



UNIVERSIDADE  
EDUARDO  
MONDLANE

## **ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS MARINHAS E COSTEIRAS**

Monografia para obtenção do grau de licenciatura em Geologia Marinha

### **Aplicação do diagrama de Pejrup na interpretação da evolução hidrodinâmica do Estuário de Macuse, Namacurra- Província da Zambézia.**



**Autor:**

Lai Wá Manaque

---



## **ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS MARINHAS E COSTEIRAS**

Monografia para a obtenção do grau de licenciatura em Geologia Marinha

### **Aplicação do diagrama de Pejrup na interpretação da evolução hidrodinâmica do Estuário de Macuse, Namacurra- Província da Zambézia.**

**Autor:**

Lai Wá Manaque

**Supervisor:**

Msc. Fernando Victor Saide

---

Quelimane, Julho de 2019

---

### **Dedicatória**

Dedico este trabalho aos meus pais **Joaquim M. Manaque** e **Ângela Maria da Conceição Lai Wá**, a minha avó Rita Afoa, Aos meus tios Teng, Roberto, Adelina, Isabel, Leonor e Fina, Aos meus irmãos Jújú, Sílvio, Maninho, Nono, Luisinha e Helena, meus primos Van, Nilza, Décio, Neide, Celito, Chin, Nelsinho, Virgílio e Ah Yok, aos meus sobrinhos Loide, Quimo, Igor, Milton, Silvinho e Lisangela. A dedicatória é especialmente para vós por terem acreditado e investido na minha formação.

## Agradecimentos

À Deus por tudo e por estar em todos os momentos, me dando saúde, paciência, conforto, paz por não ter me desamparado.

A família Manaque e Lai Wá, em especial aos meus pais Joaquim M. Manaque e Ângela Maria da Conceição Lai Wá por todo apoio social, financeiro e económico. A minha parceira Tânia Manuela Francisco que esteve comigo em todos momentos em especial académico, Aos meus irmãos Jújú, Sílvio, Maninho, Nono, Luisinha e Helena pelo amor, protecção, apoio nos inúmeros momentos de dificuldades e que compreendeu minhas constantes ausências por esses quatro anos pessoas que não mediram esforços para o êxito deste trabalho.

Ao meus orientadores Msc. Fernando Victor Saide e Msc. César António Mubango Hogueane, a qual tenho profundo respeito e admiração, e que durante esta fase sempre mostram-se prontos a responder as inúmeras dúvidas da pesquisa e transmitindo ensinamentos ao longo da elaboração do mesmo.

Aos docentes da ESCMC, Msc. Celso Matsinhe, Msc. Noca Furaca, dr. Mabota, dr. Lopes, dr<sup>a</sup>. Carlota Alves e ao dr. Banito Majestade. quero agradecer pelo conhecimento transmitido durante a minha formação, pois sem esse conhecimento não teria bases para realizar este trabalho.

À Universidade Eduardo Mondlane pela bolsa de estudos.

Aos colegas da turma de Geologia Marinha do ano 2015 Eduine Tomé, Felisberto Felix, Nelson António, Adriano César, André Enoque, Fátima Lisboa, Valentim Muatama, Augusto Vuja, Luis da Rosa, Alberto Jeque, Deuclésio de Júbilo, Marlene Massique, Alcardina Sisinio, Felismino Esmínio, Suraya Carsidasse, Geraldo Nhatsave, Anoque Chakanga, Benelves Macassane, Ribeiro Plimbão, Justino Chipanga e Adélia Mabunda pela cumplicidade, momentos de alegria e conhecimento transmitido durante a formação.

Aos colegas do curso de oceanografia, Química e Biologia, especialmente a Neto Domingos Arrota, Manuel Simango, Humberto Meque, Zeynul Duffa, Paloma de Jesus, Olga Fote e Cremildo Zimoua pela cumplicidade amizade e ajuda nos momentos bons e difíceis.

A Lizandra Frederico, Ana Paula, Mercia Macamo, Catarina Tuaira e Marino gratos pela amizade, palavras de encorajamento e conforto.

### **Declaração de honra**

Declaro por minha honra que este trabalho de licenciatura intitulado **Aplicação do diagrama de Pejrup na interpretação da evolução hidrodinâmica do Estuário de Macuse, Namacurra- Província da Zambézia** é da minha autoria, nunca foi apresentado na sua essência ou parte do mesmo para a obtenção de qualquer grau académico.

Autor:

---

(Lai Wá Manaque)

Quelimane, Julho de 2019

## Resumo

O presente teve como objectivo interpretar a evolução hidrodinâmica do Estuário de Macuse, através da conjugação dos parâmetros estatísticos granulométricos e diagrama de Pejrup (1988). Foram oito (8) amostras colectas na superfície do fundo do Estuário de Macuse em profundidade usando um tubo de Policloreto de Vinil (PVC), onde para obtenção dos resultados apresentados, as mesmas foram submetidas a análises granulométricas no Laboratório de Sedimentologia do Departamento de Geologia da Universidade Eduardo Mondlane (UEM), usando as técnicas de Peneiramento e Pipetagem. Os resultados mostraram que a classe granulométrica que apresentou maior domínio em profundidade foi a areia com cerca de 49%, seguida por silte 39% e por ultimo a argila com 12%. A análise do diagrama de Pejrup (1988) permitiu classificar o Estuário de Macuse como um ambiente com uma Hidrodinâmica muito alta.

**Palavras-Chaves:** Hidrodinâmica estuarina ; Diagrama de Pejrup; Estuário de Macuse.

*Abstract*

The present study had as objective to interpret the hydrodynamic evolution of the Macuse Estuary, through the conjugation of the statistical granulometric parameters and Pejrup diagram (1988). Eight (8) samples were collected on the bottom surface of the Macuse Estuary in depth using a polyvinyl chloride (PVC) tube, where to obtain the presented results, they were submitted to particle size analysis in the Sedimentology Laboratory of the Department of Geology of the University Eduardo Mondlane (UEM), using the techniques of Sieving and Pipetting. The results showed that the granulometric class that presented the greatest depth domain was the sand with about 49%, followed by silt 39% and finally the clay with 12%. The analysis of the Pejrup diagram (1988) allowed to classify the Macuse Estuary as an environment with a very high Hydrodynamics.

**Keywords:** Hydrodynamics estuarine; Pejrup diagram; Macuse estuary.

### Tabela de abreviaturas

Sigla	Significado
%	Porcentagem
$\Phi$	Phi
°C	Graus célsius
Cm	Centímetros
$\Sigma$	Desvio padrão
G	Gramas
Mz	Diâmetro Médio
H	Hora
GPS	Sistema de Posicionamento Global
L	Litro
M	Metro
ml	Mililitro
Mm	Milimetro
PVC	Policloreto de Vinil
UEM	Universidade Eduardo Mondlane
S	Sul
E	Este
ESCMC	Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

---

## Lista de figuras

<b>Figura 1:</b> Diagrama triangular para classificação de sedimentos estuarinos. Fonte: Modificado de Pejrup (1988).....	9
<b>Figura 2:</b> Localização geográfica da área do estudo (Google Earth).....	10
<b>Figura 3:</b> Corte dos tubos de PVC e amostras de sedimentos prontas para o confeccionamento em sacos plásticos.....	12
<b>Figura 4:</b> a) Balança XS-210 com precisão de 0,001 g, usada para pesar as amostras; b) Estufa WT Binder, usada para secar amostras.....	13
<b>Figura 5:</b> Peneiras granulométricas, usadas para o peneiramento das amostras.....	14
<b>Figura 6:</b> Colecta das fracções granulométricas dos sedimentos pelíticos (silte e argila).....	15
<b>Figura 7:</b> Distribuição granulométrica em intervalos de 10 cm profundidade- Testemunho LM.....	16
<b>Figura 8:</b> Distribuição granulométrica total em profundidade -Testemunho LM.....	17
<b>Figura 9:</b> Plot das amostras ao longo do diagrama de pejrup.....	19

