



# ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS MARINHAS E COSTEIRAS

Monografia

**Caraterização Granulométrica dos Sedimentos do Fundo no EBS  
Utilizando Análises de Parâmetros Estatístico Diagramas de Pejrup e**



**Autor:**

**Jéssica Mativane**

Quelimane, Setembro de 2024



**ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS MARINHAS E COSTEIRAS**

**Monografia para obtenção do grau de licenciatura em Geologia Marinha**

**Caracterização Granulométrica dos Sedimentos do Fundo no EBS Utilizando  
Análises de Parâmetros Estatístico Diagramas de Pejrup e Shepard.**

**Autor:**

Jéssica Júlia Paulo Mativane

(Jéssica Júlia Paulo Mativane)

**Supervisor:**

H Machaie

(Prof. Doutor Hélder Machaie)

**Co-Supervisor:**

Cesar António Huguane Huguane

(Mestre. César Huguane)

**Avaliador:**

Fialho Nehama

(Prof. Doutor Fialho Nehama)

**Presidente de Júri**

Banito Magestade

(Mestre. Banito Magestade)

Quelimane, Setembro de 2025

**Dedico este trabalho:**

- ✓ **A meus queridos pais:** Sandra João Notiço (em memória), e Paulo Mativane (em memória)
- ✓ **Aos meus irmãos:** Ricardo Notiço, Dulce Uamusse, Lisete Uamusse, Néllya Uamusse, Aristóteles Uamusse e Elísio Mativane.
- ✓ **Aos meus segundos pais:** Ruth Ribeiro, Maria Alice Comiche, Manuel Mucavel, e Victor Notiço.

**AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, agradeço a DEUS que sempre tem iluminado o meu caminho e me acompanhado durante todos os momentos mais difíceis e fáceis da vida.

Agradecer aos meus pais Sandra João Notiço (em memória) e Paulo Mativane (em memória) por terem-me trazido ao mundo.

Agradeço a minha família pela educação, pelo apoio em todas as fases da minha vida, e por sempre confiarem em mim em todas as escolhas que faço. Eu devo ainda agradecer em especial aos meus irmãos Dulce Uamusse, Ricardo Notiço, Lisete Uamusse, e a Néllya Uamusse, ao meu pai Mauro da Rocha, as minhas mães Ruth Ribeiro e Maria Alice Comiche pelo amor e carinho que eles têm por mim, e por financiarem os meus estudos, pois não foi fácil para eles durante todos estes anos. E nada que eu possa fazer irá recompensar o que eles têm feito por mim.

Agradeço ao Besson Cumbe por ter me transmitido conselhos valiosos, e ainda pela atenção, carinho, apoio directo e companheirismo.

Endereço um agradecimento especial aos meus amigos: Lucas Alexandre, Jamar Francisco, Marta Chavane, Lacerno Paulino, Ercília Macuácuá, Elídio Come, Manito, Pinto do Rosário, Ricardo Nhambirre, Larion Mendes, Amilton Muhosse, António Azevedo Alfoi e ao Renato Zonjo. Estas pessoas constituem uma família que levarei para vida inteira, e a eles agradeço pelas risadas e pelos momentos tão especiais que proporcionaram-me durante esta longa jornada.

Agradeço ao Lucas Alexandre pela ajuda nas redacções do trabalho e por ser um grande amigo.

À minha família da residência (Carmélia João Ângelo, Sara Marina, Alcinda Abreu, Amós Nhaka, Zeus, Blakão, Marta Laura, Sinata Djedje, Wilder Muchanga, Zarco Alfredo, Luís Alexandre, Vânia Januário, Abelina Ramos, Salmo Lourenço, Jucelyn Thompson, Carmen James) agradeço pela linda convivência que tivemos, pela amizade, e acima de tudo pela grande família que vocês se tornaram na minha vida.

Ao Nacir Leitão pela ajuda nos procedimentos laboratoriais e pelos conselhos dados.

Agradeço imenso ao Mestre César Hogueane e ao Prof. Doutor Hélder Machaieie pela supervisão, pelas críticas construtivas, pelas excelentes sugestões durante a realização deste trabalho, pela generosidade e paciência. Faltam-me palavras para dizer o quanto sou grata.

## **DECLARAÇÃO**

Eu, **Jéssica Júlia Paulo Mativane**, declaro por minha honra que esta monografia com o título **Caracterização granulométrica dos sedimentos do fundo no EBS utilizando análises de parâmetros estatístico diagramas de Pejrup e Shepard** é resultado do meu próprio trabalho e que está a ser submetida para a obtenção do grau de Licenciatura na Universidade Eduardo Mondlane, ESCMC - Quelimane nunca foi antes submetida para obtenção de nenhum grau académico e muito menos para avaliação em nenhuma outra Universidade.

**A autora:**

A handwritten signature in blue ink that reads "Jéssica Júlia Paulo Mativane". The signature is written in a cursive style and is underlined.

**(Jéssica Júlia Paulo Mativane)**

## **Resumo**

Os sedimentos são importantes depósitos de metais pesados, minerais de tamanhos variados, reservatórios e fonte potencial de poluentes para a coluna de água. A concentração dessas substâncias no fundo do estuário é controlada directamente pelo grau granulométrico dos sedimentos no ambiente. A presente pesquisa teve como objectivo principal caracterizar a textura sedimentar e a hidrodinâmica do Estuário dos Bons Sinais, utilizando análises de parâmetros estatístico diagramas de Pejrup e Shepard propostas por Folk e Ward (1957). Foram colectadas 15 amostras de sedimentos do fundo, através de um amostrador concebido na ESCMC. Para a obtenção dos resultados apresentados, as mesmas foram submetidas a análises granulométricas no laboratório de engenharia civil do ISHCT- Quelimane usando a técnica de peneiramento à seco. Na classe textural os sedimentos presentes se dividem em três classes, com características deposicionais distintas classificados como areias, silte e argila, sendo a Areia a mais predominante. Conclui-se que o Estuário dos Bons Sinais apresenta predominância de areia fina e muito fina, silte grosso, silte muito fino e silte médio. Quanto a seleção, os sedimentos do estuário foram classificados como moderadamente seleccionados e pobremente seleccionados, com curvas de assimetria negativa e muito positiva e curvas simétricas positiva associada a elevada taxa de sedimentos grosseiros, a quantidade de sedimentos finos é considerável, evidenciando a possibilidade do estuário estar suscetível à retenção de poluentes. A distribuição granulométrica do Estuário dos Bons Sinais apresenta características de um ambiente com hidrodinâmica moderada e alta, provavelmente devido ao regime de marés altas e à pouca profundidade do estuário. Os resultados do presente estudo podem servir de ponte de partida para estudos futuros relacionadas a dinâmica sedimentar e distribuição de poluentes ao longo do estuário.

**Palavras-chaves:** Parâmetros granulométricos, Sedimentos do fundo, Poluição.

## **Abstract**

Sediments are important deposits of heavy metals, minerals of varying sizes, reservoirs and potential sources of pollutants for the water column. The concentration of these substances at the bottom of the estuary is directly controlled by the granulometric degree of the sediments in the environment. The main objective of this research was to characterize the sedimentary texture and hydrodynamics of the Bons Sinais Estuary, using statistical parameter analyses and Pejrup and Shepard diagrams proposed by Folk and Ward (1957). Fifteen sediment samples were collected from the bottom, using a sampler designed at ESCMC. To obtain the results presented, they were subjected to granulometric analyses in the civil engineering laboratory of ISHCT-Quelimane using the dry sieving technique. In the textural class, the sediments present are divided into three classes, with distinct depositional characteristics classified as sand, silt and clay, with sand being the most predominant. It is concluded that the average diameter of the Bons Sinais Estuary revealed a predominance of fine and very fine sand, coarse silt, very fine silt and medium silt. Regarding selection, the sediments of the estuary were classified as moderately selected and poorly selected, with negative and very positive asymmetry curves and positive symmetric curves associated with a high rate of coarse sediments. The amount of fine sediments is considerable, evidencing the possibility of the estuary being susceptible to the retention of pollutants. The granulometric distribution of the Bons Sinais Estuary presents characteristics of an environment with moderate and high hydrodynamics, probably due to the high tidal regime and the shallow depth of the estuary. The results of this study can serve as a starting point for future studies related to sediment dynamics and the distribution of pollutants along the estuary.

**Keywords:** Granulometric parameters, Bottom sediments, Pollution.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> <u>Tipos de estuários segundo sua origem. a) Vales de rios afogados, b) Fjords, c) Estuários criados</u> .....	5
<b>Figura 2:</b> <u>a) Diagrama de Shepard b)Diagrama de pejrur</u> .....	13
<b>Figura 3:</b> <u>Mapa de localização da área de estudo.</u> .....	14
<b>Figura 4:</b> <u>Representação das secções de colecta de amostras</u> .....	17
<b>Figura 5:</b> <u>Distirbuicao do Grão médio dos sedimentos.</u> .....	19
<b>Figura 6:</b> <u>Seleccção dos sedimentos</u> .....	20
<b>Figura 7:</b> <u>Assimetria dos sedimentos</u> .....	21
<b>Figura 8:</b> <u>Curtose dos sedimentos</u> .....	21
<b>Figura 9:</b> <u>Hidrodinâmica do Estuário dos Bons Sinais inferida através do Diagrama de Pejrup</u> .....	22

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> <u>Alguns poluentes no oceano (Pinet, 2009).</u> .....	6
<b>Tabela 2:</b> <u>Apresenta um exemplo da relação entre o tamanho das partículas de sedimentos e alguns tipos de poluentes com resultados dados em percentagem.</u> .....	8
<b>Tabela 3:</b> <u>Classificação e limites dimensionais de Wentworth</u> .....	9
<b>Tabela 4:</b> <u>Classificação das amostras pela assimetria pelo Método Gráfico Fonte: (Folk &amp; Ward, 1957)</u> .....	11

## LISTA DE EQUAÇÕES

<b>Equação 1:</b> Equação para o cálculo da média .....	10
<b>Equação 2:</b> Determinação da assimetria .....	11
<b>Equação 3:</b> Determinação da Curtose;.....	11
$Mz = \phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}$ <b>Equação 1:</b> Equação para o cálculo da média .....	10
$Sk_i = \phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}(\phi_{84} - \phi_{16}) + \phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}(\phi_{95} - \phi_5)$ <b>Equação 2:</b> Determinação da assimetria .....	11
$K_G = \phi_{95} - \phi_{52,44}(\phi_{75} - \phi_{25})$ <b>Equação 3:</b> Determinação da Curtose;.....	11

