticos do litoral nordeste e leste do Brasil, constituídos predominantemente da aragonita e do cimento de calcita magnesiana.

A origem, transformações e inter-relações destes constituintes entre si dependem das condições biofísico-químicas das águas oceânicas (Bathurst, 1972; Pomar *et al.*, 2004; Reading, 2009; Sellwood, 1986; Wilson, 2012). Por sua vez, a composição e as estruturas cristalinas dos minerais autigênicos determinam seu potencial de dissolução e, portanto, sua preservação e acumulação nas bacias oceânicas (Sulpis *et al.* 2022).

Enquanto a dinâmica das águas litorâneas e continentais controla a granulometria dos sedimentos, a composição mineral é condicionada tanto por essa dinâmica quanto pela proveniência dos sedimentos e por condições biofísico-químicas favoráveis à produção dos constituintes autóctones, predominando os carbonatos - biogênicos e

inorgânicos (Bathurst, 1972; Pomar *et al.*, 2004; Reading, 2009; Sellwood, 1986; Wilson, 2012).

Na Costa do Dendê, com cerca de 128 km de extensão (IBGE, 2022), os sedimentos siliciclásticos predominam, tendo o quartzo como principal constituinte, sugerindo contribuição fluvial (Rebouças *et al.*, 2011). Por outro lado, na APA Tinharé-Boipeba, na Costa do Dendê, os bioclastos compõem mais que 80% dos sedimentos, constituídos predominantemente pela alga *Halimeda*, seguida por algas coralinas e moluscos (Lima *et al.*, 2019), além de menores quantidades de briozoários, tubos de vermes, equinodermos e espículas de esponjas (Rebouças, 2006). Contudo, ainda faltam dados de composição mineral e distribuição granulométrica, assim como suas relações com a dinâmica das águas litorâneas.

A caracterização detalhada dos sedimentos atuais não só contribui para aprimorar modelos de deposição em litorais de regiões intertropicais e reconstituições paleoambientais, como também oferece parâmetros essenciais para o monitoramento ambiental.

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo explorar essas relações, concentrando-se na caracterização dos sedimentos de superfície associados aos recifes sobre os quais estão instalados os manguezais Pedarta e Garapuá. Esses manguezais estão localizados na Ilha de Tinharé, na Costa do Dendê, no Litoral Baixo Sul da Bahia, Brasil.

## 1.2 Objetivos

Definimos como objetivo deste trabalho investigar as relações entre os sedimentos de superfície e os recifes que suportam os manguezais Pedarta e Garapuá. Especificamente, buscaremos determinar a mineralogia e a distribuição granulométrica desses sedimentos, destacando sua relevância para a compreensão do ambiente na Ilha de Tinharé, na Costa do Dendê, no Litoral Baixo Sul da Bahia, Brasil (Figura 1-1).

Para atingir essa meta, estabelecemos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar a distribuição granulométrica dos sedimentos, relacionando-a com a dinâmica das águas litorâneas, conforme especificado em trabalhos anteriores;
- Determinar a classificação granulométrica dos sedimentos;

- Identificar a composição mineral dos sedimentos, com ênfase na identificação dos constituintes das areias e das fases mais finas;
- Determinar a composição química das fases constituintes dos sedimentos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Composição Mineral e Cimentação em Sedimentos Carbonáticos

A composição mineral dos sedimentos carbonáticos tem sido um tema de pesquisa ao longo do tempo. Desde os primeiros estudos de rochas carbonáticas (Sorby 1851, Cayeux 1935 in Sellwood, 1986), identificou-se que os grãos esqueletais e os oóides são os principais constituintes macroscópicos desses sedimentos, tanto atuais quanto antigos. No entanto, a explicação para a origem e a composição desses constituintes macroscópicos e das lamelas carbonáticas, seja aragonítica ou calcítica, tem sido objeto de estudo. Na fração areia, a Aragonita decorre da presença de bioclastos dessa composição.

A participação da aragonita como cimento foi atribuída a variados fatores, tais como abrasão e predação de bioclastos, ou precipitação físico-química a partir da água do mar (Sellwood, 1986), ou ainda como sugerido por Lowenstam & Epstein (1957), pela desagregação de algas verdes. Esta última proposta confirmada por Perkins *et al.* (1972) que, utilizando a microscopia eletrônica, demonstrou que as agulhas de aragonita encontradas nos sedimentos eram semelhantes àsquelas dos filamentos de *Penicillur dumetosus*.

Outros trabalhos se seguiram, focando principalmente a composição da alga verde calcária do gênero *Halimeda*, cuja estrutura é construída pelas agulhas de aragonita (Borowitzka & Larkum, 1977; Hillis-Colinvaux, 1980; Multer, 1988). A identificação em nível de espécie é possível apenas por uma combinação de vários critérios, incluindo habitat, morfologia geral e anatomia de segmentos.

Juntamente com aragonita, a calcita magnesiana (Mg-calcita) é importante constituinte da lama carbonática (Mann *et al.*, 2022; Neumann & Land, 1975; Stanley & Hardie, 1998). A precipitação e a inibição de aragonita e calcita magnesiana ao longo do Fanerozoico foram abordadas, principalmente, por Mackenzie & Pigott (1981), Sandberg (1983) e Hardie (1996). Esses autores identificaram uma oscilação temporal na composição dos carbonatos não esqueletais (Sandberg, 1983), entre calcita de baixo

magnésio e aragonita + calcita de alto magnésio, coincidente com a variação na composição de evaporitos (Hardie, 1996), na composição isotópica de  $^{34}\text{S}$  e  $^{13}\text{C}$  em rochas sedimentares e nas taxas de produção de crosta oceânica (Mackenzie & Pigott, 1981). Diferentes mecanismos foram utilizados para explicar a oscilação temporal da composição calcítica ou aragonítica dos carbonatos marinhos ao longo do Fanerozoio que, segundo Hardie (1996), ocorrem no Neógeno, Jurássico, Carbonífero/Mississippiano e início do Cambriano.

Alexandersson & Milliman (1981) investigaram de forma mais detalhada as placas (apêndices terminais segundo Santos & Nunes (2015)) de *Halimeda* no litoral brasileiro. Observaram estágios de cimentação das placas da alga, que variam desde placas absolutamente frescas, com todos os utrículos vazios, até grãos com utrículos preenchidos por cimento calcítico magnesiano (Mg-calcita). Sugeriram que essa cimentação tem um controle ambiental, pois a sua mineralogia não é a mesma do hospedeiro, que é aragonítica. Seus dados corroboram o entendimento de que a cimentação é mais pronunciada em ambientes turbulentos rasos, onde os grãos estão repetidamente em contato com água do mar supersaturada, do que em sedimentos mais antigos, que não estão em contato com contínuo fluxo de água do mar supersaturada.

Mais recentemente, Mann *et al.* (2022) diferenciaram quatro tipos de cimento intragranular presente na *halimeda* e explicaram seus mecanismos de precipitação. São dois cimentos precipitados por processos abióticos: o cimento de agulhas de aragonita na parede dos utrículos, resultante do fluxo da água do mar supersaturada em relação ao carbonato; e o cimento de alta Mg-calcita que é precipitado após a formação das agulhas aragoníticas, devido ao suprimento de íons de carbono que atinge taxas decrescentes, favorecendo a mudança da mineralogia para calcita com alto teor de Mg. O terceiro e o quarto cimentos têm a precipitação influenciada pela decomposição microbiana de restos orgânicos das células da *Halimeda* nas paredes do utrículo e têm a composição de baixa Mg-calcita, são eles: um cimento de formato lamelar; e um cimento micrítico.

Bandeira-Pedrosa *et al.* (2004) fizeram um levantamento das espécies de *Halimeda* distribuídas no litoral brasileiro. As sete espécies relatadas concentram-se na costa nordeste do país, com representantes de todas as espécies tendo sido encontrados no litoral da Bahia, que também abriga a maior concentração de recifes do Brasil. Santos & Nunes (2015) identificaram três espécies de *Halimeda* em Guarapuá (local de estudo

deste trabalho), são elas *Halimeda opuntia* (L.) J.V. Lamour., Poisson LXXXIV: 599. 1816; *Halimeda simulans* M. Howe, Bull. Tor. Bot. Club 34: 503. 1907; e *Halimeda cuneata* K. Hering, Flora 29 (14): 209. 1846.

## 2.2 Evolução Paleogeográfica da Região

As ilhas Tinharé e Boipeba, inseridas na bacia sedimentar de Camamu, são formadas por sequências sedimentares mesozoicas do Grupo Brotas e por depósitos quaternários, como terraços arenosos, recifes franjantes, manguezais e pântanos.

A sedimentação quaternária na costa da Bahia é altamente dinâmica, devido às variações no nível eustático, como indicado por Dominguez e Bittencourt (2012 *in* Barbosa *et al.*, 2012). Durante o período do Mioceno, houve um aumento do nível do mar, levando à inundação da região costeira da Bahia, o que resultou na deposição da Formação Barreiras em ambientes costeiros, como estuários, deltas e praias. Posteriormente, no Mioceno médio, ocorreu uma gradual redução do nível eustático, desencadeando processos erosivos e o entalhamento de uma rede de drenagem na superfície da Formação Barreiras. Isso causou a erosão diferencial entre as rochas das bacias sedimentares mesozoicas e o embasamento cristalino, levando à formação de topografias mais baixas que ocasionalmente ficavam submersas durante breves períodos de elevação do nível do mar, resultando na criação de baías (Dominguez e Bittencourt, 2012 *in* Barbosa *et al.*, 2012).

Há aproximadamente 123.000 anos, ocorreu um evento transgressivo conhecido como a Penúltima Transgressão, conforme documentado por Martin *et al.* (1980), que elevou o nível do mar a aproximadamente  $8\pm 2$  metros acima do nível atual, mantendo-se nesse nível por cerca de 10.000 anos. A estabilização do nível do mar nesse período propiciou a deposição dos depósitos de Areias Litorâneas Regressivas Pleistocênicas (QPI), também referidos como Terraços Marinhos Pleistocênicos (Figura 2-1), como mencionado por Dominguez e Bittencourt (2012 *in* Barbosa *et al.*, 2012). Durante esse período de alto nível do mar, iniciou-se o desenvolvimento de recifes de corais em elevações topográficas na zona costeira inundada e na plataforma continental adjacente, um exemplo notável são os recifes de Abrolhos (Leão, 1999).

Durante o máximo glacial, aproximadamente entre 19.000 e 22.000 anos atrás, que sucedeu a Penúltima Transgressão, o nível do mar declinou cerca de 120 metros abaixo do nível atual, resultando na exposição completa da plataforma continental a condições subaéreas. Por volta de 9.000 a 10.000 anos atrás, a plataforma continental da Bahia foi novamente inundada devido ao degelo do último máximo glacial, o que ocasionou um rápido recuo da linha costeira, conhecido como a última transgressão Holocênica (Dominguez e Bittencourt, 2012 *in* Barbosa *et al.*, 2012).

Com o término do derretimento dos lençóis de gelo e, conseqüentemente, da elevação do nível eustático, os ajustes no sistema terra-gelo-oceano resultaram em comportamentos diversos do nível relativo do mar em diferentes partes do mundo, (Barbosa *et al.*, 2012). Para a região costeira da Bahia, essas mudanças resultaram em uma descida do nível relativo do mar de aproximadamente 4-5 metros nos últimos 5.700 anos, conforme documentado por Martin *et al.* (2003). O fator predominante que influenciou o preenchimento de estuários e baías, bem como o avanço da linha costeira, foi a deposição de sedimentos fluviais e erosão de formações geológicas mais antigas, como já destacado por Dominguez e Bittencourt (2012 *in* Barbosa *et al.*, 2012).

Na plataforma continental, a estabilização na elevação do nível eustático permitiu o desenvolvimento de recifes de corais holocênicos em áreas com substratos consolidados disponíveis, como os terraços de abrasão em rochas do Cretáceo na Ilha de Tinharé, como mencionado por Dominguez e Bittencourt (2012 *in* Barbosa *et al.*, 2012). No entanto, a diminuição do nível relativo do mar nos últimos 5.700 anos, juntamente com o avanço da linha costeira e a deposição dos Depósitos de Areias Litorâneas Regressivas Holocênicas (QHI), também conhecidos como Terraços Marinhos Holocênicos (Figura 2-1), afetou significativamente esses recifes costeiros. Isso resultou na exposição e no truncamento de seus topos devido à ação das ondas e na aproximação desses recifes em relação à linha costeira, resultando, em alguns casos, em seu soterramento parcial ou total, conforme observado por Leão *et al.* (2003).

### **2.3 Sedimentação e Processos Ambientais**

Durante a maior parte do Quaternário, a plataforma baiana esteve exposta a condições subaéreas, fazendo efetivamente parte do continente (Dominguez *et al.*, 2012 *in* Barbosa *et al.*, 2012).

Os sedimentos que recobrem essa plataforma estão sujeitos a quatro processos hidrodinâmicos principais, a saber: ondas, correntes de maré, correntes geradas pelo vento e correntes geostróficas (Dominguez *et al.*, 2012 in Barbosa *et al.*, 2012).

Na região da Ilha de Tinharé, a ação das correntes geradas pelo vento é particularmente influente. Estas correntes estão orientadas longitudinalmente à plataforma e são responsáveis pela dispersão de sedimentos finos (Barbosa *et al.*, 2012). Os complexos recifais na mesma região desempenham um importante papel na determinação da variação de energia na plataforma continental, uma vez que atuam como anteparos que diminuem a ação das ondas (Dominguez *et al.*, 2012 in Barbosa *et al.*, 2012).

Além dos processos hidrodinâmicos, o suprimento de sedimentos emerge como outro fator crucial que molda a sedimentação na plataforma continental. Encontram-se dois tipos principais de sedimentos: os alóctones, compostos principalmente por material siliciclástico, que são transportados pelos rios ou resultam da erosão de depósitos mais antigos siliciclásticos expostos na zona costeira (Dominguez *et al.*, 2012, conforme citado por Barbosa *et al.*, 2012). Kowsmann & Costa (1979) propõem que esses sedimentos alóctones sejam fruto do retrabalhamento do material acumulado na plataforma durante períodos de mar baixo. Os sedimentos autóctones, por outro lado, são constituídos por bioclastos originados de organismos marinhos, juntamente com cimentos. Esses sedimentos apresentam uma composição predominantemente de carbonato de cálcio (aragonita ou calcita) (Dominguez *et al.*, 2012, in Barbosa *et al.*, 2012).

Os depósitos quaternários da zona costeira da Bahia (Figura 2-1), associados ao local de coleta das amostras, podem ser divididos em três categorias principais:

- Depósitos de areias litorâneas regressivas pleistocênicas (QPI): Esses depósitos são frequentemente referidos na literatura como Terraços Marinhos Pleistocênicos. Segundo Dominguez e Bittencourt (2012 in Barbosa *et al.*, 2012), esses depósitos exibem um relevo plano a levemente ondulado, com altitudes variando de 6 a 11 m, e são encontrados na porção interna da planície costeira. Vestígios de antigas cristas de cordões litorâneos podem ser observados em sua superfície, e eles são separados entre si por zonas baixas que podem ou não estar ocupadas por terras úmidas (brejos). Esses depósitos estão associados à Penúltima

Transgressão e à subsequente descida do nível do mar, que fez avançar a linha de costa (Bernat *et al.*, 1983 in Barbosa *et al.*, 2012). Eles consistem em sedimentos arenosos de granulometria média a grossa, com cores variando de branco a marrom, são bem selecionados e possuem boa permeabilidade (Dominguez e Bittencourt, 2012 in Barbosa *et al.*, 2012).

- Recifes de corais (QHrc): Esses recifes começaram a se desenvolver a partir de 7.700 anos cal AP (Dominguez e Bittencourt, 2012 in Barbosa *et al.*, 2012), quando a plataforma continental já estava totalmente inundada. De acordo com Leão *et al.* (2003), os recifes na região costeira da ilha de Tinharé são classificados como recifes de corais costeiros adjacentes à linha de costa e, quanto à sua forma, são identificados como recifes franjantes devido ao seu formato de franja longa e estreita. Durante as marés baixas, o topo desses recifes fica exposto e está coberto por corais mortos e algas calcárias, o que indica um antigo nível do mar elevado (Martin *et al.*, 2003). Inicialmente, esses recifes começaram a crescer em elevações isoladas da costa, mas, com o abaixamento do nível do mar nos últimos 5.700 anos, a linha de costa avançou, parcialmente soterrando os bancos recifais (Dominguez e Bittencourt, 2012 in Barbosa *et al.*, 2012; Martin *et al.*, 2003).
- Depósitos de areias litorâneas regressivas holocênicas (QHl): Estes depósitos são frequentemente referidos na literatura como Terraços Marinheiros Holocênicos. Segundo Dominguez e Bittencourt (2012 in Barbosa *et al.*, 2012), esses depósitos exibem uma topografia levemente ondulada devido à presença de cristas de cordões litorâneos. Os cordões são bem delineados, estreitos, pouco elevados e, na maioria das vezes, paralelos entre si, com grande continuidade lateral. São separados por zonas baixas, frequentemente ocupadas por terras úmidas. Esses terraços são constituídos por areias finas a médias, possuem boa permeabilidade, são de cor amarelada e bem selecionados. Datações de conchas de moluscos encontradas nesses depósitos forneceram idades sempre mais recentes que 7.500 anos cal AP, ou seja, associadas ao abaixamento do nível do mar nos últimos 5.700 anos, resultando no avanço da linha de costa (Barbosa *et al.*, 2012; Martin *et al.*, 1985, 2003).

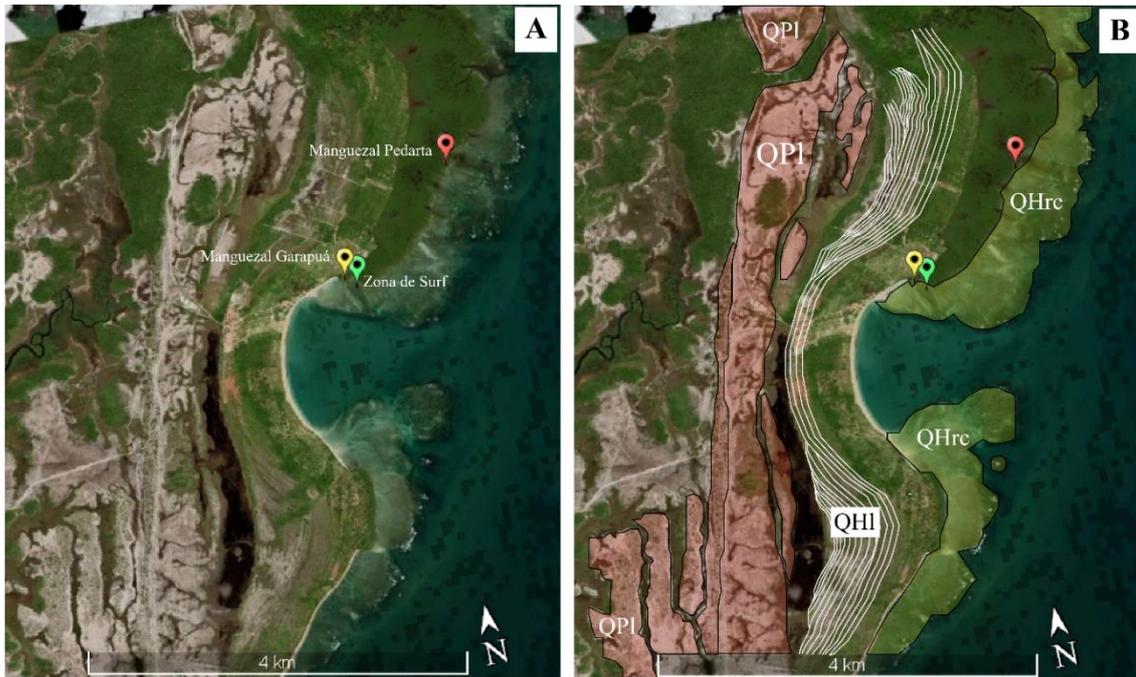


Figura 2-1 - A – Localização dos manguezais Pedarta (vermelho) e Garapua (amarelo) e a zona de surf da Praia de Garapua (verde). Fonte: Imagem extraída do software Google Earth ® em 10 de nov. 2023; B – Localização dos depósitos quaternários da zona costeira da Bahia associados ao local de coleta das amostras. Em vermelho (QPl) - Depósitos de areias litorâneas regressivas pleistocênicas; em verde (QHrc) - Recifes de corais; em linhas brancas (QHl) - Depósitos de areias litorâneas regressivas holocênicas. Fonte: Combinação da imagem A com informações de (Barbosa *et al.*, 2012).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Área de Estudo

A caracterização da área de estudo deste trabalho é apresentada em Gomes *et al.* (2023, submetido), item 4.

##### 3.1.1 Amostragem

As amostras foram coletadas nos meses de outubro e dezembro de 2020 pelo professor Ícaro Thiago Andrade Moreira, do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal da Bahia.

As amostras foram coletadas no período de baixa mar em 21 estações (Figura 3-1) na zona de inter-maré, a uma profundidade de até 10 cm, nos manguezais Pedarta (13 amostras) e Garapua (8 amostras). Além disso, durante a baixa mar, outras 12 amostras (Figura 3-1) foram coletadas na Praia de Garapua, sob uma lâmina d'água de aproximadamente 50 cm, na zona de surf, considerada como a "área situada entre o limite externo de arrebentação e o limite de espriamento das ondas" (Sugio, 1998).

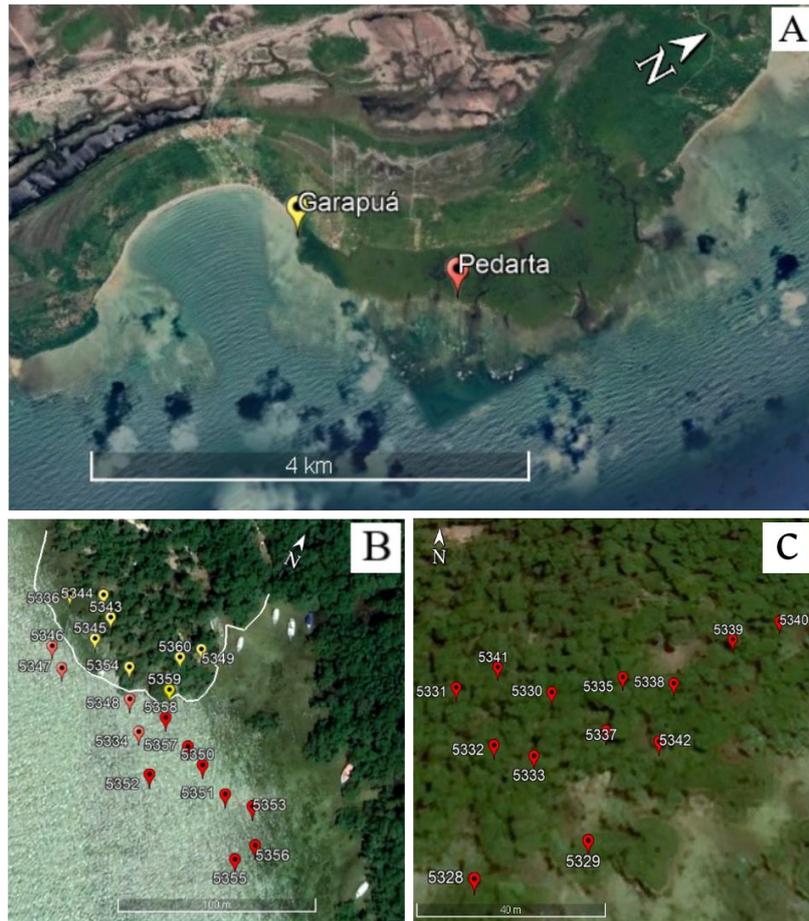


Figura 3-1- A - Localização dos Manguezais Pedarta e Garapuá no litoral da Ilha de Tinharé; B – Localização das amostras coletadas no manguezal Garapuá (em amarelo) e coletadas na Zona de Surf (em vermelho). Em branco uma faixa que delimita o Manguezal Garapuá; C– Localização das amostras coletadas no manguezal Pedarta. Fonte: Imagens extraídas do Software Google Earth® no dia 09 de novembro de 2023. (Modificado de Gomes *et al.*, 2023 – submetido).

### 3.1.2 Análise Granulométrica

A análise granulométrica dos sedimentos superficiais dos manguezais Pedarta e Garapuá e da Zona de Surf da praia de Garapuá visa compreender como as características sedimentares dessas áreas refletem os diferentes níveis de energia. O procedimento da análise granulométrica é exposto em Gomes *et al.* (2023, submetido).

## 3.2 Determinação da Química Mineral por Microsonda Eletrônica e Obtenção de Imagens por Microscopio Eletrônica de Varredura

Microanálises foram realizadas utilizando a microsonda JEOL-JXA-8230, do Laboratório de Microsonda Eletrônica do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. A sonda é equipada com cinco espectrômetros de dispersão por comprimento de

onda (WDS) para análises pontuais quantitativas e um espectrômetro de dispersão de energia (EDS) para análises pontuais qualitativas.

A calibração do equipamento foi realizada utilizando os seguintes padrões: Microclínio para os elementos Si, Al, K; Albita para o Na; Andradita para o Ca; Fosterita para o Mg; Andradita para o Fe; Vanadinita para os elementos V e Cl; Óxido de Níquel para Ni; Perovskita ( $MnTiO_3$ ) para os elementos Mn e Ti; e Topázio para o F. As análises foram realizadas sob voltagem de 15kV, corrente de 1,5 mA, tempo de contagem de 10 a 20 segundos, conforme o elemento, e o foco de aproximadamente 1  $\mu m$ . Nas análises quantitativas, a aquisição de dados foi realizada com diâmetro de feixe eletrônico de 1  $\mu m$  e forma do feixe tipo SPOT. Posteriormente, empregou-se um diâmetro de 5  $\mu m$  e a forma tipo círculo para a confirmação dos resultados.

As microanálises quantitativas com WDS tiveram a finalidade de caracterizar a química mineral dos bioclastos, com foco na caracterização da alga verde calcária Halimeda e na sua variação composicional, bem como na variação composicional do seu cimento.

O imageamento por MEV (Microscópio Eletrônico de Varredura) foi realizado no equipamento QUANTA 450 – FEI, com uma taxa de pulso de 275 kcps e energia de 20 keV. A obtenção de dados qualitativos por EDS foi conduzida pelo sensor Bruker XFlash 6160, acoplado ao QUANTA 450 FEI, para a análise da distribuição dos elementos Ca e Mg nos bioclastos. Este estudo foi realizado no Laboratório de Estudos Geodinâmicos, Geocronológicos e Ambientais da Universidade de Brasília (LEGGA), com o suporte de equipamentos cedidos pela CPRM.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Parte dos resultados e discussões estão contidos em Gomes et al. (2023, submetido). Artigo enviado à revista "Geologia USP - Série Científica": "Caracterização granulométrica e mineralógica do substrato de manguezais da Ilha de Tinharé, APA Tinharé-Boipeba, Bahia, Brasil".

Demais resultados são apresentados nesta dissertação nos itens:

- 4.2 - Zonação da Região de Garapuá: zona de manguezal e zona de surf;

- 4.3 - Determinação da Química Mineral por Microsonda Eletrônica e Obtenção de Imagens por Microscópio Eletrônica de Varredura; e
- 5 – Conclusões.

#### **4.1 Caracterização granulométrica e mineralógica do substrato de manguezais da Ilha de Tinharé, APA Tinharé-Boipeba, Bahia, Brasil.**

Granulometric and mineralogical characterization of mangrove substrate on Tinharé Island, Tinharé-Boipeba Environmental Protection Area, Bahia, Brazil.

##### **ABSTRACT**

This paper examines the granulometric and mineralogical features of sediments obtained from two mangroves—Pedarta and Garapuá—situated on Tinharé Island (BA). The distribution of granulometric classes and the shapes of grains are primarily influenced by tidal hydrodynamic energy and substrate conditions. Generally, both mangroves exhibit a prevalence of poorly sorted medium to very fine sand (0.5 to 0.125 mm), with Pedarta reaching up to 40%, and Garapuá exceeding 60%. The sediments consist of reworked bioclasts and siliciclastic grains, alongside authigenic minerals such as halite, gypsum, and carbonate cements. Bioclasts (Halimeda, mollusks, and others) grains are predominantly sub-rounded fragments and perforated, while siliciclastic constituents are sub-angular quartz, feldspar (albite, microcline), micas, and rare gibbsite grains. The mineral composition, determined through XRD analysis of the bulk sample from both mangroves, reveals the primary constituents in each: aragonite, halite, quartz, Mg-calcite, calcite, and kaolinite. Additionally, other minerals such as albite, microcline, gypsum, and gibbsite are present, contributing to the overall mineralogical diversity.

##### **RESUMO**

Este artigo examina as características granulométricas e mineralógicas de sedimentos obtidos de dois manguezais — Pedarta e Garapuá — localizados na Ilha de Tinharé (BA). A distribuição das classes granulométricas e as formas dos grãos são principalmente influenciadas pela energia hidrodinâmica das marés e pelas condições do substrato. De modo geral, ambos os manguezais apresentam uma prevalência de areia média a muito fina, mal selecionada (0,5 a 0,125 mm), com Pedarta atingindo até 40%, e

Garapuá ultrapassando 60%. Os sedimentos consistem em bioclastos retrabalhados e grãos siliciclásticos, juntamente com minerais autigênicos, como halita, gipsita e cimentos carbonáticos. Os grãos de bioclastos (Halimeda, moluscos e outros) são predominantemente fragmentos sub-arredondados e perfurados, enquanto os constituintes siliciclásticos são quartzo sub-angular, feldspato (albita, microclina), micas e raros grãos de gibbsita. A composição mineral, determinada por meio de análise por difração de raios X da amostra total de ambos os manguezais, revela os constituintes principais em cada um: aragonita, halita, quartzo, Mg-calcita, calcita e caulinita. Além disso, outros minerais como albita, microclina, gipsita e gibbsita estão presentes, contribuindo para a diversidade mineralógica geral.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil tem 10.806 km de litoral (IBGE, 2022), dos quais cerca de 3.000 km estão na região nordeste. Nesta região, o litoral da Bahia, com mais de 1.000 km, corresponde ao mais extenso litoral, dentre os estados brasileiros (IBGE, 2022). Numerosas pesquisas e mapeamentos geológicos deste litoral foram realizados desde o século XIX, gerando um importante acervo cujos dados foram reunidos por Barbosa *et al.* (2012), CPRM (2010), Esquivel (2016), e Martin *et al.* (1980).