### Lista de tabelas

<b>Tabela 1:</b> Classificação dos sedimentos baseada nos trabalhos de Wentworth (1922) segundo a análise granulométrica .....	6
<b>Tabela 2:</b> Localização geográfica e profundidade de colecta do testemunho .....	12
<b>Tabela 3:</b> Comportamento do diâmetro médio e desvio padrão do testemunho LM .....	18
<b>Tabela 4:</b> Pesos retidos em cada diâmetro das peneiras no testemunho LM.....	27
<b>Tabela 5:</b> Granulação, profundidade de colecta e tempo utilizado na pipetagem .....	27

## Índice

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Objectivos .....	2
1.1.1. Geral: .....	2
1.1.2. Específicos: .....	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1. Sedimentologia .....	3
2.1.1. Importância da sedimentação .....	3
2.2. Dinâmica sedimentar .....	4
2.2.1. Erosão .....	4
2.2.2. Transporte .....	4
2.2.3. Deposição .....	4
2.3. Análise granulométrica .....	5
2.4. Parâmetros estatísticos .....	7
2.4.1. Diâmetro Médio (Mz) .....	7
2.4.2. Desvio padrão ( $\sigma$ ) .....	7
2.5. Diagrama triangular de Pejrup .....	9
3. METODOLOGIA .....	10
3.1. Localização e Descrição da Área de Estudo .....	10
3.1.1. Clima, Relevo e Solos .....	11
3.2. Materias e métodos .....	11
3.2.1. Procedimento de campo e amostragem .....	11
3.2.2. Procedimento Laboratorial .....	12
3.2.2.1. Preparação das amostras .....	13
3.2.2.2. Análise granulométrica .....	14
3.3. Processamento e Análise dos dados .....	15
3.3.1. Distribuição granulométrica .....	15
3.3.2. Análise dos parâmetros estatísticos .....	15
3.3.3. Confecção de diagramas .....	15

4. RESULTADOS.....	16
4.1. Caracterização granulométrica.....	16
4.2. Análise dos Parâmetros estatísticos .....	17
4.3. Hidrodinâmica a partir do Diagrama de Pejrup .....	18
5. DISCUSSÃO .....	19
5.1. Descrição granulométrica .....	19
5.2. Parâmetros estatísticos .....	20
5.3. Interpretação da hidrodinâmica através do diagrama de Pejrup .....	21
6. CONCLUSÃO .....	22
7. RECOMENDAÇÕES .....	22
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23
9. ANEXOS .....	26

## 1. INTRODUÇÃO

A palavra estuário é derivada do adjetivo latim *aestuarium*, cujo significado é maré ou onda abrupta de grande altura, fazendo referência a um ambiente altamente dinâmico, com mudanças constantes em resposta às forçantes naturais (Miranda *et al.*, 2002). Entretanto, são considerados como ambientes de transição entre o continente e o oceano onde um ou vários rios encontram o mar, na qual a dinâmica e a distribuição das propriedades químicas, biológicas e sedimentares são controladas por processos hidrodinâmicos marinhos e continentais (Perillo, 1996).

Os estuários são ambientes sedimentares costeiros cuja evolução depende da interacção entre parâmetros geomorfológicos, sedimentares e hidrodinâmicos, sendo actividade biológica uma condicionante fundamental na manutenção do sistema, possuem uma diversidade de morfologias devido às diferentes formas de interacção dos fluxos de energia gerados pelas ondas, marés e descarga fluvial (Miranda *et al.*, 2002).

Os estuários de Moçambique são as principais vias de transferência de água doce, sedimento, nutrientes e poluentes para o Oceano Índico e grande parte do material sedimentar estuarino é proveniente da erosão da bacia de drenagem, cujos principais constituintes são silte e argila, que compõem partículas inferiores (Schettini, 2003).

A evolução destes ambientes é marcada por variação textural no perfil estratigráfico (Paulo e Castro, 2001) e o estudo detalhado da textura do sedimento expressa pelo seu diâmetro permite a reconstituição das condições hidrodinâmicas pelo facto desta componente reflectir, em grande medida, na característica dos processos hidrodinâmicos que actuaram durante o período de deposição dos sedimentos (Suguio, 1980).

Aproximações específicas para caracterização da hidrodinâmica dos ambientes deposicionais geralmente são baseadas em parâmetros estatísticos (diâmetro médio, desvio padrão, assimetria e curtose) estabelecidos por Folk e Ward (1957), por outro lado, em ambientes estuarinos devido ao alto teor de lama, a caracterização da hidrodinâmica baseando-se em parâmetros estatísticos torna-se problemática, pelo facto de dificultar na computação (Pejrup, 1988).

Em vez disso, pode-se usar um diagrama triangular baseado nas razões de areia, silte e argila. Pejrup (1988) propôs um diagrama triangular que é comumente usado para o estudo da hidrodinâmica dos ambientes estuarinos baseando-se primordialmente na concentração de argila, e este por sua vez, apresenta a grande facilidade de representação gráfica, distinção precisa entre diferentes tipos de sedimentos e as características hidrodinâmicas nas quais os mesmos foram submetidos durante o processo de deposição (Dias, 2004).

Marcon e Corrêa (2011) aplicaram o diagrama de Pejrup para inferir sobre a evolução temporal da hidrodinâmica sedimentar dos Depósitos Quaternários da Região do Médio Alto Uruguai, onde as análises granulométricas associadas ao diagrama de Pejrup (1988) indicaram que a deposição dos sedimentos ocorreu sob regime de baixa energia.

Desta forma, devido a escassez e importância da informação referente a evolução temporal da hidrodinâmica, bem como pela falta de estudos ligados a área de geologia neste estuário, o presente estudo visa compreender a evolução hidrodinâmica no estuário de Macuse aplicando o diagrama de Pejrup com base na distribuição do tamanho de sedimentos em profundidade, usando a conjugação dos parâmetros estatísticos granulométricos e diagrama de Pejrup (1988).

## **1.1. Objectivos**

### **1.1.1. Geral:**

- ✓ Compreender a evolução hidrodinâmica no estuário de Macuse aplicando o diagrama de Pejrup.

### **1.1.2. Específicos:**

- ✓ Caracterizar o tipo e granulometria dos sedimentos em profundidade;
- ✓ Analisar os parâmetros estatísticos (diâmetro médio e desvio padrão);
- ✓ Classificar a hidrodinâmica do estuário de Macuse com base no diagrama de Pejrup (1988).

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Sedimentologia**

Sedimentos são partículas soltas sólidas que resultam através de um processo de Meteorização, físico ou químico das rochas e que ao interagir com agentes dinâmicos externos transportam-se ou depositam-se (Carvalho, 2000).

Segundo Carvalho (1994) Sedimentação é um termo geral, utilizado para compreender os processos físicos envolvendo sedimentos: erosão, transporte nos cursos de água e deposição. Estes processos são bastante complexos e ocorrem naturalmente em todo o planeta, tendo importância mundial na medida em que são responsáveis pela formação actual da crosta terrestre.

O processo de sedimentação acontece quando as forças exercidas pela acção do escoamento das águas já não conseguem manter o transporte do sedimento em suspensão ou rolando pelo leito, então estas partículas depositam-se no leito, nas margens ou em outros locais específicos. Pode ser entendida como a etapa final da movimentação do sedimento, que se iniciou com o processo erosivo (Marcelino, 2009).

De acordo com Lessa e Dias (2010), os sedimentos do fundo de ambientes subaquáticos reflectem a interacção entre a energia hidrodinâmica do ambiente, o aporte sedimentar e a natureza do substrato, constituindo uma informação importante para a compreensão dos processos de sedimentação.

#### **2.1.1. Importância da sedimentação**

O corpo sedimentar formado pode, então, guardar em si registros da história evolutiva desse ambiente e de seu comportamento dinâmico actual, fornecendo informações sobre a origem do material, os meios de transporte e as características do ambiente de deposição, que geram subsídios para a compreensão dos processos que nele estão ocorrendo e suas relações ecológicas. Dessa forma, características texturais e composicionais dos sedimentos podem conduzir a uma melhor compreensão das tendências naturais do ambiente estudado, auxiliando, portanto, em análises ambientais (Marcelino, 2009).