**LISTA DE ABREVIATURAS**

<b>Símbolos</b>	<b>Significado</b>
Mm	Milímetros
%	Porcentagem
G	Gramas
Kg	Kilogramas
$\phi$	Phi
Mz	Média
ZC	Zona Costeira
Ski	Assimetria
ZM	Zona de Mistura
ZR	Zona de Maré do Rio
KG	Curtose
$\sigma$	Desvio Padrão
°C	Graus Célcus
ESCMC	Escola Superior de Ciências Marinhas e
UEM	Universidade Eduardo Mondlane
ISHCT	Instituto Superior de Humanismo, Ciências e Tecnologia
HPA	Hidrocarboneto Policíclico Aromático

## Índice

1. Introdução.....	1
2. Objetivos.....	4
2.1. Objectivo Geral: .....	4
2.2. Objectivos Específicos .....	4
3. Revisão de literatura .....	5
3.1. Origem de Estuários .....	5
3.2. Poluição marinha e estuarina.....	5
3.3. Sedimento como indicador de monitoramento ambiental.....	6
3.4. Relações entre poluentes e granulometria dos sedimentos .....	7
3.5. Escala granulométrica .....	8
3.6. Escala phi ( $\phi$ ) .....	9
3.7. Parâmetros estatísticos de distribuição granulométrica .....	9
3.8. Diagramas triangulares.....	11
4. Metodologia.....	14
4.1. Localização e Caracterização da Área de estudo .....	14
4.2. Materiais e Métodos .....	15
4.2.1. Processamento dos dados.....	15
5. Resultados.....	17
5.1. Textura dos sedimentos.....	17
5.2. Determinação dos parâmetros estatísticos dos sedimentos.....	19
5.3. Assimetria e Curtose .....	21
5.4. Classificação da Dinâmica Sedimentar .....	22
6. Discussão dos Resultados.....	23
6.1. Determinação da textura dos sedimentos .....	23
6.2. Determinação dos Valores dos Parâmetros Estatísticos.....	23
6.3. Classificação Hidrodinâmica.....	25
7. Conclusões.....	26
8. Recomendações .....	27

9. Referências Bibliográficas.....28

## 1. Introdução

Os estuários são ambientes sedimentares costeiros cuja evolução depende da interação entre parâmetros hidrodinâmicos, sedimentares e aspectos morfológicos, onde a actividade biológica é uma condicionante fundamental. Desta forma, constituem meios receptores de sedimentos por excelência, onde os processos evolutivos são rápidos. Os estuários são zonas importantes de investigação da morfodinâmica e fácies deposicionais da história geológica recente (Frazão, 2003).

Em termos geológicos, estuários são definidos como a terminação de um vale afogado durante eventos transgressivos, que recebe sedimentos tanto de fontes fluviais quanto marinhas, contendo fácies sedimentares influenciadas pelas marés, ondas e pelos processos fluviais (Motta, 2018).

A textura e composição dos sedimentos reflectem a sua origem e os processos geodinâmicos a que estiveram sujeitos tanto no mar como no continente, o que lhes associa a um vasto leque de interesses científicos e económicos. As variações na textura dos sedimentos superficiais do fundo dos estuários ao longo da costa e seu padrão de distribuição fornecem valiosas informações sobre os principais processos actuantes nestes ambientes, onde o tamanho e a constituição dos grãos que formam a batimetria deste canal deduzem especificamente as condições hidrodinâmicas, a capacidade de adsorção dos poluentes, a erosão entre os demais processos (Laybauer, 2001).

O sedimento é considerado um importante compartimento do ambiente aquático, tendo por característica a acumulação de compostos orgânicos e inorgânicos, como os HPA e metais pesados, que tendem a ficar absorvidos nas frações finas dos sedimentos, que por sua vez fornecem o registro histórico da contaminação de determinadas áreas (Garcia & Azevedo 2019). Assim sendo, a compreensão da distribuição espacial de poluentes nos sedimentos, pode fornecer indícios de quão impactado o ecossistema se encontra (Yeet *et al.*, 2015)

Em razão da sua localização, os estuários são importantes para o desenvolvimento de atividades antrópicas como a ocupação urbana, atividades industriais e portuárias. Historicamente esses ambientes vêm sendo impactados por atividades, que ampliam a entrada de poluentes oriundos do lançamento de efluentes domésticos, agrícolas ou industriais (Salgado-Ramírez, *et al.*, 2017). Como resultado, os estuários são continuamente degradados, principalmente os que

estão nas adjacências de grandes centros urbanos e que abrigam polos industriais e portos, como o Estuário dos Bons Sinais, área investigada no presente estudo.

Os poluentes lançados em ambientes costeiros podem afetar a qualidade do ecossistema da região e da saúde humana, por meio da ingestão de organismos contaminados (Loureiro, *et al.* 2012; Salgado-Ramírez, *et al.* 2017). Este estudo tem como objetivo contribuir para o conhecimento das características dos sedimentos de fundo e a vulnerabilidade natural à poluição e beneficiará a sociedade em geral, pois poderá aprimorar as ações de gestão ambiental por parte dos tomadores de decisão, conscientizando-os em a necessidade de adoção de tratamento de poluentes e prevenção do despejo de poluentes diretamente no estuário, como resíduos industriais ou domésticos, bem como o despejo de fertilizantes pelas atividades agrícolas a montante.

### **1.1. Problematização e Justificativa**

Dentre várias fontes responsáveis por contaminar os ecossistemas, destacam-se o aumento da urbanização, descarte de resíduos domésticos e industriais sem tratamento prévio, ou tratado inadequadamente, além de atividades antrópicas como pesca, agricultura, mineração e instalações de terminais portuários (Han, D *et al.*, 2016). Esses resíduos são as principais fontes de matéria orgânica nos sedimentos de ambientes costeiros.

Os estuários são de macromaré, considerados extremamente dinâmicos devido as marés, com uma imensa variabilidade morfológica e sedimentar (Miranda et al., 2002). Estudar a distribuição sedimentar dessas áreas, possibilita a compreensão do processo de sedimentação atual e dos diferentes fatores que interferem no processo, tanto no tempo quanto no espaço (Barcellos, 2005).

O Estuário dos Bons Sinais recebe na confluência a água, e biomassa Aquática constituídos pela deposição de partículas em suspensão proveniente dos rios Cuácua e Licuar locais desenvolvidas actividades antrópicas tais como, a agricultura que pode contribuir para o despejo de pesticidas agrícolas, fertilizantes, e minerais de tamanhos variados, misturada com a matéria orgânica, e todos efluentes industriais (advindos da empresa Alif Química) e municipais. Além disso, as atividades econômicas predominantes estão relacionadas a pesca artesanal e comercial que com o fluxo diário de embarcações podem causar degradação no ambiente pela presença dos combustíveis.

Os sedimentos são importantes depósitos de metais pesados, minerais de tamanhos variados, reservatórios e fonte potencial de poluentes para a coluna da água. A concentração dessas substâncias no fundo do estuário é controlada directamente pelo grau granulométrico dos sedimentos no ambiente (Netto, 2022). Além disso, os sedimentos possuem uma participação ativa nos ciclos biogeoquímicos dos nutrientes e de elementos traços, atuando na remobilização, retenção e na biodisponibilidade dos mesmos, nos processos de oxidação da matéria orgânica e nos processos de adsorção (Lima, 2019)

Compreender a distribuição granulométrica é crucial para a gestão ambiental, pois ela afeta directamente a biodiversidade, a qualidade da água e os processos ecológicos. Sedimentos finos, por exemplo, tendem a reter mais substâncias poluentes, enquanto sedimentos mais grosseiros permitem uma melhor oxigenação do fundo. Esses pontos fornecem uma base sólida para explorar a questão proposta, permitindo um entendimento aprofundado da distribuição granulométrica dos sedimentos no Estuário dos Bons Sinais.

**Pergunta de Pesquisa:**

"Qual é a distribuição granulométrica dos sedimentos do fundo no Estuário dos Bons Sinais e como a análise estatística e os diagramas de Pejrup e Shepard podem ser utilizados para caracterizar e interpretar essa distribuição?"

## **2. Objetivos**

### **2.1.Objectivo Geral:**

- ✓ Caracterizar a textura sedimentar e a hidrodinâmica do Estuário dos Bons Sinais, utilizando análises de parâmetros estatístico diagramas de Pejrup e Shepard.

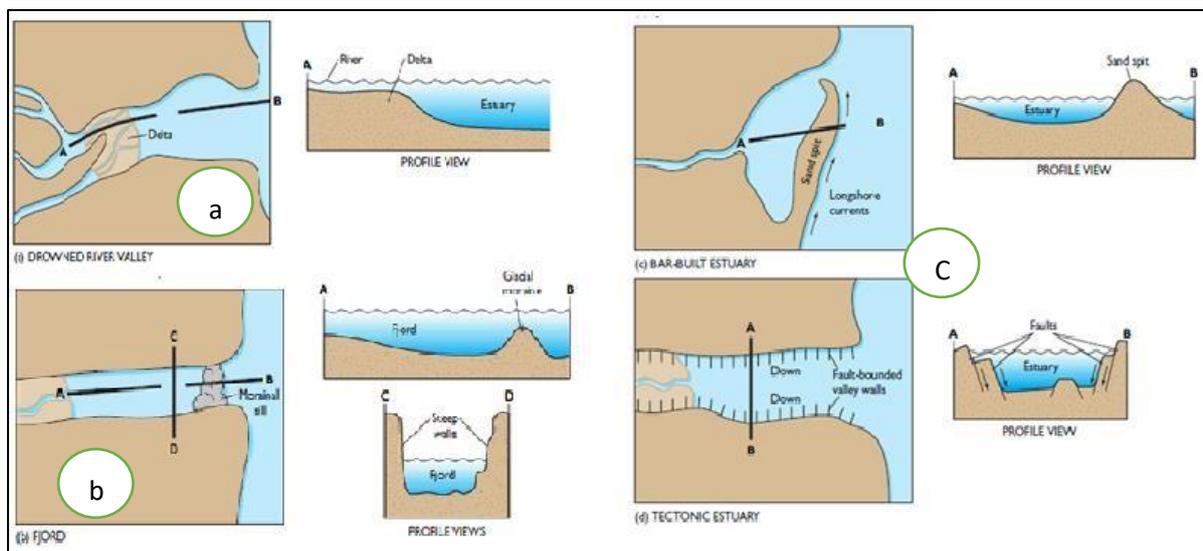
### **2.2.Objectivos Específicos**

- ✓ Determinar a textura dos sedimentos de fundo do Estuário dos Bons Sinais;
- ✓ Determinar os valores dos parâmetros estatísticos dos sedimentos (média, desvio padrão, curtose e assimetria) do fundo do Estuário dos Bons Sinais;
- ✓ Classificar a hidrodinâmica do Estuário dos Bons Sinais com base nas análises granulométricas e diagramas de Pejrup e Shepard.