Ampla bibliografia trata dos aspectos físicos – geologia, geomorfologia, oceanografia, climatologia – e da evolução do litoral (Barbosa *et al.*, 2012; Bittencourt *et al.*, 2000; Dominguez *et al.*, 1992; Freire & Dominguez, 2006; Leão & Dominguez, 2000), particularmente da Baía de Todos os Santos (Andrade & Hatje, 2009; Bittencourt *et al.*, 1979; Bittencourt *et al.*, 1976). Outras publicações abordam sedimentos biogênicos, incluindo a matéria orgânica associada aos mangues (Camargo, 2016; Hadlich *et al.*, 2009; Leão *et al.*, 2003; Leão *et al.*, 2016; Leão & Bittencourt, 1977b; Lima *et al.*, 2019; Poggio *et al.*, 2019; Schmitt *et al.*, 2013). Dentre os sedimentos biogênicos, destaca-se a contribuição dos recifes, visto que a zona costeira da Bahia possui o maior e mais rico ambiente recifal sul-americano (Andrade & Hatje, 2009; Barbosa *et al.*, 2012; Leão, 1999; Leão *et al.*, 2003; Martin *et al.*, 1980).

A conformação fisiográfica da costa da Bahia resulta da interação da herança geológica devido à separação da América do Sul e África, das condições climáticas e do suprimento de sedimentos (Barbosa *et al.*, 2012). Assim, estão expostas porções do embasamento proterozoico, baías protegidas, estuários, falésias esculpidas na Formação

Barreiras do Terciário, depósitos sedimentares do Quaternário, cujo padrão de dispersão e acumulação, desde o Pleistoceno até o recente, tem sido controlado pelo clima (padrão de circulação atmosférica) e pela variação do nível do mar (Barbosa *et al.*, 2012; Bittencourt *et al.*, 2000; Dominguez *et al.*, 1992; Freire & Dominguez, 2006; Leão & Dominguez, 2000).

Considerando a distribuição geográfica, as características fisiográficas e associações de fácies sedimentares, alguns autores (Bittencourt *et al.*, 2000; Leão *et al.*, 2003; Martin *et al.*, 1980; Rebouças, 2006) propuseram a subdivisão da costa da Bahia em setores, tais como: Litoral Norte, Baía de Todos os Santos, Litoral Baixo Sul (ou Costa do Dendê), baías Santa Cruz e Cabrália, e, no extremo sul, o setor de Abrolhos, que é o maior complexo recifal da América do Sul (Leão, 1999).

Com base na proporção de constituintes siliciclásticos e biogênicos dos sedimentos da Baía de Todos os Santos (BTS), Bittencourt *et al.* (1976) definiram quatro fácies sedimentares - a) fácies de areia quartzosa, b) fácies de lama, c) fácies mista, e d) fácies de biodetritos - adotadas também em outros trabalhos desenvolvidas ao longo da costa da Bahia (Bittencourt *et al.*, 1979; Bittencourt *et al.*, 2000; Macedo, 1977). Entretanto, poucos trabalhos tratam da composição mineral, destacando-se a caracterização dos sedimentos da Baía de Todos os Santos (Bittencourt *et al.*, 1979), da Baía de Camamu (Oliveira *et al.*, 2002) e da Costa do Dendê (Rebouças, 2006), bem como a composição aragonítica de bioclastos e o cimento de calcita magnésiana no litoral nordeste e leste do Brasil (Alexandersson & Milliman, 1981).

Enquanto a dinâmica das águas litorâneas – ondas, marés, correntes – e continentais (Freitas, 2002, *in* Rebouças, 2006) controla a distribuição granulométrica dos sedimentos (Bittencourt *et al.*, 1976), a composição mineral é condicionada tanto por esta dinâmica, como também pela proveniência dos sedimentos alóctones (Oliveira *et al.*, 2002; Rebouças, 2006) e por condições bio-físico-químicas favoráveis à produção dos constituintes autóctones. Dentre estes, predominam os carbonatos - biogênicos e inorgânicos, condicionados pela zona climática, profundidade, correntes e parâmetros físico-químicos da água, tais como temperatura, Ph e razão Mg/Ca (Bathurst, 1972; Pomar *et al.*, 2004; Reading, 2009; Sellwood, 1986; Wilson, 2012). Os bioclastos carbonáticos têm a composição mineral determinada principalmente pelas espécies de organismos, enquanto a composição da lama ou cimento carbonático depende

essencialmente das condições ambientais (Bathurst, 1972; Reading, 2009; Sellwood, 1986; Wilson, 2012).

Os carbonatos de cálcio são constituídos pelos polimorfos calcita e aragonita, sendo que este último apresenta uma estrutura cristalina mais aberta (Broadgate *et al.*, 2013; Kleypas *et al.*, 2005), o que a torna menos estável no tempo geológico (Tucker, 1985) e facilita a substituição por íons de Mg. Essa distinção estrutural exerce influência direta nas propriedades físicas desses minerais, especialmente no que diz respeito à solubilidade (Nogueira *et al.*, 2023; Sulpis *et al.*, 2022). Em linhas gerais, observa-se que o aumento do teor de magnésio na calcita resulta no aumento da solubilidade quando comparada à calcita pura. Por outro lado, a substituição de magnésio na aragonita gera uma calcita magnesiana com solubilidade inferior à aragonita, porém superior à calcita. Essa tendência geral é condicionada por fatores ambientais locais, tais como temperatura, razão Mg/Ca, pH e fluxo de água entre os grãos sedimentares (Bathurst, 1972; Mackenzie & Pigott, 1981; Mann *et al.*, 2022).

Desde os primeiros trabalhos sobre rochas carbonáticas (Sorby, 1851; Cayeux, 1935, *in* Sellwood, 1986), foi possível a identificação dos grãos esqueletais e oólitos como principais litoclastos calcíticos dos sedimentos carbonáticos atuais e antigos, enquanto a composição da lama – aragonítica ou calcítica – foi objeto de numerosas pesquisas que buscaram explicar sua origem e composição. A origem da lama aragonítica foi atribuída a vários fatores, tais como a abrasão e predação de bioclastos ou a precipitação físico-química a partir da água do mar (Sellwood, 1986). Também foi sugerida por Lowenstam & Epstein (1957) a desagregação de algas verdes, confirmada por Perkins *et al.* (1972), que, utilizando a microscopia eletrônica, demonstrou que as agulhas de aragonita encontradas nas lamas carbonáticas são semelhantes àsquelas dos filamentos de *Penicillur dumetosus*.

Juntamente com aragonita, a calcita magnesiana (Mg-calcita) é um importante constituinte dos carbonatos não esqueletais (Mann *et al.*, 2022; Neumann & Land, 1975; Stanley & Hardie, 1998). Os carbonatos sedimentares atuais do litoral nordeste do Brasil, segundo Alexandersson & Milliman (1981), são constituídos principalmente por bioclastos de algas calcáreas de composição aragonítica e por cimento constituído de calcita magnesiana (Mg-calcita), identificada por DRX pelo pico em  $d=2,99\text{Å}$ . Trata-se do gênero *Halimeda*, uma alga verde do filo Chlorophyta segmentada que, ao morrer

desintegrar-se, liberando partículas do tamanho da areia. formadas por agulhas de aragonita (Mackenzie & Pigott, 1981; Ries *et al.*, 2009; Tucker & Dias-Brito, 2017).

A caracterização de sedimentos atuais contribui tanto para melhorar modelos de deposição litorânea na região intertropical, para reconstituições paleoambientais, como também para determinar parâmetros de monitoramento ambiental, como por exemplo a avaliação da solubilidade dos sedimentos. Em vista da deficiência de dados de composição mineral e sua relação com a granulometria na APA de Tinharé, o presente trabalho apresenta a caracterização granulométrica e mineralógica dos sedimentos de superfície associados a recifes, sobre os quais estão instalados os manguezais Pedarta e Garapuá, localizados na Ilha de Tinharé, integrante da Costa do Dendê (Litoral Baixo Sul da Bahia).

### **1.1. Contexto Geológico**

A Costa do Dendê (Litoral Baixo Sul da Bahia) tem uma extensão de cerca de 128 km (IBGE, 2022), compreendendo o trecho entre a foz do Rio Jequiriçá ao norte até a foz do Rio Tijuípe ao sul (Corrêa-Gomes *et al.*, 2005; Rebouças *et al.*, 2011; SUDETUR, 2001, *in* Silva & Silva, 2007). Inserida por critérios ambientais, econômicos e culturais no Território de Identidade Baixo Sul (SecultBA, c2023), a Costa do Dendê abriga a APA das Ilhas de Tinharé e Boipeba (Lima *et al.*, 2019), nas quais os recifes franjantes são expostos durante a maré baixa (Kikuchi *et al.*, 2008) (Figura. 1).

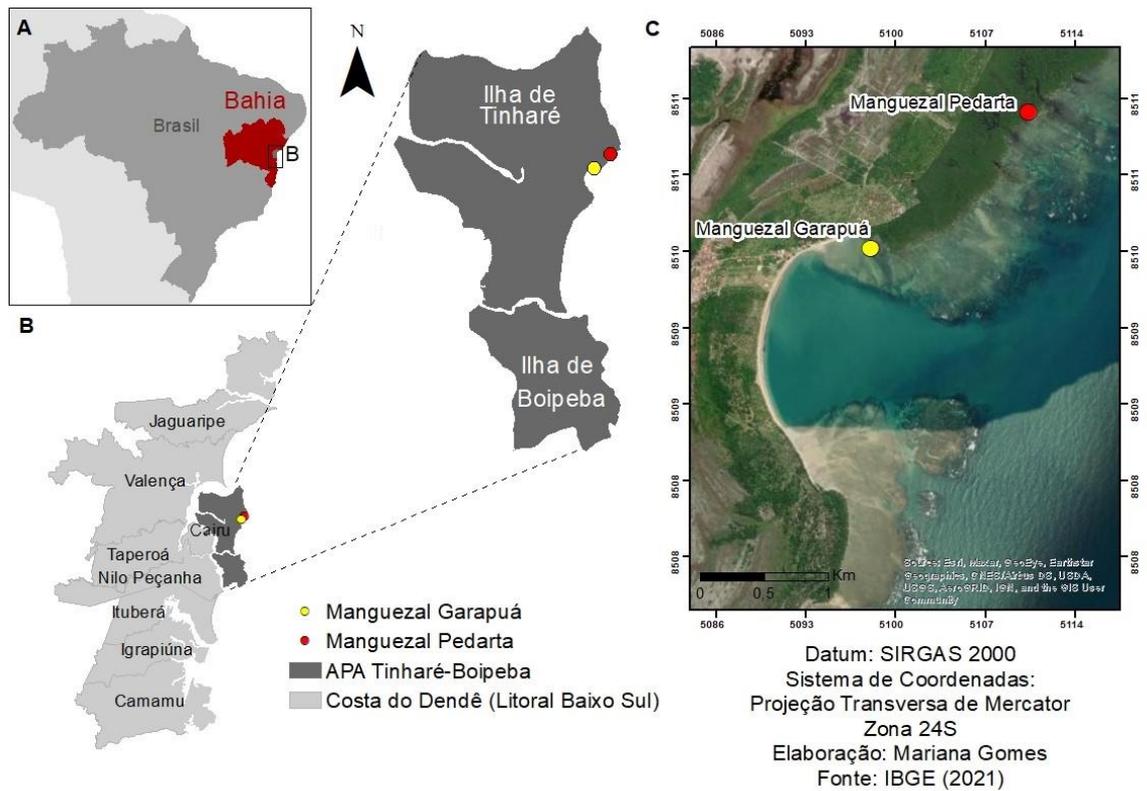


Figura. 1 - Mapa de localização dos manguezais Pedarta e Garapua, objetos de estudo do presente trabalho. Fonte: IBGE (2022)

As ilhas de Tinharé e Boipeba estão inseridas na bacia de Camamu, a qual é constituída por seqüências sedimentares do mesozoico, sobrepostas ao embasamento proterozoico. Estas seqüências pertencem aos grupos Brotas, datado do Neojurássico – Eocretáceo, e Camamu, datado do Mesocretáceo (Aptiano). O Grupo Brotas, composto pelas formações Aliança e Sergi (Rebouças, 2006; Silva & Silva, 2007), abrange toda a área da Ilha de Tinharé e forma falésias de até 40 m de altura (Rebouças, 2006). Ao longo do litoral da Bahia, são expostas também as seqüências terciárias do Grupo Barreiras, que não afloram na Ilha de Tinharé (Rebouças, 2006).

Além das seqüências sedimentares mesozoicas e terciárias, a Costa do Dendê contém também depósitos quaternários, tais como terraços arenosos, recifes de corais e de algas coralinas, arenitos de praia, bem como pântanos e manguezais do Holoceno, associados a materiais argilo-siltosos ricos em matéria orgânica (Barbosa *et al.*, 2012; Martin *et al.*, 1980). Durante grande parte do Quaternário, a plataforma baiana, que se estende até 40 a 60 metros de profundidade, esteve exposta e sujeita à erosão fluvial, formando vales incisos. Durante períodos de subida do nível do mar, esses vales foram inundados, resultando na formação de estuários e baías (Barbosa *et al.*, 2012).

Segundo Kowsmann & Costa (1979), a partir do lado sul do cânion de Salvador até a Baía de Camamu, em profundidades de até 20 m, a plataforma é recoberta por areias siliciclásticas e, em profundidades maiores, por cascalhos e areias de algas calcárias recifais. Em áreas mais profundas, também pode ser encontrada lama fluvial moderna, composta por silte quartzoso e argilas continentais como caulinita e illita.

Na Costa do Dendê, predominam os sedimentos siliciclásticos, tendo o quartzo como principal constituinte, que, junto com minerais pesados, feldspato e micas, sugere a contribuição fluvial (Rebouças *et al.*, 2011). Por outro lado, nas ilhas de Tinharé e Boipeba, os bioclastos perfazem até mais de 80% dos sedimentos, constituídos predominantemente pela alga Halimeda, seguida por algas coralinas, moluscos (Lima *et al.*, 2019), e menores quantidades de briozoários, tubos de vermes, equinodermos e espículas de esponjas (Rebouças, 2006).

De acordo com Leão *et al.* (2003), na Costa do Dendê, a plataforma apresenta fácies carbonáticas próximas da linha de costa, com presença de recifes costeiros de corais e de algas verdes calcárias (Halimeda). Rebouças (2006), a partir da identificação de padrões distintos de sedimentação siliciclástica e bioclástica, dividiu a Costa do Dendê em quatro setores, sendo a Ilha de Tinharé localizada no Setor II (Tabela. 1, Figura. 2), onde predominam sedimentos bioclásticos em porcentagens de até 80 a 100%.

Tabela. 1 - Distribuição da composição dos sedimentos das praias da Costa do Dendê dividida por setores.

<b>Setor</b>	<b>Tipo de Sedimento Dominante</b>	<b>Teor de Bioclastos</b>	<b>Principais componentes bioclásticos</b>
I	Siliciclastos	10 a 15%	Moluscos e algas coralinas.
<b>II</b>	<b>Bioclastos</b>	<b>80 a 100%</b>	<b>Halimeda, seguido de algas coralinas, moluscos e crustáceos.</b>
III	Siliciclastos	Até 30%	Algas coralinas, moluscos e crustáceos.
IV	Siliciclastos	Ausência até 10%	Moluscos e algas coralinas.

Fonte: Modificado de Rebouças (2006)

A distribuição granulométrica dos sedimentos das praias da Costa do Dendê reflete diretamente os níveis de energia ao longo da linha de costa, os quais Freitas (2002, *in* Rebouças, 2006) divide em dois grandes domínios energéticos de onda: baixa a média energia e alta energia, definidos a partir de uma modelagem de refração de ondas. O domínio de baixa a média energia, chamado de Trânsito Impedido de Sedimentos,

apresenta ondas de até 1 m e se estende da Praia do Guaibim até o limite da Baía de Camamu, incluindo a Ilha de Tinharé. O domínio de alta energia, chamado de Trânsito Livre de Sedimentos, apresenta ondas maiores que 1 m, abrangendo a costa da Península de Maraú e as praias de Itacaré, ao sul da área estudada (Figura. 2).

O domínio de Trânsito Impedido e a morfologia do recife, formando extensas lagoas rasas, dão origem a ambientes protegidos e calmos, oferecendo condições favoráveis para a instalação de mangues, o crescimento das algas calcárias do gênero *Halimeda* e acumulação de sedimentos finos (Kikuchi *et al.*, 2008; Rebouças, 2006).

A costa do Nordeste é considerada faminta de aporte de sedimentos, pois têm baixo relevo e as suas bacias hidrográficas são pequenas e abastecidas por uma região com baixa precipitação (Barbosa *et al.*, 2012). Esse baixo aporte de sedimentos e a situação de trânsito impedido na Ilha de Tinharé propicia que os recifes sejam uma importante proteção contra a erosão costeira.

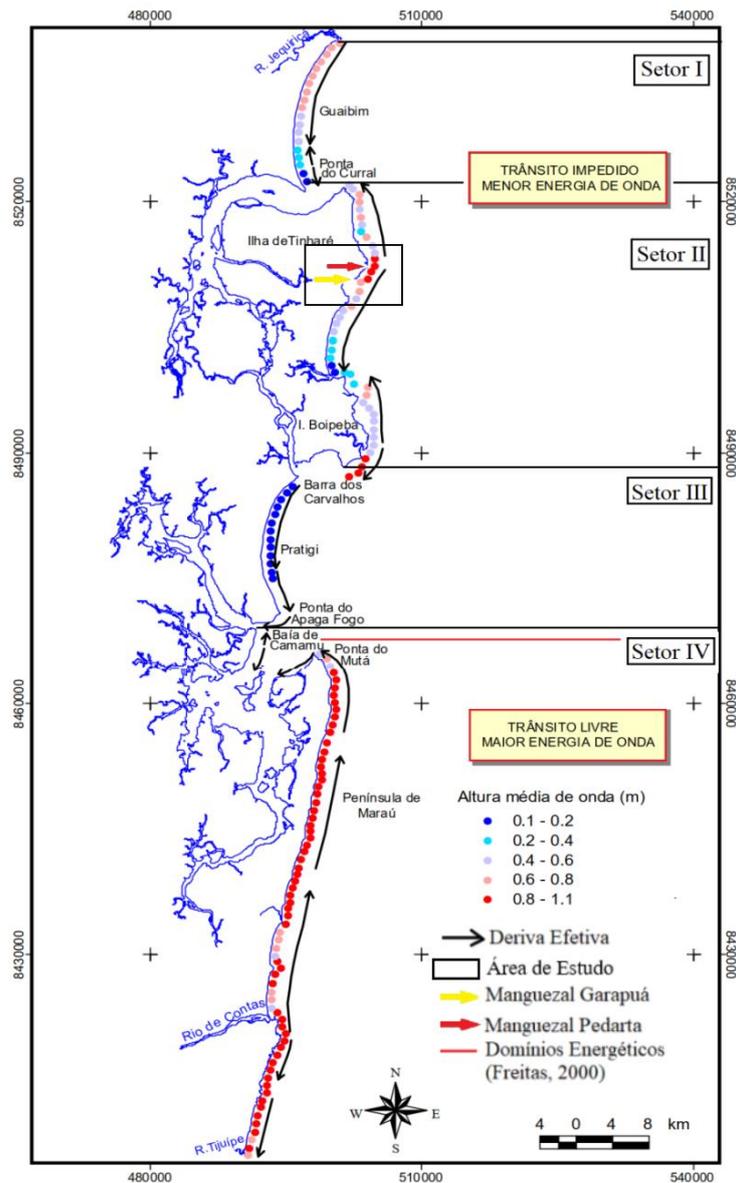


Figura. 2 - Divisão dos domínios energéticos de onda e altura média de ondas chegando à Costa do Dendê e sentido da deriva litorânea efetiva (setas pretas) de Freitas (2002) em vermelho, e divisão dos setores por padrões distintos de sedimentação de Rebouças (2006) em preto. Fonte: modificado de Rebouças (2006).

Dentre todos os trabalhos publicados sobre a região do Litoral Baixo Sul, poucos tratam da granulometria relacionada com a energia do ambiente e da composição mineral dos sedimentos, com destaque para Rebouças (2006) e Freitas (2002, *in* Rebouças, 2006). O presente trabalho trata da correlação entre a granulometria, os níveis de energia e a composição mineral dos sedimentos dos manguezais Pedarta e Garapua da Ilha de Tinharé.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Área de Estudo

A área de estudo deste trabalho situa-se na APA das ilhas de Tinharé e Boipeba (Convênio CONDER, CRA, CPRM, 1995; Figura. 1), no município de Cairu, na Costa do Dendê (Litoral Baixo Sul da Bahia), tendo como objeto de pesquisa os sedimentos da superfície dos manguezais Pedarta e Garapuá, desenvolvidos sobre recifes franjantes (Kikuchi *et al.*, 2008; Leão *et al.*, 2003).

Os recifes presentes na zona costeira da APA Tinharé-Boipeba são recifes franjantes expostos durante a maré baixa e recifes profundos, com profundidades entre 10 e 20 m (Leão *et al.*, 2003; Kikuchi *et al.*, 2008). Os recifes franjantes têm uma superfície irregular, truncada por canais e poças de marés, onde se desenvolve uma comunidade recifal, incluindo algas coralináceas, filamentosas e macroalgas (Kikuchi *et al.*, 2008). Segundo Lima *et al.* (2019), esses recifes se estendem por dezenas de metros ao longo da linha da praia, constituindo manchas mistas de areia, fundos de cascalho e agregados de algas verdes calcárias (Hillis-Colinvaux, 1980).

Na Ilha de Tinharé também ocorrem falésias de arenito e carbonatos intercalados com praias, cujas areias variam de muito grossas a muito finas, muito bem selecionadas a muito mal selecionadas (Rebouças, 2006). Ambos os manguezais – Pedarta e Garapuá – se instalaram sobre os recifes franjantes da Ilha de Tinharé, sob distintas condições litorâneas.

Posicionada em zona de baixa latitude ao sul do Equador, a área caracteriza-se por apresentar clima representativo de floresta tropical quente e úmido, do tipo Af (classificação de Köppen *in* Martin *et al.*, 1980), sem estação seca (Martin *et al.*, 1980), com elevadas precipitações influenciadas pela proximidade com o mar. O regime pluviométrico é regular, com ocorrência de chuvas durante todos os meses do ano, alcançando valores superiores a 1.750 mm. Os maiores índices pluviométricos ocorrem entre os meses de março e junho (Dantas-Ba, 2017).

Os padrões de circulação atmosférica influenciam os índices pluviométricos e amenizam as temperaturas, geralmente em torno de 24°C a 25°C, com amplitudes de 5,2°C a 8,8°C (SEI, 1999), sendo responsáveis pelo controle da direção das frentes de

ondas. Assim, as principais direções das frentes de ondas incidentes no litoral nordeste brasileiro coincidem com a direção dos ventos predominantes (Bittencourt *et al.*, 2005; Figura. 3).

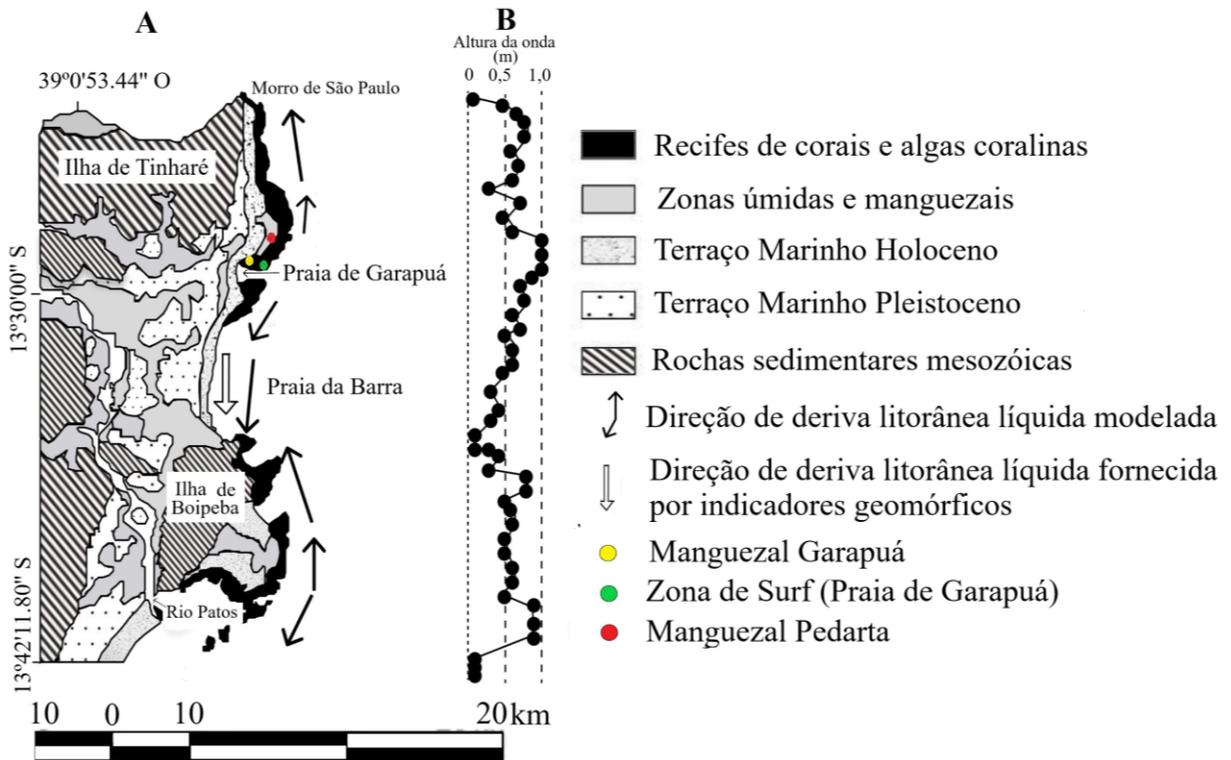


Figura. 3 - (A) Mapa geológico e sentido do transporte de sedimentos litorâneos; (B) Altura média das ondas ao longo da costa. Fonte: modificada de Rebouças *et al.* (2011).

## 2.2. Metodologia

### 2.2.1. Coleta, Armazenamento e Registro das Amostras

A amostragem foi realizada em outubro e dezembro de 2020 pelo professor Ícaro Thiago Andrade Moreira, do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal da Bahia.

Foram coletados sedimentos superficiais (até 10 cm de profundidade) durante os períodos de baixa-mar. A coleta foi realizada em 33 estações, sendo 13 no manguezal Pedarta e as outras 20 amostras foram coletadas no manguezal Garapuá (Figura. 4).

As amostras foram secas ao ar, separadas em 10 gramas de cada e armazenadas em potes de 50 ml de polipropileno.

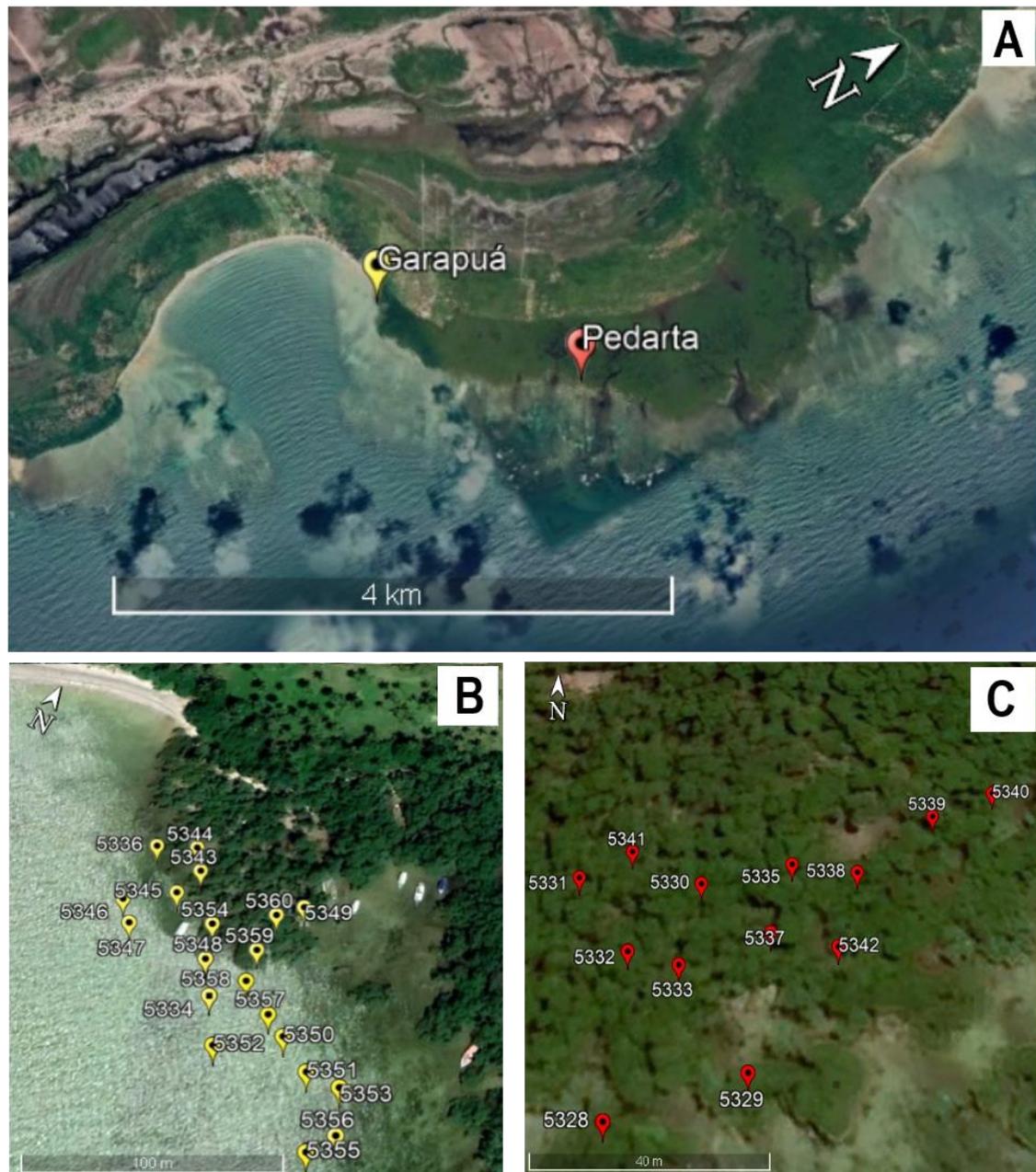


Figura. 4 - A - Localização dos Manguezais Pedarta e Garapuá no litoral da Ilha de Tinharé; B – Localização das amostras coletadas no manguezal Garapuá e adjacências; C – Localização das amostras coletadas no manguezal Pedarta. Fonte: imagens extraídas do Software Google Earth® no dia 09 de novembro de 2023.

### 2.2.2. Análise granulométrica

A análise granulométrica dos sedimentos superficiais dos manguezais Pedarta e Garapuá visa compreender como as características sedimentares dessas áreas refletem os diferentes níveis de energia.