## **2.2. Dinâmica sedimentar**

A dinâmica dos sedimentos está intimamente relacionada à velocidade do fluido. Em ambientes estuarinos, que compreendem a regiões de transição entre o continente e o oceano a dinâmica sedimentar tende a ser ainda mais intensa devido à influência e conjugação de processos comumente associados à mobilização, transporte e deposição de sedimentos (Neves, 2013).

A circulação da água, processos de mistura e estratificação nesses ambientes são controlados pelos agentes: ventos, ondas e marés incidentes, descarga dos rios e correntes (Dyer, 1995), e estes por sua vez, são responsáveis pelos processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos (dinâmica sedimentar) em estuários (Neves, 2013).

### **2.2.1. Erosão**

Processo em que as partículas sólidas deslocam-se das paredes dos leitos dos córregos e rios, ou do seu ponto originário sob efeito do escoamento. Esse deslocamento ocorre quando as forças hidrodinâmicas do escoamento sobre as partículas sólidas ultrapassam a resistência dessas partículas junto ao meio no qual estão, que tem sua origem principalmente no peso das partículas e na força de coesão (Tucci, 2007).

### **2.2.2. Transporte**

Após a erosão as partículas sólidas podem ser transportadas de diferentes formas. Para aquelas partículas no qual possuem um tamanho e peso maior, sua principal forma de deslocamento é junto ao fundo por rolamento, deslizamento ou por saltação, e constituem a chamada descarga sólida de fundo ou arraste. As partículas mais leves deslocam-se no meio do escoamento e constituem a descarga sólida em suspensão.

As partículas em suspensão, de granulometria menor do que os de arraste provem geralmente da bacia vertente, podendo ser também do fundo e das paredes da calha, enquanto o arraste é exclusivamente constituído de material encontrado no fundo (Tucci, 2007).

### **2.2.3. Deposição**

Entende-se por deposição a parada total da partícula em suspensão recém decantada sobre o fundo, ou daquela transportada por arraste. Embora por algumas vezes confundida com a sedimentação, esta se difere, pois uma partícula recém decantada pode continuar movimentando-se após entrar em contacto com o fundo, de acordo com as forças hidrodinâmicas existente retem ao fundo (Tucci, 2007).

### **2.3. Análise granulométrica**

De acordo com Suguio (1973) granulometria significa a medida do tamanho dos grãos, sendo frequente uma das propriedades físicas fundamentais dos sedimentos. A análise granulométrica consiste na determinação do tamanho de partículas, bem como a frequência em que ocorrem em determinada classe ou tamanho, (Lima e Luz, 2001), sendo possível deduzir informações sobre a proveniência, transporte e ambientes deposicionais (Dias, 2004).

A caracterização quantitativa dos parâmetros físicos, principalmente do tamanho das partículas, é essencial na elaboração de um trabalho preciso, na qual várias etapas devem ser seguidas, desde a determinação de escalas até a escolha dos métodos de caracterização (Folk, 1968). Essas dimensões podem ser obtidas através de um método descrito, representada por gráficos e diagramas, e avaliadas através parâmetros estatísticos (Suguio, 1973).

A caracterização granulométrica é feita pela determinação das percentagens em massa dos grãos, em cada classe granulométrica (fracções). Vários métodos têm sido utilizados para relacionar as classes granulométricas com o ambiente deposicional. Udden (1898) foi um dos primeiros a desenvolver uma escala granulométrica para sedimentos. Em meados da década de 50, Shepard & Shepard Moore (1954), utilizaram um diagrama triangular para mostrar misturas entre as fracções. Posteriormente, Folk Ward (1957) e Mason Folk (1958) utilizaram parâmetros estatísticos para estudar a dinâmica sedimentar. Não existe uma escala universalmente aceita para a interpretação das análises granulométricas, sendo que cada escola, seja Americana, Europeia ou Asiática, adota sua escala adão.

Os limites estabelecidos para as várias classes granulométricas são mais ou menos arbitrários, mas segundo Wentworth (1933) as principais classes granulométricas estariam intimamente correlacionadas aos modos fundamentais de transporte por água corrente ou com os diferentes modos de desintegração da rocha-matriz. Segundo Suguio (1994) a escala de Wentworth (1922) tem sido adotada sem muitas ressalvas pelos sedimentólogos brasileiros. As escalas classificam as fracções sedimentares segundo o tamanho da partícula ou intervalo granulométrico (Tabela 1).

**Tabela 1:** Classificação dos sedimentos baseada nos trabalhos de Wentworth (1922) segundo a análise granulométrica.

<b>Tamanho da partícula (mm)</b>	<b>Descrição</b>
> 256	matacão
256 – 64	calhau
64 – 4,0	seixo
4,0 – 2,0	grânulo
2,0 – 1,0	areia muito grossa
1,0 – 0,50	areia grossa
0,50 – 0,25	areia média
0,25 – 0,125	areia fina
0,125 - 0,062	areia muito fina
0,062 – 0,031	silte grosso
0,031 – 0,016	silte médio
0,016 – 0,008	silte fino
0,008 – 0,004	silte muito fino
< 0,004	argila

**Fonte:** Adaptado de Wentworth (1922)

## 2.4. Parâmetros estatísticos

O estudo da distribuição granulométrica de sedimentos e de seus valores estatísticos como seleção, diâmetro médio, assimetria e curtose, permitem a interpretação dos ambientes de sedimentação (Suguio, 1980). 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, 2012).

### 2.4.1. Diâmetro Médio (Mz)

O diâmetro médio é um parâmetro de tendência central que fornece informações, em média, das partículas que constituem uma distribuição granulométrica (mais ou menos grosseiras, quando são comparadas duas ou mais distribuições), que geralmente está relacionado com a energia cinética média ou níveis energéticos do ambiente deposicional (Folk e Ward, 1957; Dias, 2004).

De acordo com Folk e Ward (1957) a expressão Matemática para o cálculo do diâmetro médio é dada por:

$$MZ = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3} \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:

Mz – Diâmetro médio;

$\Phi_{16}$  – Percentil 16;

$\Phi_{50}$  – Percentil 50;

$\Phi_{84}$  – Percentil 84.

### 2.4.2. Desvio padrão ( $\sigma$ )

O desvio padrão é referente ao grau de dispersão dos dados da distribuição granulométrica em torno do valor médio. Seu significado geológico diz respeito à capacidade das correntes em selecionar um determinado sedimento (Costa, 2007) e depende, de: (i) tamanho do material fornecido ao ambiente, (ii) características das correntes - correntes de resistência relativamente constante, seja baixa ou alta, darão melhor seleção de sedimentos em relação as correntes que variam rapidamente (Folk, 1974). No entanto, o termo seleção refere-se à organização das partículas, durante o transporte de acordo com seus tamanhos, gravidades específicas e forma (Braga *et al.*, 2007), e por sua vez está directamente relacionada com as condições de constância ou a irregularidade dos níveis energéticos (Dias, 2004).

Folk e Ward (1957) afirmam que a seleção de sedimentos é melhor nas faixas de areia, decaindo para seleção pobre nos sedimentos finos. Segundo os mesmos autores, a expressão Matemática para o cálculo do desvio padrão é dada por:

$$\sigma = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} - \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6} \quad \text{(Equação 2)}$$

**Onde:**

$\sigma$  – Desvio padrão;

$\Phi_{84}$  – Percentil 84;

$\Phi_{16}$  – Percentil 16;

$\Phi_{95}$  – Percentil 95;

$\Phi_5$  – Percentil 5.