### 3. Revisão de literatura

#### 3.1. Origem de Estuários

Muitos estuários são Vales de rios afogados (Figura 1a). Com a deglaciação e a subida recente do nível do mar do Holoceno, a água do mar inundou vales de rios enquanto o mar avançava em direção ao continente. Mas estuários podem ser formados por outras maneiras também. Nas altas latitudes, por exemplo, as geleiras esculpiram o solo e rochas da terra, formando vales íngremes. A boca da maior parte dos vales contém montículos de resíduos glaciais chamados Morainas. Enquanto o nível do mar subia e inundava a moraina, a bacia ficava com água do mar, criando Fjords, braços longos e estreitos do mar que são delimitados por penhascos íngremes (Figura 1b). Estuários são também formados pela corrente de deriva litoral que forma um embaimento (tradução livre do inglês para embayment), formando estuários originados por barras (Figura 1c). Por fim existem estuários tectônicos, que se formam ao longo de zonas costeiras que se localizam em limites activos de placas tectónicas, onde o falhamento e dobramento criam bacias costeiras que se preenchem com água do mar (Figura 1d), (Pinet, 2009).



**Figura 1:** Tipos de estuários segundo sua origem. a) Vales de rios afogados, b) Fjords, c) Estuários criados

#### 3.2. Poluição marinha e estuarina

“Poluição é a introdução pelo homem, directa ou indirectamente, de substâncias ou energia no ambiente marinho (incluindo estuários) resultando em efeitos deletérios tal como perigo para os recursos vivos, riscos para a saúde humana, entraves às atividades marinhas, como a pesca

que de uma certa forma pode prejudicar a qualidade de utilização da água do mar e reduzir as comodidades” (Pinet, 2009).

*Tabela 1: Alguns poluentes no oceano (Pinet, 2009).*

Poluente	Fontes naturais	Fontes humanas
<b>Hidrocarbonetos</b>	Infiltrações, rios, vulcões, atmosfera, bactérias	Transportes, produção, aerossóis
<b>Metais pesados</b>	Vulcões, rios, sedimentos, meteorização de rochas	Efluentes industriais e municipais
<b>Nutrientes</b>	Rios, Ressurgência, atmosfera, decomposição de bactérias.	Efluentes municipais, fertilizantes agrícolas.
<b>Químicos sintéticos</b>	Nenhum	Fabrico, transportes, fertilizantes agrícolas e pesticidas.

### **3.3.Sedimento como indicador de monitoramento ambiental**

Sedimentos são constituídos pela deposição de partículas em suspensão proveniente dos rios, lagos, estuários e oceanos. São formados por minerais de tamanhos variados, incluindo argila, silte e areia, misturada com a matéria orgânica e de fragmentos de rochas extraídos por processos químicos e físicos (Garcia *et al.* 2014). Os sedimentos constituem-se componente importante dos ecossistemas estuarinos, servindo de habitat, local de desova e crescimento para muitos organismos aquáticos. Ademais, servem também como reservatórios de poluentes e desse modo atuam como uma fonte potencial de poluentes para a coluna d'água, aos organismos e aos consumidores finais destes organismos (Coringa *et al.*, 2016).

Dentre várias fontes responsáveis por contaminar os ecossistemas, destacam-se os resíduos provenientes de processos produtivos industriais e dos efluentes domésticos, despejados nos corpos hídricos sem tratamento prévio, ou tratado inadequadamente. Esses resíduos são as principais fontes de matéria orgânica nos sedimentos de ambientes costeiros, o que possibilitam um maior acúmulo hidrocarbonetos e metais pesados (Yagub *et al.*, 2014). Os sedimentos são importantes depósitos de poluentes, mas também atuam como fontes de liberação desses mesmos poluentes para o meio aquático, o que os torna disponíveis para serem incorporados na biota.

No que diz respeito à granulometria, e os potenciais poluentes os sedimentos podem ser classificados em dois grupos principais conforme a classificação de (Rawdkivi, 1976).

**Sedimentos grossos:** são partículas maiores que 63  $\mu\text{m}$ , incluem areia e cascalho, composto principalmente por quartzo e feldspato, bem como carbonato de cálcio, oriundo dos fragmentos conchas.

**Sedimentos finos:** são partículas menores que 63  $\mu\text{m}$  (silte e argila), constituídos particularmente por minerais argilosos, matéria orgânica e carbonatos. Em razão das suas características físicas (grande superfície de contato) e químicas (características da matéria orgânica), as frações mais finas dos sedimentos possuem um enriquecimento nas concentrações de contaminantes se comparados com as frações mais grossas (Coringa et al., 2016).

### **3.4. Relações entre poluentes e granulometria dos sedimentos**

Poleto & Castilho (2008) afirmam que, embora danos causados pelos sedimentos estejam geralmente relacionados ao assoreamento de corpos de água, problemas de ordem química são causados principalmente por sedimentos de granulometria fina (siltes e argilas) que atuam no processo de transferência de poluentes e nutrientes da bacia vertente para os corpos receptores. Os sedimentos não são somente um dos maiores poluentes da água, mas também servem como catalisadores, carreadores e como agentes fixadores para outros componentes poluidores. Eventualmente cargas de sedimentos são capazes de degradar a qualidade da água para consumo humano, para recreação, para o consumo industrial, infraestruturas hidroelétricas e vida aquática.

O entendimento da contribuição de cada fonte de poluentes associados a sedimentos em áreas urbanas tem se tornado uma justificativa para avançar na formulação de instrumentos que permitam incorporar a área de qualidade de sedimentos à gestão dos recursos hídricos urbanos (Baptista, 2005).

A definição da distribuição granulométrica dos sedimentos propagados no sistema de drenagem até o corpo receptor é considerada um elemento importante no entendimento do processo e desenvolvimento de projetos adequados dos componentes do sistema de drenagem, uma vez que se podem definir as granulometrias propagadas até o corpo receptor e as partículas que

ficam retidas nas bocas de lobo (Dotto, 2006). O potencial poluidor dos sedimentos tem relação com sua distribuição granulométrica.

A granulometria, constitui uma das principais características físicas dos sedimentos a área superficial. Quanto às características geoquímicas (substrato geoquímico) dos sedimentos estão relacionadas à presença de carbonatos, argilominerais, matéria orgânica, óxidos e hidróxidos de ferro e manganês. (Poletto & Castilho, 2008). Todas essas características irão interferir diretamente na capacidade e forma de transporte e acumulação de poluentes pelos sedimentos. A dinâmica dos poluentes em relação às partículas de sedimentos é controlada por atributos físicos, químicos e mineralógicos que definem suas diversas formas químicas (solúvel, precipitado, complexado e adsorvido).

*Tabela 2: Apresenta um exemplo da relação entre o tamanho das partículas de sedimentos e alguns tipos de poluentes com resultados dados em percentagem.*

<b>Tabela 3 - Diâmetros de sedimentos</b>	<b>DQO (%)</b>	<b>DBO (%)</b>	<b>Pb (%)</b>
Fração total	83-90	77-95	> 95
< 100 mm	73	77	68
> 100 mm	27	23	32

#### ✓ **Esgotos**

A poluição dos corpos de água por esgotos domésticos é um problema bastante comum em locais populacionais (Clark, 2001). Esse tipo de contaminante insere no ambiente grandes quantidades de nutrientes (especialmente nitrogênio e fósforo) e carbono orgânico, provocando o enriquecimento das águas. Tal enriquecimento pode levar a um crescimento excessivo da biomassa vegetal (tanto fitoplâncton quanto a de macrófitas aquáticas). Ao morrer, toda essa massa vegetal passa a sofrer decomposição bacteriana, o que eleva o consumo de oxigênio disponível no meio, podendo gerar condições de hipóxia (Clark, 2001)

### **3.5. Escala granulométrica**

As escalas de distribuição granulométrica das partículas sedimentares são utilizadas para atribuir os nomes e os termos de cada partícula através do diâmetro médio da partícula numa

análise granulométrica (Dias, 2004). A escala geométrica que utiliza a potência de 2 mm foi proposta pela primeira vez pelo sedimentólogo Johan A. Udden em 1898, sofrendo modificações em 1922 por Wentworth, utilizando potências de 1 a 2 mm como ponto de referência ( (Dias, 2004) Gutierrez, 2009).

### **3.6.Escala phi ( $\phi$ )**

Segundo (Dias, 2004), foi em 1934 que o sedimentólogo norte-americano Krumbein propôs uma nova escala para estudar os sedimentos, na qual utilizou o expoente de potência 2 da escala de Wentworth, como base da escala logarítmica que designou por escala phi ( $\phi$ ). Mas por existirem partículas com dimensões muito inferiores (partículas negativas) Krumbein definiu a escala  $\phi$  como:

$$\text{sendo: } \phi = -\log_2 d(\text{mm})$$

Onde: d = diâmetro da partícula em milímetros

### **3.7.Parâmetros estatísticos de distribuição granulométrica**

O tratamento de dados de granulometria é feito pela estatística convencional baseada na distribuição normal para obtenção dos parâmetros estatísticos (moda, mediana, média, desvio-padrão, grau de assimetria e de Curtose). Entretanto, a análise dos parâmetros estatísticos visa na compreensão da dinâmica dos mecanismos que actuam dentro das etapas de deposição, transporte e classificação dos depósitos sedimentares (Silva F. A., 2012).

*Tabela 3: Classificação e limites dimensionais de Wentworth*

<b>Nome</b>	<b>Escala em phi</b>	<b>Escala em mm</b>
Bloco	-9 a -8	512 a 256
Burgau	-8 a -6	256 a 64
Seixo	-6 a -2	64 a 4
Cascalho	-2 a -1	4 a 2
Areia muito grossa	-1 a 0	2 a 1
Areia grossa	0 a 1	1 a 0.500
Areia média	1 a 2	0.500 a 0.250
Areia fina	2 a 3	0.250 a 0.125

Areia muito fina	3 a 4	0.125 a 0.0625
Silte grosso	4 a 5	0.0625 a 0.031
Silte médio	5 a 6	0.031 a 0.0156
Silte fino	6 a 7	0.0156 a 0.0078
Silte muito fino	7 a 8	0.0078 a 0.0039
Argila grossa	8 a 9	0.0039 a 0.0020
Argila média	9 a 10	0.0020 a 0.00098
Argila fina	10 a 11	0.00098 a 0.00049
Argila muito fina	11 a 12	0.00049 a 0.00024
Coloide	12 a 13	0.00024 a 0.00012

✓ **Média (MZ)**

Indica a magnitude do diâmetro dos grãos, isto é, o tipo de grão em média pode existir nesse local. O diâmetro mais abundante, indica a predominância de uma dada granulometria (Folk & Ward, 1957).