As amostras foram pesadas utilizando uma balança analítica de precisão para calcular a porcentagem em peso das diferentes frações granulométricas, classificadas

segundo a escala modificada de Wentworth (Suguio, 1973): Areia Muito Grossa e Grossa (AG > 0,5 mm), Areia Média/Fina (AM de 0,5 a 0,125 mm), Areia muito Fina e Silte Grosso (ASG de 0,125 a 0,045 mm), e material de fundo (F < 0,045 mm: silte e argila) de cada amostra, para o cálculo das respectivas médias e desvio padrão.

Esta análise compreende as médias de distribuição em classes granulométricas e graus de seleção determinados pelo "desvio-padrão gráfico inclusivo" ( $\sigma$ ) (Folk & Ward, 1957), a partir do qual esses autores estabeleceram uma escala quantitativa para descrever o grau de seleção (Tabela. 2).

Tabela. 2 - Limites do desvio-padrão gráfico inclusivo ( $\sigma$ ) proposto por Folk & Ward (1957) com o correspondente grau de seleção de sedimentos.

<b>Limites Folk e Ward (1957)</b>	<b>Grau de Seleção</b>
$\sigma$ menor que 0,35	muito bem selecionado
0,35 a 0,50	bem selecionado
0,50 a 1,00	moderadamente selecionado
1,00 a 2,00	pobremente selecionado
2,00 a 4,00	muito pobremente selecionado
$\sigma$ maior que 4,00	extremamente mal selecionado

Fonte: (Folk & Ward, 1957)

O desvio padrão das amostras, calculado pelo "desvio-padrão gráfico inclusivo" no Software Sysgran 4 (De Camargo, 2006), é derivado de uma análise granulométrica abrangente que incorpora todos os parâmetros estatísticos dos sedimentos. Este software permite a escolha entre diferentes métodos gráficos, e, neste estudo, adotou-se o método proposto por Folk & Ward (1957), amplamente utilizado, inclusive nos cálculos tradicionais. Os resultados dos cálculos tradicionais foram comparados com os dados do Sysgran 4, revelando uma correspondência notável entre as duas abordagens. Essa consistência fortalece a confiabilidade e robustez das análises, destacando a eficácia do método gráfico escolhido.

### **2.2.3. Análises microscópicas**

Após o peneiramento, as frações resultantes foram observadas e fotografadas utilizando um microscópio estereoscópico em conjunto com o software AxioVision Zeiss

4.7 do Laboratório de Micropaleontologia da Universidade de Brasília para a possível identificação de bioclastos que compõem a amostra.

#### ***2.2.4. Determinação da composição mineral: Difratomia de Raios-X***

A identificação da composição mineral dos sedimentos nas áreas selecionadas da Ilha de Tinharé foi realizada por difração de raios-X (DRX), compreendendo análises da amostra total (TOT) e das frações Areia Muito Grossa e Grossa (AG), Areia Média/Fina (AM), Areia Muito Fina e Silte Grosso (ASG), Material de Fundo (F), e Fração Argila (A).

As análises foram conduzidas no Laboratório de Difratomia de Raios X (LDRX) do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília (IG/UnB), usando um difratômetro RIGAKU, modelo ULTIMA IV, equipado com tubo de cobre e filtro de níquel sob 35 kV, 15 mA, e detector DTEX/ULTRA. A varredura foi realizada no intervalo de  $2\theta$  de  $2^\circ$  a  $60^\circ$  para a amostra total (TOT) e de  $2^\circ$  a  $40^\circ$  para a fração argila seca ao ar (A). A preparação das amostras seguiu a rotina do LDRX/IG (modificada de Alves, 1987). A identificação dos minerais foi realizada com o auxílio do programa Jade XRD 9.0 (Materials Data), usando o banco de dados PCPDF (Powder Diffraction File – PDF para PC – ICDD).

A intensidade das reflexões no difratograma depende tanto das condições analíticas (marca e modelo do difratômetro, intensidade da corrente, velocidade de varredura/passos, abertura de fendas, filtros, etc.) quanto da estrutura cristalina e da composição química dos constituintes da amostra (Formoso, 1984). Ou seja, a intensidade do pico característico de cada mineral em uma amostra multifásica não pode ser tomada como percentagens dos constituintes. Entretanto, a variação da intensidade da reflexão característica de um mesmo mineral em diferentes difratogramas, obtidos nas mesmas condições analíticas, indica variações na proporção das fases em diferentes amostras.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

#### **3.1. Granulometria**

Visando tratar da relação da granulometria com a energia do ambiente, os sedimentos do manguezais Pedarta e Garapuí foram classificados segundo a escala de

modificada Wentworth (Suguio, 1973): Areia Muito Grossa e Grossa (AG > 0,5 mm), Areia Média/Fina (AM de 0,5 a 0,125 mm), Areia Muito Fina e Silte Grosso (ASG de 0,125 a 0,045 mm), e material de fundo (F < 0,045 mm: silte e argila), para o cálculo das respectivas médias e desvio padrão. A fração argila (<0.002 mm) representa uma porção mínima em relação à totalidade da amostra, com uma percentagem em peso aparentemente inferior a 1%. Esta avaliação se baseia na medida da Fração F, que engloba silte e argila, apresentando uma média de aproximadamente 4% em Pedarta e 1% em Garapuí.

A Tabela. 3 e a Figura. 5 evidenciam a distribuição granulométrica em peso percentual dos sedimentos superficiais desses manguezais, mostrando a predominância da fração areia em ambos. Entretanto, as médias de areia muito grossa e grossa (AG) e areia média/fina (AM) são bastante diferentes nestes manguezais, sendo, respectivamente, 35% e 40% em Pedarta, distintas de Garapuí com valores de 24% e 63%, mas em ambas predomina a fração AM. As médias das frações mais finas também mostram valores bastante distintos entre os dois manguezais: ASG e F, respectivamente, 17,4% e 4,1% em Pedarta, enquanto Garapuí apresenta ASG e F, respectivamente, 9,8% e 1,5%. Em Pedarta, as médias de AG (35%) e AM (40%) mostram areias pobremente selecionadas, sustentadas por matriz siltica (ASG = 17,4% e F = 4,1%), podendo ser consideradas "grauvaca grossa/média".

Em Garapuí, os sedimentos são constituídos por 63% de AM e 24% de AG, além de ASG = 10% e F = 2%, sendo classificados como areias finas mal selecionadas, sustentadas por grãos com contribuição siltica.

Tabela. 3 - Tabela com a percentagem em peso das médias das frações granulométricas das amostras dos manguezais Pedarta e Garapuí.

	Localização	%Areia Muito Grossa e Grossa (>0,5mm)	%Areia média/Fina (0,5 a 0,125mm)	%Areia Muito Fina e Silte Grosso (0,125 a 0,045mm)	% Material de fundo: silte e argila (<0,045mm)
<i>Média</i>	Manguezal Pedarta	35%	40%	17%	4%
	Manguezal Garapuí	24%	63%	10%	1%

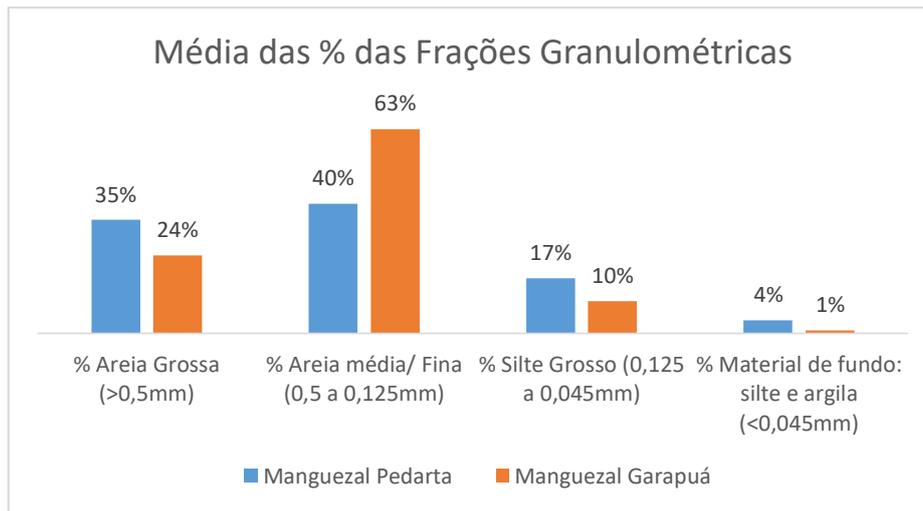


Figura. 5 - Gráfico da Média das porcentagens das diferentes frações nas amostras dos manguezais Pedarta e Garapuá. Os valores destacados correspondem à média das porcentagens de cada fração granulométrica das amostras.

Os manguezais Pedarta e Garapuá encontram-se sobre recife franjante (Barbosa *et al.*, 2012; Leão *et al.*, 2003) que acompanha a linha costeira no domínio de Trânsito Impedido (Figura. 2), caracterizado por baixa a média energia de ondas (Freitas, 2002, *in* Rebouças, 2006). Nesse contexto, a distribuição dos sedimentos é influenciada pela fisiografia e também pelos níveis de energia das ondas.

Garapuá, conhecida como uma 'praia de bolso' devido à descontinuidade do recife franjante (Figura. 4, A), destaca-se pela predominância da fração AM (63%). Essa predominância é resultado da ação das ondas, que acumulam os sedimentos da fração AM, removendo as frações finas ASG (10%) e F (1%). Contudo, a energia das ondas nessa região é insuficiente para transportar a fração AG do que resulta em uma proporção menor dessa fração em Garapuá (24%).

Por outro lado, em Pedarta, a presença de um recife contínuo reduz a ação das ondas, resultando em águas mais calmas condicionadas também pela divergência das correntes litorâneas (Figura. 3). Como consequência, nesta região a acumulação de sedimentos tamanho areia (AG e AM) pode ser atribuída a bioclastos originados do próprio recife.

Os sedimentos mais finos têm uma presença mais marcante em Pedarta (ASG: 17%; F: 4%), devido à menor energia que não os dispersa e à formação de áreas mais calmas em lagoas protegidas pelo recife, que impedem esses sedimentos de serem largamente dispersados.

No que diz respeito à classificação da seleção, todas as amostras de Pedarta são classificadas como pobremente selecionadas, assim como 45% das amostras de Garapuá. Por outro lado, 55% das amostras de Garapuá são classificadas como moderadamente selecionadas. Isso reforça uma maior taxa de seleção nas amostras de Garapuá influenciadas pela energia das ondas (Tabela. 4).

Essa distribuição destaca a conexão entre a granulometria dos sedimentos, a dinâmica das águas do ambiente e a localização específica desses ecossistemas ao longo da costa da Ilha de Tinharé.

Tabela. 4 - Tabela de dados granulométricos das amostras dos manguezais de Pedarta e Garapuá a partir da porcentagem das frações granulométricas. Dados de desvio padrão gerados no software SysGran com o método gráfico Folk e Ward (1957) e classificação segundo Folk e Ward (1957). DP: Desvio Padrão.

<b>Manguezal Pedarta</b>	<b>DP: Folk e Ward (1957)</b>	<b>DP: SysGran</b>	<b>Classificação (Folk e Ward, 1957)</b>	<b>AG%</b>	<b>AM%</b>	<b>SG%</b>	<b>F%</b>
5328	1.00	1.08	Pobremente selecionado	53	38	6	1
5329	1.35	1.42	Pobremente selecionado	38	38	18	4
5330	1.40	1.47	Pobremente selecionado	37	36	21	4
5331	1.43	1.48	Pobremente selecionado	24	39	30	5
5332	1.25	1.32	Pobremente selecionado	33	47	15	3
5333	1.30	1.37	Pobremente selecionado	34	39	15	3
5335	1.22	1.30	Pobremente selecionado	49	24	9	4
5337	1.35	1.40	Pobremente selecionado	20	52	20	5
5338	1.43	1.49	Pobremente selecionado	33	40	19	6
5339	1.47	1.53	Pobremente selecionado	29	39	23	6
5340	1.23	1.30	Pobremente selecionado	41	40	13	3
5341	1.14	1.21	Pobremente selecionado	40	46	10	2
5342	1.48	1.53	Pobremente selecionado	22	40	28	7
Média				35	40	17	4

<b>Manguezal Garapuá</b>	<b>DP: Folk e Ward (1957)</b>	<b>DP: SysGran</b>	<b>Classificação (Folk e Ward, 1957)</b>	<b>AG%</b>	<b>AM%</b>	<b>SG%</b>	<b>F%</b>
5334	0.97	1.00	Moderadamente selecionado	14	74	7	2
5336	0.83	0.83	Moderadamente selecionado	1	85	13	0
5343	0.89	0.95	Moderadamente selecionado	27	66	3	1
5344	1.12	1.12	Pobremente selecionado	4	60	26	3
5345	1.29	1.36	Pobremente selecionado	40	38	18	2
5346	1.15	1.17	Pobremente selecionado	13	64	18	2

<b>5347</b>	0.94	0.96	Moderadamente selecionado	16	75	7	1
<b>5348</b>	1.04	1.09	Pobrememente selecionado	22	66	9	1
<b>5349</b>	0.89	0.95	Moderadamente selecionado	37	60	2	1
<b>5350</b>	1.05	1.15	Pobrememente selecionado	4	63	27	5
<b>5351</b>	0.90	0.96	Moderadamente selecionado	32	62	3	1
<b>5352</b>	1.03	1.05	Pobrememente selecionado	8	72	16	2
<b>5353</b>	1.11	1.16	Pobrememente selecionado	26	61	9	3
<b>5354</b>	0.97	0.99	Moderadamente selecionado	14	73	10	1
<b>5355</b>	1.05	1.11	Pobrememente selecionado	29	61	6	2
<b>5356</b>	1.23	1.31	Pobrememente selecionado	58	25	13	3
<b>5357</b>	0.74	0.76	Moderadamente selecionado	11	87	1	0
<b>5358</b>	0.87	0.94	Moderadamente selecionado	37	61	2	0
<b>5359</b>	0.88	0.96	Moderadamente selecionado	41	57	2	0
<b>5360</b>	0.87	0.94	Moderadamente selecionado	44	54	1	0
Média				24	63	10	1

Fonte: dados de elaboração própria tratados no SysGran 4 (De Camargo, 2006).

## 3.2. Composição Mineral

### 3.2.1. Constituintes das Areias

A identificação dos constituintes dos sedimentos dos manguezais Pedarta e Garapuá, sob lupa binocular (Figura. 6), foi realizada após o peneiramento das amostras para separação das frações granulométricas.

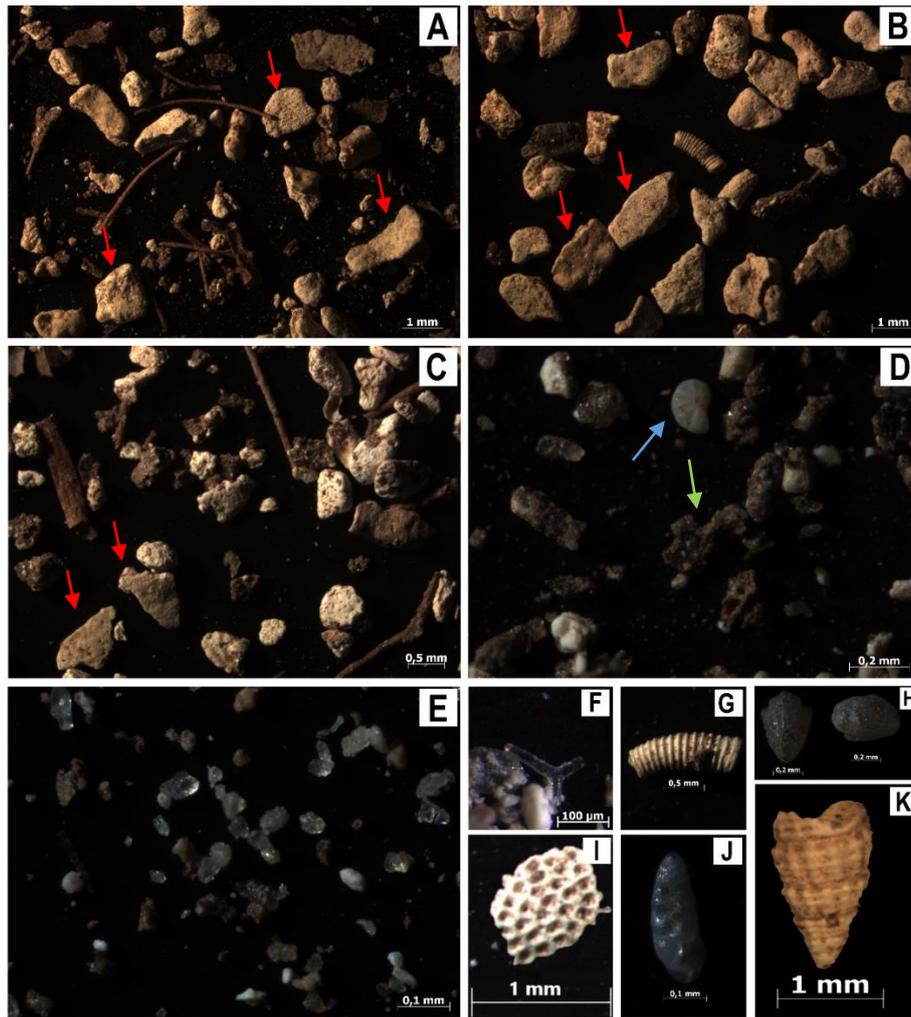


Figura. 6 - Fotografias sob lupa binocular de partículas de sedimentos dos manguezais Pedarta e Garapuá: A - Amostra Total (Amostra 5338). Grande quantidade de fragmentos vegetais e de Halimeda (seta vermelha); B - Fração AG (Amostra 5338). Predominância de fragmentos de Halimeda (seta vermelha); C - Fração AM (Amostra 5338). Predominância de fragmentos de Halimeda (seta vermelha) e alguns fragmentos vegetais; D - Fotomicrografia da Fração ASG (Amostra 5338). Predominância de agregados silicosos de grãos de quartzo e argila (seta verde) e um foraminífero (seta azul); E - Fotomicrografia da Fração F (Amostra 5338). Predominância de grãos de quartzo sub-angulosos; F – Espícula de esponja (porífero) (Amostra 5328 SG); G – Concha de molusco do gênero *Caecum* (Amostra 5338 AG); H – Ostracode (Amostra 5337 Tot); I – Fragmento de briozoário (5342 AG); J – Foraminífero (Amostra 5337 SG); K – Concha de gastrópode (Amostra 5340 Tot).

Os sedimentos inconsolidados dos manguezais Pedarta e Garapuá, são predominantemente compostos por bioclastos de coloração branca-amarelada. Esses fragmentos, caracterizados por baixa esfericidade e sub-angularidade, apresentando uma superfície texturizada por pequenos orifícios (Figura. 6, A, B, C), são identificados como bioclastos de Halimeda.

Os fragmentos de Halimeda destacam-se na Amostra Total e nas frações Areia Muito Grossa e Grossa e Areia Média-Fina, representando até 80% dos componentes

dessas frações. Além destes, outros bioclastos incluem briozoários, moluscos, foraminíferos, ostracodes, espículas de esponjas (Figura. 6). Adicionalmente, fragmentos vegetais são mais abundantes na fração Areia Média, enquanto agregados de grãos de quartzo envolvidos por argila predominam na fração Areia Muito Fina e Silte Grosso. Grãos de quartzo finos, sub-angulosos são encontrados predominantemente nas frações Areia Muito Fina e Silte Grosso e Amostra de Fundo (Figura. 6).

### **3.2.2. Identificação das Fases Minerai**

A composição mineral dos sedimentos dos manguezais Pedarta e Garapuá foi determinada pelas análises por difração de raios-X, discriminando as frações granulométricas: Amostra Total (tot) e as diferentes frações – Areia Muito Grossa e Grossa (AG), Areia Média/Fina (AM), Areia Muito Fina e Silte Grosso (ASG), amostra de fundo (Silte Fino mais Argila: F) e Argila (A). As análises mostram que os principais constituintes de todas as amostras são essencialmente os mesmos: aragonita (Ar), halita (Ha), calcita magnesiânica (Mg-calcita), quartzo (Qz) e illita (Il). Outros minerais que ocorrem eventualmente são: calcita, gipsita, feldspatos (microclíneo e albita), caulinita e gibbsita.

Embora tenham composições semelhantes, os difratogramas mostram que as intensidades de reflexão dos minerais são distintas entre amostras dos dois manguezais e também entre as diferentes frações granulométricas da mesma amostra. Considerando que as técnicas de preparação, bem como as condições analíticas, são mantidas constantes, a variação das intensidades das reflexões de cada mineral é interpretada como proporções distintas dos constituintes nas amostras. Assim, a intensidade de reflexão é assumida como parâmetro comparativo da contribuição de cada mineral em cada amostra.

Como parâmetro comparativo da contribuição de cada fase constituinte das amostras, foi escolhida a reflexão de maior intensidade dos minerais identificados, conforme padrões de referência ICDD – International Center for Diffraction Data (Tabela. 5).

Tabela. 5 - Minerais identificados com a indicação da reflexão de valor 100% do mineral puro.

<b>Aragonita</b> <b>(Ag)</b>	<b>Quartzo</b> <b>(Qz)</b>	<b>Halita</b> <b>(Ha)</b>	<b>Calcita</b> <b>(Ca)</b>	<b>Mg-Calcita</b> <b>(Mg-Ca)</b>	<b>Ilita</b> <b>(Il)</b>	<b>Kaolinita</b> <b>(K)</b>
<b>d =3,39</b>	d =3,34	d =2,82	d ~3,03	d =2,99	d ~10,00	d ~7,1
		<b>Albita</b> <b>(Ab)</b>	<b>Gipsita</b> <b>(Gp)</b>	<b>Microclínio</b> <b>(Mc)</b>		
		<b>d ~3,19</b>	d~7,6	d~3,2		

Ao contrário das demais areias da Costa do Dendê, onde predominam os constituintes siliciclásticos (Rebouças, 2006), os sedimentos de superfície dos manguezais Pedarta e Garapuí apresentam uma composição distinta. Nos dois locais, os minerais autigênicos - aragonita, halita, calcita magnesianas, calcita e gipsita - constituem a maior parte, com uma contribuição menor das fases siliciclásticas, como quartzo, illita, feldspatos (microclíneo e albita), caulinita e, raramente, a gibbsita.

De modo geral, a aragonita é o mineral que apresenta a maior intensidade de reflexão (100%) na maioria dos difratogramas de amostra total de ambos os manguezais, com exceção das amostras 5350 do Manguezal Garapuí e 5337, 5338, 5339 e 5342 do Manguezal Pedarta, nas quais o quartzo tem a maior intensidade (100%), além da amostra 5355 cuja maior intensidade corresponde à halita (Tabela. 6, Figura. 7).

Na fração areia (AG e AM), que totaliza 75% e 87%, respectivamente em Pedarta e Garapuí (Tabela. 3), a aragonita exibe intensidades de reflexão próximas de 100%. Esta composição aragonítica das areias resulta da predominância de bioclastos de Halimeda, e menores proporções de gastrópodes, equinodermos e outros (Figura. 6).

Compostos por aragonita e Mg-calcita, os sedimentos das frações mais finas que as areias – silte grosso, silte e argila (Figura. 6, D e E) – totalizam cerca de 21% e 11% em peso dos manguezais Pedarta e Garapuí (Tabela. 3). A origem da aragonita na lama carbonática tem sido atribuída a diferentes mecanismos: micritização e recristalização de grãos esqueléticos (Ries *et al.*, 2009), quebra de testas de foraminíferos (Debenay *et al.*, 1999), abrasão, predação e quebra de algas verdes (Scholle & Scholle, 2003), ou ainda, precipitação direta a partir da água do mar sob influência do CO<sub>2</sub> atmosférico e razão Mg/Ca >2 (Bialik *et al.*, 2022). Esta razão favorece também a formação da Mg-calcita que de acordo com Ries *et al.* (2009) pode atingir até 70-90% da lama carbonática.

Mg-calcita se forma principalmente como cimento intragranular na trama da Halimeda, ou no interior dos urtículos (Mann *et al.*, 2022), ou por precipitação. Alexandersson & Milliman (1981), identificaram, no litoral nordeste do Brasil, quatro estágios de preenchimento dos urtículos: 1) totalmente vazio, 2) levemente ou 3) fortemente preenchidos, 4) cimento preservado desprovido da estrutura aragonítica original. Segundo esses autores, como apontado em trabalhos anteriores (Bathurst, 1972; Milliman *et al.*, 1993) a formação do cimento é favorecida pela água supersaturada em carbonato e sujeita a turbulência, a qual mantém as partículas em agitação em contato água do mar. Portanto, a atividade das ondas em Garapuí pode explicar a maior intensidade de reflexão da Mg-calcita, do que em Pedarta.

Assim como Aragonita e Mg-Calcita, a Calcita também apresenta médias de intensidades de reflexão proporcionalmente maiores em Garapuí do que em Pedarta em todas as frações granulométricas. No entanto, esse padrão não se estende à halita, a qual, tem valores em amostra total de 33% em Pedarta e 38% em Garapuí (Tabela. 6, Figura. 7), mas exibe uma variação irregular das intensidades de reflexão nas diversas frações. Por outro lado, a Gipsita apresenta baixos valores de intensidade de reflexão (0,8% a 2%) tanto em Pedarta quanto em Garapuí em todas as frações granulométricas, não tendo sido identificada nenhuma tendência na sua distribuição.

Em contraste com a composição dos sedimentos autóctones que têm maiores intensidades de reflexão em Garapuí, os minerais alóctones, predominam em Pedarta, mas em proporções muito menores.

Principal constituinte siliciclástico, o quartzo, apresenta ampla variação nas intensidades de reflexão, ausentes, na maioria das amostras na fração argila (A) e têm valores superiores a 90% nas frações ASG e F. As médias das intensidades de reflexão do quartzo na fração areia (AG e AM) alcançam médias de até 46% em Pedarta e 15% em Garapuí.

A illita registra as maiores intensidades de reflexão na fração AM, com uma média de 19% em Pedarta e 13% em Garapuí. Nas demais frações, a média das intensidades não ultrapassam 9%. A caulinita apresenta médias de intensidade de reflexão baixas (até 3%) em todas as frações granulométricas, com exceção da Fração Argila, onde as médias atingem 31% em Pedarta e 23% em Garapuí (Tabela. 6, Figura. 7).

Os feldspatos têm ocorrência aleatória, não tendo sido registrados na maioria dos difratogramas de ambos os manguezais, na amostra total e nas diversas frações granulométricas. Sua ocorrência é mais frequente na fração SG, com média de intensidade de reflexão de 13% do microclíneo e 6% da albita (Tabela. 6, Figura. 7), enquanto na amostra total as intensidades de reflexão, amplamente variáveis, atingem valores altos em Pedarta, como 63% de microclíneo e 45% de albita.

A ausência de desembocaduras significativas na Ilha de Tinharé e a localização em uma área de divergência de correntes litorâneas (Figura. 3) restringem o aporte de sedimentos provenientes de áreas mais distantes. As intensidades mais elevadas de reflexão dos minerais alóctones em Pedarta se devem tanto às condições de deposição como às características distintas da área de proveniência, que pode ser continental, sob a influência eólica, quanto de sedimentos da plataforma continental.

Conforme apontado por Kowsmann & Costa (1979), em áreas da plataforma na região da Ilha de Tinharé, são identificados depósitos de lama fluvial moderna composta por silte quartzoso e argilas continentais, como caulinita e illita. Sob influência de correntes litorâneas e de maré, esses sedimentos podem ser transportados e depositados em locais favoráveis nos recifes, como em lagoas protegidas sujeitas a menor ação das ondas.

Embora as intensidades de reflexão do quartzo e de outros minerais alóctones se destaquem nas frações mais finas (ASG e F) em Pedarta, sua contribuição ainda é inferior à da Aragonita, predominante nas frações mais grossa

Tabela. 6 - Média das porcentagens das intensidades de reflexão das fases minerais das diferentes frações granulométricas dos manguezais Pedarta e Garapuí.

	Total		AG		AM		SG		F		Fração Argila	
	Pedarta	Garapuí	Pedarta	Garapuí								
<b>Aragonita</b>	86.0%	99.5%	100.0%	100.0%	96.2%	97.3%	29.1%	63.2%	21.4%	40.1%	94.0%	99.4%
<b>Quartzo</b>	59.8%	32.2%	14.7%	4.6%	46.3%	13.9%	97.1%	92.9%	100.0%	98.5%	3.0%	2.2%
<b>Halita</b>	33.2%	38.3%	41.6%	23.4%	60.2%	28.9%	19.3%	21.3%	20.4%	34.1%	0.0%	0.0%
<b>Calcita</b>	3.9%	6.8%	3.6%	4.5%	4.5%	5.3%	3.4%	6.5%	2.7%	7.7%	1.6%	1.0%
<b>MgCalcita</b>	7.7%	27.3%	7.5%	32.1%	5.8%	25.5%	5.0%	23.2%	7.1%	22.5%	23.2%	31.0%
<b>Illita</b>	7.9%	6.8%	5.1%	1.9%	19.0%	12.7%	7.2%	8.2%	7.2%	3.1%	8.6%	5.6%
<b>Caulinita</b>	1.9%	1.6%	0.8%	0.3%	3.0%	1.0%	1.6%	1.7%	1.3%	1.7%	30.7%	23.3%
<b>Albita</b>	6.6%	1.3%	0.6%	0.1%	3.9%	3.7%	8.2%	5.0%	3.7%	7.0%	0.0%	0.0%
<b>Gypsum</b>	1.4%	1.8%	0.8%	1.2%	2.4%	1.3%	1.5%	1.1%	1.7%	1.4%	0.0%	0.0%
<b>Microcline</b>	11.2%	6.6%	1.1%	0.0%	8.0%	3.7%	13.1%	13.5%	3.1%	3.9%	0.0%	0.0%
<b>Gibbsita</b>	0.2%	0.2%	0.1%	0.0%	0.3%	0.0%	0.2%	0.2%	0.1%	0.2%	1.0%	0.6%

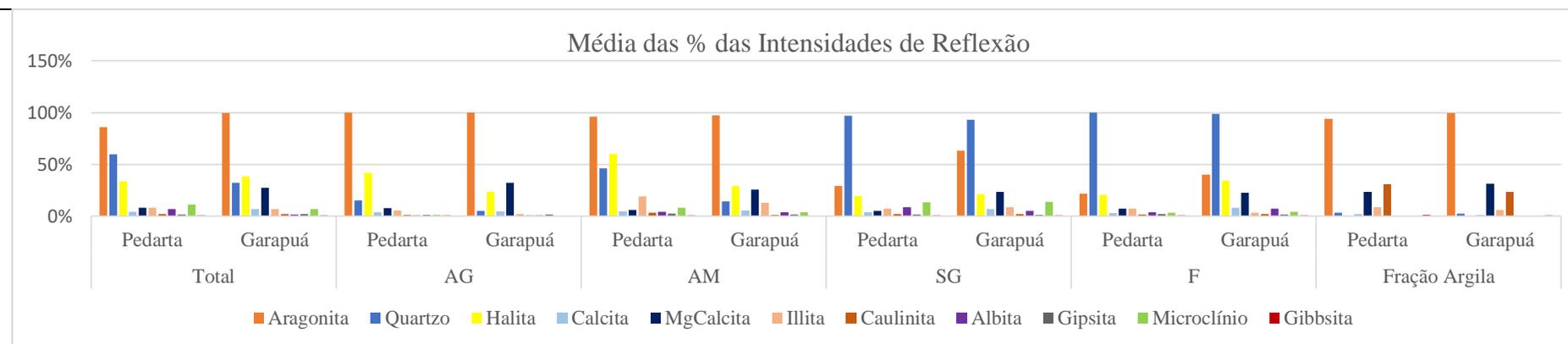


Figura. 7 - Média das porcentagens das intensidades de reflexão das fases minerais das diferentes frações granulométricas dos manguezais Pedarta e Garapuí

#### 4. CONCLUSÃO

Com base em análises granulométricas e mineralógicas dos sedimentos de superfície dos manguezais Pedarta e Garapuá, localizados na Ilha de Tinharé, verificou-se que:

1. Mesmo considerando que os manguezais estão instalados sobre recife franjante, em zona de divergência de correntes litorâneas, a distribuição granulométrica dos sedimentos difere entre os manguezais devido à dinâmica das águas: dominada por ondas (Garapuá) ou por fluxos de maré (Pedarta), sob influência da morfologia do substrato litorâneo.