Para descrição do grau de seleção de sedimentos em torno da média, Folk e Ward (1957) estabeleceram a seguinte escala qualitativa:

$\sigma < 0,35$  muito bem selecionado

$0,35 < \sigma < 0,50$  bem selecionado

$0,50 < \sigma < 1,00$  moderadamente selecionado

$1,00 < \sigma < 2,00$  mal selecionado

$2,00 < \sigma < 4,00$  muito mal selecionado

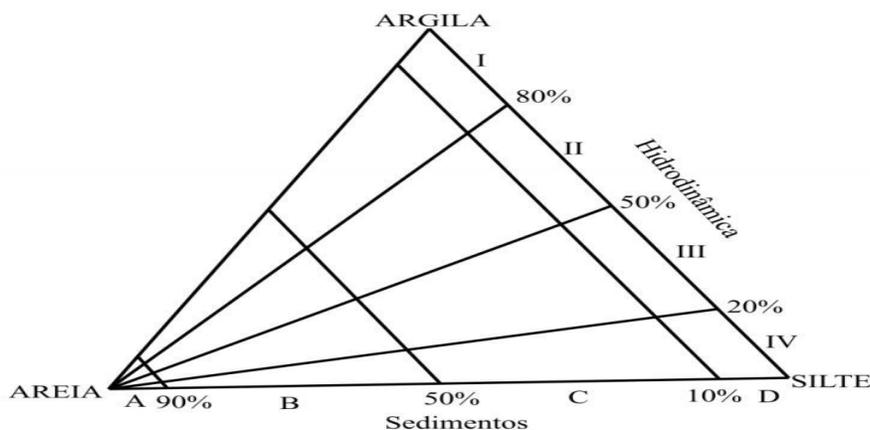
$\sigma > 4,00$  extremamente mal selecionado

## 2.5. Diagrama triangular de Pejrup

O diagrama é utilizado para classificação de sedimentos estuarinos, cujo método baseia-se na construção de um triângulo que é subdividido com base nos valores percentuais de teores de argila e areia. Sedimentos que contêm teor de argila superior a 80%, na fracção de lama, raramente são encontrados e caracterizam ambientes de baixa energia. A presença de 20% de teor de argila, na fracção de lama, é utilizada para caracterizar ambientes de energia mais elevada e a faixa intermediária que corresponde a 50% de teor de argila, na fracção de lama, é utilizada para dividir a faixa média do diagrama em duas partes iguais (Pejrup, 1988).

Entretanto, o triângulo encontra-se dividido em quatro secções denominadas I a IV (Fig.1). A secção I indica condições hidrodinâmicas muito calmas, raramente encontradas em estuários, e as secções II a IV indicam condições hidrodinâmicas cada vez mais intensas (Corrêa, 2005).

A divisão do diagrama é também efectuada a partir do conteúdo de areia, representando as secções A, B, C e D (Fig.1). A linha de 10% de areia foi escolhida por Pejrup (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 (Corrêa, 2005). Desta maneira Pejrup (1988) divide o diagrama em 16 grupos (Fig.1), nomeados por letras que indicam o tipo de sedimento e por números que indicam as condições hidrodinâmicas reinantes durante a deposição.



**Figura 1:** Diagrama triangular para classificação de sedimentos estuarinos. **Fonte:** Modificado de Pejrup (1988).

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Localização e Descrição da Área de Estudo

O trabalho foi realizado no estuário de Macuse, (Fig.2) que está localizado na Província da Zambézia, no centro de Moçambique, Insere-se administrativamente no Distrito de Namacurra, em volta das coordenadas geográficas,  $17^{\circ}42'25''$  de latitude Sul e  $37^{\circ} 11' 22''$  de longitude Este. Limita-se a leste pelo Oceano Índico, a norte e oeste pelo Posto Distrital de Namacurra Sede e a Sul pelo Distrito de Nicoadala. Consequentemente, o estuário de Macuse torna-se um laboratório natural onde ocorrem diferentes processos geológicos, geomorfológicos e oceanográficos.

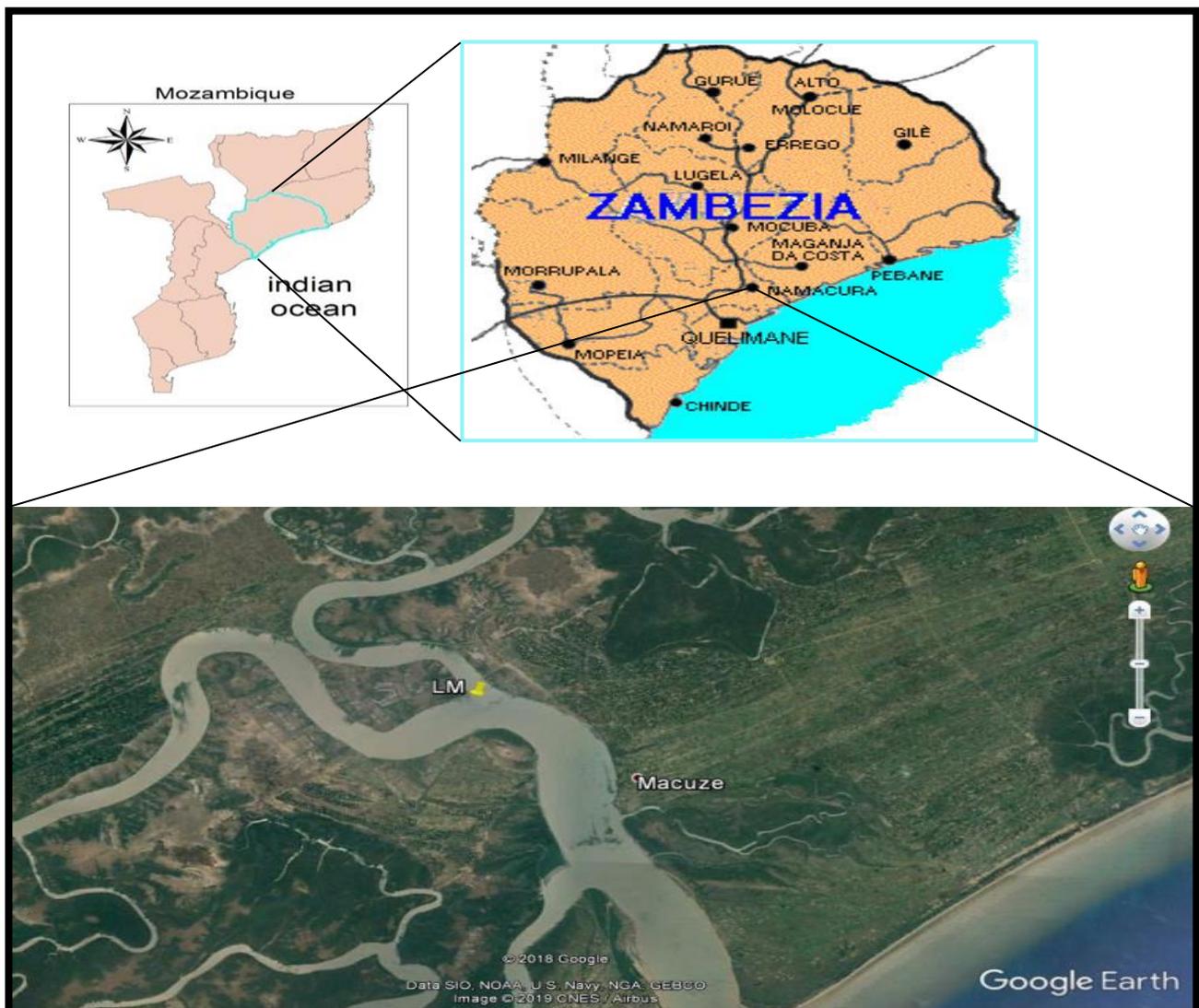


Figura 2: Localização geográfica da área do estudo (Google Earth)

### **3.1.1. Clima, Relevo e Solos**

O clima do distrito é predominantemente do tipo “Tropical Chuvoso de Savana - AW” (classificação de Koppen), com duas estações distintas, a estação chuvosa e a seca. A precipitação média anual é cerca de 1,169 mm, enquanto a evapotranspiração potencial média anual é cerca de 1,533 mm. A maior queda pluviométrica ocorre sobretudo nos meses de Novembro de um ano a Abril do ano seguinte, variando significativamente na quantidade e distribuição, quer durante o ano, quer de ano para ano, e a temperatura média esta na ordem dos 25,7° C.