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

*Equação 1: Equação para o cálculo da média*

Onde: **Mz** = Média; **φ16** = Percentil 16;

**φ50** = Percentil 50; **φ84** = Percentil 84.

✓ **Assimetria (SKi)**

A assimetria representa o grau de deformação da curva de frequência simples para a direita ou para a esquerda, analisando-se a relação entre a moda, a média e a mediana. Quando os valores da moda, da média e da mediana forem iguais, a distribuição é considerada simétrica. No caso de esses valores serem diferentes, a distribuição é assimétrica. A assimetria positiva ocorre quando o valor da média é superior ao valor da mediana que por sua vez é superior ao valor da moda e caracterizado por grãos mais finos). A assimetria negativa ocorre quando o valor da média é inferior ao valor da mediana que por sua vez é inferior ao valor da moda, caracterizado por grãos grossos.

$$Ski = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$$

*Equação 2: Determinação da*

*assimetria*

Onde **Ski** = Assimetria; **φ5** = Percentil 5; **φ16** = Percentil 16; **φ50** = Percentil 50; **φ84** = Percentil 84. **φ95** = Percentil 95.

*Tabela 4: Classificação das amostras pela assimetria pelo Método Gráfico Fonte: (Folk & Ward, 1957)*

Classificação	Assimetria
Assimetria muito positiva	1,0 a 0,3
Assimetria positiva	0,3 a 0,1
Quase Simétrica	0,1 a -0,1
Simetria negativa	-0,1 a -0,3
Assimetria muito negativa	-0,3 a -0,1

✓ **Curtose**

A curtose consiste no grau de achatamento de uma curva em relação à curva representativa de uma distribuição normal. A curva de distribuição da curtose pode ser classificada como: platicúrtica (achatada), mesocúrtica (normal) ou lepticúrtica (alongada). Os valores de curtose muito altos ou muito baixos podem sugerir que um tipo de material foi transportado de uma determinada área fonte e depositado sem perder suas características originais (Andrade & Jesus, 2013).

$$K_G = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2,44(\phi_{75} - \phi_{25})}$$

*Equação 3: Determinação da Curtose;*

Onde **KG** = Curtose; **φ5** = Percentil 5; **φ25** = Percentil 25; **φ75** = Percentil 75. **φ95** = Percentil 95.

✓ **O Desvio padrão (σ)**

Geologicamente o desvio-padrão descreve a seleção dos sedimentos em relação a quantidade de energia predominante (Folk & Ward, 1957).

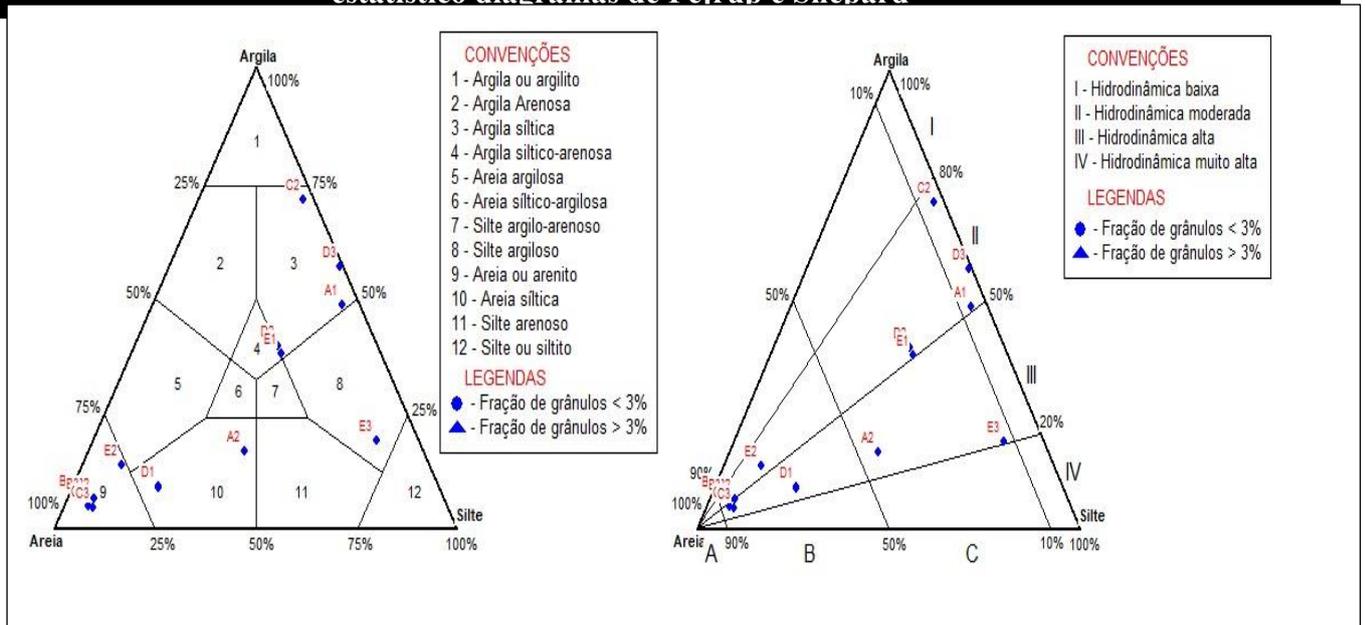
**3.8. Diagramas triangulares**

(Shepard, 1954) Propôs um diagrama triangular (figura 4a), o mais usado para a classificar os sedimentos de diferente fácies deposicionais, usou as percentagens de areia, silte e argila contidas nas amostras de sedimentos, classificando assim os sedimentos dependendo das áreas ocupadas pelas amostras no diagrama, mas o diagrama não se baseia na hidrodinâmica do ambiente deposicional. (Pejrurp, 1988) discutiu a classificação proposta por (Shepard, 1954) e considera que a mesma pode ser inoportuna para classificar sedimentos estuarinos devido à grande quantidade de argila presente nas amostras destes ambientes. Com base nestes dados (Pejrurp, 1988) propôs um novo diagrama triangular para a classificação de sedimentos estuarinos, segundo as condições hidrodinâmicas atuantes durante o processo de deposição dos sedimentos.

(Pejrurp, 1988) Utiliza o teor de argila presente nos sedimentos para delimitar as áreas de seu diagrama. Os sedimentos estuarinos com teores de argila maior que 80%, são pouco frequentes e caracterizam ambientes de baixa energia, este valor é utilizado para dividir um dos campos de seu diagrama. Por razão simétrica a linha que corresponde a 20% de argila, é utilizada para representar ambientes de energia mais elevada e, finalmente a linha de 50% de argila, é utilizada para dividir a seção média do diagrama em duas partes iguais. Desta maneira o diagrama proposto fica dividido em quatro seções. A seção I caracteriza ambientes com condições hidrodinâmicas muito baixas, enquanto as seções II, III e IV, caracterizam ambientes com aumento gradativo da energia. A divisão do diagrama nas seções A, B, C e D é efetuada a partir do conteúdo de areia presente nos sedimentos.

A linha de 10% de areia é escolhida por (Pejrurp, 1988), pelo motivo que tal conteúdo de areia em sedimentos lamosos é insignificante em termos de dinâmica ao passo que a linha de 90% de areia foi escolhida devido à perda do carácter coesivo por sedimentos com tal características. Finalmente a linha de 50% de areia foi escolhida para dividir o grupo central em duas partes iguais. Desta maneira (Pejrurp, 1988) divide o diagrama em 16 grupos (figura 4b), nomeados por letras que indicam a textura e por números que indicam as condições hidrodinâmicas atuantes durante a deposição.

**Caracterização granulométrica dos sedimentos do fundo no EBS utilizando análises de parâmetros estatístico diagramas de Peirup e Shepard**



**Figura 2:** a) Diagrama de Shepard b) Diagrama de Peirup

**Fonte:** (Shepard 1954)

**Fonte:** Peirup (1988)

## 4. Metodologia

### 4.1. Localização e Caracterização da Área de estudo

O Estuário dos Bons Sinais está localizado na Província de Zambézia, separando os distritos de Quelimane (à Norte) e Inhassunge (à Sul). Resulta da junção dos Rios Cuácua e Licuar e possui uma largura média de 2 km e cerca de 30 km de comprimento, totalizando uma área estimada em cerca de 60 km<sup>2</sup> limitada pela vegetação de floresta de mangal ao longo das margens do canal principal e secundário (Timba, 2014).

A região apresenta clima tropical húmido caracterizado por estações secas e chuvosas com temperaturas médias anuais que variam de 24 a 26°C e o fundo é caracterizado por material argiloso (Focheiro, 2014). A hidrodinâmica do estuário é fortemente influenciada pela acção das ondas e marés caracterizadas como sendo semi-diurnas, correntes e descargas dos rios Cua Cua e Licuari (António, 2012). A figura abaixo ilustra a localização da área de estudo.

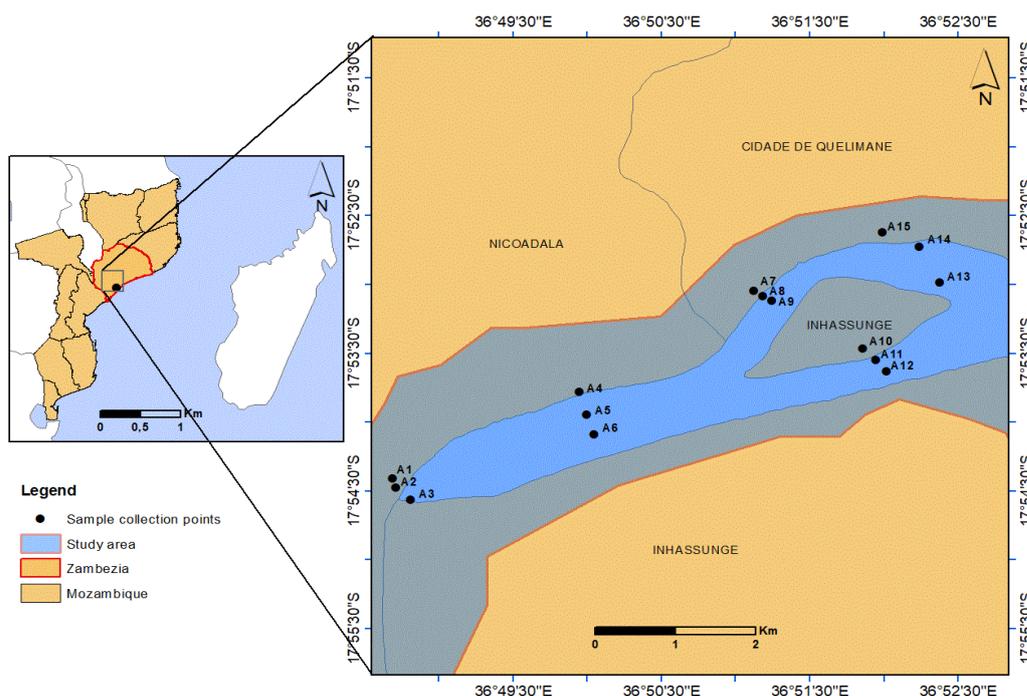


Figura 3: Mapa de localização da área de estudo.