2. Embora seja um ambiente de baixa energia das águas, predominam sedimentos de granulação areia, representando mais de 70% em peso dos sedimentos analisados; evidenciando que, em reconstituições paleoambientais, é necessário considerar que manguezais podem estar associados a fácies arenosas com baixo conteúdo de silte e argila.

3. As areias são constituídas por cerca de 80% de bioclastos, predominantemente de Halimeda, em ambos os manguezais.

4. A composição mineral determinada por difração de raios-X mostra que as areias têm a aragonita como principal constituinte, raramente apresentando quartzo ou halita.

5. A composição aragonítica das areias é explicada pelo conteúdo de Halimeda, cuja estrutura é formada por uma rede de agulhas de Aragonita, destacando a influência biogênica na mineralogia desses manguezais.

6. Por meio da difração de raios-X, foi definida a composição da fração silte e argila (lama carbonática), constituída predominantemente por Mg-calcita.

7. Do ponto de vista ambiental, a determinação da composição mineral e sua relação com a granulometria é crucial para o melhor manejo da área, especialmente considerando o grau de solubilidade dos carbonatos constituintes das areias e lama.

Em conclusão, o presente trabalho apresentou uma contribuição ao conhecimento sobre a dinâmica granulométrica e mineralogia dos manguezais Pedarta e Garapuá,

estabelecendo relações entre granulometria, composição mineral e dinâmica energética de ambos os manguezais.

## 5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio financeiro do projeto Rede Cooperativa De Desenvolvimento De Protocolos Para Avaliação De Zonas Costeiras Impactadas Por Derramamento De Óleo E Aplicação De Biotecnologias Para Remediação – REBICOP; da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001; e com o apoio de campo e infraestrutura laboratorial do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília.

## 6. REFERÊNCIAS

- Alexandersson, E. T., & Milliman, J. D. (1981). Intragranular Mg-calcite cement in Halimeda plates from the Brazilian continental shelf. *Journal of Sedimentary Research*, 51(4), 1309–1314.
- Alves, D. B. (1987). Development of the methodology of sample preparation to X-ray diffractometry of clay minerals at Petrobras Research Center. *Boletim de Geociencias da Petrobras*, 1(2), 157–175.
- Andrade, J. B. de, & Hatje, V. (2009). *Baía de Todos os Santos: Aspectos oceanográficos*. Edufba.  
<https://repositorio.ufba.br/bitstream/ufba/187/3/Baia%20de%20todos%20os%20santos.pdf>
- Barbosa, J. S. F., Mascarenhas, J. F., Correa-Gomes, L. C., Dominguez, L. M., & Santos de Souza, J. (2012). *Geologia da Bahia: Pesquisa e atualização*. Série Publicações Especiais, 13.
- Bathurst, R. G. (1972). *Carbonate sediments and their diagenesis*. Elsevier.  
<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=fzLhFnI42WsC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Carbonate+sediments+and+their+diagenesis&ots=BKJrBPNRMk&sig=IVIyfi2rpNpB81094vqLIosIVLY>

- Bialik, O. M., Sisma-Ventura, G., Vogt-Vincent, N., Silverman, J., & Katz, T. (2022). Role of oceanic abiotic carbonate precipitation in future atmospheric CO<sub>2</sub> regulation. *Scientific reports*, 12(1), 15970.
- Bittencourt, A. C. da S. P., Dominguez, J., Landim, M., Martin, L., & Silva, I. R. (2000). Patterns of sediment dispersion coastwise the State of Bahia-Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 72, 271–287.
- Bittencourt, A. C. da S. P., Dominguez, J. M. L., Martin, L., & Silva, I. R. (2005). Longshore transport on the northeastern Brazilian coast and implications to the location of large scale accumulative and erosive zones: An overview. *Marine Geology*, 219(4), 219–234.
- Bittencourt, A. C. da S. P., Ferreira, Y. de A., & Napoli, E. D. (1976). Alguns Aspectos da Sedimentação na Baía de Todos os Santos, Bahia. *Revista Brasileira de Geociências Volume*, 6, 247.
- Bittencourt, A., Martin, L., Vilas Boas, G. da S., & Flexor, J. M. (1979). Quaternary marine formations of the coast of the State of Bahia (Brazil). *Proceedings of the 1978 International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary*. São Paulo:[sn], 232–253. <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:41922>
- Broadgate, W., Riebesell, U., Armstrong, C., Brewer, P., Denman, K., Feely, R., Gao, K., Gattuso, J.-P., Isensee, K., & Kleypas, J. (2013). Ocean acidification summary for policymakers—Third Symposium on the ocean in a high-CO<sub>2</sub> world. <https://oceanrep.geomar.de/id/eprint/22813>
- Camargo, P. M. P. (2016). Evolução dos pântanos da região central da península de Bragança-PA de acordo com as mudanças do nível relativo do mar durante o holoceno. <https://repositorio.ufpa.br/handle/2011/8947>
- Convênio CONDER, CRA, CPRM. (1995). Projeto Ilhas de Tinharé e Boipeba. Área de Proteção Ambiental. Etapa I-Diagnóstico Ambiental. Volume II-Estudos do Meio Físico.CPRM.[http://rigeo.sgb.gov.br/bitstream/doc/8528/10/tinhare\\_boipeba\\_planimetrico\\_2017.pdf](http://rigeo.sgb.gov.br/bitstream/doc/8528/10/tinhare_boipeba_planimetrico_2017.pdf)

- Corrêa-Gomes, L. C., Dominguez, J. M. L., Barbosa, J. S. F., & Silva, I. C. da. (2005). Padrões de orientação dos campos de tensão, estruturas, herança do embasamento e evolução tectônica das bacias de Camamú e porção sul do Recôncavo, Costa do Dendê, Bahia. <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/2563>
- CPRM, S. G. do B. (2010). Carta geológica do Brasil ao milionésimo. Brasília, Brazil.
- Dantas-Ba, C. (2017). Plano Territorial De Desenvolvimento Sustentável E Solidário–PTDSS.[https://www.seplan.ba.gov.br/wp-content/uploads/PTDSS\\_NE\\_2\\_280917.pdf](https://www.seplan.ba.gov.br/wp-content/uploads/PTDSS_NE_2_280917.pdf)
- De Camargo, M. G. (2006). SysGran: Um sistema de código aberto para análises granulométricas do sedimento. *Revista Brasileira de Geociências*, 36(2), 371–378.
- Debenay, J.-P., André, J.-P., & Lesourd, M. (1999). Production of lime mud by breakdown of foraminiferal tests. *Marine Geology*, 157(3–4), 159–170.
- Dominguez, J. L., Bittencourt, A. C. da S. P., & Martin, L. (1992). Controls on Quaternary coastal evolution of the east-northeastern coast of Brazil: Roles of sea-level history, trade winds and climate. *Sedimentary Geology*, 80(3–4), 213–232.
- Esquivel, M. S. (2016). A Zona Costeira dos Municípios do Litoral Norte e Entorno da Baía de Todos Os Santos–Estado Da Bahia: Implicações para a Gestão Ambiental. <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/21573>
- Folk, R. L., & Ward, W. C. (1957). Brazos River bar [Texas]; a study in the significance of grain size parameters. *Journal of sedimentary research*, 27(1), 3–26.
- Formoso, M. L. (1984). Difractometria de raios X. Técnicas analíticas instrumentais aplicadas à geologia, 1–43. <https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=8003776>
- Freire, A. F. M., & Dominguez, J. M. L. (2006). A sequência holocênica da plataforma continental central do Estado da Bahia. *Bolm Geociênc. Petrobrás*, 14(2), 247–267.

- Hadlich, G. M., Ucha, J. M., & OLIVEIRA, T. de. (2009). Distribuição de apicuns e de manguezais na Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. Proceedings of XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 4607–4614.
- Hillis-Colinvaux, L. (1980). Ecology and taxonomy of Halimeda: Primary producer of coral reefs. Em *Advances in marine biology* (Vol. 17, p. 1–327). Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S006528810860303X>
- IBGE. (2022). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022). Desocupação fica em 5,3% em dezembro e fecha 2010 numa média de 6,7.
- Kikuchi, R. K., Oliveira, M. D., Leao, Z. M., Silva, R. M., & Martins, P. M. (2008). The Tinhare-Boipeba-Camamu reefs, Bahia, Brazil; Os recifes de Tinhare-Boipeba-Camamu, Bahia, Brasil. <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/21219451>
- Kleypas, J. A., Feely, R. A., Fabry, V. J., Langdon, C., Sabine, C. L., & Robbins, L. L. (2005). Impacts of ocean acidification on coral reefs and other marine calcifiers: A guide for future research. Report of a workshop held, 18(2005), 20. [https://www.researchgate.net/profile/Joan-Kleypas/publication/248700866\\_Impacts\\_of\\_Ocean\\_Acidification\\_on\\_Coral\\_Reefs\\_and\\_Other\\_Marine\\_Calcifiers\\_A\\_Guide\\_for\\_Future\\_Research/links/54b577eb0cf2318f0f998b54/Impacts-of-Ocean-Acidification-on-Coral-Reefs-and-Other-Marine-Calcifiers-A-Guide-for-Future-Research.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Joan-Kleypas/publication/248700866_Impacts_of_Ocean_Acidification_on_Coral_Reefs_and_Other_Marine_Calcifiers_A_Guide_for_Future_Research/links/54b577eb0cf2318f0f998b54/Impacts-of-Ocean-Acidification-on-Coral-Reefs-and-Other-Marine-Calcifiers-A-Guide-for-Future-Research.pdf)
- Kowsmann, R. O., & Costa, de A. (1979). Sedimentação quaternária da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. <https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=PASCALGEODEBRGM8220366104>
- Leão, Z. (1999). Abrolhos-O complexo recifal mais extenso do Oceano Atlântico Sul. Schobbenhaus, C.; Campos, DA; Queiroz, ET; Winge, M, 345–359.
- Leão, Z., Kikuchi, R. K. P., & Testa, V. (2003). Corals and coral reefs of Brazil. In ‘Latin American Coral Reefs’.(Ed. J. Cortés.) pp. 9–52. Elsevier Science: Amsterdam, Netherlands.



- Martin, L., Bittencourt, A., Vilas Boas, G. S., & Flexor, J. M. (1980). Mapa geológico do Quaternário costeiro do Estado da Bahia-1: 250 000-Texto Explicativo. Salvador: Secretaria das Minas e Energia/coordenação da produção mineral.
- Milliman, J. D., Freile, D., Steinen, R. P., & Wilber, R. J. (1993). Great Bahama Bank aragonitic muds; mostly inorganically precipitated, mostly exported. *Journal of Sedimentary Research*, 63(4), 589–595.
- Neumann, A. C., & Land, L. S. (1975). Lime mud deposition and calcareous algae in the Bight of Abaco, Bahamas; a budget. *Journal of Sedimentary Research*, 45(4), 763–786.
- Nogueira, Viana, & Santos. (2023). Acidificação oceânica: Uma questão negligenciada | Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology. <https://periodicos.univali.br/index.php/bjast/article/view/18505>
- Oliveira, O. M. C. de, Queiroz, A. F. de S., Argôlo, J. L., Roeser, H. M. P., & Rocha, S. R. S. (2002). Estudo mineralógico do sedimento de manguezal da baía de Camamu-Ba. *Rem: Revista Escola de Minas*, 55, 147–151. <https://doi.org/10.1590/S0370-44672002000200013>
- Perkins, R. D., McKenzie, M. D., & Blackwelder, P. L. (1972). Aragonite Crystals within Codiacean Algae: Distinctive Morphology and Sedimentary Implications. *Science*, 175(4022), 624–626. <https://doi.org/10.1126/science.175.4022.624>
- Poggio, C. de A., Dominguez, J. M. L., Junior, P. de O. M., & Alves, O. F. de S. (2019). Caracterização Biofaciológica Dos Sedimentos Da Baía De Todos Os Santos, Brasil. *Geosciences = Geociências*, 38(1), Artigo 1. <https://doi.org/10.5016/geociencias.v38i1.13049>
- Pomar, L., Brandano, M., & Westphal, H. (2004). Environmental factors influencing skeletal grain sediment associations: A critical review of Miocene examples from the western Mediterranean. *Sedimentology*, 51(3), 627–651. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.2004.00640.x>
- Reading, H. G. (2009). *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*. John Wiley & Sons.

- Rebouças, R. C. (2006). Biografia das areias da Costa do Dendê: Um estudo da composição das areias de praia entre os Rios Jequiçá e Tijuípe. <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/23443>
- Rebouças, R. C., Dominguez, J. M. L., & Bittencourt, A. C. da S. P. (2011). Provenance, transport and composition of Dendê Coast beach sands in Bahia, central coast of Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 59, 339–347.
- Ries, J. B., Cohen, A. L., & McCorkle, D. C. (2009). Marine calcifiers exhibit mixed responses to CO<sub>2</sub>-induced ocean acidification. *Geology*, 37(12), 1131–1134. <https://doi.org/10.1130/G30210A.1>
- Schmitt, K., Albers, T., Pham, T. T., & Dinh, S. C. (2013). Site-specific and integrated adaptation to climate change in the coastal mangrove zone of Soc Trang Province, Viet Nam. *Journal of Coastal Conservation*, 17(3), 545–558. <https://doi.org/10.1007/s11852-013-0253-4>
- Scholle, P. A., & Scholle, D. S. (2003). A color guide to the petrography of carbonate rocks: Grains, textures, porosity, diagenesis, AAPG Memoir 77 (Vol. 77). AAPG. [https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=QK4a\\_00PTMcC&oi=fnd&pg=PA15&dq=scholle+2003&ots=FpLJH0gixy&sig=6RhHdKXXD6Adx3HJgzez0\\_ePBPo](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=QK4a_00PTMcC&oi=fnd&pg=PA15&dq=scholle+2003&ots=FpLJH0gixy&sig=6RhHdKXXD6Adx3HJgzez0_ePBPo)
- SecultBA. (c2023). Divisão Territorial da Bahia—SecultBA - Secretaria de Cultura - Governo do Estado da Bahia. Secretaria de Cultura. <http://www.cultura.ba.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=314>
- SEI, S. de E. E. e S. da B. (1999). Diagnóstico ambiental: Litoral sul da Bahia. Salvador: SEI.
- Sellwood, B. W. (1986). Shallow-marine carbonate environments. Em *Sedimentary environments and facies* (p. 283–342). Blackwell Oxford.
- Silva, I. R., & Silva, S. B. de M. e. (2007). Caracterização geo-ambiental e de ocupação das praias da costa do dendê, litoral sul do estado da Bahia. *Geosul*, 22(44), Artigo 44.

- Stanley, S. M., & Hardie, L. A. (1998). Secular oscillations in the carbonate mineralogy of reef-building and sediment-producing organisms driven by tectonically forced shifts in seawater chemistry. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 144(1), 3–19. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(98\)00109-6](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(98)00109-6)
- Suguio, K. (1973). Introdução à sedimentologia. <https://repositorio.usp.br/item/003003993>
- Sulpis, O., Agrawal, P., Wolthers, M., Munhoven, G., Walker, M., & Middelburg, J. J. (2022). Aragonite dissolution protects calcite at the seafloor. *Nature Communications*, 13(1), Artigo 1. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-28711-z>
- Tucker, M. E. (1985). Shallow-marine carbonate facies and facies models. *Geological Society, London, Special Publications*, 18(1), 147–169. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1985.018.01.08>
- Tucker, M. E., & Dias-Brito, D. (2017). Petrologia sedimentar carbonática: Iniciação com base no registro geológico do Brasil. Rio Claro, Obra: UNESP-IGCE-Unispetro, 208.
- Wilson, J. L. (2012). *Carbonate Facies in Geologic History*. Springer Science & Business Media.

#### **4.2 Zonação da Região de Garapuá: zona de manguezal e zona de surf**

A granulometria da fração de areia (AG e AM) revela variações mais expressivas entre as amostras de Garapuá do que entre as amostras do manguezal Pedarta (Tabela 4-1). Essa maior oscilação é perceptível pela notável heterogeneidade na classificação de seleção das amostras (Folk & Ward, 1957). Em Pedarta, todas as amostras foram categorizadas como pobremente selecionadas, ao passo que em Garapuá, 55% foram classificadas como moderadamente selecionadas e 45% como pobremente selecionadas (Tabela. 3).

Tabela 4-1 - Tabela com a porcentagem em peso das médias das frações granulométricas das amostras dos manguezais Pedarta e Garapuá.

Localização	% Areia Muito Grossa e Grossa (>0,5mm)	% Areia média/ Fina (0,5 a 0,125mm)	% Areia Muito Fina e Silte Grosso (0,125 a 0,045mm)	% Material de fundo: silte e argila (<0,045mm)
Pedarta Manguezal	35%	40%	17%	4%
<i>Média</i> Garapuí Total	24%	63%	10%	1%
Garapuí Manguezal	33%	54%	10%	1%
Garapuí Zona de Surf	18%	69%	10%	2%

A distinção mencionada resulta do fato de que as amostras de Garapuí foram coletadas em duas localidades distintas, ambas situadas sobre o recife. Um conjunto de 8 amostras foi obtido no manguezal Garapuí, enquanto outro conjunto de 12 amostras foi coletado na Zona de Surf, localizada no extremo leste da praia de Garapuí e adjacente ao manguezal (Figura 3-1, B).

As médias da fração de Areia Muito Grossa e Grossa (AG) nos manguezais Pedarta (35%) e Garapuí (33%). Na zona de surf da praia de Garapuí, a fração AG é menor (18%). A fração AM é proeminente na Zona de Surf (69%), seguida pelo manguezal Garapuí (54%). Isso ocorre devido à maior influência da energia das ondas em Garapuí, que dispersa os sedimentos mais finos (ASG e F) e movimenta os sedimentos da fração AM.

Quanto à fração AG, ela contribui de maneira semelhante para os manguezais Pedarta (35%) e Garapuí (33%). Na Zona de Surf (18%), a fração AG é menor, pois o AM é adicionado pela ação das ondas, aumentando a contribuição dessa fração e diminuindo a contribuição das outras frações (AG, ASG e F).

No que diz respeito à classificação da seleção, todas as amostras de Pedarta são classificadas como pobremente selecionadas, assim como 58% das amostras da Zona de Surf. Por outro lado, 75% das amostras do manguezal Garapuí são classificadas como moderadamente selecionadas, em contraste com 25% de amostras classificadas como pobremente selecionadas. Isso indica uma maior taxa de seleção nas amostras de Garapuí influenciadas pela energia das ondas (Tabela 4-2).

Tabela 4-2 -Tabela de dados granulométricos das amostras dos manguezais de Pedarta e Garapuí a partir da porcentagem das frações granulométricas. Dados de desvio padrão gerados no software SysGran com o método gráfico (Folk & Ward, 1957) e classificação segundo Folk & Ward (1957). DP: Desvio Padrão.

Mnaguezal Garapuí	Folk e Ward (1957)	Sysgran4	Classificação (Folk e Ward, 1957)	AG%	AM%	SG%	F%
5336	0.83	0.83	Moderadamente selecionado	1	85	13	0
5343	0.89	0.95	Moderadamente selecionado	27	66	3	1
5344	1.12	1.12	Pobrememente selecionado	4	60	26	3
5345	1.29	1.36	Pobrememente selecionado	40	38	18	2
5349	0.89	0.95	Moderadamente selecionado	37	60	2	1
5354	0.97	0.99	Moderadamente selecionado	14	73	10	1
5359	0.88	0.96	Moderadamente selecionado	41	57	2	0
5360	0.87	0.94	Moderadamente selecionado	44	54	1	0
			Média	26	62	10	1

Zona de Surf Garapuí	Folk e Ward (1957)	Sysgran4	Classificação (Folk e Ward, 1957)	AG%	AM%	SG%	F%
5334	0.97	1.00	Moderadamente selecionado	14	74	7	2
5346	1.15	1.17	Pobrememente selecionado	13	64	18	2
5347	0.94	0.96	Moderadamente selecionado	16	75	7	1
5348	1.04	1.09	Pobrememente selecionado	22	66	9	1
5350	1.05	1.15	Pobrememente selecionado	4	63	27	5
5351	0.90	0.96	Moderadamente selecionado	32	62	3	1
5352	1.03	1.05	Pobrememente selecionado	8	72	16	2
5353	1.11	1.16	Pobrememente selecionado	26	61	9	3
5355	1.05	1.11	Pobrememente selecionado	29	61	6	2
5356	1.23	1.31	Pobrememente selecionado	58	25	13	3
5357	0.74	0.76	Moderadamente selecionado	11	87	1	0
5358	0.87	0.94	Moderadamente selecionado	37	61	2	0
			Média	23	64	10	2

A composição mineral dos sedimentos da zona de surf não diferem do Manguezal Garapuí, predominando os minerais autóctones.

#### 4.3 Determinação da Química Mineral por Microsonda Eletrônica e Obtenção de Imagens por Microscopio Eletrônica de Varredura

O material utilizado para a determinação da química mineral foram os bioclastos interpretados como Halimeda de duas amostras, a amostra 5331 do manguezal de Pedarta e a amostra 5336 do manguezal de Garapuí. Para a análise comparativa, foram utilizados dados de pontos de 3 bioclastos da amostra 5331 (Pedarta) e 4 de bioclastos da amostra 5336 (Garapuí), totalizando 11 pontos de 7 amostras diferentes (Tabelas 4-3 e 4-4).

Como mostra o gráfico (Figura 4-1), Garapuí tem valores de intensidade de reflexão mais intensos de Mg-calcita, resultado esperado, pois, devido à descontinuidade do recife, Garapuí tem mais influência das ondas. Segundo Mann *et al.* (2022), a cimentação é mais pronunciada em ambientes turbulentos rasos, onde os grãos estão repetidamente em contato com água do mar supersaturada, do que em sedimentos mais antigos, porém sem contato contínuo com o fluxo de água do mar supersaturada. Pedarta,

em contrapartida, está localizada em cima do recife contínuo, o que obstaculiza a ação das ondas, e em uma região de divergência de correntes marinhas (Figura. 3) que prejudicam o transporte e o retrabalhamento de sedimentos.

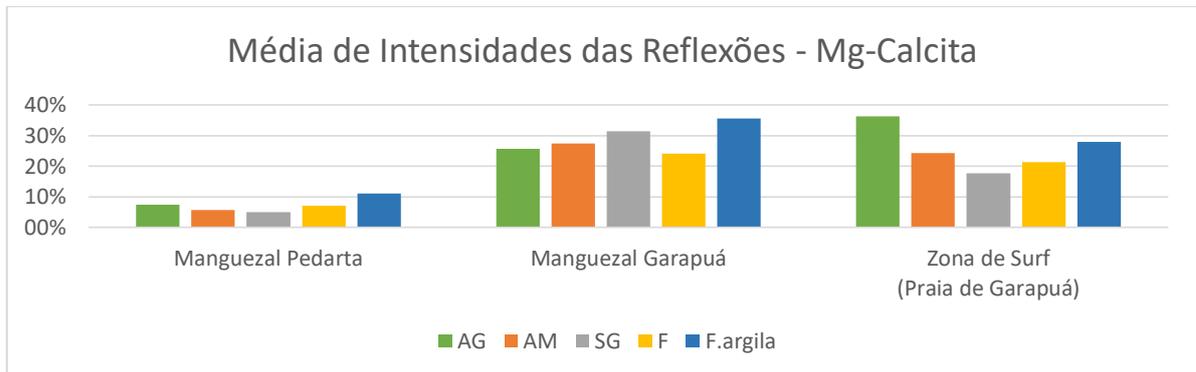


Figura 4-1 -Média das intensidades das reflexões da difração de raios-x do mineral Mg-Calcita em Pedarta, Garapuí e nas duas localidades nas frações Total, Areia Muito Grossa e Grossa (AG), Areia Média/Fina (AM), Areia Muito Fina e Silte Grosso (ASG), Fração de Fundo (F) e Fração Argila (F. Argila).

Inicialmente, a partir da análise química realizada por microsonda eletrônica (WDS), obtivemos os valores de peso percentual de cada óxido. O resultado final consiste na determinação das proporções moleculares dos óxidos refletidas na fórmula química da série sólida de carbonatos de Fe-Mn-Mg-Ca,  $\text{FeMnMgCa}(\text{CO}_3)_2$ . Geralmente, a composição química é expressa em relação às composições dos membros finais (Klein & Dutrow, 2009). No caso dos carbonatos, esses membros finais incluem  $\text{MgCO}_3$  (magnesita),  $\text{CaCO}_3$  (calcita),  $\text{MnCO}_3$  (rodocrosita) e  $\text{FeCO}_3$  (siderita) e, devido a semelhanças cristalinas, os membros finais são capazes de formar soluções sólidas (Mücke, 2006).

Conforme discutido por Mann *et al.* (2022) em sua pesquisa acerca de Halimedes na ilha Pulau Panambungan, situada no arquipélago de Spermonde, Indonésia, foram delineados intervalos de % Mol de Mg para diferentes modalidades de cimentação a partir de análises de ponto (spot) por EDS. Esses parâmetros englobam a calcita equante de alto Mg (3,9 a 7,2 Mol% Mg), calcita laminada de baixo Mg (0,4 a 1,0 Mol% Mg) e calcita micrítica de baixo Mg (3,2 a 3,3 Mol% Mg).

Mann *et al.* (2022) destacam que a precipitação desses cimentos de calcita de alto Mg está associada à interação de parâmetros inorgânicos no ambiente freático marinho raso. A formação de cimento de calcita de alto Mg e aragonita fibrosa é predominantemente conduzida por processos abióticos, influenciados pela química da água dos poros, cinética e taxas de fornecimento de íons carbonato. Em contraponto, a

origem dos cimentos de calcita de baixo Mg laminados e minicríticos é atribuída à degradação da matéria orgânica e à redução microbiana do sulfato.

A amostra 5331, localizada em Pedarta, não apresentou valores de Mg em seus pontos que caracterizassem uma composição Mg-Calcítica (descrição e exemplificação do cálculo – ANEXO I) (Tabela 4-3). Conforme a Figura 4-1, as intensidades de reflexão da Mg-Calcita em Pedarta são menores do que em Garapuá. Isso se deve ao regime de energia a que Pedarta está sujeita, com baixa influência da energia das ondas, sem a formação de um ambiente turbulento raso propício à formação do cimento Mg-calcítico (Mann *et al.*, 2022).

Tabela 4-3 - Amostra 5331: Tabela com % e peso dos óxidos FeO, MnO, MgO e CaO obtidos por WDS; Valor do erro percentual da aquisição; Cálculos da porcentagem das fases FeCO<sub>3</sub>; MnCO<sub>3</sub>; MgCO<sub>3</sub> e CaCO<sub>3</sub> da fórmula química da série sólida de carbonatos FeMnMgCa(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>; e porcentagem molecular (%Mol) dos elementos Fe, Mn, Mg, Ca e C. CV = Coeficiente de variação Cálculos detalhados no ANEXO 2.

Pontos	5331_F1_Na_1	5331_B3_2	5331_D7_1
FeO	0.021	0.031	0.068
MnO	0	0.013	0
MgO	0.164	0.121	0.099
CaO	48.458	46.011	45.193
CO <sub>2</sub>	38.220	36.267	35.616
Total	86.863	82.443	80.976
%CV	15.1%	21.3%	23.5%
% FeCO <sub>3</sub>	0.03%	0.05%	0.12%
% MnCO <sub>3</sub>	0.00%	0.02%	0.00%
% MgCO <sub>3</sub>	0.47%	0.36%	0.30%
% CaCO <sub>3</sub>	99.50%	99.56%	99.58%
% Mol Fe	0.0%	0.1%	0.1%
% Mol Mn	0.0%	0.0%	0.0%
% Mol Mg	0.1%	0.1%	0.1%
% Mol Ca	63.6%	63.6%	63.5%
% Mol C	5.7%	5.7%	5.7%
% Mol O	30.5%	30.5%	30.5%

Por outro lado, a análise de WDS com microsonda eletrônica demonstrou que os pontos 5336\_I9\_3, 5336\_M5\_1 e 5336\_L9\_1 (Figuras 4-3, 4-2 e 4-4) da amostra 5336, localizada na Zona de Surf da praia de Garapuá, apresentam teores de Mg de 3,8 Mol%, 3,7 Mol% e 3,8 Mol%, respectivamente, próximos do limite inferior de alta Mg-Calcita encontrado por Mann *et al.* (2022) (Tabela 4-4). Garapuá, devido à sua morfologia e descontinuidade do recife, está mais sujeito à ação das ondas, que retrabalham o sedimento, formando um ambiente "turbulento raso" que, segundo Mann *et al.* (2022), favorece a formação do cimento Mg-calcítico.