### **Geomorfologia**

Geomorfologicamente o distrito é repartido em duas unidades distintas nomeadamente:

- ✓ Bacia Sedimentar que compreende os sedimentos recentes e do Quaternário constituídos pelas dunas costeiras consociadas com às areias hidromórficas, sedimentos fluvio-marinhos (mangais) e os aluviões dos rios, e mas ainda a plataforma dos mangais que constituem sedimentos do Terciário.
  
- ✓ Mais para Norte o distrito é complementado pelo relevo declivoso derivado das Rochas Metamórficas e Eruptivas do Pré-Câmbrico, conhecido também por “Complexo Gnaisse-granítico do Moçambique Belt”. De onde derivam solos residuais com texturas que variam desde arenosa a argilosa e solos de profundidade rasa e solos muitos longos.

## **3.2. Materias e métodos**

### **3.2.1. Procedimento de campo e amostragem**

Para a colecta das amostras, construiu-se um testemunhador (core) de 2.5 m de comprimento usando tubos PVC de 75 mm de diâmetro, fios de aço, parafusos e chapas de zinco. A amostragem foi feita durante a maré vivano dia 30 de Junho de 2018, concretamente no pico mínimo da vazante, tendo-se colectado no testemunho 80 cm de comprimento devido à dificuldade de cravação dos testemunhos até ao fundo do canal do estuário.

Foi definido um ponto de colecta de amostras de sedimentos ao longo da profundidade denominado LM e com base no GPS *Astro 60* foram georeferenciadas as coordenadas que estão ilustradas na Tabela 2.

**Tabela 2:** Localização geográfica e profundidade de colecta do testemunho.

Testemunho	Latitude (S)	Longitude (E)	Profundidade (cm)
LM	17°42'7.19"	37° 9'58.81"	80

O ponto de amostragem foi escolhido aleatoriamente, considerou-se locais que sempre ficam submersos de água com o intuito a garantir o predomínio dos processos sedimentares e garantir maior cobertura na área de estudo onde os processos oceanograficos actuam e para estabelecer a estratigrafia dos sedimentos o colocando-se o testemunho de forma vertical no substrato.

### 3.2.2. Procedimento Laboratorial

Após a colecta das amostras de sedimentos, o testemunho foi armazenado no laboratório de solos da ESCMC na posição vertical, de modo que a água presente entre os espaços vazios (poros) dos sedimentos fosse extraída. As amostras foram encaminhadas para o laboratório de sedimentologia do Departamento de Geologia, localizado na Faculdade de Engenharia da UEM – Maputo, para análise granulométrica de sedimentos.

As fracções finas de silte e argila foram determinadas por pipetagem que é baseada na velocidade de sedimentação das partículas segundo intervalos de tempo estabelecidos com base na lei de Stokes (Folk, 1974). As fracções de areia foram determinadas por peneiramento, de acordo com os critérios estabelecidos por Suguio (1973) e Folk (1974).



**Figura 3:** Corte dos tubos de PVC e Amostras de sedimentos prontas para o confeccionamento em sacos plásticos.

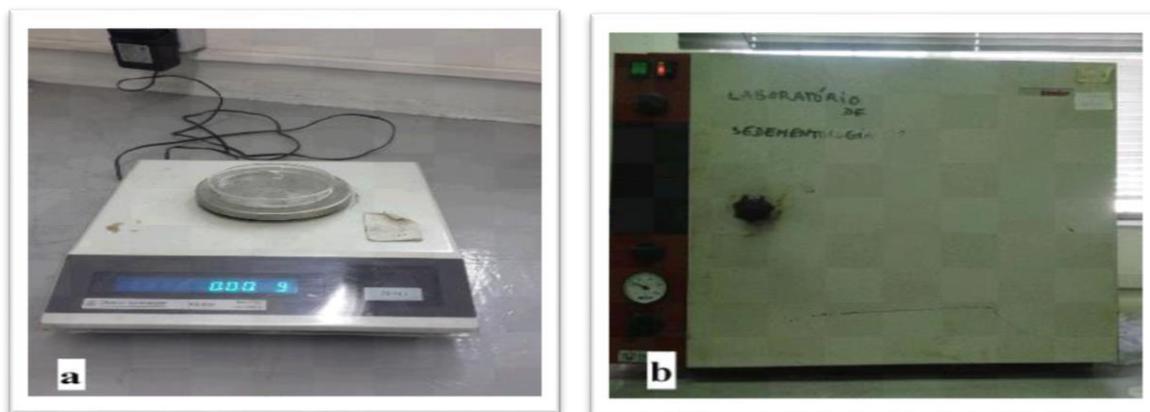
### 3.2.2.1. Preparação das amostras

#### Eliminação dos Carbonatos

Para a eliminação dos carbonatos, fez-se a pesagem (P1) de 20g para cada amostra bruta numa balança semi-analitica, juntou-se água destilada com 140ml de ácido clorídrico fazendo 8 para a neutralização das amostras durante 1 dia, depois foi feita a lavagem das amostras três vezes com água destilada, em seguida fez se a secagem das amostras durante 24h a 60°C, depois de secas foram submetidas ao processo da segunda pesagem (P2), e fez-se a subtração do primeiro peso e o segundo para a quantificação dos carbonatos eliminados.

#### Eliminação da Matéria Orgânica

Depois de se efectuar a segunda pesagem na eliminação dos carbonatos, misturou-se água destilada com o peróxido de hidrogénio para a neutralização das amostras durante 1 dia, em seguida fez-se a lavagem das amostras três vezes com água destilada, em seguida as amostras foram submetidas ao processo de secagem na estufa a uma temperatura de 60°C durante 1 dia, depois de secas foram pesadas as amostras para se efectuar a subtração do primeiro peso e o segundo para a quantificação da matéria orgânica eliminada.



**Figura 4:** a) Balança XS-210 com precisão de 0,001 g, usada para pesar as amostras; b) Estufa WT Binder, usada para secar amostras.

### 3.2.2.2. Análise granulométrica

#### Procedimento de peneiramento

Na técnica de análise granulométrica por peneiramento, podem ser usadas peneiras com dimensões que variam de 9.50 à 0.063 mm (Muller, 1967). Para o processo de peneiramento foram usados jogo de peneiras com malhas de 2.000mm, 1.000mm, 0.710mm, 0.500mm, 0.355mm, 0.250mm 0.180mm, 0.125mm, 0.075mm e 0.063 mm tendo em conta a escala granulométrica de Wentworth (1992). As peneiras foram montadas umas sob as outras de forma que a abertura das malhas decresce de cima para baixo e no final sob colocação de um prato de fundo e posteriormente foram agitadas manualmente (Fig.5).

#### Procedimento de pipetagem

Após a colocação de sedimentos da classe granulométrica de silte e argila nas provetas de 1000 ml, adicionou-se 25 ml de dispersante (Pirofosfato de Sódio) e completou-se o volume adicionando água destilada até 1000 ml, as fracções foram colectadas em função de tempo e profundidade. Onde, primeiramente as provetas foram agitadas manualmente para manter os sedimentos em suspensão e a quando da interrupção do movimento, com auxílio de cronómetro teve o início de contagem de tempo de sedimentação.

Desta forma, foram colectadas cinco alíquotas de 25 ml com pipeta graduada correspondentes as fracções granulométricas de 0.050, 0.032, 0.016, 0.008 e 0.002 mm e colocadas em recipientes de vidro, o material pipetado e posteriormente colocado em recipientes de vidro foi inserido na estufa a uma temperatura de 60<sup>0</sup> C, e após ter secado foi pesado na balança digital.