## 4.2. Materiais e Métodos

Para a colecta dos sedimentos do fundo no Estuário dos Bons Sinais, foi empregue o uso do amostrador *Van Veen* e o *GPS Astro 60* para o georeferenciamento da região, dando-nos uma resolução espacial vertical. Após a colecta, as amostras foram colocadas em sacos plásticos catalogados de modo a facilitar a identificação e conservação de cada ponto de amostragem. A posterior essas amostras obtidas, foram submetidas a análises laboratoriais. Tendo sido processadas em Quelimane, no laboratório de química da Universidade Eduardo Mondlane, Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras – ESCMC, em 3 etapas. Inicialmente fez-se a lavagem dos sedimentos com uma solução de água destilada e Peróxido de Hidrogênio por um período de 24h para neutralizar os sais dissolvidos, após a lavagem, foram submetidas a uma temperatura 250°C na estufa para eliminação da matéria orgânica. O teor de matéria orgânica foi quantificado, com a seguinte equação:

$$MO = (P2 - P1) \quad \text{Equação 4: Equação de calculo da matéria orgânica;}$$

Onde:

*MO*- Matéria orgânica

*P2, P1*- Peso em gramas.

Após os procedimentos iniciais de preparação das amostras acima descritos, seguiu-se as análises granulométrica dos sedimentos no laboratório de engenharia civil do ISHCT-Quelimane, baseando-se na técnica de peneiramento a seco de sedimentos, proposto por (Sampaio, 2007) e (Silva, 2016) que consiste na separação de partículas de diâmetros superiores a 0.063 mm de partículas finas com diâmetros inferiores a 0.063. A separação das partículas foi efetuada através de uma série de peneiros com diâmetros de malhas de 2mm, 1mm, 0.5mm, 0,25mm, 0,125mm, 0,063mm e 0,03mm devido as características que os sedimentos apresentam, posteriormente foram pesadas as fracções retidas em cada peneiro.

### 4.2.1. Processamento dos dados

Após a obtenção do peso das fracções granulométricas (areia, silte e argila), os mesmos foram convertidos em valores percentuais e digitados em planilhas do programa computacional electrónico denominado Software *Microsoft Excel 2019*, para o plot de gráficos de distribuição granulométrica das partículas sedimentares. No entanto, para a obtenção dos parâmetros

granulométricos (média, desvio padrão, assimetria e curtose) foram introduzidos os dados de entrada no *Software Sysgrain 3.0* que constituem os valores de Phi para cada classe granulométrica e os respectivos pesos das fracções de cada partícula. Em seguida, escolheu-se o método proposto por (Folk & Ward, 1957) por este apresentar um nível de eficiência maior em relação a outros métodos existentes no mesmo *software* (Camargo, 2006). Após a escolha do método mais eficaz fez-se o plot dos gráficos obtendo assim os dados de saída.

## 5. Resultados

Os resultados são apresentados na forma de mapas e gráficos, que mostram a distribuição de sedimentos no perfil transversal e longitudinal e as características granulométricas através dos parâmetros estatísticos (média, o desvio padrão, a assimetria e a curtose) no estuário em estudo.

### 5.1. Textura dos sedimentos

As características texturais do Estuário dos Bons Sinais demonstram que os sedimentos presentes se dividem em três classes, com características deposicionais distintas. Têm-se, assim, sedimentos mais grossos, classificados como areias e mais finos, classificados como silte e argila. Assim das amostras coletadas verifica-se que nas secções B, C e D a granulometria dos sedimentos da área é similar sendo a Areia a mais predominante. E nas secções A e E observa-se a presença de maior fração de argila (Figura 4).

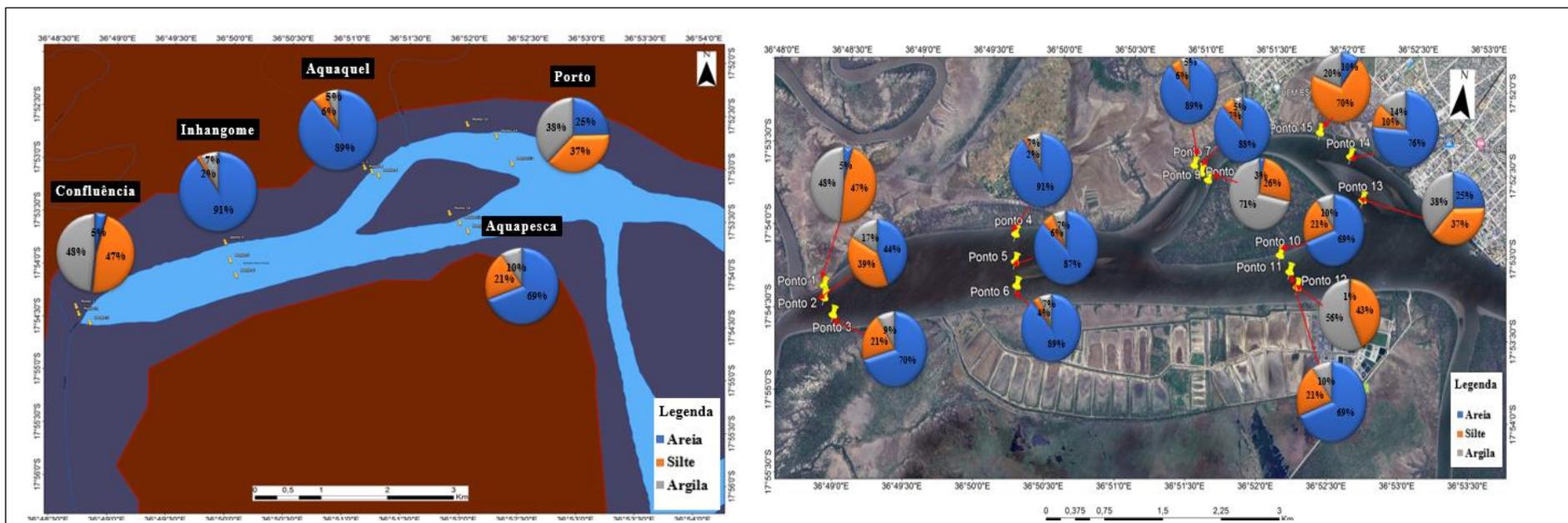
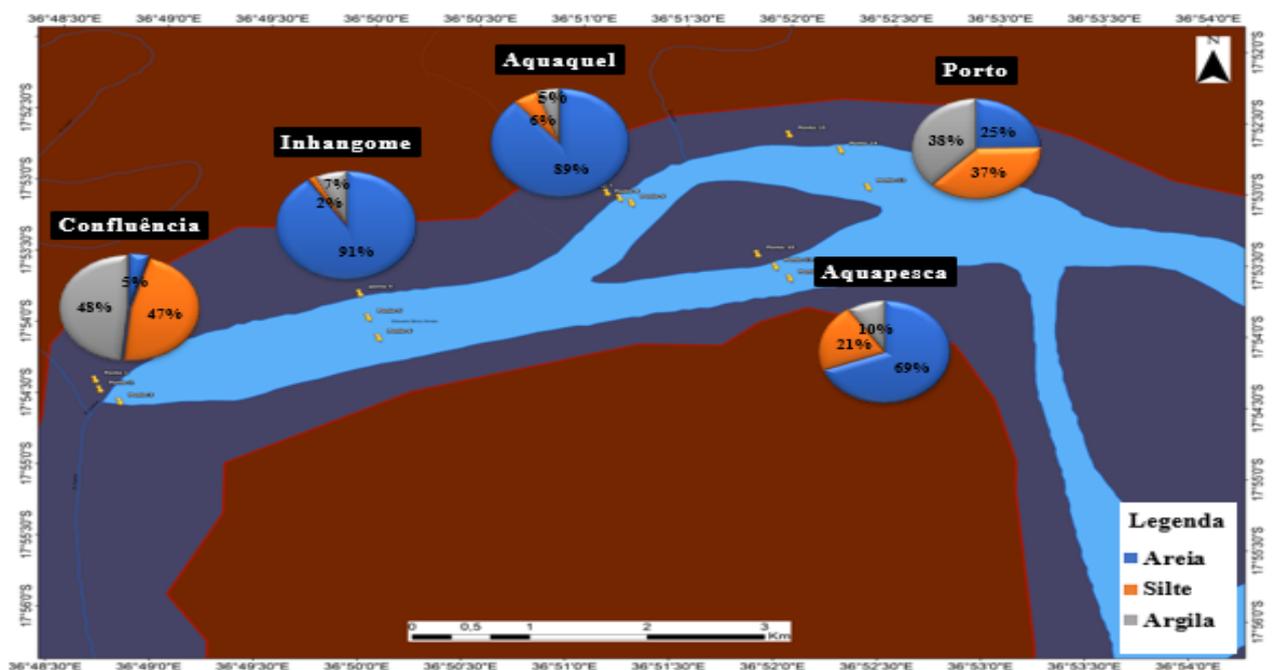


Figura 4: Representação das secções de colecta de amostras

Os sedimentos no Estuário dos Bons Sinais variam desde areia, silte e argila, tendo a areia como classe dominante. A região sul (confluência) contém uma concentração de 5% de areia, valor este que é considerado ínfimo comparado as outras regiões do estuário. Sendo possível notar a concentração máxima desta classe na região de (Inhangome), em seguida observamos uma respectiva diminuição da concentração de areia nas regiões seguintes (Aquaquel, Aquapesca e Porto). A argila apresenta a sua percentagem máxima (48%) na confluência, reduzindo assim a sua disponibilidade nas secções B, C e D (Inhangome, Aquaquel e Aquapesca e Porto), e por fim temos a silte que apresentou sua concentração máxima de (43%) na (Confluência), demonstrando uma redução desta percentagem nas regiões subsequentes do estuário.