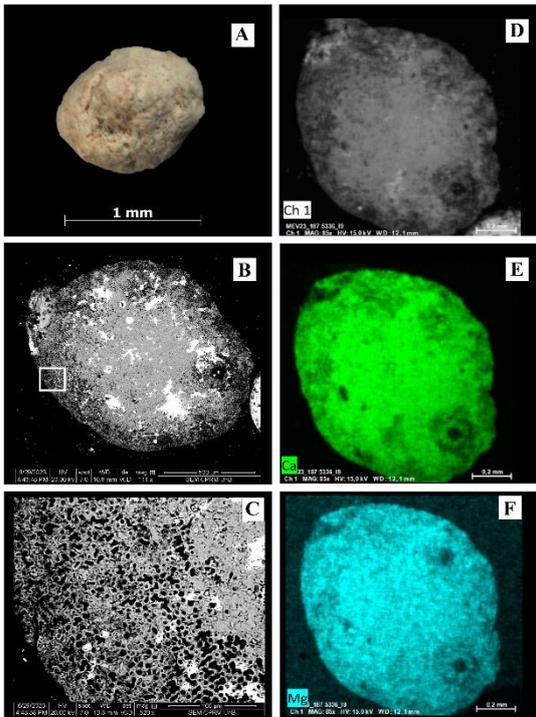


Figura 4-3 - Amostra 5336 I9: A – Fotografia sob lupa binocular de bioclasto carbonático; D e B – Imagem de MEV do bioclasto em A; C – Detalhe da imagem B que destaca a porosidade do bioclasto; E e F – Imagem de MEV destacando os elementos componentes do bioclasto (Ca e Mg).

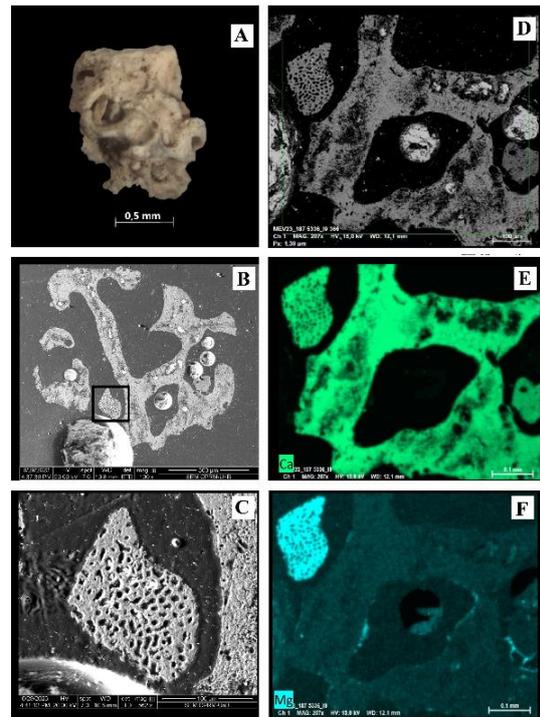


Figura 4-2 - Amostra 5336 M5: A – Fotografia sob lupa binocular de bioclasto carbonático; D e B – Imagem de MEV do bioclasto em A; C – Detalhe da imagem B que destaca a porosidade do bioclasto; E e F – Imagem de MEV destacando os elementos componentes do bioclasto (Ca e Mg).

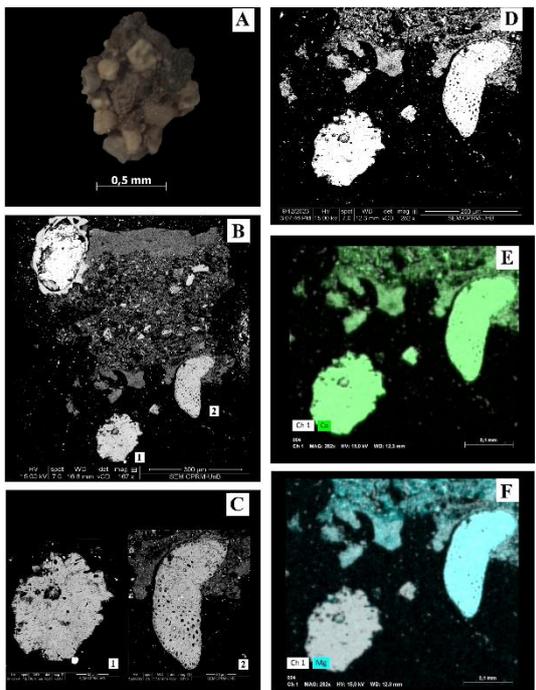


Figura 4-4 - Amostra 5336 L9: Fotografia sob lupa binocular de bioclasto carbonático; D e B – Imagem de MEV do bioclasto em A; C – Detalhe da imagem B que destaca a porosidade do bioclasto; E e F – Imagem de MEV destacando os elementos componentes do bioclasto Mg-Calcítico e do bioclasto apenas Calcítico.

Tabela 4-4 - Amostra 5336: Tabela com % e peso dos óxidos FeO, MnO, MgO e CaO obtidos por WDS; Valor do erro percentual da aquisição; Cálculos da porcentagem das fases FeCO<sub>3</sub>; MnCO<sub>3</sub>; MgCO<sub>3</sub> e CaCO<sub>3</sub> da fórmula química da série sólida de carbonatos FeMnMgCa(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>; e porcentagem molecular (%Mol) dos elementos Fe, Mn, Mg, Ca e C. CV = Coeficiente de variação. Cálculos detalhados no ANEXO 2.

Pontos	5336_M5_3	5336_N9_3	5336_L9_2	5336_I9_3	5336_I9_3.1	5336_I9_3.2	5336_M5_1	5336_L9_1
FeO	0.024	0.042	0.087	0.011	0.078	0.037	0.6	0.299
MnO	0	0	0.061	0.025	0.031	0	0.001	0.047
MgO	0.175	0.095	0.187	5.907	6.112	5.772	5.293	6.012
CaO	47.735	44.721	58.228	43.897	49.538	44.45	41.022	46.14
CO <sub>2</sub>	37.667	35.225	45.991	40.920	45.616	41.207	38.340	42.985
Total	85.601	80.083	104.554	90.760	101.375	91.466	85.256	95.483
%CV	16.8%	24.9%	4.4%	10.2%	1.4%	9.3%	17.3%	4.7%
% FeCO <sub>3</sub>	0.04%	0.07%	0.12%	0.02%	0.10%	0.05%	0.96%	0.43%
% MnCO <sub>3</sub>	0.00%	0.00%	0.08%	0.04%	0.04%	0.00%	0.00%	0.07%
% MgCO <sub>3</sub>	0.51%	0.29%	0.44%	<b>15.76%</b>	<b>14.63%</b>	<b>15.30%</b>	<b>15.08%</b>	<b>15.27%</b>
% CaCO <sub>3</sub>	99.45%	99.63%	99.36%	84.18%	85.22%	84.65%	83.97%	84.24%
% Mol Fe	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.1%	0.1%	1.3%	0.6%
% Mol Mn	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%
% Mol Mg	0.1%	0.1%	0.1%	<b>3.9%</b>	<b>3.6%</b>	<b>3.8%</b>	<b>3.7%</b>	<b>3.8%</b>
% Mol Ca	63.6%	63.6%	63.4%	57.3%	57.7%	57.5%	56.7%	57.1%
% Mol C	5.7%	5.7%	5.7%	6.1%	6.1%	6.1%	6.1%	6.1%
% Mol O	30.5%	30.5%	30.5%	32.6%	32.4%	32.5%	32.3%	32.4%

## 5 CONCLUSÕES

Este trabalho apresenta informações inéditas sobre os sedimentos de superfície dos manguezais de Pedarta e Garapuá e da zona de surf de Garapuá. Essas informações contribuem tanto para análises de aspectos ambientais como para a elaboração de modelos de deposição em áreas de manguezais associados a recifes.

Para o planejamento da ocupação e controle de áreas litorâneas, é indispensável o conhecimento das propriedades físico-químicas, como, por exemplo, o potencial de dissolução de espécies carbonáticas – calcita, aragonita e Mg-calcita – indicadas pela composição mineral dos sedimentos.

O conhecimento da composição mineral e da sua distribuição segundo a granulometria e fácies sedimentares atuais contribui para futuras proposições de modelos deposicionais visando interpretações paleoambientais. As contribuições deste trabalho são sintetizadas a seguir:

1. Ao contrário do conceito geralmente aceito de que o manguezal se caracteriza por sedimentos finos e acúmulo de matéria orgânica, esta pesquisa mostra a predominância de fácies arenosas, o baixo conteúdo de lamas e deficiência de matéria orgânica. Nas áreas estudadas, predominam as areias, constituídas por cerca de 80% de bioclastos, predominantemente da alga verde do gênero *Halimeda*.

2. Pela análise granulométrica, as amostras de Pedarta são classificadas como pobremente selecionadas, enquanto Garapuá tem 45% nessa categoria. Essa variação na distribuição granulométrica é moldada pela dinâmica das águas, com Garapuá sendo predominantemente influenciado pelas ondas devido à descontinuidade do recife, enquanto em Pedarta, com um recife contínuo, a influência é conduzida pelos fluxos de maré, ambas as localidades moldadas pela morfologia do substrato litorâneo.

3. A composição mineral, definida por difração de raios-X, mostra a predominância da Aragonita na amostra total e na fração areia. Nesta, a composição aragonítica é justificada pelo conteúdo de *Halimeda*. Na fração silte e argila (lama carbonática), a aragonita é constituinte maior e, da mesma forma que a Mg-calcita, é atribuída a processos biogeoquímicos de formação do cimento carbonático.

4. Em análises WDS por Microsonda Eletrônica, foi determinado o percentual de Mg, identificado como cimento Mg-calcítico em bioclastos atribuídos à Halimeda, sendo mais comum nas amostras de Garapuá. Isso ocorre devido à ação das ondas, favorecida pela morfologia e descontinuidade do recife, criando condições propícias à formação deste cimento.

5. A análise do cimento Mg-Calcítico em bioclastos interpretados como Halimeda foi enquadrada como cimento Mg-calcítico de alto Mg em Garapuá, enquanto em Pedarta foi enquadrada como cimento de baixo Mg. Essas características ressaltam a significativa contribuição dos ambientes turbulentos rasos (Garapuá) para a formação desses cimentos.

Para concluir, este estudo representa uma contribuição significativa para o reconhecimento das fácies de manguezais em paleoambientes, evidenciando as relações entre granulometria, dinâmica das águas litorâneas e a composição mineral, uma abordagem até então inédita na Ilha de Tinharé.

## 6 REFERÊNCIAS

- Alexandersson, E. T., & Milliman, J. D. (1981). Intragranular Mg-calcite cement in Halimeda plates from the Brazilian continental shelf. *Journal of Sedimentary Research*, 51(4), 1309–1314.
- Alves, D. B. (1987). Development of the methodology of sample preparation to X-ray diffractometry of clay minerals at Petrobras Research Center. *Boletim de Geociencias da Petrobras*, 1(2), 157–175.
- Alves, J. R. P. (2001). *Manguezais: Educar para proteger*. Rio de Janeiro: Femar: Semads, 96.
- Andrade, J. B. de, & Hatje, V. (2009). *Baía de Todos os Santos: Aspectos oceanográficos*. Edufba.  
<https://repositorio.ufba.br/bitstream/ufba/187/3/Baia%20de%20todos%20os%20santos.pdf>
- Bandeira-Pedrosa, M. E., Pereira, S., & Oliveira, E. C. (2004). Taxonomy and distribution of the green algal genus Halimeda (Bryopsidales, Chlorophyta) in Brazil. *Brazilian Journal of Botany*, 27, 363–377.

- Barbosa, J. S. F., Mascarenhas, J. F., Correa-Gomes, L. C., Dominguez, L. M., & Santos de Souza, J. (2012). *Geologia da Bahia: Pesquisa e atualização*. Série Publicações Especiais, 13.
- Bathurst, R. G. (1972). *Carbonate sediments and their diagenesis*. Elsevier. <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=fzLhFnI42WsC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Carbonate+sediments+and+their+diagenesis&ots=BKJrBPNRMk&sig=IVIyfi2rpNpB81094vqLIosIVLY>
- Bialik, O. M., Sisma-Ventura, G., Vogt-Vincent, N., Silverman, J., & Katz, T. (2022). Role of oceanic abiotic carbonate precipitation in future atmospheric CO<sub>2</sub> regulation. *Scientific reports*, 12(1), 15970.
- Bittencourt, A. C. da S. P., DOMINGUEZ, J., LANDIM, M., MARTIN, L., & SILVA, I. R. (2000). Patterns of sediment dispersion coastwise the State of Bahia-Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 72, 271–287.
- Bittencourt, A. C. da S. P., Dominguez, J. M. L., Martin, L., & Silva, I. R. (2005). Longshore transport on the northeastern Brazilian coast and implications to the location of large scale accumulative and erosive zones: An overview. *Marine Geology*, 219(4), 219–234.
- Bittencourt, A. C. da S. P., Ferreira, Y. de A., & Napoli, E. D. (1976). Alguns Aspectos da Sedimentação na Baía de Todos os Santos, Bahia. *Revista Brasileira de Geociências Volume*, 6, 247.
- Bittencourt, A., Martin, L., Vilas Boas, G. da S., & Flexor, J. M. (1979). Quaternary marine formations of the coast of the State of Bahia (Brazil). *Proceedings of the 1978 International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary*. São Paulo:[sn], 232–253. <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:41922>
- Boggs Jr, S. (2012). *Principles of sedimentation and stratigraphy*. Prentice Hall, New Jersey.
- Borowitzka, M. A., & Larkum, A. W. D. (1977). CALCIFICATION IN THE GREEN ALGA HALIMEDA. I. AN ULTRASTRUCTURE STUDY OF THALLUS

- DEVELOPMENT 1. *Journal of Phycology*, 13(1), 6–16.  
<https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.1977.tb02879.x>
- Broadgate, W., Riebesell, U., Armstrong, C., Brewer, P., Denman, K., Feely, R., Gao, K., Gattuso, J.-P., Isensee, K., & Kleypas, J. (2013). Ocean acidification summary for policymakers—Third Symposium on the ocean in a high-CO<sub>2</sub> world. <https://oceanrep.geomar.de/id/eprint/22813>
- Camargo, P. M. P. (2016). Evolução dos pântanos da região central da península de Bragança-PA de acordo com as mudanças do nível relativo do mar durante o holoceno. <https://repositorio.ufpa.br/handle/2011/8947>
- Convênio CONDER, CRA, CPRM. (1995). Projeto Ilhas de Tinharé e Boipeba. Área de Proteção Ambiental. Etapa I-Diagnóstico Ambiental. Volume II-Estudos do Meio Físico. CPRM.  
[http://rigeo.sgb.gov.br/bitstream/doc/8528/10/tinhare\\_boipeba\\_planimetrico\\_2017.pdf](http://rigeo.sgb.gov.br/bitstream/doc/8528/10/tinhare_boipeba_planimetrico_2017.pdf)
- Corrêa-Gomes, L. C., Dominguez, J. M. L., Barbosa, J. S. F., & Silva, I. C. da. (2005). Padrões de orientação dos campos de tensão, estruturas, herança do embasamento e evolução tectônica das bacias de Camamú e porção sul do Recôncavo, Costa do Dendê, Bahia. <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/2563>
- CPRM, S. G. do B. (2010). Carta geológica do Brasil ao milionésimo. Brasília, Brazil.
- Dantas-Ba, C. (2017). PLANO TERRITORIAL DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E SOLIDÁRIO–PTDSS. [https://www.seplan.ba.gov.br/wp-content/uploads/PTDSS\\_NE\\_2\\_280917.pdf](https://www.seplan.ba.gov.br/wp-content/uploads/PTDSS_NE_2_280917.pdf)
- De Camargo, M. G. (2006). SysGran: Um sistema de código aberto para análises granulométricas do sedimento. *Revista Brasileira de Geociências*, 36(2), 371–378.
- Debenay, J.-P., André, J.-P., & Lesourd, M. (1999). Production of lime mud by breakdown of foraminiferal tests. *Marine Geology*, 157(3–4), 159–170.
- Dominguez, J. L., Bittencourt, A. C. da S. P., & Martin, L. (1992). Controls on Quaternary coastal evolution of the east-northeastern coast of Brazil: Roles of sea-level history, trade winds and climate. *Sedimentary Geology*, 80(3–4), 213–232.

- Duke, N. C., Meynecke, J. O., Dittmann, S., Ellison, A. M., Anger, K., Berger, U., Cannicci, S., et al. 2007. A world without mangroves? *Science*, 317: 41-42.
- Einsele, G. (2000). *Sedimentary basins: Evolution, facies, and sediment budget*. [https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=-N3nidyNoJUC&oi=fnd&pg=PA3&dq=einsele+2000&ots=eU2sv0KDII&sig=K\\_2YWk-xH8zVbbTJRgMZC11tLoI](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=-N3nidyNoJUC&oi=fnd&pg=PA3&dq=einsele+2000&ots=eU2sv0KDII&sig=K_2YWk-xH8zVbbTJRgMZC11tLoI)
- Elliff, C. I. (2017). *Serviços Ecológicos Prestados por Recifes de Coral nas Ilhas de Tinharé e Boipeba, Baixo Sul da Bahia, Brasil*. <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/21543>
- Esquivel, M. S. (2016). *A Zona Costeira dos Municípios do Litoral Norte e Entorno da Baía de Todos Os Santos–Estado Da Bahia: Implicações para a Gestão Ambiental*. <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/21573>
- Folk, R. L., & Ward, W. C. (1957). Brazos River bar [Texas]; a study in the significance of grain size parameters. *Journal of sedimentary research*, 27(1), 3–26.
- Formoso, M. L. (1984). Difratometria de raios X. Técnicas analíticas instrumentais aplicadas à geologia, 1–43. <https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=8003776>
- Freire, A. F. M., & Dominguez, J. M. L. (2006). A sequência holocênica da plataforma continental central do Estado da Bahia. *Bolm Geociênc. Petrobrás*, 14(2), 247–267.
- Freitas, L. M. B. (2002). *Caracterização geoambiental e sensibilidade da linha com ênfase nas praias da Costa do Dendê–BA, utilizando um Sistema de Informações Geográficas (SIG)*. Monografia (Curso de Geologia)-Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia.
- Gomes, M., Guimarães, E., & Costa, P. (2023). *Caracterização granulométrica e mineralógica de sedimentos de manguezais da Ilha de Tinharé, Bahia, Brasil: uma contribuição ao manejo ambiental e à elaboração de modelo deposicional*. Manuscrito submetido.

- Hadlich, G. M., Ucha, J. M., & OLIVEIRA, T. de. (2009). Distribuição de apicuns e de manguezais na Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. Proceedings of XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 4607–4614.
- Hardie, L. A. (1996). Secular variation in seawater chemistry: An explanation for the coupled secular variation in the mineralogies of marine limestones and potash evaporites over the past 600 my. *Geology*, 24(3), 279–283.
- Hillis-Colinvaux, L. (1980). Ecology and taxonomy of Halimeda: Primary producer of coral reefs. Em *Advances in marine biology* (Vol. 17, p. 1–327). Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S006528810860303X>
- IBGE. (2022). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022). Desocupação fica em 5,3% em dezembro e fecha 2010 numa média de 6,7.
- Kaiser, M. J., Attrill, M. J., Jennings, S., Thomas, D. N., Barnes, D. K. A., Brierley, A. S., Polunin, N. V. C., et al. 2005. *Marine ecology: processes, systems, and impacts*, Oxford University Press, Oxford, 557 pp.
- Kikuchi, R. K., Oliveira, M. D., Leao, Z. M., Silva, R. M., & Martins, P. M. (2008). The Tinhare-Boipeba-Camamu reefs, Bahia, Brazil; Os recifes de Tinhare-Boipeba-Camamu, Bahia, Brasil. <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/21219451>
- Klein, C., & Dutrow, B. (2009). *Manual de ciência dos minerais*. Bookman Editora. <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=kAuK3MAABLQC&oi=fnd&pg=PR7&dq=mineralogia+klein&ots=BRXS7AtUUG&sig=hN61SFMkbIqKWZmzID2GR0X9-aE>
- Kleypas, J. A., Feely, R. A., Fabry, V. J., Langdon, C., Sabine, C. L., & Robbins, L. L. (2005). Impacts of ocean acidification on coral reefs and other marine calcifiers: A guide for future research. Report of a workshop held, 18(2005), 20. [https://www.researchgate.net/profile/Joan-Kleypas/publication/248700866\\_Impacts\\_of\\_Ocean\\_Acidification\\_on\\_Coral\\_Reefs\\_and\\_Other\\_Marine\\_Calcifiers\\_A\\_Guide\\_for\\_Future\\_Research/links/54b577eb0cf2318f0f998b54/Impacts-of-Ocean-Acidification-on-Coral-Reefs-and-Other-Marine-Calcifiers-A-Guide-for-Future-Research.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Joan-Kleypas/publication/248700866_Impacts_of_Ocean_Acidification_on_Coral_Reefs_and_Other_Marine_Calcifiers_A_Guide_for_Future_Research/links/54b577eb0cf2318f0f998b54/Impacts-of-Ocean-Acidification-on-Coral-Reefs-and-Other-Marine-Calcifiers-A-Guide-for-Future-Research.pdf)



- Lima, S. F. B., Lima, B. V., Abreu, E. C., Oliveira, G. S. P., Lucena, R. A., Mendonça, L. M. de C., Prata, J., & Souza, J. W. S. (2019). First inventory of benthic mollusks associated with the reef ecosystems of Morro de São Paulo on Tinharé Island in northeastern Brazil. *Biota Neotropica*, 19, e20190745.
- Lowenstam, H. A., & Epstein, S. (1957). On the Origin of Sedimentary Aragonite Needles of the Great Bahama Bank. *The Journal of Geology*, 65(4), 364–375. <https://doi.org/10.1086/626439>
- Macedo, M. H. F. (1977). Estudos Sedimentológicos da BTS. 1977. Salvador, Bahia, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia [PhD Thesis]. Dissertação de Mestrado.
- Mackenzie, F. T., & Pigott, J. D. (1981). Tectonic controls of Phanerozoic sedimentary rock cycling. *Journal of the Geological Society*, 138(2), 183–196. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.138.2.0183>
- Magalhães, A., Da Costa, R. M., Da Silva, R. and Pereira, L. C. C. 2007. The role of women in the mangrove crab (*Ucides cordatus*, Ocypodidae) production process in North Brazil (Amazon region, Pará). *Ecological Economics*, 61: 559-565.
- Mann, T., Wizemann, A., Stuhr, M., Kappelmann, Y., Janßen, A., Jompa, J., & Westphal, H. (2022). Shallow-marine carbonate cementation in Holocene segments of the calcifying green alga *Halimeda*. *Sedimentology*, 69(1), 282–300. <https://doi.org/10.1111/sed.12927>
- Martin, L., Bittencourt, A. C., Dominguez, J. M., Flexor, J.-M., & de Azevedo, A. E. (1985). Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Revista Brasileira de Geociências*, 15(4), 273–286.
- Martin, L., Bittencourt, A., Vilas Boas, G. S., & Flexor, J. M. (1980). Mapa geológico do Quaternário costeiro do Estado da Bahia-1: 250 000-Texto Explicativo. Salvador: Secretaria das Minas e Energia/coordenação da produção mineral.

- Martin, L., Dominguez, J. M., & Bittencourt, A. C. (2003). Fluctuating Holocene sea levels in eastern and southeastern Brazil: Evidence from multiple fossil and geometric indicators. *Journal of Coastal Research*, 101–124.
- Martin, T. S., Olds, A. D., Pitt, K. A., Johnston, A. B., Butler, I. R., Maxwell, P. S., & Connolly, R. M. (2015). Effective protection of fish on inshore coral reefs depends on the scale of mangrove-reef connectivity. *Marine Ecology Progress Series*, 527, 157–165.
- Milliman, J. D., Freile, D., Steinen, R. P., & Wilber, R. J. (1993). Great Bahama Bank aragonitic muds; mostly inorganically precipitated, mostly exported. *Journal of Sedimentary Research*, 63(4), 589–595.
- Mücke, A. (2006). Chamosite, siderite and the environmental conditions of their formation in chamosite-type Phanerozoic ooidal ironstones. *Ore Geology Reviews*, 28(2), 235–249.
- Multer, H. G. (1988). Growth rate, ultrastructure and sediment contribution of *Halimeda incrassata* and *Halimeda monile*, Nonsuch and Falmouth Bays, Antigua, WI. *Coral Reefs*, 6, 179–186.
- Neumann, A. C., & Land, L. S. (1975). Lime mud deposition and calcareous algae in the Bight of Abaco, Bahamas; a budget. *Journal of Sedimentary Research*, 45(4), 763–786.
- Nogueira, Viana, & Santos. (2023). Acidificação oceânica: Uma questão negligenciada | *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*.  
<https://periodicos.univali.br/index.php/bjast/article/view/18505>
- Oliveira, O. M. C. de, Queiroz, A. F. de S., Argôlo, J. L., Roeser, H. M. P., & Rocha, S. R. S. (2002). Estudo mineralógico do sedimento de manguezal da baía de Camamu-Ba. *Rem: Revista Escola de Minas*, 55, 147–151.  
<https://doi.org/10.1590/S0370-44672002000200013>
- Paixão, J. F., de Oliveira, O. M., Dominguez, J. M., dos Santos Almeida, E., Carvalho, G. C., & Magalhães, W. F. (2011). Integrated assessment of mangrove sediments

- in the Camamu Bay (Bahia, Brazil). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74(3), 403–415.
- Perkins, R. D., McKenzie, M. D., & Blackwelder, P. L. (1972). Aragonite Crystals within Codiacean Algae: Distinctive Morphology and Sedimentary Implications. *Science*, 175(4022), 624–626. <https://doi.org/10.1126/science.175.4022.624>
- Poggio, C. de A., Dominguez, J. M. L., Junior, P. de O. M., & Alves, O. F. de S. (2019). Caracterização Biofaciológica Dos Sedimentos Da Baía De Todos Os Santos, Brasil. *Geosciences = Geociências*, 38(1), Artigo 1. <https://doi.org/10.5016/geociencias.v38i1.13049>
- Pomar, L., Brandano, M., & Westphal, H. (2004). Environmental factors influencing skeletal grain sediment associations: A critical review of Miocene examples from the western Mediterranean. *Sedimentology*, 51(3), 627–651. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.2004.00640.x>
- Reading, H. G. (2009). *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*. John Wiley & Sons.
- Rebouças, R. C. (2006). Biografia das areias da Costa do Dendê: Um estudo da composição das areias de praia entre os Rios Jequiriçá e Tijuípe. <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/23443>
- Rebouças, R. C., Dominguez, J. M. L., & Bittencourt, A. C. da S. P. (2011). Provenance, transport and composition of Dendê Coast beach sands in Bahia, central coast of Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 59, 339–347.
- Ries, J. B., Cohen, A. L., & McCorkle, D. C. (2009). Marine calcifiers exhibit mixed responses to CO<sub>2</sub>-induced ocean acidification. *Geology*, 37(12), 1131–1134. <https://doi.org/10.1130/G30210A.1>
- Ronnback, P. 1999. The ecological basis for economic value of seafood production supported by mangrove ecosystems. *Ecological Economics*, 29: 235-252.
- Sandberg, P. A. (1983). An oscillating trend in Phanerozoic non-skeletal carbonate mineralogy. *Nature*, 305(5929), Artigo 5929. <https://doi.org/10.1038/305019a0>

- Santos, G., & Nunes, J. M. (2015). O gênero *Halimeda* (Bryopsidales, Chlorophyta) no litoral do estado da Bahia, Brasil. *Sitientibus série Ciências Biológicas*, 15. [https://www.researchgate.net/profile/Gabriel-Do-Nascimento-Santos-2/publication/277330974\\_O\\_genero\\_Halimeda\\_Bryopsidales\\_Chlorophyta\\_no\\_litoral\\_do\\_estado\\_da\\_Bahia\\_Brasil/links/5568a98708aeab777220f988/O-genero-Halimeda-Bryopsidales-Chlorophyta-no-litoral-do-estado-da-Bahia-Brasil.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Gabriel-Do-Nascimento-Santos-2/publication/277330974_O_genero_Halimeda_Bryopsidales_Chlorophyta_no_litoral_do_estado_da_Bahia_Brasil/links/5568a98708aeab777220f988/O-genero-Halimeda-Bryopsidales-Chlorophyta-no-litoral-do-estado-da-Bahia-Brasil.pdf)
- Schmitt, K., Albers, T., Pham, T. T., & Dinh, S. C. (2013). Site-specific and integrated adaptation to climate change in the coastal mangrove zone of Soc Trang Province, Viet Nam. *Journal of Coastal Conservation*, 17(3), 545–558. <https://doi.org/10.1007/s11852-013-0253-4>
- Scholle, P. A., & Scholle, D. S. (2003). A color guide to the petrography of carbonate rocks: Grains, textures, porosity, diagenesis, AAPG Memoir 77 (Vol. 77). AAPG. [https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=QK4a\\_00PTMcC&oi=fnd&pg=PA15&dq=scholle+2003&ots=FpLJH0gixy&sig=6RhHdKXXD6Adx3HJgzez0\\_ePBPo](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=QK4a_00PTMcC&oi=fnd&pg=PA15&dq=scholle+2003&ots=FpLJH0gixy&sig=6RhHdKXXD6Adx3HJgzez0_ePBPo)
- SecultBA. (c2023). Divisão Territorial da Bahia—SecultBA - Secretaria de Cultura - Governo do Estado da Bahia. Secretaria de Cultura. <http://www.cultura.ba.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=314>
- SEI, S. de E. E. e S. da B. (1999). *Diagnóstico ambiental: Litoral sul da Bahia*. Salvador: SEI.
- Sellwood, B. W. (1986). Shallow-marine carbonate environments. Em *Sedimentary environments and facies* (p. 283–342). Blackwell Oxford.
- Silva, I. R., & Silva, S. B. de M. e. (2007). Caracterização geo-ambiental e de ocupação das praias da costa do dendê, litoral sul do estado da Bahia. *Geosul*, 22(44), Artigo 44.
- Stanley, S. M., & Hardie, L. A. (1998). Secular oscillations in the carbonate mineralogy of reef-building and sediment-producing organisms driven by tectonically forced shifts in seawater chemistry. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 144(1), 3–19. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(98\)00109-6](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(98)00109-6)

- Suguio, K. (1973). Introdução à sedimentologia. <https://repositorio.usp.br/item/003003993>
- Sulpis, O., Agrawal, P., Wolthers, M., Munhoven, G., Walker, M., & Middelburg, J. J. (2022). Aragonite dissolution protects calcite at the seafloor. *Nature Communications*, 13(1), Artigo 1. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-28711-z>
- Tucker, M. E. (1985). Shallow-marine carbonate facies and facies models. *Geological Society, London, Special Publications*, 18(1), 147–169. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1985.018.01.08>
- Tucker, M. E., & Dias-Brito, D. (2017). Petrologia sedimentar carbonática: Iniciação com base no registro geológico do Brasil. Rio Claro, Obra: UNESP-IGCE-Unispetro, 208.
- Walters, B. B., Ronnback, P., Kovacs, J. M., Crona, B., Hussain, S. A., Badola, R., Primavera, J. H., et al. 2008. Ethnobiology, socio-economics and management of mangrove forests: A review. *Aquatic Botany*, 89: 220-236.
- Wilson, J. L. (2012). *Carbonate Facies in Geologic History*. Springer Science & Business Media.