**Figura 5:** Peneiras granulométricas, usadas para peneiramento das amostras e colecta das fracções granulométricas dos sedimentos pelíticos (silte e argila).

### **3.4. Processamento e Análise dos dados**

#### **3.4.1. Distribuição granulométrica**

Após a obtenção dos pesos 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 2007*, para o plot de gráficos de distribuição granulométrica em profundidade.

#### **3.4.2. Análise dos parâmetros estatísticos**

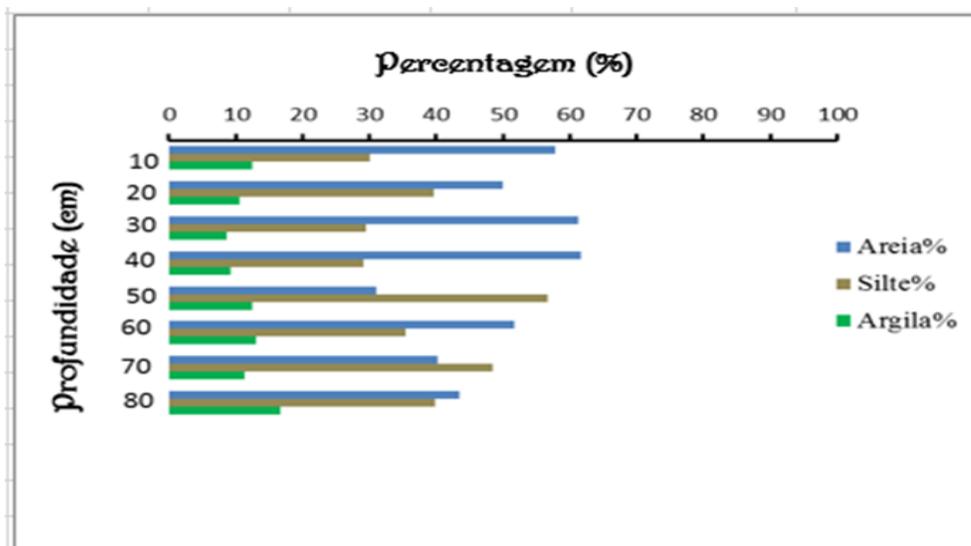
Os resultados das análises granulométricas, convertidos em valores percentuais foram extrapolados para programa computacional electrónico denominado *Software Sysgran 3.0*, com o objectivo de determinar os parâmetros estatísticos (diâmetro médio e desvio padrão) descritos por Folk e Ward (1957) a partir das equações 1 e 2.

#### **3.4.3. Confecção de diagramas**

O diagrama de Hidrodinâmica de Pejrup (1988), foi plotado com base nos resultados das análises granulométricas tendo em conta o teor de areia e argila, e este por sua vez, foi editado com o programa computacional electrónico de edição denominado *Canvas X*.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Caracterização granulométrica

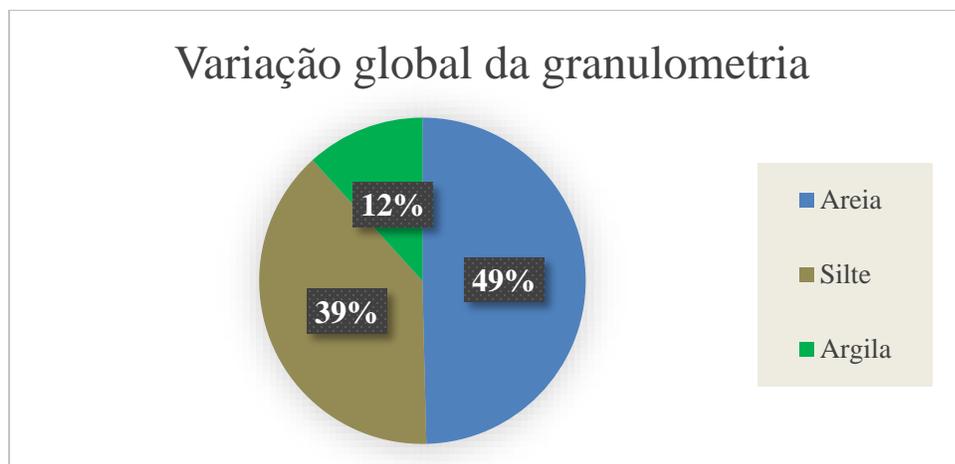


**Figura 6:** Distribuição granulométrica em intervalos de 10 cm profundidade- Testemunho LM.

A figura mostra distribuição granulométrica de sedimentos em intervalos de profundidade com espaçamento de 10 cm para o testemunho LM. Apresenta o valor máximo de concentração de silte no intervalo de 40-50 cm de profundidade com 57%. No intervalo de 0-80 cm de profundidade, foi observado um padrão de tendências decrescentes nos intervalos 20-30, 50-60 e 70-80 cm, embora tenha-se registado ligeiros padrões de aumento da concentração nos intervalos de 0-20, 40-50 e 60-70 cm de profundidade. O valor mínimo da concentração de silte foi registado no intervalo de 30-40 cm de profundidade com 29%.

A classe granulométrica de areia (Fig.6) apresentou um padrão de aumento de concentração em profundidade nos intervalos 20-40, 50-60 e 70-80 cm, com suaves declínios nos intervalos de 10-20, 40-50 e 60-70 cm de profundidade. O pico mínimo foi observado no intervalo de 40-50 cm de profundidade com 31%, e máximo no intervalo de 30-40 cm de profundidade com 62%.

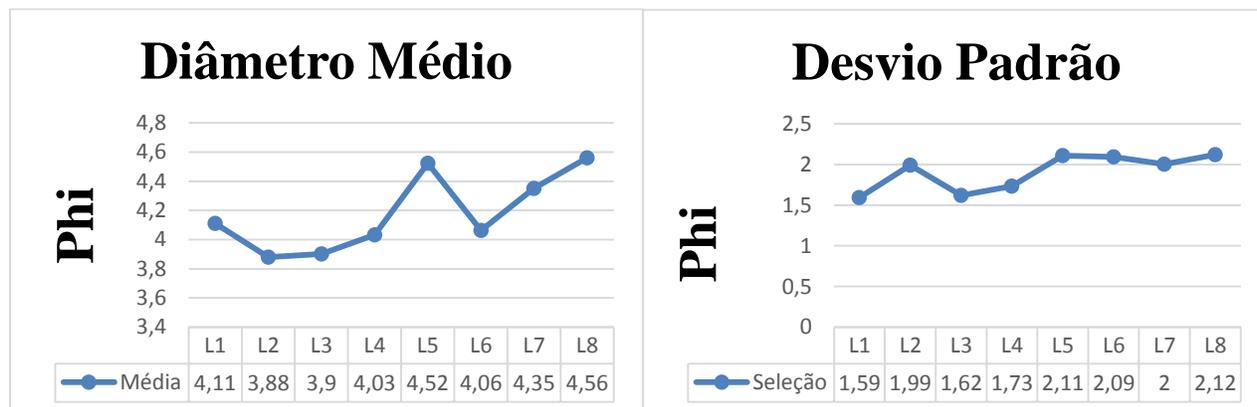
Notavelmente, a classe de argila, foi a que apresentou menor proporção quando comparadas com as outras classes, onde houve aumentos de concentrações foram registadas nos intervalos de 40-60 e 70-80 cm, etendências decrescentes nos intervalos 10-40 e 60-70 cm, O pico máximo verificou-se no intervalo de 70-80 cm de profundidade com 17%, e pico mínimo foi observado no intervalo de 20-40 cm com 9% (Fig.6).



**Figura 7:** Distribuição granulométrica total em profundidade -Testemunho LM.

As amostras de sedimentos do testemunho LM com 80 cm de profundidade, colectadas no Estuário do Macuse, foram analisadas quanto à textura (tipo e tamanho de sedimento) e o padrão de distribuição granulométrica em profundidade foi caracterizado por areia, silte e argila. A classe granulométrica da areia foi a que apresentou maior domínio no testemunho LM(Fig.7) com 49%, seguido de silte com 39% e argila com 12%.