**Figura 5:** Variação Transversal e longitudinal de sedimentos do Estuário do Bons Sinais

### 5.2. Determinação dos parâmetros estatísticos dos sedimentos

O Estuário dos Bons Sinais em média é predominada por partículas do tamanho de areia muito fina média e areia grossa. Verificou-se que no (perfil 1) há ocorrência de silte fino, areia muito fina e silte grosso com 33%, 34% e 33% respectivamente. No (perfil 2) areia muito fina (67%) e areia fina (33%), no (perfil 3) ocorrência de silte muito fino (33%) e areia muito fina (67%) e no perfil 5 apresenta metade de 50% de silte médio e 50% de areia muito fina (figura 5).

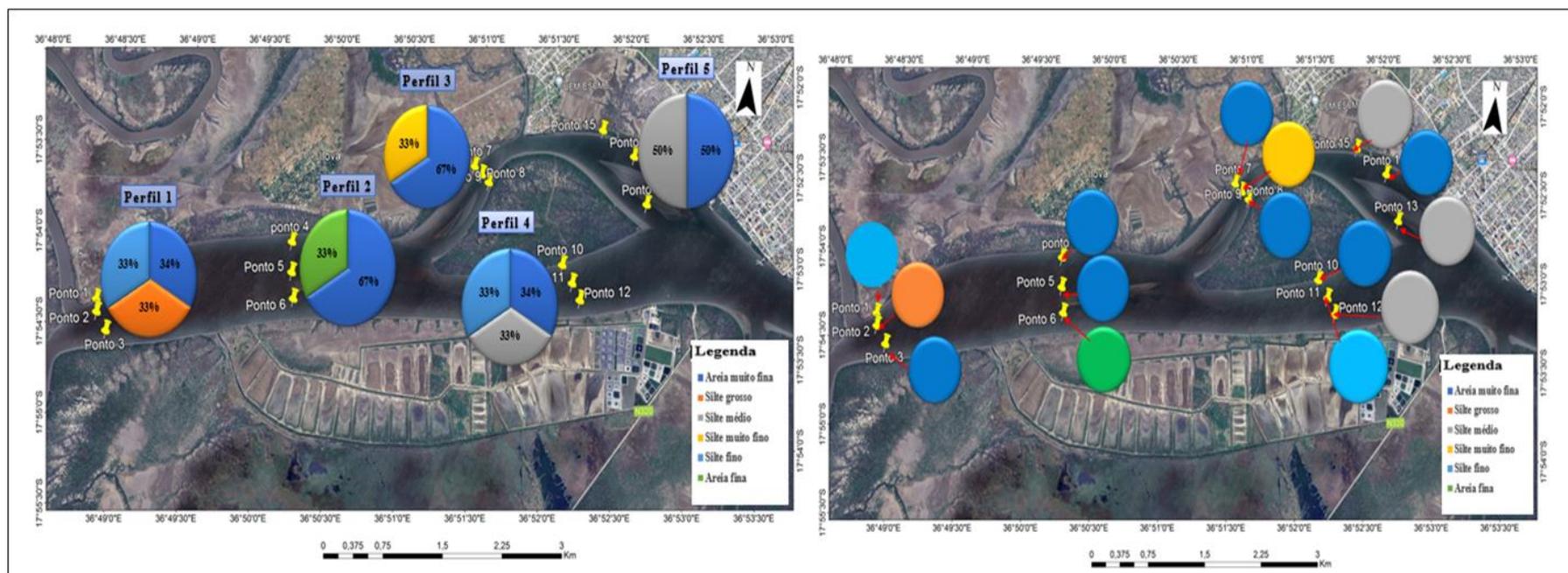
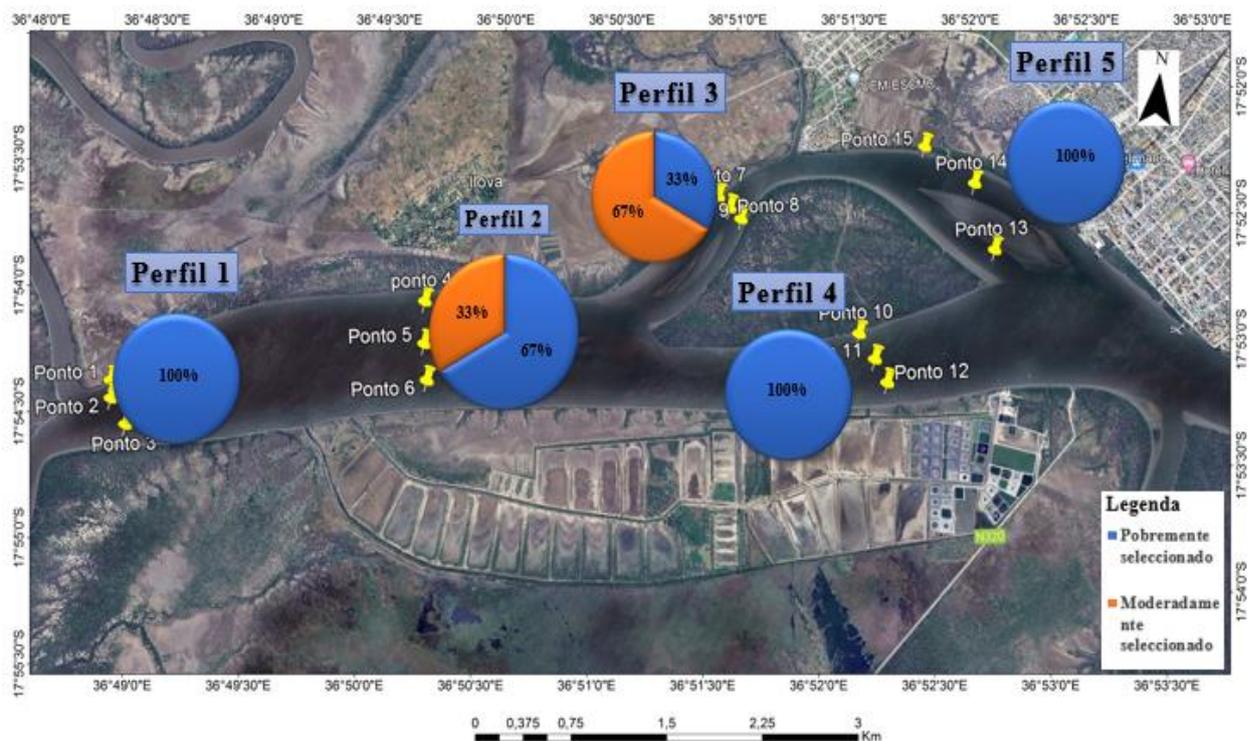


Figura 6: Distribuição do Grão médio dos sedimentos.

## Caracterização granulométrica dos sedimentos do fundo no EBS utilizando análises de parâmetros estatístico diagramas de Pejrup e Shepard

Os sedimentos do Estuário dos Bons Sinais são moderadamente seleccionados e pobremente seleccionados, sendo que no (perfil 1, perfil 4, perfil 5) ocorrem sedimentos pobremente seleccionados (100%, 100% e 100% respectivamente), no (perfil 3) observa-se 67% de sedimentos pobremente seleccionados e 33% de sedimentos moderadamente seleccionados e o (perfil 3) é predominada por sedimentos moderadamente seleccionados com 67%.