## 7 ANEXO 1 - RESUMO EXPANDIDO

Resumo expandido submetido ao XVII Simpósio de Geologia do Centro Oeste, 2023.

### **CONTROLE DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS SEDIMENTOS NOS MANGUEZAIS GARAPUÁ E PEDARTA, APA DA ILHA DE TINHARÉ, BAHIA**

Mariana da Silva Gomes<sup>1</sup>, Edi Mendes Guimarães<sup>1</sup>, Pâmela Silveira Costa.<sup>1</sup>,

<sup>1</sup> Instituto de Geociências, Universidade de Brasília

E-mail: mariana.gms7@gmail.com;

#### **RESUMO**

Na Ilha de Tinharé, localizada na Costa do Dendê, (litoral Sul da Bahia), manguezais se desenvolvem sobre os recifes em franja, associados a sedimentos atuais. Este trabalho teve por objetivo realizar a caracterização granulométrica destes sedimentos, considerando a influência de ondas e marés. Dois manguezais – Garapuá e Pedarta – foram selecionados para coleta de amostras superficiais (até 10 cm de profundidade), que, após serem secas ao ar, foram separadas em frações granulométricas: Areia Grossa, Areia Média/Fina, Silte Grosso e Amostra de Fundo. Cada fração foi pesada em balança analítica de precisão para o cálculo do seu percentual. Os sedimentos de ambos os manguezais são areias, mas a proporção de cada fração varia entre eles.

De modo geral, as areias de Pedarta têm distribuição granulométrica mais homogênea, com médias de areia grossa e areia média/fina de 35% e 40%, respectivamente, enquanto em Garapuá estes valores são respectivamente 24% e 63%. A diferença na distribuição granulométrica pode ser atribuída ao controle exercido pela dinâmica das águas. Em Pedarta,

os fluxos das marés, sobre o substrato irregular do recife não favorece o selecionamento dos sedimentos. Por outro lado, Garapuá sob o domínio preferencial das ondas, tem a deposição predominantemente das areias média/fina.

**Palavras-Chave:** Análise granulométrica, manguezais, Pedarta, Garapuá.

#### **INTRODUÇÃO**

O estado da Bahia, na região nordeste do país, possui, dentre os estados brasileiros, a maior zona costeira com mais de 1.075 km (IBGE 2021). A geomorfologia dessa área é complexa e possui uma variedade de ambientes costeiros, com fundos lodosos, siltosos e arenosos, algas marinhas, baías protegidas, estuários e ecossistemas de recifes e manguezais (Lima *et al.* 2019). Estes sistemas oferecem uma proteção da linha de costa contra processos erosivos, favorecem a exportação de carbono para outros ecossistemas costeiros e ciclagem de nutrientes (Rönnbäck 1999; Kaiser *et al.* 2005). Além disso, os manguezais desempenham funções ecológicas fundamentais, servindo como habitat durante fases específicas do desenvolvimento ou durante todo o ciclo vital de muitas



espécies ou oferecem habitat para visitantes esporádicos (Rönnbäck 1999; Magalhães *et al.* 2007).

Dadas estas características, a zona costeira da Bahia, particularmente as zonas de manguezais, têm despertado o interesse de pesquisadores para avaliações ambientais (Gonçalves 2010; Gonçalves *et al.* 2022; Silva *et al.* 2009).

Dentre todos os trabalhos publicados sobre os manguezais da região da Costa do Dendê, poucos tratam da natureza – siliciclásticos e bioclásticos - dos sedimentos relacionando-a com a energia do ambiente, com destaque para Rebouças (2006).

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os sedimentos objetos deste trabalho são provenientes de manguezais, desenvolvidos sobre recifes em franja, (Kikuchi *et al.* 2008, Leão *et al.* 2003), localizados na Área de Preservação Ambiental da Ilha de Tinharé (Brasil 1995, Figura 1). A amostragem foi realizada em outubro e dezembro de 2020, pelo professor Ícaro Thiago Andrade Moreira, do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal da Bahia.

Foram coletados sedimentos superficiais (até 10 cm de profundidade) dos manguezais Pedarta e Garapuí, nos períodos de baixa-mar. A coleta foi realizada em 33 estações, sendo 13 no manguezal Pedarta situado na zona inter-maré e as demais 20 amostras no manguezal Garapuí nas zonas inter e sub-maré, sob lâmina d'água de cerca de 50 cm. Após a secagem ao ar, foram separadas as frações granulométricas – Areia Grossa (AG >0,5 mm), Areia Média/Fina (AM >0,125 mm), Silte Grosso (SG >0,045

mm) e Amostra de Fundo (F <0,045 mm, incluindo Silte e Argila) –utilizando-se um conjunto de peneiras com aberturas de malhas de 0,5 mm, 0,125 mm e 0,045. Essas diferentes amostras foram pesadas com balança analítica de precisão, visando o cálculo percentual de cada fração granulométrica.

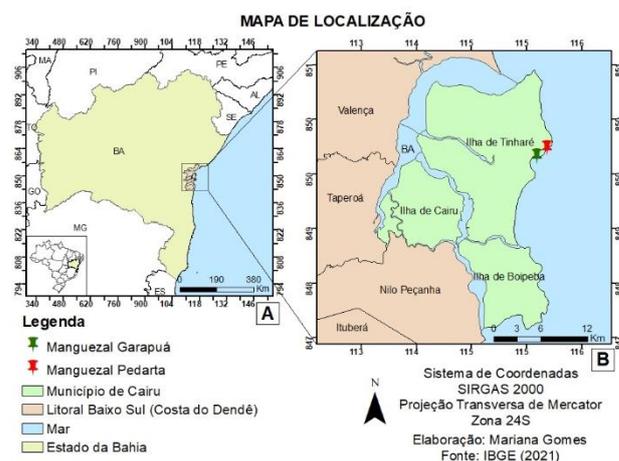


Figura 1. Mapa de localização das amostras dos manguezais Pedarta e Garapuí, objetos de estudo do presente trabalho. Fonte: IBGE, 2021. Imagem A – em rosa, extensão do Litoral Baixo Sul (Costa do Dendê), segundo Rebouças (2006); Imagem B – em verde, Município de Cairu e a localização das áreas de estudo: Manguezal Garapuí e Manguezal Pedarta.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

As Figuras 4 e 5 (ANEXO 1) evidenciam a distribuição granulométrica em peso percentual dos sedimentos superficiais dos manguezais Pedarta e Garapuí, mostrando a predominância da fração areia em ambos. Entretanto, as médias de areia grossa (AG) e areia média/fina (AM) são bastante diferentes nestes manguezais, sendo respectivamente 34,9% e 39,9%, em Pedarta, distintas de Garapuí com valores de 23,9% e 63,2%. As médias das frações mais finas também mostram valores bastante distintos entre os dois manguezais: SG e F, respectivamente de 17,4% e 4,1%,



em Pedarta, enquanto Garapuí apresenta SG e F, respectivamente de 9,8% 1,5%.

Os valores de coeficientes de variação entre amostras de mesma fração granulométrica, também se distinguem entre os manguezais Pedarta e Garapuí. No primeiro, o menor coeficiente de variação (16%) ocorre na fração AM considerada uma variação homogênea, ou seja, pouca variação em relação à média. A maior variação ocorre nas frações SG e F que têm uma dispersão de 39% e 42%, respectivamente. O Manguezal Garapuí apresenta valores maiores de coeficientes de variação que o Manguezal Pedarta, sendo respectivamente 64% e 22% nas frações AG e AM, enquanto as maiores variações encontram-se também no material mais fino – F, 72%.

Segundo o gráfico da média das frações granulométricas (Figura 2), o manguezal Pedarta apresenta maiores contribuições das frações AG, SG e F que o manguezal Garapuí. Ambos apresentam maior contribuição da fração AM na composição granulométrica, sendo que essa contribuição é mais expressiva nas amostras do manguezal Garapuí.

Em Pedarta, as médias de AG (34,9%) e AM (39,9%), com desvio padrão de 9,5% e 6,3%, respectivamente, mostram areias pobremente selecionadas, sustentados por matriz siltica (SG = 17,4% e F = 4,1%), podendo ser consideradas “grauvacas grossa/média”.

Em Garapuí, os sedimentos constituídos de 63,2% de AM, 23,9% de AG, com desvio padrão de 15,3% e 13,6%, respectivamente, além de SG = 9,8% e F = 1,5%, são classificados como areias finas mal

selecionadas, sustentados por grãos com contribuição siltica.

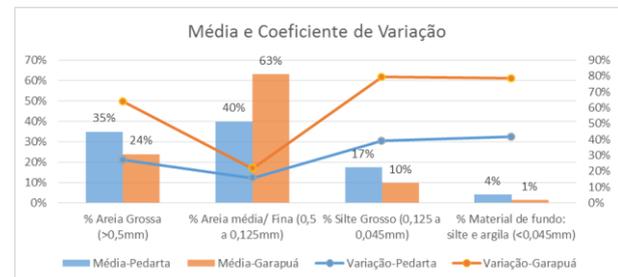


Figura 2. Gráfico da Média (em colunas) e do Coeficiente de Variação (em linhas) da contribuição de diferentes frações nas amostras dos manguezais Pedarta e Garapuí. Os valores destacados correspondem à média das porcentagens de cada fração granulométrica das amostras.

A distribuição dos sedimentos nos mangues Pedarta e Garapuí é condicionada pela dinâmica das águas litorâneas das ondas e dos fluxos de marés. Segundo Freitas (2002 in Rebouças 2011), a região de Garapuí corresponde a uma zona de ondas entre 50 a 100 cm, enquanto mais a norte no litoral em frente a Pedarta, predominam ondas de 100 cm (Figura 3). Entretanto, esta zona é protegida pelos recifes que atenuam a energia das ondas em direção ao continente, deixando o manguezal Pedarta, sob a influência predominante das marés.

Em Pedarta, o fluxo das marés, transportando os sedimentos sobre o fundo irregular dos recifes, é ineficiente para a seleção granulométrica, o que justifica a distribuição relativamente homogênea dos sedimentos. A localização de Garapuí, sob a influência de regime de praia, favorece a ação das ondas, levando à melhor seleção dos sedimentos.

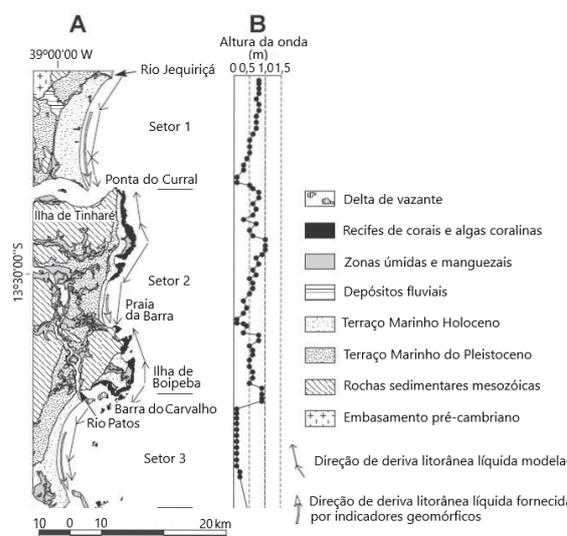


Figura 3. (A) Mapa geológico e transporte de sedimentos litorâneos; (B) Altura média das ondas ao longo da costa. (Modificada de Rebouças 2011).

### CONCLUSÕES/CONSIDERAÇÕES

A distribuição granulométrica dos sedimentos de ambos os manguezais pode ser atribuídos à energia predominantemente de ondas e fluxos de marés. Estes governam a deposição em Pedarta, onde acumulam juntamente os grãos de areia grossa e fina que, por sua vez, aprisionam os sedimentos mais finos. Em Garapuá os sedimentos finos são dispersos pelas ondas, cuja variação de energia é responsável pela distribuição dos grãos de areia segundo a granulometria.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. (1995) Projeto Ilhas de Tinharé e Boipeba, Área de Proteção Ambiental Etapa I. Diagnóstico Ambiental. Salvador: Companhia de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Salvador (CONDER); Centro de Recursos Ambientais (CRA); Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM). v. 2. 149 p.

Freitas, L. M. B. (2002). Caracterização geoambiental e sensibilidade da linha com ênfase nas praias da Costa do Dendê-BA, utilizando um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Monografia (Curso de Geologia)-Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia.

Gonçalves, M. V. P. (2010). Análise de plantas de mangue como bioindicadoras da qualidade ambiental nas Ilhas de Tinharé e Boipeba, município de Cairu, Bahia, Brasil.

Gonçalves, M. V. P., Silva, I. R., Alva, J. C. R., JUNIOR, A., Santos, R. A., & Cruz, M. J. M. (2022). Caracterização biogeoquímica dos bosques de mangue da APA Tinharé-Boipeba, Litoral do Baixo Sul da Bahia (Brasil) Biogeochemical characterization of the mangrove of APA Tinharé-Boipeba, Southern Coast of Bahia (Brazil). *Brazilian Journal of Development*, 8(1), 6378-6401.

IBGE – Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. Anuário Estatístico Do Brasil 2021. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. 474 pv 81. Disponível em <<https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo?id=720&view=detalhes>>. Acesso em: 15 de dezembro de 2022.

Kikuchi, R. K., Oliveira, M. D., Leao, Z. M., Silva, R. M., & Martins, P. M. (2008). The Tinhare-Boipeba-Camamu reefs, Bahia, Brazil; Os recifes de Tinhare-Boipeba-Camamu, Bahia, Brasil. Leão, Z. M. A. N.; Kikuchi, R. K. P.; Testa, V., 2003. Corals and Corals Reefs of Brazil. pp. 9-52. In: J. Cor-tés (Ed.) *Latin American Coral Reefs*. Amsterdam: Elsevier.

Lima, S. F. B., Lima, B. V., Abreu, E. C., Oliveira, G. S. P., Lucena, R. A., Mendonça, L. M. D. C., ... & Souza, J. W. S. (2019). First inventory of benthic mollusks associated with the reef ecosystems of Morro de São Paulo on Tinharé Island in northeastern Brazil. *Biota*



Neotropica, 19, e20190745. Kaiser, M. J., Attrill, M. J., Jennings, S., Thomas, D. N., Barnes, D. K. A., Brierley, A. S., Polunin, N. V. C., *et al.* 2005. Marine ecology: processes, systems, and impacts, Oxford University Press, Oxford, 557 pp.

Magalhães, A., da Costa, R. M., da Silva, R., & Pereira, L. C. C. (2007). The role of women in the mangrove crab (*Ucides cordatus*, Ocypodidae) production process in North Brazil (Amazon region, Pará). *Ecological economics*, 61(2-3), 559-565.

Rebouças, R. C. (2017). Biografia das areias da Costa do Dendê: um estudo da composição das areias de praia entre os rios Jequiriçá e Tijuípe. Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-Graduação em Geologia Costeira e Sedimentar, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

Rebouças, R. C., Dominguez, J. M. L., & Bittencourt, A. C. D. S. P. (2011). Provenance, transport and composition of Dendê Coast beach sands in Bahia, central coast of Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 59, 339-347.

Rönnbäck, P. (1999). The ecological basis for economic value of seafood production supported by mangrove ecosystems. *Ecological economics*, 29(2), 235-252.

Silva, S.G. 2005. O Sistema Rifte Da Bacia De Camamu-Almada – Analogias Com Riftes Africanos Modernos. Dissertação (Mestrado) - Programa De Pós-Graduação De Engenharia Da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.

## 8 ANEXO 2 – QUÍMICA MINERAL

Para calcular a fórmula química da série sólida de carbonatos, é necessário deduzir os dados em porcentagem em peso do CO<sub>2</sub>, que microsonda eletrônica não calcula no caso de amostras metalizadas com carbono. O valor da porcentagem em peso do CO<sub>2</sub> é a soma das diferenças entre a porcentagem de peso (w%) dos membros finais da série sólida de carbonatos e a porcentagem em peso do óxido componente (Tabela Anexo 2.3).

$$w\% \text{ CO}_2 = \Sigma (\text{w\% dos membros finais} - \text{w\% dos óxidos componentes})$$

O valor da porcentagem em peso de cada membro final da série sólida de carbonatos é calculado a partir do quociente do peso molecular do membro final pelo peso molar do elemento componente. Esse quociente é multiplicado pelo valor da porcentagem em peso do elemento componente.

$$w\% \text{ membro final} = (\text{M membro final} / \text{M elemento componente}) * (\text{w\% elemento componente})$$

Para calcular a porcentagem em peso dos elementos que compõem os óxidos, os dados de porcentagem em peso dos óxidos são divididos pelo fator de conversão (peso molecular do óxido dividida pelo peso molar do elemento).

$$w\% \text{ elemento componente} = (\text{w\% óxido componente}) / (\text{M óxido componente} / \text{M elemento componente})$$

Com os dados em porcentagem de peso dos óxidos calculados pelo MEV e com o dado em porcentagem de peso do CO<sub>2</sub> calculado, esses valores são divididos pelos seus pesos moleculares, obtendo-se assim as proporções moleculares.

$$\text{Proporção molecular} = (\text{w\% do óxido componente}) / (\text{M óxido componente})$$

A soma das proporções moleculares divide o número oxigênios da fórmula (FeMnMgCa(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), que são 6, para determinar o fator oxigênio.

$$\text{Fator oxigênio} = 6 / \Sigma (\text{Proporção molecular})$$

A proporção molecular é multiplicada pelo fator de oxigênio resultando na proporção molar dos elementos em relação ao oxigênio na fórmula FeMnMgCa(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.

$$\text{Proporção molar dos elementos} = \text{Fator oxigênio} * \text{Proporção molecular}$$

Para expressar esse resultado em termos de membros finais (MgCO<sub>3</sub> - magnesita, CaCO<sub>3</sub> - calcita, MnCO<sub>3</sub> - rodocrosita e FeCO<sub>3</sub> - siderita), a proporção molar dos elementos é dividida por 2, para ajustar a proporção molar dos elementos na base de 3 oxigênios, e multiplicada por 100 para análise em termos de porcentagem.

$$\%XCO_3 = (\text{Proporção molar dos elementos} / 2) * 100$$

A porcentagem molar (%Mol) de cada elemento foi calculada multiplicando a porcentagem em peso (%w) de cada elemento componente pela massa molar (M) arredondada de cada elemento, dividindo o resultado pela massa molar total e multiplicando por 100.

$$\% \text{ Mol} = (\%w \text{ elemento componente} * M \text{ elemento componente}) / \sum \%w \text{ elemento componente} * 100.$$

A consistência interna dos dados foi calculada a partir do cálculo do desvio padrão relativo/coeficiente de variação (CV), que é uma média de dispersão dos dados em relação à média, foi utilizada a seguinte fórmula para o cálculo:

$$CV = (\text{Desvio Padrão} / \text{Média}) * 100$$

Essa medida expressa a variabilidade percentual dos dados em relação à média. Um CV menor indica uma maior consistência nos dados, enquanto um CV maior sugere uma maior variabilidade. (Tabela Anexo 2.1 e Tabela Anexo 2.2)

Tabela Anexo 2.1 - Amostra 5331: Tabela com % e peso dos óxidos FeO, MnO, MgO e CaO obtidos por WDS; Valor do erro percentual da aquisição; Cálculos da porcentagem das fases FeCO<sub>3</sub>; MnCO<sub>3</sub>; MgCO<sub>3</sub> e CaCO<sub>3</sub> da fórmula química da série sólida de carbonatos FeMnMgCa(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>; e porcentagem molecular (%Mol) dos elementos Fe, Mn, Mg, Ca e C..

Pontos	5331_F1_Na_1	5331_B3_2	5331_D7_1
FeO	0.021	0.031	0.068
MnO	0	0.013	0
MgO	0.164	0.121	0.099
CaO	48.458	46.011	45.193
CO <sub>2</sub>	38.220	36.267	35.616
Total	86.863	82.443	80.976
%CV	15.1%	21.3%	23.5%
% FeCO <sub>3</sub>	0.03%	0.05%	0.12%
% MnCO <sub>3</sub>	0.00%	0.02%	0.00%
% MgCO <sub>3</sub>	0.47%	0.36%	0.30%
% CaCO <sub>3</sub>	99.50%	99.56%	99.58%
% Mol Fe	0.0%	0.1%	0.1%
% Mol Mn	0.0%	0.0%	0.0%
% Mol Mg	0.1%	0.1%	0.1%
% Mol Ca	63.6%	63.6%	63.5%
% Mol C	5.7%	5.7%	5.7%
% Mol O	30.5%	30.5%	30.5%

Tabela Anexo 2.2 - Amostra 5336: Tabela com % e peso dos óxidos FeO, MnO, MgO e CaO obtidos por WDS; Valor do erro percentual da aquisição; Cálculos da porcentagem das fases FeCO<sub>3</sub>; MnCO<sub>3</sub>; MgCO<sub>3</sub> e CaCO<sub>3</sub> da fórmula química da série sólida de carbonatos FeMnMgCa(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>; e porcentagem molecular (%Mol) dos elementos Fe, Mn, Mg, Ca e C.

Pontos	5336_M5_3	5336_N9_3	5336_L9_2	5336_I9_3	5336_I9_3.1	5336_I9_3.2	5336_M5_1	5336_L9_1
FeO	0.024	0.042	0.087	0.011	0.078	0.037	0.6	0.299
MnO	0	0	0.061	0.025	0.031	0	0.001	0.047
MgO	0.175	0.095	0.187	5.907	6.112	5.772	5.293	6.012
CaO	47.735	44.721	58.228	43.897	49.538	44.45	41.022	46.14
CO <sub>2</sub>	37.667	35.225	45.991	40.920	45.616	41.207	38.340	42.985
Total	85.601	80.083	104.554	90.760	101.375	91.466	85.256	95.483
%CV	16.8%	24.9%	4.4%	10.2%	1.4%	9.3%	17.3%	4.7%
% FeCO <sub>3</sub>	0.04%	0.07%	0.12%	0.02%	0.10%	0.05%	0.96%	0.43%
% MnCO <sub>3</sub>	0.00%	0.00%	0.08%	0.04%	0.04%	0.00%	0.00%	0.07%
% MgCO <sub>3</sub>	0.51%	0.29%	0.44%	<b>15.76%</b>	<b>14.63%</b>	<b>15.30%</b>	<b>15.08%</b>	<b>15.27%</b>
% CaCO <sub>3</sub>	99.45%	99.63%	99.36%	84.18%	85.22%	84.65%	83.97%	84.24%
% Mol Fe	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.1%	0.1%	1.3%	0.6%
% Mol Mn	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%
% Mol Mg	0.1%	0.1%	0.1%	<b>3.9%</b>	<b>3.6%</b>	<b>3.8%</b>	<b>3.7%</b>	<b>3.8%</b>
% Mol Ca	63.6%	63.6%	63.4%	57.3%	57.7%	57.5%	56.7%	57.1%
% Mol C	5.7%	5.7%	5.7%	6.1%	6.1%	6.1%	6.1%	6.1%
% Mol O	30.5%	30.5%	30.5%	32.6%	32.4%	32.5%	32.3%	32.4%

Tabela Anexo 2.3 - Tabela de passos do cálculo da proporção molar dos membros finais da fórmula X e da percentagem molar (%Mol) dos elementos dos membros finais a partir de dados de microsonda eletrônica. Cálculos feitos com base no exposto por Klein & Dutrow (2009); Mann *et al.* (2022) e Mücke (2006)

		5331_F1_Na_1	5331_B3_2	5331_D7_1	5336_M5_3	5336_N9_3	5336_L9_2	5336_I9_3	5336_I9_3.1	5336_I9_3.2	5336_M5_1	5336_L9_1
%w dos óxidos componentes	<b>FeO</b>	0.021	0.031	0.068	0.024	0.042	0.087	0.011	0.078	0.037	0.6	0.299
	<b>MnO</b>	0	0.013	0	0	0	0.061	0.025	0.031	0	0.001	0.047
	<b>MgO</b>	0.164	0.121	0.099	0.175	0.095	0.187	5.907	6.112	5.772	5.293	6.012
	<b>CaO</b>	48.458	46.011	45.193	47.735	44.721	58.228	43.897	49.538	44.45	41.022	46.14
%w	<b>CO2</b>	38.22	36.27	35.62	37.67	35.23	45.99	40.92	45.62	41.21	38.34	42.99
	<b>Total</b>	86.86	82.44	80.98	85.60	80.08	104.55	90.76	101.37	91.47	85.26	95.48
%w dos membros finais	<b>FeCO3</b>	0.03	0.05	0.11	0.04	0.07	0.14	0.02	0.13	0.06	0.97	0.48
	<b>MnCO3</b>	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.10	0.04	0.05	0.00	0.00	0.08
	<b>MgCO3</b>	0.34	0.25	0.21	0.37	0.20	0.39	12.36	12.78	12.07	11.07	12.58
	<b>CaCO3</b>	86.49	82.12	80.66	85.20	79.82	103.92	78.35	88.41	79.33	73.21	82.35
%w elemento componente	<b>Fe</b>	0.02	0.02	0.05	0.02	0.03	0.07	0.01	0.06	0.03	0.47	0.23
	<b>Mn</b>	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.05	0.02	0.02	0.00	0.00	0.04
	<b>Mg</b>	0.10	0.07	0.06	0.11	0.06	0.11	3.56	3.69	3.48	3.19	3.63
	<b>Ca</b>	34.63	32.88	32.30	34.12	31.96	41.62	31.37	35.40	31.77	29.32	32.98
	<b>C</b>	10.43	9.90	9.72	10.28	9.61	12.55	11.17	12.45	11.25	10.46	11.73
	<b>O</b>	41.69	39.56	38.85	41.08	38.42	50.16	44.63	49.75	44.94	41.82	46.88
	<b>Total</b>	86.86	82.44	80.98	85.60	80.08	104.55	90.76	101.37	91.47	85.26	95.48
Proporção Molecular	<b>FeO</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
	<b>MnO</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>MgO</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.15	0.14	0.13	0.15
	<b>CaO</b>	0.86	0.82	0.81	0.85	0.80	1.04	0.78	0.88	0.79	0.73	0.82
	<b>CO2</b>	1.74	1.65	1.62	1.71	1.60	2.09	1.86	2.07	1.87	1.74	1.95
	<b>Total</b>	2.61	2.47	2.43	2.57	2.40	3.14	2.79	3.11	2.81	2.61	2.93
FeMnMgCa(CO3)2	<b>Fe</b>	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.000	0.002	0.001	0.019	0.009
	<b>Mn</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001
	<b>Mg</b>	0.009	0.007	0.006	0.010	0.006	0.009	0.315	0.293	0.306	0.302	0.305
	<b>Ca</b>	1.990	1.991	1.992	1.989	1.993	1.987	1.684	1.704	1.693	1.679	1.685
	<b>C</b>	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Fator O	<b>O's = 6</b>	2.302955043	2.4269756	2.47136166	2.336798662	2.498773065	1.91384957	2.150974463	1.929565693	2.135993901	2.29575976	2.047646746
Proporção Molar	<b>% FeCO3</b>	0.03%	0.05%	0.12%	0.04%	0.07%	0.12%	0.02%	0.10%	0.05%	0.96%	0.43%
	<b>% MnCO3</b>	0.00%	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.08%	0.04%	0.04%	0.00%	0.00%	0.07%
	<b>% MgCO3</b>	0.47%	0.36%	0.30%	0.51%	0.29%	0.44%	15.76%	14.63%	15.30%	15.08%	15.27%
	<b>% FeCO4</b>	99.50%	99.56%	99.58%	99.45%	99.63%	99.36%	84.18%	85.22%	84.65%	83.97%	84.24%

	%Mol	5331_F1_Na_1	5331_B3_2	5331_D7_1	5336_M5_3	5336_N9_3	5336_L9_2	5336_I9_3	5336_I9_3.1	5336_I9_3.2	5336_M5_1	5336_L9_1
%w elemento componente	<b>Fe</b>	0.02	0.02	0.05	0.02	0.03	0.07	0.01	0.06	0.03	0.47	0.23
	<b>Mn</b>	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.05	0.02	0.02	0.00	0.00	0.04
	<b>Mg</b>	0.10	0.07	0.06	0.11	0.06	0.11	3.56	3.69	3.48	3.19	3.63
	<b>Ca</b>	34.63	32.88	32.30	34.12	31.96	41.62	31.37	35.40	31.77	29.32	32.98
	<b>C</b>	10.43	9.90	9.72	10.28	9.61	12.55	11.17	12.45	11.25	10.46	11.73
	<b>O</b>	41.69	39.56	38.85	41.08	38.42	50.16	44.63	49.75	44.94	41.82	46.88
	<b>Total</b>	86.86	82.44	80.98	85.60	80.08	104.55	90.76	101.37	91.47	85.26	95.48
	<b>Fe</b>	0.010	0.016	0.036	0.012	0.023	0.036	0.005	0.033	0.018	0.306	0.136
	<b>Mn</b>	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.025	0.012	0.013	0.000	0.000	0.021
	<b>Mg</b>	0.028	0.022	0.018	0.030	0.017	0.026	0.954	0.884	0.925	0.910	0.923
	<b>Ca</b>	15.980	15.987	15.987	15.974	15.996	15.953	13.854	13.998	13.921	13.783	13.842
	<b>C</b>	1.441	1.441	1.440	1.441	1.440	1.440	1.476	1.474	1.475	1.473	1.474
	<b>O</b>	7.678	7.677	7.675	7.679	7.676	7.676	7.868	7.852	7.862	7.848	7.856
	<b>Total</b>	25.137	25.148	25.157	25.136	25.153	25.157	24.170	24.254	24.200	24.319	24.252
% Molar dos elementos	<b>Fe</b>	0.042	0.065	0.145	0.048	0.091	0.144	0.022	0.138	0.073	1.256	0.561
	<b>Mn</b>	0.000	0.027	0.000	0.000	0.000	0.099	0.048	0.054	0.000	0.002	0.086
	<b>Mg</b>	0.110	0.086	0.071	0.119	0.069	0.104	3.948	3.644	3.823	3.743	3.806
	<b>Ca</b>	63.571	63.569	63.549	63.550	63.597	63.414	57.321	57.713	57.522	56.675	57.075
	<b>C</b>	5.732	5.728	5.725	5.733	5.727	5.726	6.109	6.075	6.096	6.055	6.079
	<b>O</b>	30.546	30.526	30.510	30.549	30.517	30.513	32.552	32.376	32.486	32.269	32.393

## 9 ANEXO 3 – DADOS DE DRX

Distinção de fases minerais a partir de difratometria de raios-x.