#### 4.2. Análise dos Parâmetros estatísticos



**Figura 8:** Distribuição do diâmetro médio e o comportamento do desvio padrão.

A distribuição do diâmetro médio para o testemunho LM apresentou domínio de silte grosso nas amostras 0-10, 30-40, 40-50, 50-60, 60-70 e 70-80 cm, com cerca de 4.11, 4.03, 4.52, 4.06, 4.35 e 4.56 $\Phi$  respectivamente. Entretanto, houve domínio de areia muito fina apresentada nos 10-20 e 20-30 cm com 3.88 e 3.90 $\Phi$  respectivamente.

O comportamento do desvio padrão para o testemunho LM apresentou-se com um padrão de seleção que varia de pobremente selecionado à muito mal selecionado. No intervalo de 0-40 cm a seleção foi pobremente selecionado, e no intervalo de 40-80 cm a seleção foi muito mal selecionado.

### 4.3. Hidrodinâmica a partir do Diagrama de Pejrup

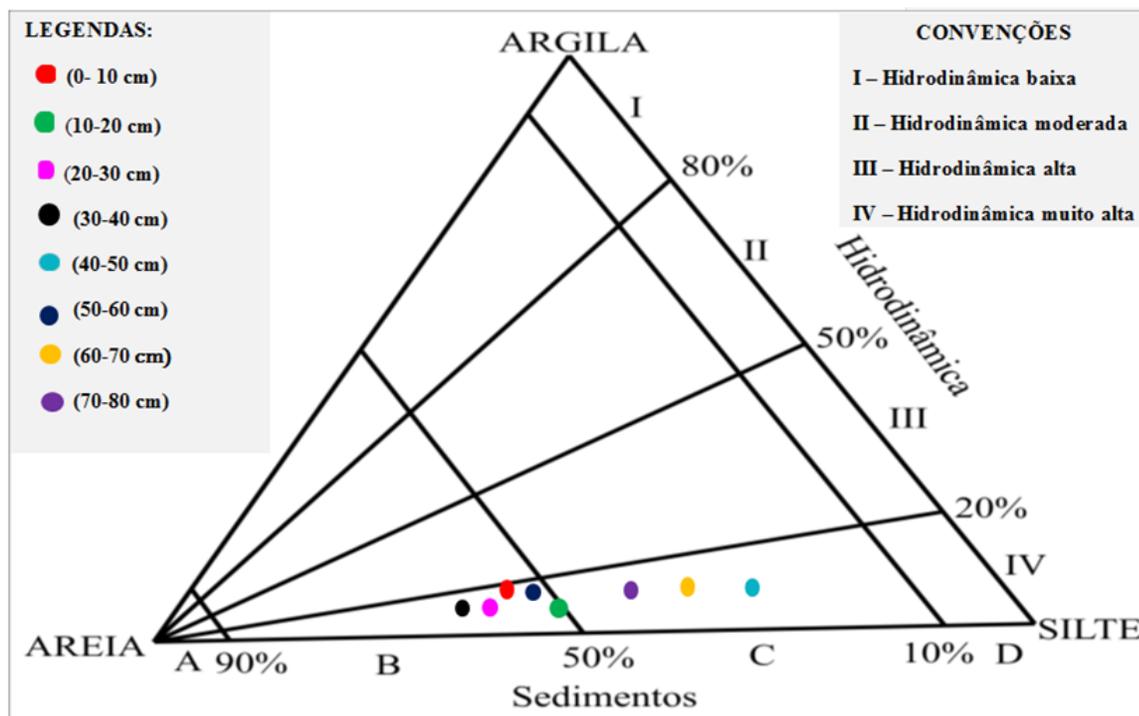


Figura 9: Plot das amostras ao longo do diagrama de pejrup.

O diagrama de Pejrup (1988) foi plotado com base nos resultados de distribuição granulométrica de sedimentos em intervalos de profundidade de 10 cm. Onde, areia e argila foram as classes granulométricas que foram levadas em consideração conforme estabelecido por Pejrup (1988) para classificação da hidrodinâmica de ambientes estuarinos. No testemunho LM as amostras no intervalo de 0-40, 50-60 cm de profundidade posicionaram-se no grupo IV-B, que correspondem a faixa de 50 a 90% de areia, e no intervalo de 40-50, 60-80 cm de profundidade, as amostras posicionaram-se no grupo IV-C, que possuem entre 10 a 50% de areia (Fig.9).

Os resultados acima descritos indicam o registo de condições de hidrodinâmica muito alta no Estuário de Macuse ao longo do tempo geológico, embora haja diferenças nas concentrações de areia, silte e argila.

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1. Descrição granulométrica

Com base nos resultados apresentados observa-se a existência de três (3) classes granulométricas nomeadamente: a areia, o silte e a argila, esses resultados entram em concordância com os obtidos em estudos feito nos estuários da Baía de Marajó-PA, Bons Sinais e Limpopo, realizados por Corrêa (2005), Maússe (2018) e Mambule (2018). É provável que essas semelhanças estejam ligadas ao facto dos estuários sofrerem processos hidrodinâmicos similares o que culmina com o transporte e deposição dessas classes granulométricas e também serem ambientes de transição entre o continente e o oceano.

Em termos quantitativos a areia apresentou-se predominante ao longo do testemunho com uma concentração de 49% seguindo o silte com 39% e por fim argila a com 12% conforme ilustram as (Fig.7), entretanto o predomínio da areia ao longo do testemunho pode ser uma clara indicação de um ecossistema de alta energia hidrodinâmica pelo que há maior deposição de sedimentos do tipo areia em relação aos sedimentos do tipo lama (silte e argila), o que significa que o estuário de Macuse apresenta-se relativamente energético desde um passado desconhecido até o presente.

De acordo com Aprile *et al.* (2005) a presença de areia num determinado ecossistema estuarino indica uma influência mais acentuada das correntes sobre as partículas mais finas, que entram ou permanecem em suspensão, sendo carregadas pelo fluxo contínuo das águas e para o caso da existência de sedimentos finos (silte e argila) pode ser indicação de uma redução brusca da velocidade de transporte onde material em suspensão sedimenta com mais facilidade, acrescenta o mesmo autor. As classes granulométricas de maior domínio irão depender da intensidade das forças hidrodinâmicas que actuam no ambiente (Maússe, 2018).

Em profundidade observa-se maiores concentrações de areia em relação as outras classes granulométricas de um lado, Andrade (2011) afirma que nesse caso estamos perante hidrodinâmica muito alta, e por outro Santos (2010) associa maiores concentrações de lama (silte e argila) a épocas de climas relativamente secos em que por conseguinte possibilitam a deposição dessa classe granulométrica devido a fraca hidrodinâmica.

## 5.2. Parâmetros estatísticos

Segundo Folk (1974), o grau de seleção de sedimentos está intimamente relacionado com o tamanho das partículas e os resultados referentes ao desvio padrão apresentados na (Tabela 4), apontam para selecção pobremente seleccionado e muito mal seleccionado nos intervalos de 1.59-1.73  $\Phi$  e 2.11-2.17  $\Phi$ , respectivamente.

Os intervalos acima mencionados correspondem aos valores de diâmetro médio que apresentam um padrão de tendência granulométrica mais fina na distribuição, este facto comprova os resultados observados por Folk e Ward (1957), onde a seleção torna-se pobre em sedimentos mais finos devido a característica bimodal de classes granulométricas que esta tendência apresenta (mistura de areia muito fina e silte, devido ao carácter coesivo de partículas muito finas).

A relação feita entre as variáveis diâmetro médio e velocidade das correntes entra em concordância com as condições dos resultados encontrados por Corrêa (2005) e Oliveira (2015), onde os sedimentos de diâmetro médio maior e menor foram encontrados em locais sob altas e baixas velocidades de correntes respectivamente.