*Figura 7: Selecção dos sedimentos*

5.3. Assimetria e Curtose

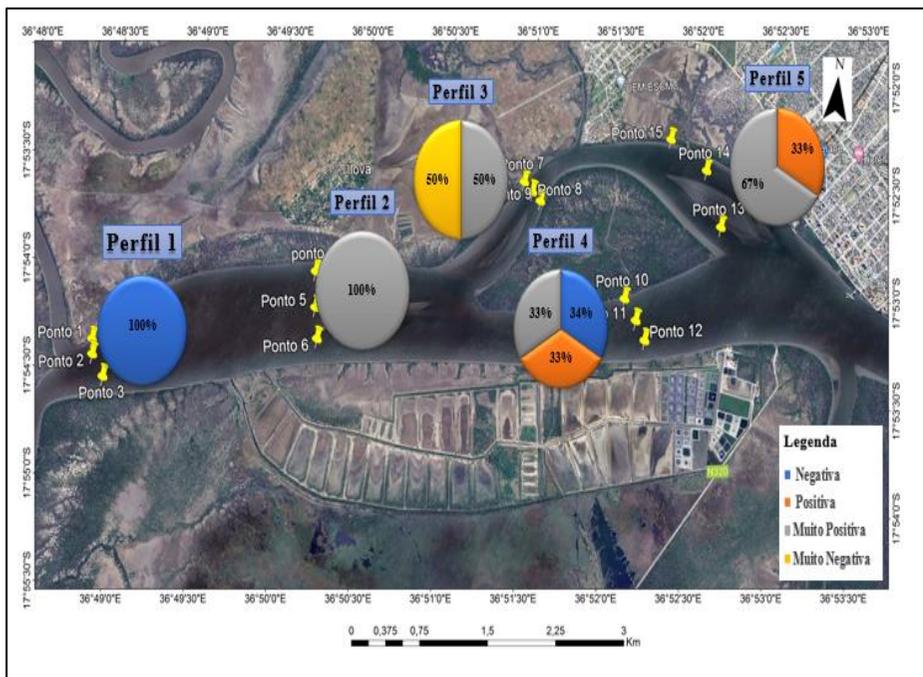


Figura 8: Assimetria dos sedimentos

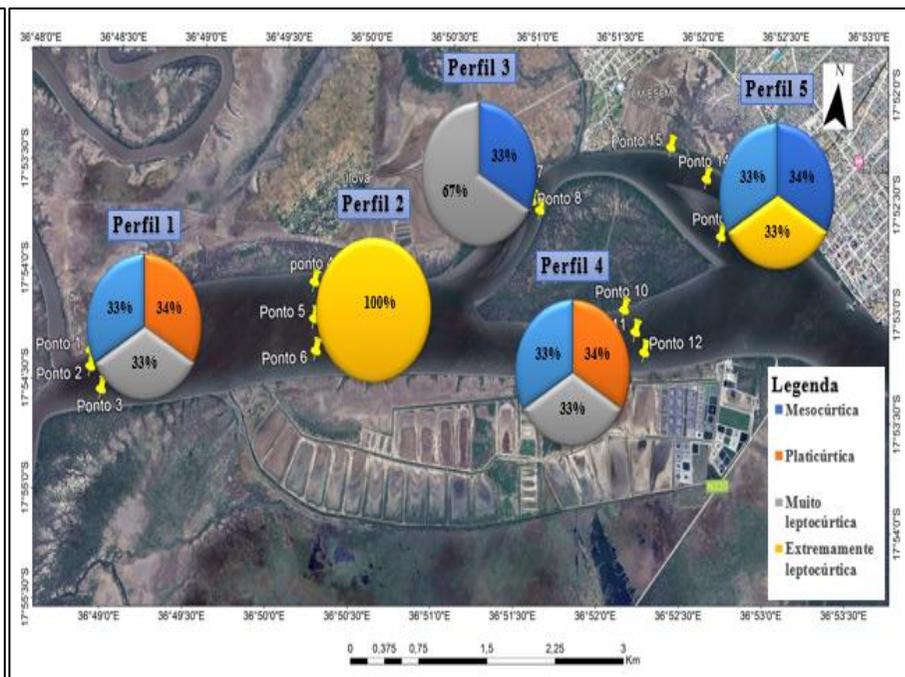


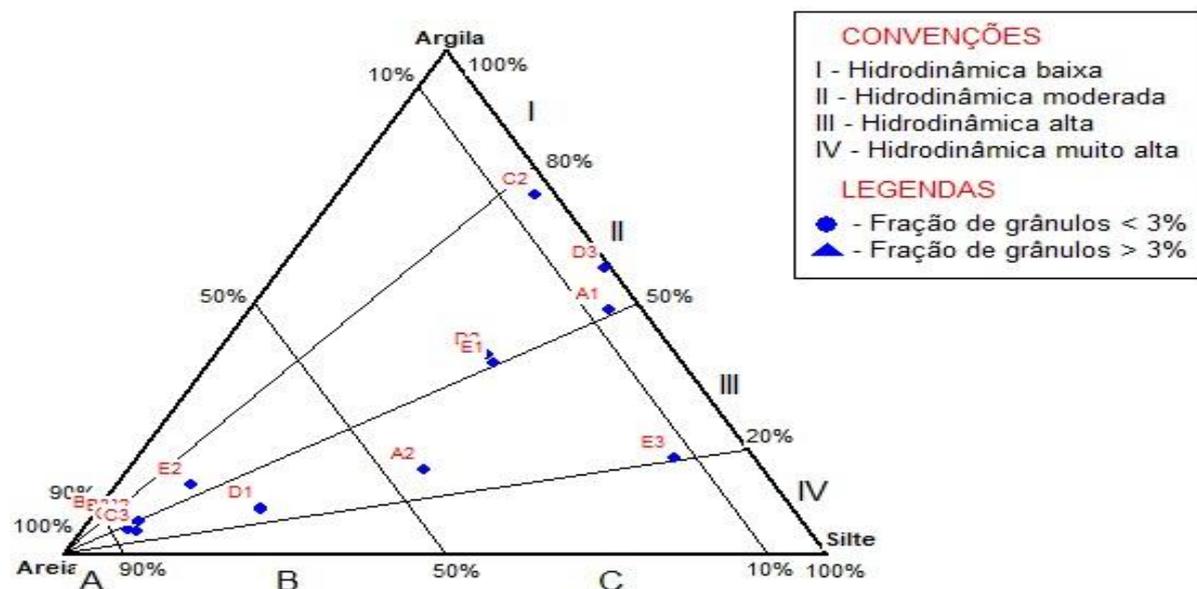
Figura 9: Curtose dos sedimentos

A figura 8 representa a assimetria no Estuário dos Bons Sinais e o mesmo apresentou curvas de assimetria negativa e muito positiva no (perfil 1 e 2) com (100% e 100%), respectivamente. Assimetria muito positiva de (50%) e muito negativa (50%) foi observado no (perfil 3), e foi observado curvas simétricas positiva no (perfil 4) com 33% e (perfil 5) com 33%.

A figura 9 representa a curtose, os perfis mostram curvas platicúrtica, muito leptocúrtica e (34%, 33 %) no (perfil 1 e 4), no (perfil 2) extremamente leptocúrtica e foram observados curvas mesocúrtica (33%), e (67%) de curvas muito leptocúrtica no (perfil 3). O Estuário dos Bons Sinais apresenta curvas extremamente leptocúrtica (33%) e curvas mesocúrtica com 34%.

#### 5.4. Classificação da Dinâmica Sedimentar

De maneira geral, a hidrodinâmica da região amostrada do Estuário dos Bons Sinais varia de moderada à alta. Sendo que os pontos A<sub>1</sub>, D<sub>3</sub>, C<sub>2</sub> localizam-se na faixa II-D, A<sub>2</sub>, E<sub>3</sub> localizam-se na faixa III-C, segue o E<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, encontram-se na faixa II-C, por sua vez encontramos D<sub>1</sub>, C<sub>3</sub>, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> na faixa III-B, por fim E<sub>1</sub> na faixa BII. Um aspecto pode se notar através da análise detalhada do Diagrama de Pejrup, quanto maior for a hidrodinâmica, menor é a concentração de argila, pelo que pode-se afirmar que a hidrodinâmica desempenha um papel preponderante no controle da retenção de poluentes.



**Figura 10:** Hidrodinâmica do Estuário dos Bons Sinais inferida através do Diagrama de Pejrup.

## **6. Discussão dos Resultados**

### **6.1.Determinação da textura dos sedimentos**

Os resultados da textura, mostram uma variação percentual na distribuição dos sedimentos no estuário dos bons sinais. A areia é a fração granulométrica dominante no estuário, encontra-se distribuída em vários pontos. As maiores concentrações de areia, são observados na secção B, C, e D, o que pode estar relacionado com a profundidade que é baixa e com influência das correntes onde favorece a deposição dos sedimentos da classe areia, conforme mostra a figura 4. Segundo Oliveira, (2015) por ser um estuário com baixa profundidade e fechado é possível entender porque ocorre a predominância da classe areia na área de estudo. Entretanto, sedimentos com classe granulométrica muito fina com destaque argila também são encontrados, esta característica verificada na secção A e E pode ser explicada pelas mesmas razões pelas quais essa zona acumulou as demais frações, sendo que a tipologia de ocupação com elevada taxa de área de lotes em construção (secção E), pois estas áreas sofrem menor influência das correntes e possibilitam a deposição dos sedimentos finos por decantação, diferentes das áreas mais rasas próximas as margens. Dessa forma pode-se inferir que as superfícies sem ocupação, por manterem maiores taxas de umidade e possuírem algum tipo de vegetação, podem inibir a dispersão das partículas mais finas de sedimentos servindo como barreira ao acúmulo de poluentes. Por outro lado, Côrreia (2005) relaciona a ocorrência de concentrações de Argila com o contacto da água doce e água salgada, uma vez que, estas argilas transportadas em suspensão pelo aporte fluvial, floculam com a mudança de pH e a presença de água salgada, depositando-se mais rapidamente. Mil-Homens., et al (2014) no seu estudo de composição elementar dos sedimentos estuarinos superficiais: O caso de 15 estuários em Portugal associa a ocorrência de argila com a presença de teor de Alumínio em grandes quantidades como poluente. Al é um constituinte importante da argila minerais, e permanece relativamente estável sob condições iniciais pós-depositacionais diagênese em sedimentos, é comumente usado como proxy de partículas finas (Windom et al., 1989).

### **6.2.Determinação dos Valores dos Parâmetros Estatísticos**

Os resultados dos parâmetros estatísticos mostra que na maior parte das estações, á ocorrência da areia fina, e menor conteúdo de silte e argila que, tendem a acumular maior quantidade de substâncias por possuírem maior área superficial, Sousa et al, (2005) afirmam que locais com sedimentos finos são

constituídos predominantemente por minerais classificados (homogêneos), distorcidos negativamente e de natureza extremamente leptocúrtica. e Andrade & Jesus (2013) afirmam que o tamanho médio dos sedimentos está intimamente associado às condições energéticas do local, sendo que os sedimentos grossos, revelam condições de energia alta do ambiente, e sedimentos finos revelam o contrário.

Estuário dos Bons Sinais mostrou uma predominância de curvas assimétricas muito positivas nos sedimentos do fundo e menor ocorrência de assimetria negativa, positiva e muito negativa, o que pode estar associado a interferência de outros processos costeiros além das ondas e correntes costeiras habituais que causariam o “**joeiramento (winnowing)**” dos sedimentos. Entretanto, Jesus (2023) relaciona no seu estudo a predominância de curvas assimétricas muito positivas com a entrada dos sedimentos grossos das barras transversais ao se acoplarem à praia causando um leve aumento do percentual de fração mais grossa, tornando as curvas simétricas e assimétricas positivas.

A curtose foi um dos parâmetros estatísticos que mais apresentou variabilidade, tendo variado de muito leptocúrtica a extremamente leptocúrtica, possivelmente relacionado com morfologia local da área do estudo, o que é sustentado por, (MICOA, 2012) que esse facto se deve provavelmente a índices de erosão e deposição, transporte transversal e presença de ondas geradas localmente através dos processos do vento. Com algumas estações que se apresentaram, mesocúrticas e platicúrticas. No presente estudo foi observada maior percentagem de curvas mesocúrticas. Segundo Jesus *et al.*, (2014) as variações na curtose podem ser, em geral, relacionadas ao grau de polimodalidade dos sedimentos. Deste modo, quando existe apenas uma fonte de sedimentos, a curva de distribuição de sedimentos tende a ser unimodal, ou seja, com o valor de curtose próximo a 1. Quando a curva de sedimentos apresenta uma segunda moda, pouco expressiva, o valor de curtose será maior que 1 e a curva se tornará mais fortemente leptocúrtica. Enquanto que, quando existem diferentes fontes, cada fonte de sedimentos possuirá uma população que representará uma moda na curva de distribuição. Desta forma, o valor da curtose irá diminuir para valores inferiores a 1 e a curva tenderá a ser bimodal ou polimodal, ou seja, platicúrtica. Isto significa que, embora o Estuário dos Bons Sinais tenha entrada de sedimentos tanto do continente, como do oceano, predomina a entrada de sedimento de uma dessas fontes, que provavelmente seja do oceano, dada a elevada amplitude de maré, como refere Hogueane *et al.*, (2020). Haddout *et al.*, (2022) associou as curvas mesocúrticas a leptocúrticas em sua área de estudo à dominância de sedimentos finos.