1. Difratograma de Raios-X.....	76
2. Intensidades de Reflexão .....	77
3. Constituintes das areias de Pedarta e Garapuá.....	82

## 1. Difratoograma de Raios-X

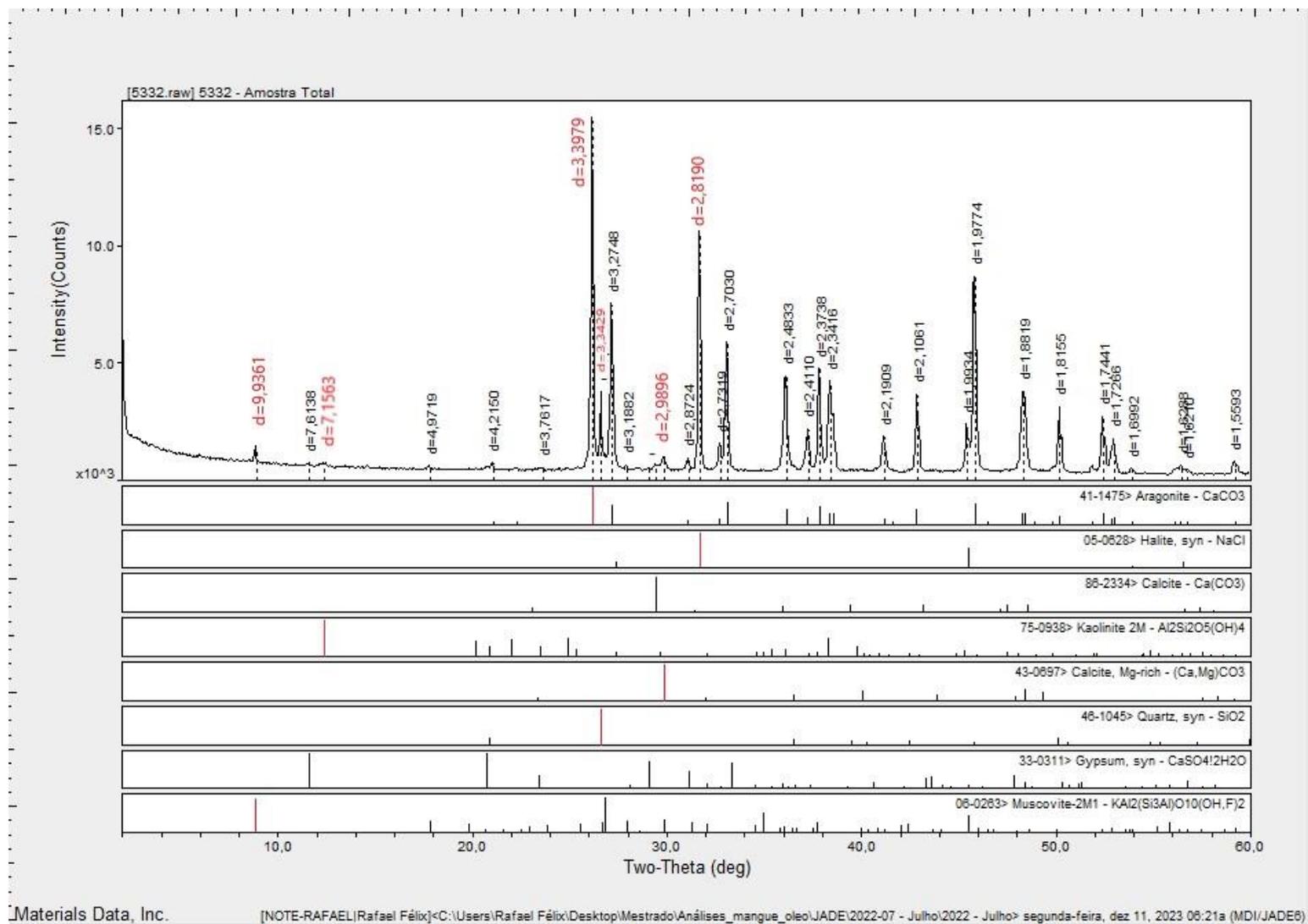


Figura Anexo 3.1 - Difratoograma de raios-X apresentando os picos de reflexão de maior intensidade. Neste caso, destaca-se o difratograma da amostra 5332 coletada no manguezal de Pedarta, Ilha de Tinharé, Bahia. Os picos de reflexão de maior intensidade de cada fase mineral identificada estão destacados em vermelho para facilitar a visualização e análise.

## 2. Intensidades de Reflexão

Tabela Anexo 3.1 – Porcentagem das intensidades de reflexão das fases minerais identificadas nas 13 amostras do manguezal Pedarta, 8 do manguezal Garapuá e 12 da zona de surf da praia de Garapuá, lcalizados na Ilha de Tinharé, Bahia. Análise feita em Amostra Total.

Manguezal Pedarta													
Amostra Total%	5328	5329	5330	5331	5332	5333	5335	5337	5338	5339	5340	5341	5342
Aragonita	100	100	100	100	100	100	100	76.2	61.8	32.1	100	100	47.4
Quartzo	5	35.1	38.5	62.4	18.1	36.2	72.3	100	100	100	61	48.3	100
Halita	31.2	35.2	37.6	29.9	46.7	33.3	14.9	42.5	19	27.3	34.2	36.2	44.1
Calcita	1.6	4.4	3	2.3	4.2	3.4	3.6	4.6	5.1	4.1	3.4	8	3.2
MgCalcita	5.3	14.7	6.3	3.2	4.3	9.8	13	7.6	5.1	4.2	9.4	10	7.3
Illita	0.9	1.6	0.8	4	1.7	3.7	2.1	9	30.3	13.7	11.6	7.6	15.3
Caulinita	0.7	1.5	1.3	1.2	1.7	0.9	1.5	2.9	5	2.5	1.7	1	3.4
Albita	0	2.9	9.1	0	3.1	3.1	0	6.2	1.9	2.4	2.8	8.5	45.9
Gipsita	0	0	0.7	0	1.6	2.7	3	0.9	0.8	1.1	3.4	0.9	2.8
Microclínio	0	0	0	0	0	11.5	0	0	0	28.9	63	24.1	17.5
Gibbsita	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.4	0	0.5	0.5
Manguezal Garapuá													
Amostra Total%	5336	5343	5344	5345	5349	5354	5359	5360					
Aragonita	100	100	100	100	100	100	100	100					
Quartzo	32.9	23.8	27.1	32.9	39.9	38	30.4	14.7					
Halita	6.8	23.7	25.8	18.9	35.1	17.6	44.6	23.5					
Calcita	7.3	3	12.9	6.6	9	10.1	6.5	5.2					
MgCalcita	54.5	20.7	33.2	27.3	19	61.2	22.1	18.2					
Illita	1.5	2.7	7	3.4	7.6	2.8	3.8	0					
Caulinita	0	1.9	1.4	2.3	1.6	1.3	0	0					
Albita	0	2.1	4.6	0	0	0	0	4					
Gipsita	0.9	0	9.7	1.1	1.8	0	0	0					
Microclínio	0	36.8	36.7	0	11.2	0	0	0					
Gibbsita	0	0	0	0	0	0.4	0	0					
Zona de Surf da praia de Garapuá													
Amostra Total%	5334	5346	5347	5348	5350	5351	5352	5353	5355	5356	5357	5358	
Aragonita	100	100	100	100	93	100	100	100	96.6	100	100	100	
Quartzo	21.7	26.2	15.9	30.6	100	17.7	61.3	37.3	45	28.9	13.1	5.7	
Halita	12.4	11.5	12.2	20	38.8	59.5	58.4	66.7	100	42.2	73	75	
Calcita	4.5	12.2	6.2	5.3	11.3	4.7	4.7	4.2	8	4.9	5.1	4.2	
MgCalcita	7.2	24.1	46.5	33.9	11.4	28.5	14.5	15.4	18.5	42.3	14.2	32.3	
Illita	2.4	2.5	3.8	8.4	15.9	6	12.6	16.1	16.4	14.2	4	4.5	
Caulinita	1.6	1	1.4	2.4	2.4	1.6	1.9	3.5	2.7	2.8	1.6	0	
Albita	0	0	4.9	2.1	5.8	0	0	0	0	1.8	0.8	0	
Gipsita	0	4.4	0	0	1.9	1.5	2	2.7	3.9	1.5	1.4	2.3	
Microclínio	0	0	0	0	25	0	0	0	13.6	8.9	0	0	

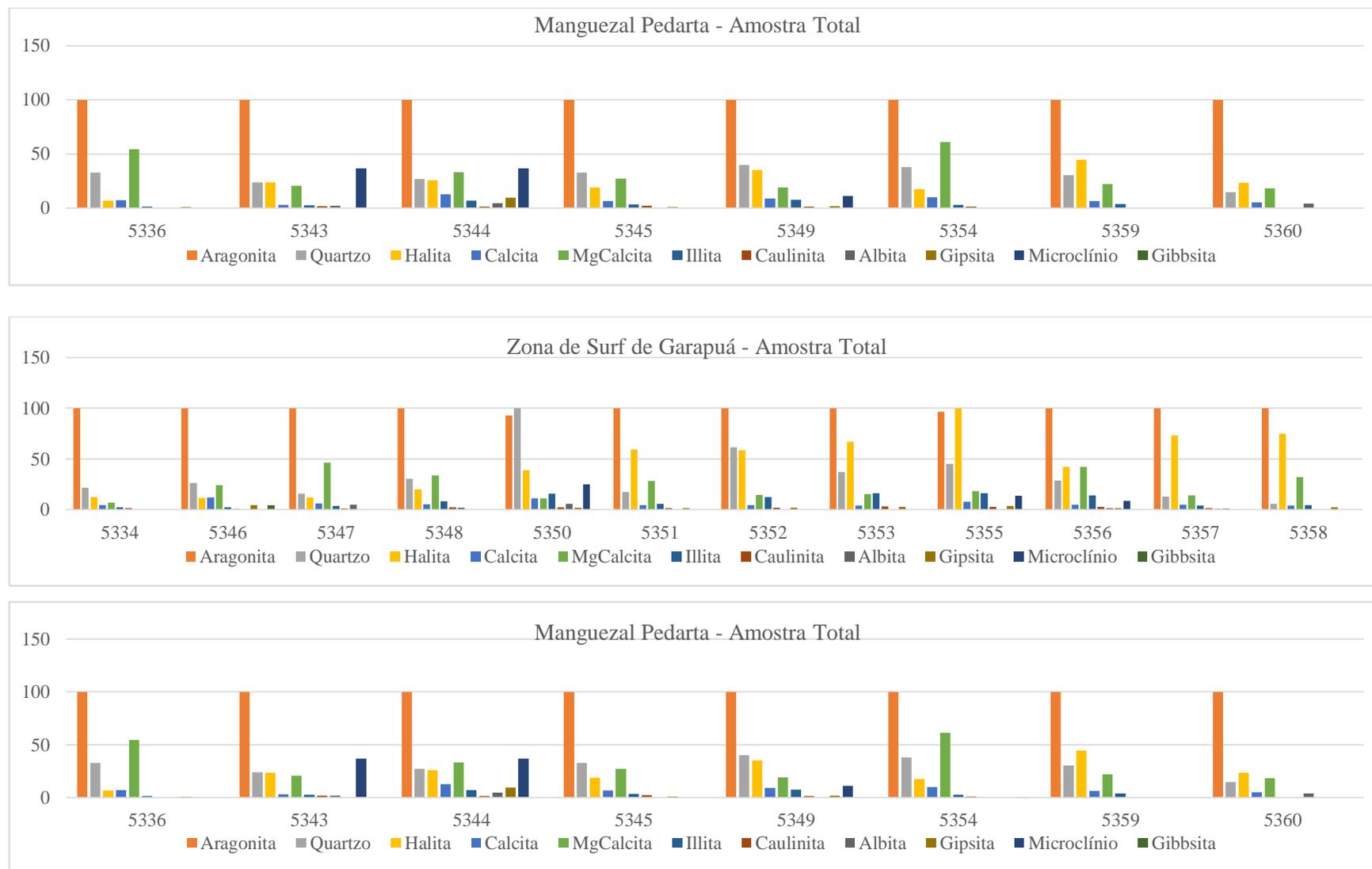


Figura Anexo 3.2 – Porcentagem das intensidades de reflexão das fases minerais identificadas nas 13 amostras do manguezal Pedarta, 8 do manguezal Garapuá e 12 da zona de surf da praia de Garapuá, localizadas na Ilha de Tinharé, Bahia. Análise feita em Amostra Total.

Tabela Anexo 3.2 – Porcentagem granulométrica das amostras segundo as frações Areia Muito Grossa e Grossa e Muito Grossa (AG - >0.5 mm), Areia Média-Fina (AM - 0.125-0.5 mm), Areia Muito Fina e Silte Grosso (ASG - 0.045 – 0.125 mm) e Amostra de Fundo (<0.045 mm), obtidas por peneiramento.

% Granulométrica	5328	5329	5330	5331	5332	5333	5335	5337	5338	5339	5340	5341	5342
AG (>0.5 mm) %	53	38	37	24	33	34	49	20	33	29	41	40	22
AM (0.125-0.5 mm) %	38	38	36	39	47	39	24	52	40	39	40	46	40
ASG (0.045 – 0.125 mm) %	6	18	21	30	15	15	9	20	19	23	13	10	28
F (<45um) %	1	4	4	5	3	3	4	5	6	6	3	2	7

% Granulométrica	5336	5343	5344	5345	5349	5354	5359	5360
AG (>0.5 mm) %	1	27	4	40	37	14	41	44
AM (0.125-0.5 mm) %	85	66	60	38	60	73	57	54
ASG (0.045 – 0.125 mm) %	13	3	26	18	2	10	2	1
F (<45um) %	0	1	3	2	1	1	0	0

% Granulométrica	5334	5346	5347	5348	5350	5351	5352	5353	5355	5356	5357	5358
AG (>0.5 mm) %	14	13	16	22	4	32	8	26	29	58	11	37
AM (0.125-0.5 mm) %	74	64	75	66	63	62	72	61	61	25	87	61
ASG (0.045 – 0.125 mm) %	7	18	7	9	27	3	16	9	6	13	1	2
F (<45um) %	2	2	1	1	5	1	2	3	2	3	0	0

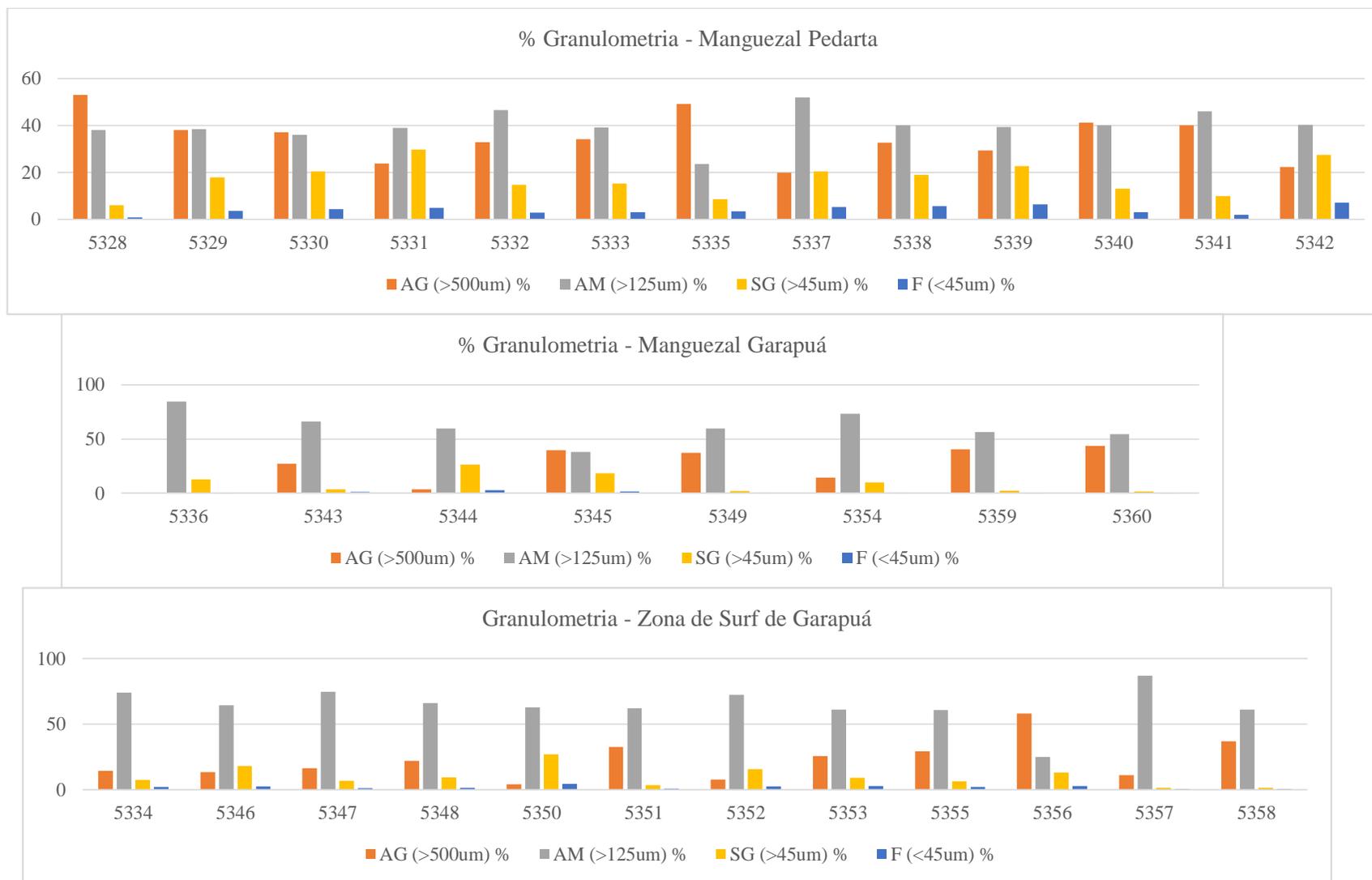


Figura Anexo 3.3 – Porcentagem granulométrica das amostras segundo as frações Areia Muito Grossa e Grossa (>0.5 mm), Areia Média-Fina (>0.125 mm), Areia Muito Fina e Silte Grosso (>0.045 mm) e Amostra de Fundo (<0.045 mm), obtidas por peneiramento.

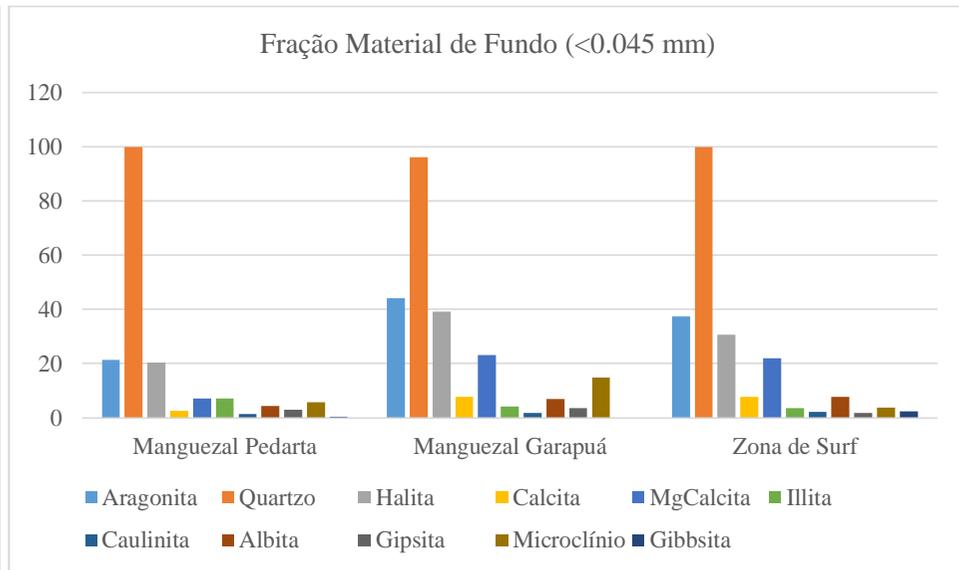
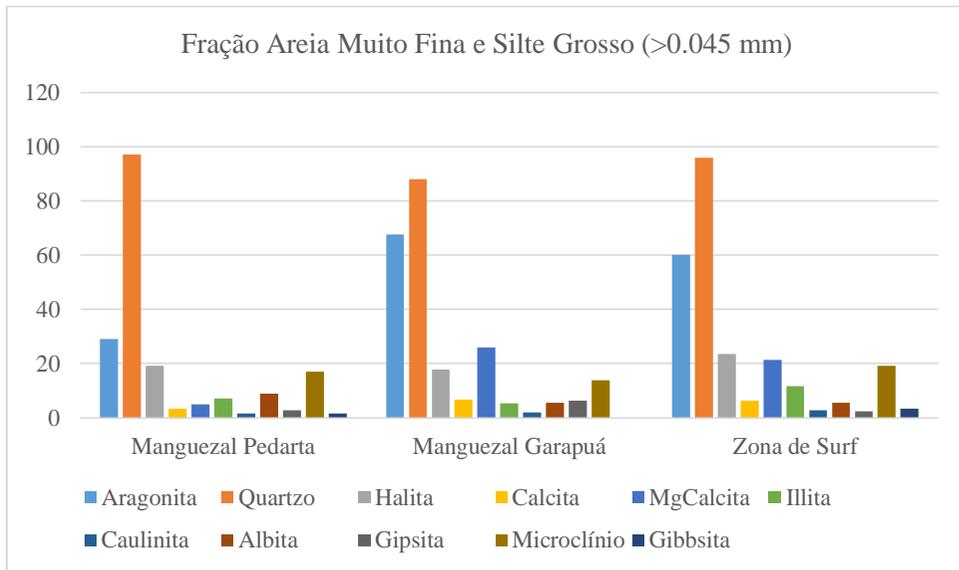
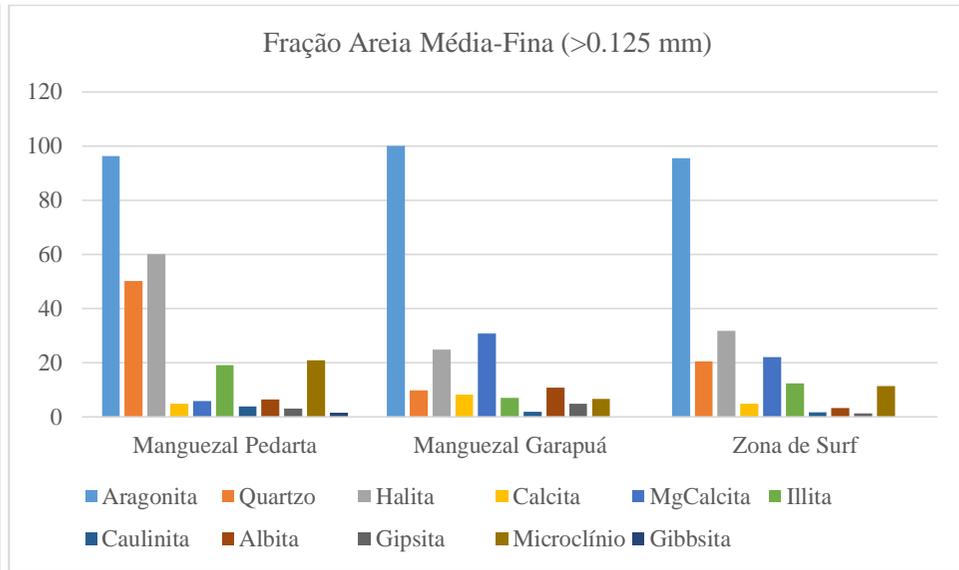
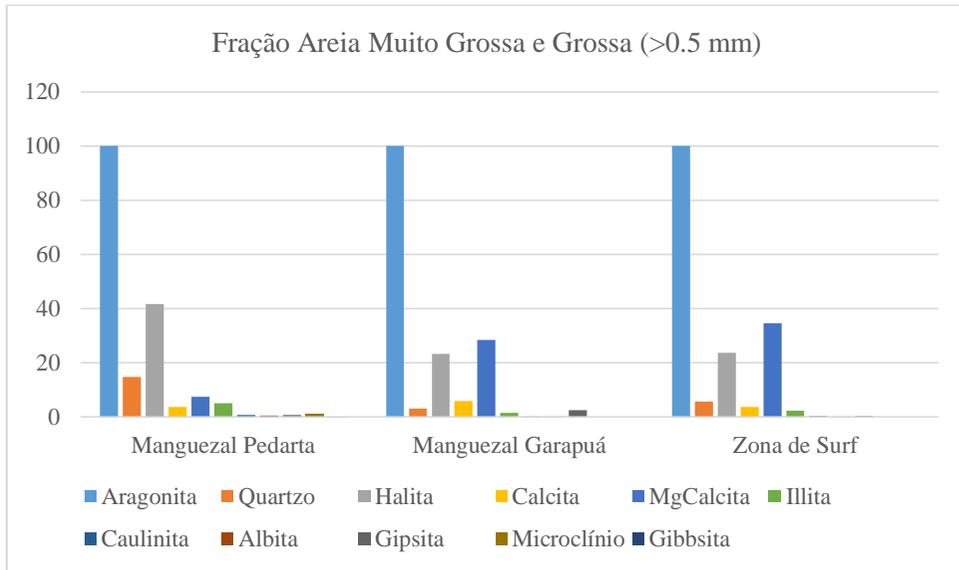


Figura Anexo 3.4– Média das intensidades de reflexão por fração granulométrica

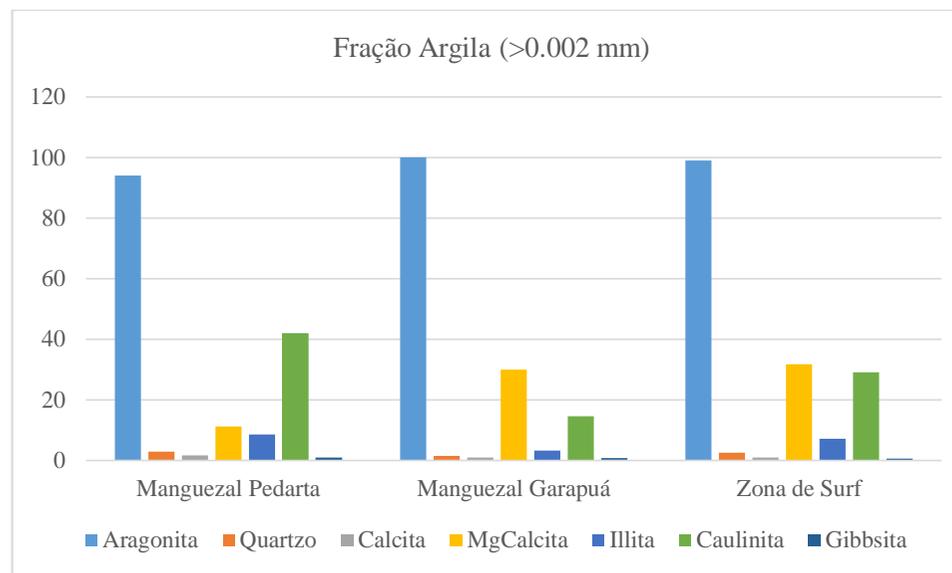
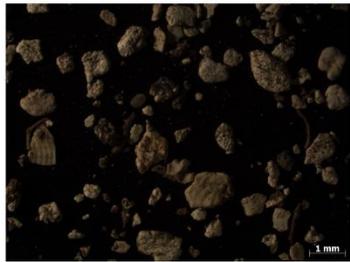


Figura Anexo 3.5– Média das intensidades de reflexão da Fração Argila.

### 3. Constituintes das areias de Pedarta e Garapúa.

5337



Amostra Total



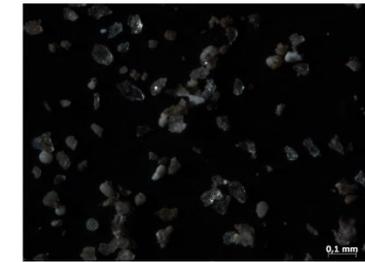
Areia Grossa (>0.5 mm)  
20%



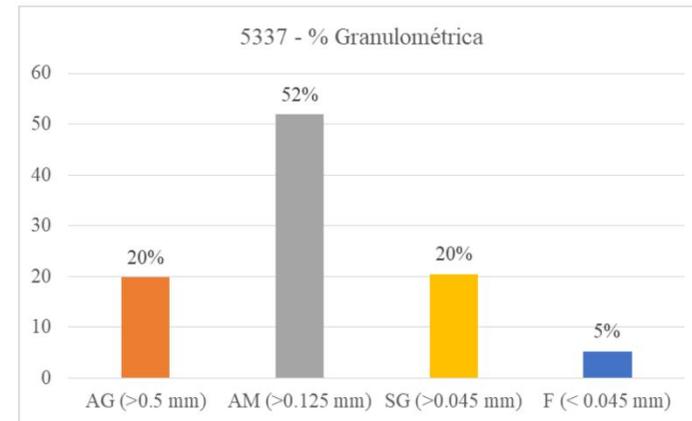
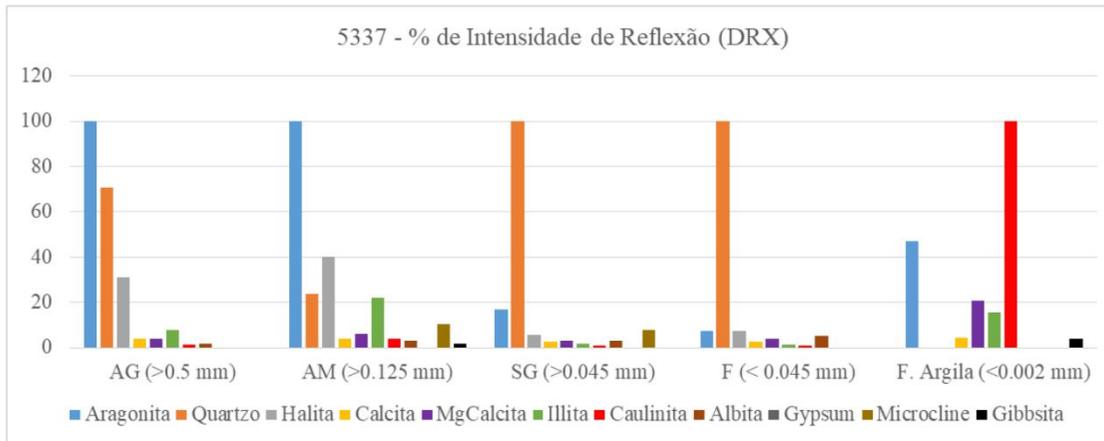
Areia Média-Fina (>0.125 mm)  
52%



Silte Grosso (>0.045 mm)  
20%



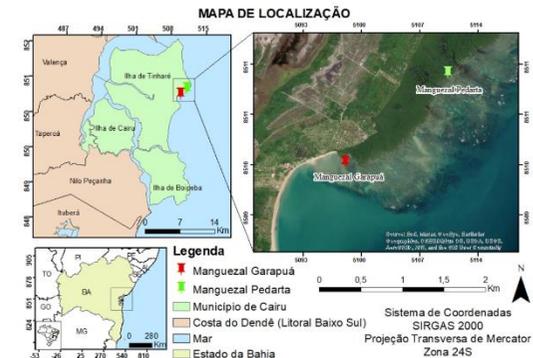
Material de Fundo (<0.045 mm)  
5%



**Localização:** A amostra está localizada no manguezal Pedarta, na Ilha de Tinharé, no município de Cairu, Bahia.

**Composição das areias:** A amostra 5037 é predominantemente composta por bioclastos de coloração branca-amarelada. Esses fragmentos, caracterizados por baixa esfericidade e sub-angularidade, apresentam uma superfície texturizada por pequenos orifícios (1) e são identificados como bioclastos de Halimeda. Os fragmentos de Halimeda destacam-se na Amostra Total e nas frações Areia Grossa e Areia Média-Fina. Além destes, outros bioclastos incluem, foraminíferos (2), espículas de esponja (porífero) (3) e fragmentos vegetais (4). Grãos de quartzo finos, sub-angulosos, são encontrados predominantemente na Amostra de Fundo.

**Grau de seleção:** A amostra foi classificada como pobremente selecionada ( $\sigma = 1.35$ ) a partir dos cálculos e intervalos sugeridos por Folk & Ward (1957).



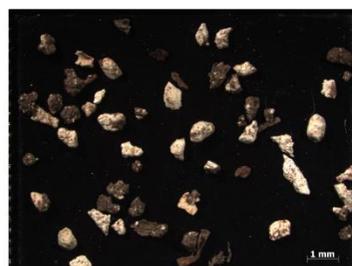
5339



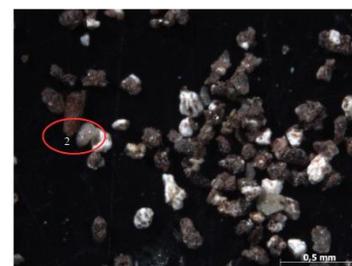
Amostra Total



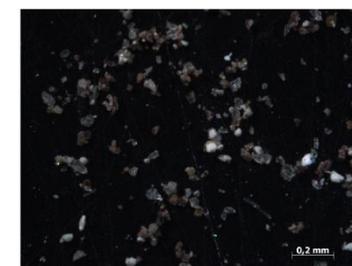
Areia Grossa (>0.5 mm)  
29%



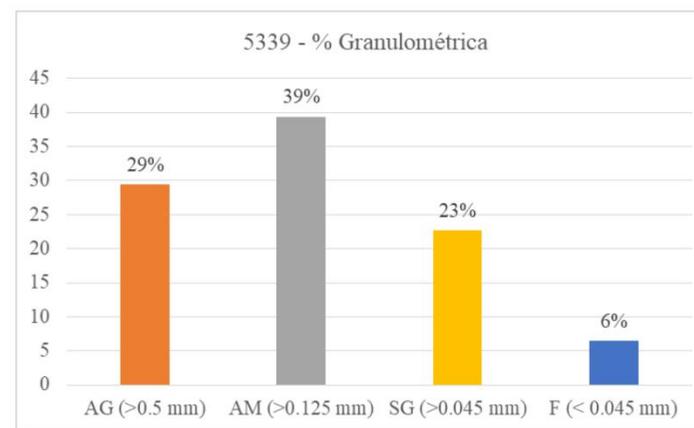
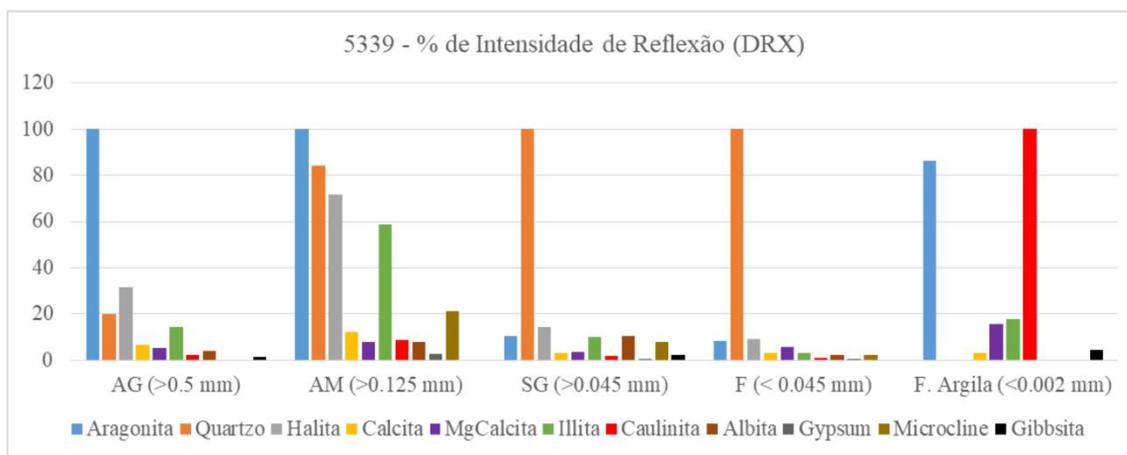
Areia Média-Fina (>0.125 mm)  
39%



Silte Grosso (>0.045 mm)  
23%



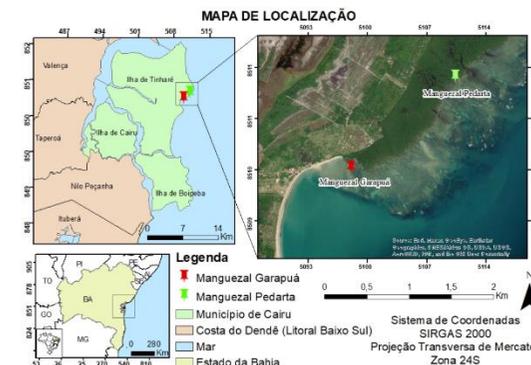
Material de Fundo (<0.045 mm)  
6%



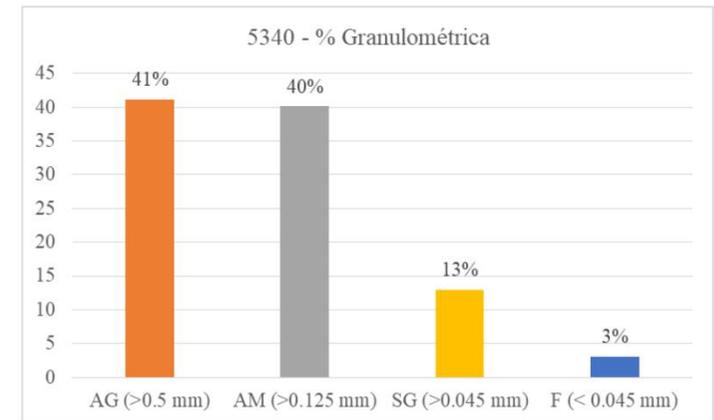
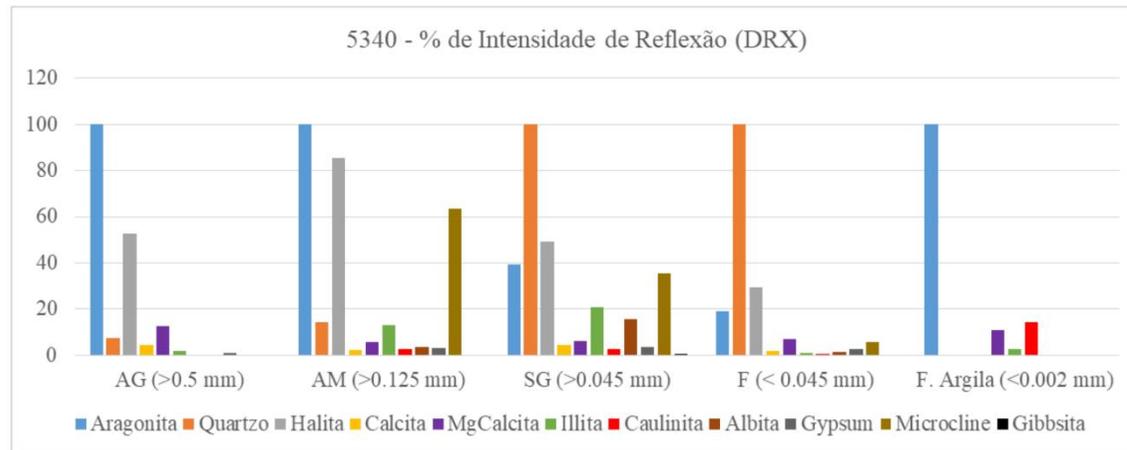
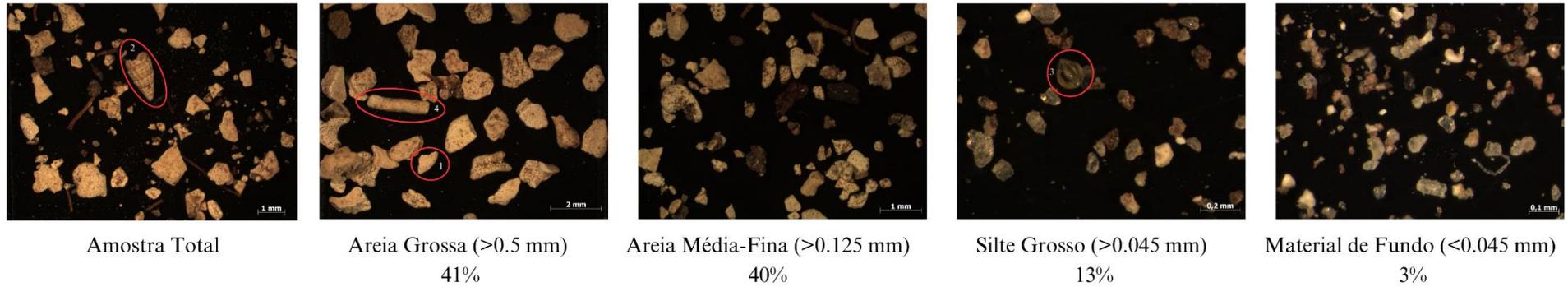
**Localização:** A amostra está localizada no manguezal Pedarta, na Ilha de Tinharé, no município de Cairu, Bahia.

**Composição das areias:** A amostra 5039 é predominantemente composta por bioclastos de coloração branca-amarelada. Esses fragmentos, caracterizados por baixa esfericidade e sub-angularidade, apresentam uma superfície texturizada por pequenos orifícios (1) e são identificados como bioclastos de Halimeda. Os fragmentos de Halimeda destacam-se na Amostra Total e nas frações Areia Grossa e Areia Média-Fina. Além destes, foraminíferos (2) são comuns na fração Silte Grosso. Grãos de quartzo finos, sub-angulosos, são encontrados predominantemente na Amostra de Fundo.

**Grau de seleção:** A amostra foi classificada como pobremente selecionada ( $\sigma = 1.47$ ) a partir dos cálculos e intervalos sugeridos por Folk & Ward (1957).



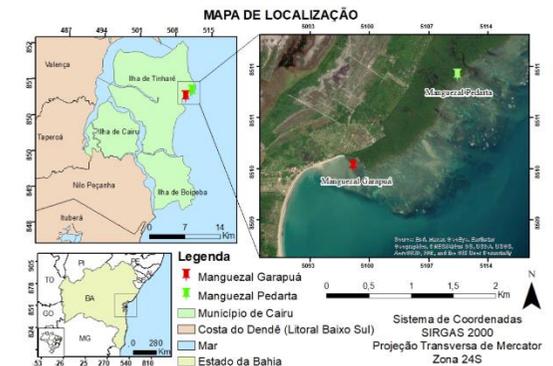
5340



**Localização:** A amostra está localizada no manguezal Pedarta, na Ilha de Tinharé, no município de Cairu, Bahia.

**Composição das areias:** A amostra 5040 é predominantemente composta por bioclastos de coloração branca-amarelada. Esses fragmentos, caracterizados por baixa esfericidade e sub-angularidade, apresentam uma superfície texturizada por pequenos orifícios (1) e são identificados como bioclastos de Halimeda. Os fragmentos de Halimeda destacam-se na Amostra Total e nas frações Areia Grossa e Areia Média-Fina. Além destes, outros bioclastos incluem, gastropode (2), foraminíferos (3) e tubo de verme (4). Grãos de quartzo finos, sub-angulosos, são encontrados predominantemente na Amostra de Fundo.

**Grau de seleção:** A amostra foi classificada como pobremente selecionada ( $\sigma = 1.23$ ) a partir dos cálculos e intervalos sugeridos por Folk & Ward (1957).



5342



Amostra Total



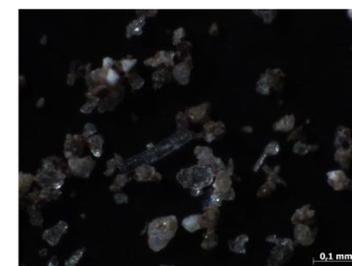
Areia Grossa (>0.5 mm)  
22%



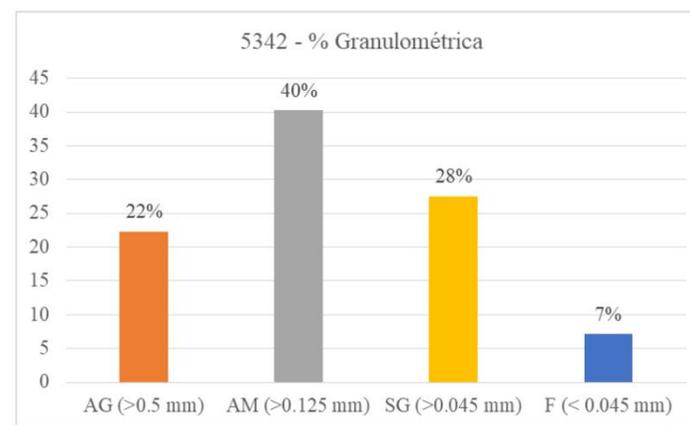
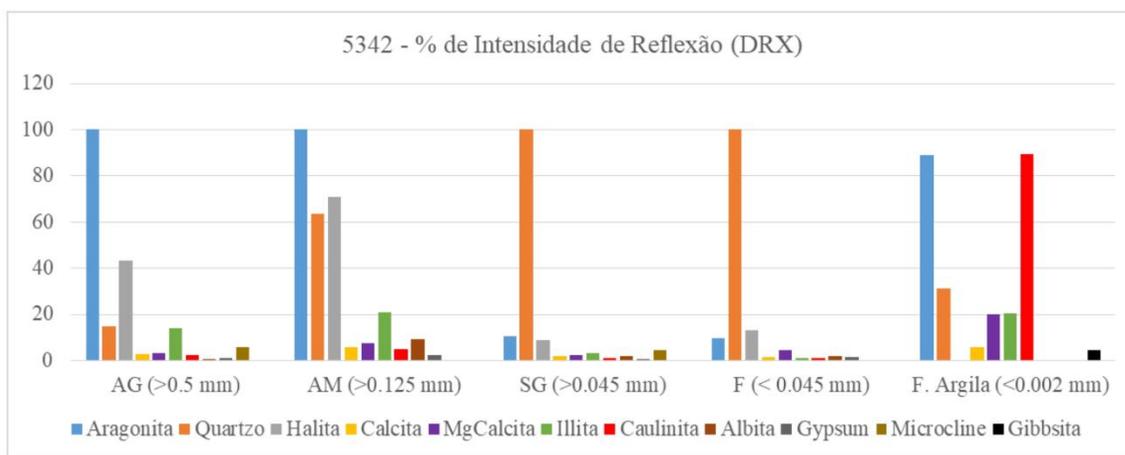
Areia Média-Fina (>0.125 mm)  
40%



Silte Grosso (>0.045 mm)  
28%



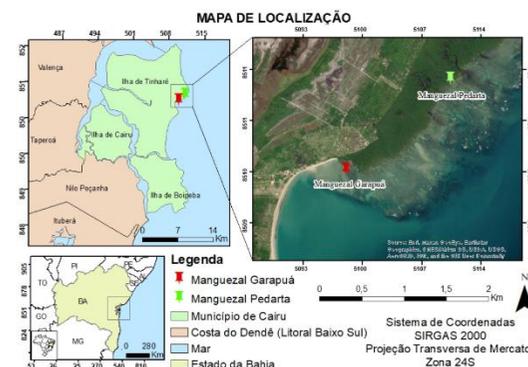
Material de Fundo (<0.045 mm)  
7%



**Localização:** A amostra está localizada no manguezal Pedarta, na Ilha de Tinharé, no município de Cairu, Bahia.

**Composição das areias:** A amostra 5042 é predominantemente composta por bioclastos de coloração branca-amarelada. Esses fragmentos, caracterizados por baixa esfericidade e sub-angularidade, apresentam uma superfície texturizada por pequenos orifícios (1) e são identificados como bioclastos de Halimeda. Os fragmentos de Halimeda destacam-se na Amostra Total e nas frações Areia Grossa e Areia Média-Fina. Além destes, outros bioclastos incluem fragmentos de briozóario (2), foraminíferos (3) e ostracode (4). Agregados de grãos de quartzo envolvidos por argila predominam (6) na fração Silte Grosso. Grãos de quartzo finos, sub-angulosos, são encontrados predominantemente nas frações Silte Grosso e Amostra de Fundo.

**Grau de seleção:** A amostra foi classificada como pobremente selecionada ( $\sigma = 1.4$ ) a partir dos cálculos e intervalos sugeridos por Folk & Ward (1957).



5348



Amostra Total



Areia Grossa (>0.5 mm)  
22%



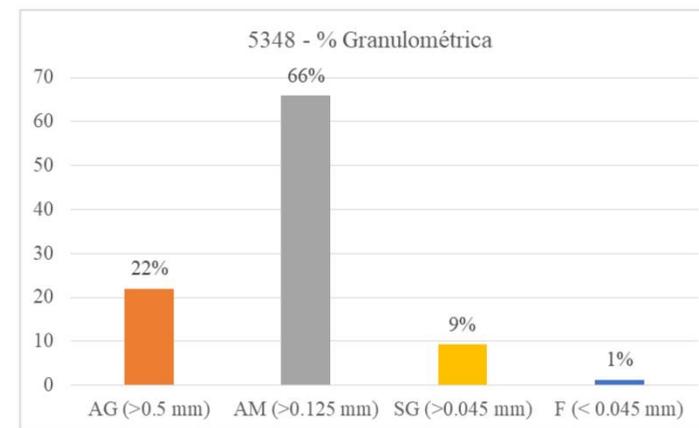
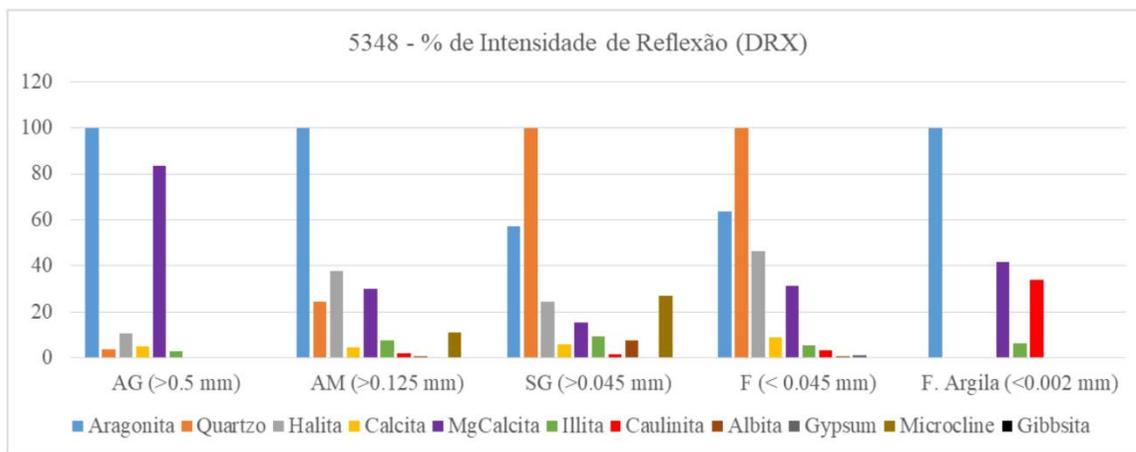
Areia Média-Fina (>0.125 mm)  
66%



Silte Grosso (>0.045 mm)  
9%



Material de Fundo (<0.045 mm)  
1%



**Localização:** A amostra está localizada na zona de surf de Garapua, na Ilha de Tinharé, no município de Cairu, Bahia.

**Composição das areias:** A amostra 5048 é predominantemente composta por bioclastos de coloração branca-amarelada. Esses fragmentos, caracterizados por baixa esfericidade e sub-angularidade, apresentam uma superfície texturizada por pequenos orifícios (1) e são identificados como bioclastos de Halimeda. Os fragmentos de Halimeda destacam-se na Amostra Total e nas frações Areia Grossa e Areia Média-Fina. Além destes, outros bioclastos incluem, moluscos (2,3), foraminíferos (4), ostracodes (5) e fragmentos vegetais (6). Grãos de quartzo finos, sub-angulosos, são encontrados predominantemente na Amostra de Fundo.

**Grau de seleção:** A amostra foi classificada como pobremente selecionada ( $\sigma = 1.04$ ) a partir dos cálculos e intervalos sugeridos por Folk & Ward (1957).



5350



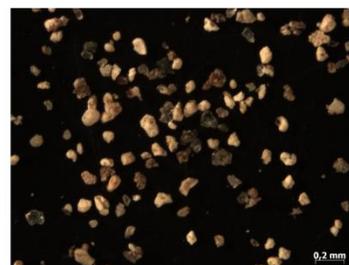
Amostra Total



Areia Grossa (>0.5 mm)  
4%



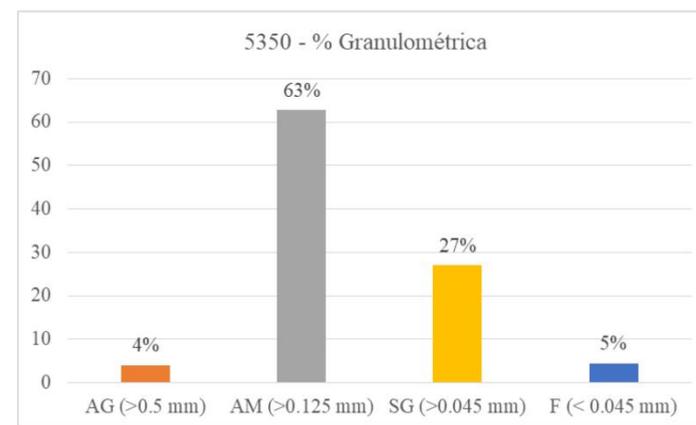
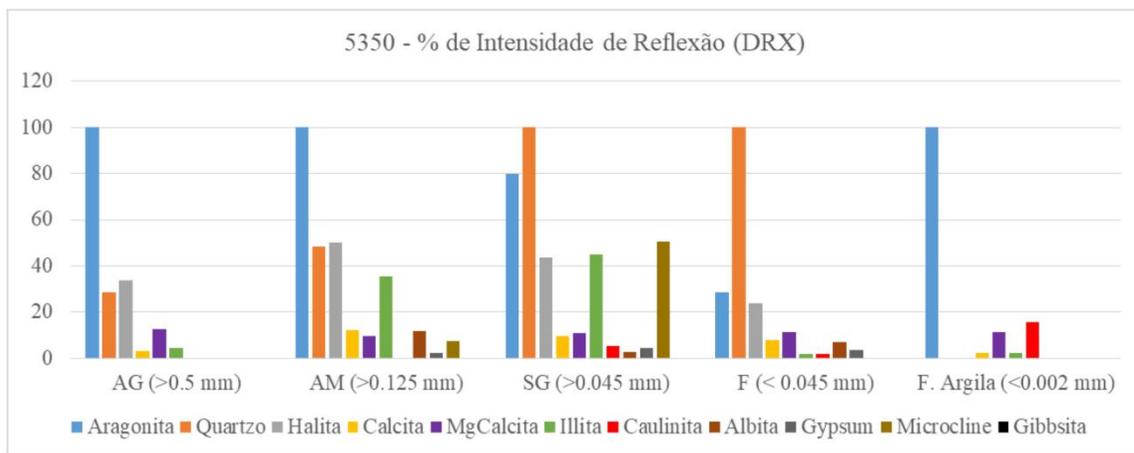
Areia Média-Fina (>0.125 mm)  
63%



Silte Grosso (>0.045 mm)  
27%



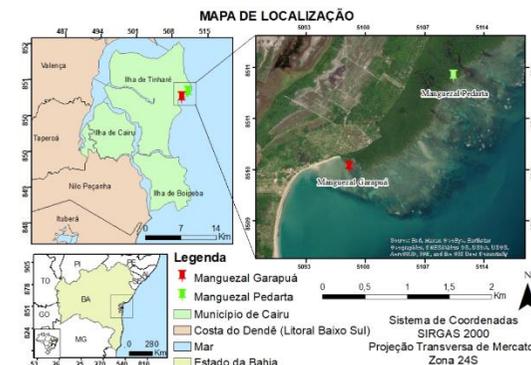
Material de Fundo (<0.045 mm)  
5%



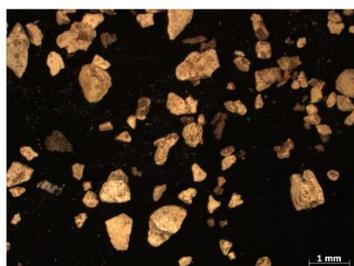
**Localização:** A amostra está localizada na zona de surf de Garapuá, na Ilha de Tinharé, no município de Cairu, Bahia.

**Composição das areias:** A amostra 5050 é predominantemente composta por bioclastos de coloração branca-amarelada. Esses fragmentos, caracterizados por baixa esfericidade e sub-angularidade, apresentam uma superfície texturizada por pequenos orifícios (1) e são identificados como bioclastos de Halimeda. Os fragmentos de Halimeda destacam-se na Amostra Total e nas frações Areia Grossa e Areia Média-Fina. Além destes, outros bioclastos incluem moluscos (2), foraminíferos (3) e espículas de esponjas (4). Adicionalmente, fragmentos vegetais (5) são mais abundantes na fração Areia Média, enquanto agregados de grãos de quartzo envolvidos por argila predominam (6) na fração Silte Grosso. Grãos de quartzo finos, sub-angulosos (7), são encontrados predominantemente nas frações Silte Grosso e Amostra de Fundo.

**Grau de seleção:** A amostra foi classificada como pobremente selecionada ( $\sigma = 1.05$ ) a partir dos cálculos e intervalos sugeridos por Folk & Ward (1957).



5355



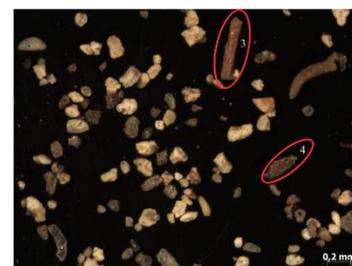
Amostra Total



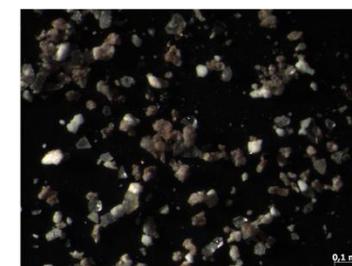
Areia Grossa (>0.5 mm)  
29%



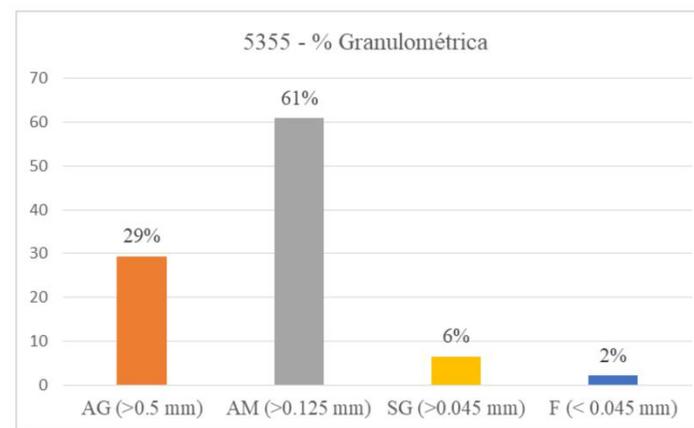
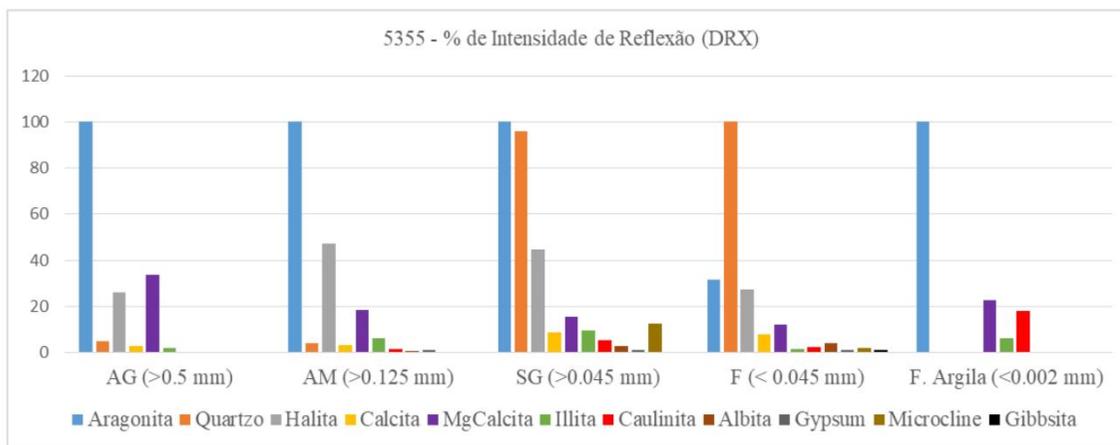
Areia Média-Fina (>0.125 mm)  
61%



Silte Grosso (>0.045 mm)  
6%



Material de Fundo (<0.045 mm)  
2%



**Localização:** A amostra está localizada na zona de surf de Garapuá, na Ilha de Tinharé, no município de Cairu, Bahia.

**Composição das areias:** A amostra 5055 é predominantemente composta por bioclastos de coloração branca-amarelada. Esses fragmentos, caracterizados por baixa esfericidade e sub-angularidade, apresentam uma superfície texturizada por pequenos orifícios (1) e são identificados como bioclastos de Halimeda. Os fragmentos de Halimeda destacam-se na Amostra Total e nas frações Areia Grossa e Areia Média-Fina. Além destes, é observado também tubos de vermes (2). Adicionalmente, fragmentos vegetais (3) na fração Silte Grosso, agregados de grãos de quartzo envolvidos por argila predominam (4) na fração Silte Grosso. Grãos de quartzo finos, sub-angulosos, são encontrados predominantemente na Amostra de Fundo.

**Grau de seleção:** A amostra foi classificada como pobremente selecionada ( $\sigma = 1.05$ ) a partir dos cálculos e intervalos sugeridos por Folk & Ward (1957).