A concentração de contaminantes nos sedimentos depende em grande parte da hidrodinâmica próxima a capacidade de retenção do sedimento; sedimentos com maior quantidade de argila e silte pode reter maiores quantidades de resíduos de pesticidas do que sedimentos arenosos ou arenosos-silte: (Pierard *et al.*, 1996; Sarkar *et al.*, 1997; Bétula e Taylor, 2000).

### **6.3. Classificação Hidrodinâmica**

De acordo com os resultados granulométricas plotados no diagrama de Pejrup (1988) na figura 10, revelam que o estuário de bons sinais apresenta uma hidrodinâmica que varia de moderada a alta. O regime hidrodinâmico ilustrado no Diagrama de Pejrup, resulta provavelmente do efeito conjugado da acção das marés e a sua baixa profundidade concorrendo para a deposição de sedimentos grosseiros em relação aos finos. A observação de Corrêia (2005) que associou a deposição de sedimentos de areia a locais mais rasos e de elevada energia das ondas e a deposição de sedimentos finos a locais mais profundos do estuário da Baía de Marajó, reforça esta tese.

## **7. Conclusões**

Com base no estudo feito, pôde-se chegar às seguintes conclusões:

- ✓ A granulometria de sedimentos do EBS é composta predominantemente pelas frações de silte, areia e argila, porém com grande representatividade da fração de areia, isso reforça que o estuário têm uma condição energética elevada;
- ✓ Os valores médios dos sedimentos encontrados em geral são grossos, temos o silte medio com valores máximos de 67% e valores mínimos de 33%;
- ✓ Os sedimentos da área em estudo são mal classificados, apresentando uma selecção pobremente selecionada com uma percentagem de (100%) e moderadamente selecionado com (33%) representando a menor percentagem;
- ✓ Os valores de assimetria variam bastante, sendo que a assimetria muito positiva detêm uma participação de (100%) representando a maior percentagem e a assimetria positiva com (33%) em menor percentagem;
- ✓ A hidrodinâmica dos estuário dos Bons Sinais varia de moderada a alta na escala II e III, usando o do Diagrama de Pejrup respectivamente.

## **8. Recomendações**

Recomenda-se, para os próximos estudos, que:

- ✓ Estude-se a distribuição granulométrica dos sedimentos do estuário dos bons sinais e sua relação com o acúmulo de poluentes em todo estuário ou em outros locais.
- ✓ Caracterize-se o grau geoquímico e textural de minerais em sedimentos do estuário dos bons sinais.
- ✓ A análise da distribuição granulométrica, associada a uma compreensão dos processos ecológicos, para desenvolver estratégias de gestão que visem a conservação e recuperação ambiental da região.

## **9. Referências Bibliográficas**

- ✓ Andrade, A. C., & Jesus, L. V. (2013). Parâmetros Granulométricos dos sedimentos da praia dos Artistas-Aracaju-SE (Vol. IX). Sergipe\_Brasil: Universidade Federal de Sergipe;
- ✓ Andres Gutierrez-Rodriguez, M. L. (2009). Coupling between phytoplankton growth and microzooplankton in dilution experiments: potential artefacts;
- ✓ Camargo, M. G. (2006). Sysgran: Um Sistema De Código Aberto Para Análises Granulométricas Do Sedimento. Brazil: Revista Brasileira De Geociências;
- ✓ Corrêa, I. C. S. (2005). Aplicação do Diagrama de Pejrup na Interpretação da Sedimentação e da Dinâmica do Estuário da Baía de Marajó-PA. Pesquisas em Geociências, 32 (2): 109-118;
- ✓ CORINGA, J.E.S., et al (2016). Distribuição geoquímica e biodisponibilidade de metais traço em sedimentos no Rio Bento Gomes, Poconé - MT, Brasil. Acta Amazonica, v.46, n.2, p.161 – 174
- ✓ Dalrymple, R. B., & Zaitlin, B. (1992). Sedimentary Geology;
- ✓ Davis Jr., R.A. & FitzGerald, D.M. (2004). Beaches and Coasts. 1ª ed. Blackwell Publishing, 419p;
- ✓ Dias, J. A. (2004). A Análise Sedimentar e o Conhecimentos dos Sistemas Marinhos;
- ✓ Dyer, K. (1997). Estuaries: A Physical Introduction. (W. Chichester. Ed) 2 ed;
- ✓ Folk, R. L., & Ward, W. C. (1957). A Study in the Significance of Grain Size Parameters. Austin- Texas: Journal of Sedimentary Petrology, No.1,pp.3-26 ;
- ✓ Frazão, E. P. (2003). Caracterização Hidrodinâmica e Morfosedimentar do Estuário Potengi e Áreas Adjacentes: Subsídios para controle e recuperacao ambietal no caso de derrames de Hidrocarbonetos . Rio Grande do Norte- Brasil;
- ✓ GARCIA, V.S.G., et al. (2014) Avaliação da toxidade em sedimento do rio Cubatão-SP. Rev. O Mundo da Saúde, São Paulo,
- ✓ Haddout, S., Azidane, H., Hogueane, A. M., K.L.Priya, Casila, J. C., & I.Ljubenkov. (2022). Grain size distribution and fluvial environmental implications of Sebou estuary (Marocco). Marocco: Marine ageoresources and Geotechnology;
- ✓ Hogueane, A. M., Gammelsrød, T., Mazzilli, S., Antonio, M.H. & da Silva, N. B. F. (2020). The hydrodynamics of the Bons Sinais Estuary: The value of simple hydrodynamic tidal models in understanding circulation in estuaries of central Mozambique. Regional Studies in Marine Science, 37: 2-11, <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101352>;

- ✓ Jesus, L., Andrade, A., M.G.Silva, & Rodrigues, T. (2014). Distribuição espacial das características granulométricas, morfooscópicas e composicionais dos sedimentos das prais de Aracajú-Sergipe. Aracajú-Sergipe: Scientia Plena Vol.10,Num.04;
- ✓ Lima, L. d. (2019). Importancia da Caracterizacao dos Sedimentos em Ambientes Estuarinos Complexo Estuarino de Paranagua-PR. Fortaleza-CE: XVIII Simposio Brasileiro de Geografia Fisica Aplicada ;
- ✓ Machaieie, N. e. (2021). Análise comparativa da distribuição dos sedimentos em duas praias da província da Zambézia, Moçambique. Quelimane, Moçambique: Universidade Eduardo Mondlane, Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras;
- ✓ Matsumane, C. A. (2018). Aplicação do diagrama de Pejrup na interpretação da hidrodinâmica do Estuário dos Bons Sinais - Quelimane. Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras ;
- ✓ Mazzilli, S. R., Kemanian, A. R., R. Ernst, O., Jackson, R. B., & Pineiro, G. (2015). Greater humification of belowground than aboveground biomass carbon into particulate soil organic matter in no-tillcorn and soybean. USA: Elsevier Ltd;
- ✓ MEHTA, A. P. (1975). An investigation of the depositional properties of . Journal of Hydraulic Engineering;
- ✓ MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M & KJERFVE, B. Princípios de Oceanografia Física de Estuários. 1ªed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2002.
- ✓ Mil-Homens, M., et al. (2014) Principais fatores que influenciam a composição elementar dos sedimentos estuarinos superficiais: O caso de 15 estuários em Portugal. Março. Poluição. Tour, <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul>
- ✓ Motta, P. R. (2018). Distribuição E Transporte De Sedimentos Costeiros Exemplos Em Arraial Do Cabo, Rj . Rio De Janeiro\_Brasil: Vol. 19;
- ✓ Okamoto, N. (2009). Transporte De Sedimentos E Estado Morfodinâmico Da Praia Da Curva De . Vitoria\_Brasil;
- ✓ Oliveira, A. O. (2015). Caracterização Sedimentar e Aplicação do Diagrama de Pejrup para interpretação da Dinâmica em uma Enseada Estuarina na Lagoa dos Patos. Brasil: Geographia Meridionalis;
- ✓ Pinet, P. R. (2009). Invitation to Oceanography. Boston: Jones and Bartlett Fifth Edition;

- ✓ Pie`rard, C., Budzinski, H., Garrigues, P., 1996. Distribuição granulométrica de policlorobifenilosem sedimentos costeiros. *Tecnologia de Ciência Ambiental* 30, 2776–2783.
- ✓ Pritchard, P. (1967). What is an estuary: a physical viewpoint. Washington: American Association : In G. H. Lauff (Ed.) *Estuaries* (pp. 3-5);
- ✓ Rachel, C. (1955). *The Edge of the Sea*. Us: Houghton Mifflin Company;
- ✓ READING, H. (1996). *Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy*. Oxford: Blackwell Science: 3rd ed;
- ✓ Sampaio, J. A. (2007). *Análise Granulométrica Por Peneiramento*. . Rio De Janeiro, Brasil: Coppe-Ufrj;
- ✓ Scholten, J. H. (1987). *Estudo de Solos ao Nivel de Reconhecimento da Faixa Costeira de Quelimane*;
- ✓ Silva, F. A. (2012). *Análise do Comportamento Sedimentológico e Hidrodinâmico da desembocadura Norte do Canal de Santa Cruz- PE*. Pernambuco-Recife: Tese de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife;
- ✓ Silva, M. A. (2016). *Praias Da Baía De Guanabara No Estado Do Rio De Janeiro (Vol. 17)*. Rio De Janeiro\_Brasil: Revista Brasileira De Geomorfologia;
- ✓ Souto, M. (2014). *Governança e Crescimento Partilhado das Pescas no Sudoeste do Oceano Índico em Moçambique (SWIOFish)*. Maputo: SWIOFish Moçambique;
- ✓ SOUSA, R., GUILHERMINO, L. E ANTUNES, C. (2005). Molluscan fauna in the freshwater tidal area of the River Minho estuary, NW of Iberian Peninsula. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, 41 (2):141-147.
- ✓ Timba. (2014). *Propagacao da onda de Mares no Estario dos Bons Sinais*. Quelimane: Univercidade Eduardo Mondlane.
- ✓ Windom, HL, Schropp, SJ, Calder, FD, Ryan, JD, Smith, RG, Burney, LC, Lewis, FG, Rawlinson, CH, (1989). Concentrações naturais de metais vestigiais em sedimentos marinhos estuarinos e costeiros do sudeste dos Estados Unidos. *Meio Ambiente*.
- ✓ YAGUB, M.T., SEN, T.K., AFROZE, S. H.M. (2014) Dye and its removal from aqueous solution by adsorption: a review. *Adv. Colloid Interface Sci*.