Os mesmos autores associam a variação da velocidade das correntes e conseqüentemente a variação de diâmetro médio, com as forças que contribuem em maior predomínio para os processos sedimentológicos em ambientes estuarinos, nomeadamente: correntes fluviais e de marés. Visto o estuário do Macuse compreender a um complexo estuarino também é governado em grande medida pelas correntes fluviais e de marés.

É afirmativo dizer com base na (Tabela 4), que a variação de seleção de pobre à muito pobre está associada ao regime de baixa à alta velocidade das correntes respectivamente. Este fenómeno provavelmente, deve-se ao facto de correntes que possuem maiores velocidades terem a melhor capacidade de seleção de sedimentos em torno da distribuição granulométrica em relação às correntes que possuem menores velocidades, que por sua vez, tem a menor capacidade de seleção de sedimentos.

De acordo com Oliveira (2015), o padrão de seleção pobre pode estar associado a mais de um processo deposicional, desta forma é provável que a seleção pobre encontrada no presente estudo também seja resultado de mais de um processo deposicional, devido à característica que os ambientes estuarinos

apresentam, onde são maioritariamente influenciados por variações de processos deposicionais marinhos e continentais.

### **5.3. Interpretação da hidrodinâmica através do diagrama de Pejrup**

Com base no diagrama de Pejrup (1988) ilustrado na (Fig.9), os resultados das amostras de sedimentos analisadas quanto à textura (tipo e tamanho de sedimentos), pertencentes aos grupos IV-B e IV-C para o testemunho LM, revelam de acordo com as convenções estabelecidas por Pejrup (1988) que o Estuário de Macuse apresentou-se como um ambiente com fortes condições hidrodinâmicas ao longo do tempo geológico, embora tenham sido registadas ligeiras variações.

Resultados semelhantes aos do presente estudo, foram encontrados nos estudos realizados por Corrêa (2005) e Maússe (2018), Aplicação do Diagrama de Pejrup na Interpretação da Sedimentação e da Dinâmica do Estuário da Baía de Marajó-PA e Aplicação dos diagramas de Hjulstrom e Pejrup no estudo da evolução temporal da hidrodinâmica do Estuário dos Bons Sinais, respectivamente. Onde, o grupo IV foi registado em locais sob condições de altas velocidades de correntes que não possibilitam a deposição de sedimentos da classe de argila em elevadas concentrações.

## 6. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos:

- ✓ A distribuição granulométrica de sedimentos em profundidade é caracterizada por 3 classes: areia, silte e argila, sendo areia a classe granulométrica que apresenta maior domínio e a classe da argila que apresenta menor domínio;
- ✓ O diâmetro médio indica que a classe textural com maior predomínio é o silte grosso, seguido de areia muito fina, Já o desvio padrão variou de pobremente selecionado à muito mal selecionado.
- ✓ Com base no diagrama de Pejrup (1988), Estuário de Macuse comportou-se como um ambiente sob elevadas condições hidrodinâmicas ao longo do tempo geológico.

## 7. RECOMENDAÇÕES

Este trabalho fez avaliação operacional do diagrama de Pejrup no estudo/interpretação da evolução hidrodinâmica no Estuário de Macuse.

Contudo recomenda-se que:

- ✓ Se faça um estudo de fácies sedimentares usando tabela de cores de solos de Munsell;
- ✓ Se faça um estudo da erosão costeira;
- ✓ Se faça um estudo relacionado com a classificação textural usando: Folk, Shepard, Nickless, Gorsline, Fleming ou Reineck e Siefert.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, P. C. (2011). *Variações da paleoprodutividade na plataforma continental interna aolargo de Itajaí-SC (26°59'16.8''S - 048°04'33.6''W) durante o Holoceno: uma abordagem de multi-indicadores*. Tese de Mestrado. Universidade de São Paulo, Brasil: São Paulo.
- APRILE, F. M., DARWICH, A. J. & RAPOSO, J. C. (2005). *Considerações sobre a geoquímica e dinâmica sedimentar do Lago Tupé*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Coordenação de Pesquisas em Biologia Aquática. Manaus.
- BRAGA, F. P., PEDRO, W., FILHO., ALVES, M. A., & PEREIRA, L. C. (2007). Morfologia e sedimentologia da praia de macromaré de Ajuruteua, Amazônia, Norte do Brasil. *Boletim Paranaense de Geociências.*, 60 (61): 11-30.
- CARVALHO, N. O. (1994). *Hidrossedimentologia Prática, Eletrobrás*, Riode Janeiro.
- CARVALHO, N.O. FILIZOLA, J. N. P. SANTOS, P.M.C. LIMA, J.E.F.W. (2000). *Guia de práticas sedimentométricas*. Agência Nacional de Energia Elétrica – Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas. Brasília .
- 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.
- COSTA, S. (2007). *Caracterização Granulométrica e Diagnóstico Geoquímico dos Sedimentos de Fundo de Parte do Complexo Estuarino Guamaré – RN*. Tese de Bacharel. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- DIAS ,J. A. (2004). *A análise sedimentar e o conhecimentos dos sistemas marinhos*. Universidade do algarve.
- DYER, K.R. 1995. “*Sediment transport processes in estuaries*”. In: *Geomorphology and Sedimentology of Estuaries*, G.M.E. Perillo (ed.). *Developments in Sedimentology*, 53. Elsevier Science, pp. 423-449.
- FOLK, R. L., 1968. *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill Publishing Company, p. 190.
- FOLK, R.L. & WARD, W.C. (1957). *Brazos River Bar: a Study in the Significance of Grain Size Parameters*. *Journal of Sedimentary Petrology.*, 27: 3-26.
- LESSA, G. DIAS, K. (2010). *Distribuição espacial das litofácies de fundo da Baía de Todos os Santos*. *Quaternary and Environmental Geosciences*.

- LIMA, R. M. F.; LUZ, J. A. M. (2001). *Análise Granulométrica por Técnicas que se Baseiam na Sedimentação Gravitacional*. Parte I: Lei de Stokes. Revista Escola de Minas. v. 54, n. 2.
- MAÚSSE, A. F. (2018). *Aplicação dos diagramas de Hjulstrom e Pejrup no estudo da evolução temporal da hidrodinâmica do Estuário dos Bons Sinais*. Universidade Eduardo Mondlane, Quelimane.
- MAMBULE, C. T. (2018). *Aplicação dos Diagramas de Pejrup e Shepard no estudo da evolução hidrodinâmica e faciológica do Estuário de Limpopo*. Universidade Eduardo Mondlane, Quelimane.
- MARCELINO, L. (2009). *Transporte de sedimentos em suspensão nos rios catarinenses*. Tese de mestrado.
- MARCON, G. T. G., & CORREA, I. C. S (2011). *Interpretação da dinâmica sedimentar dos depósitos quaternários da região do Médio Alto Uruguai, Rio Grande do Sul, Brasil, através da análise sedimentológica e do Diagrama de Pejrup*. In: XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário - ABEQUA - III Encontro do Quaternário Sul-Americano, 2011, Armação dos Búzios. XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário – ABEQUA. pp 1-5.
- MASON, C.C. & FOLK, R.L. (1958) Differentiation of beach, dune, and aeolian flat environment by size analysis, Mustang Island, Texas. J. Sedim. Petrol. 28, 211-226.
- MIGUEL, L. L. A. J; NEHAMA, F. P. J; CASTRO, J. W. (2017). *A Mecânica do transporte de sedimentos em suspensão no estuário do macuse, Moçambique*. Revista Brasileira de Geomorfologia V. 18, nº 1.
- MIRANDA, L.B.; CASTRO, B.M.; KJERFVE, B. (2002)*Princípios de oceanografia física de estuários*. Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo.
- MULLER, G. (1967). *Sedimentary Petrology: Methods in Sedimentary Petrology*. Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. 283p.
- 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., 1 (2): 363– 384.
- PAULO, F. JR., & CASTRO, P. A. (2001). *Associação vertical de fácies e análise de elementos arquiteturais: concepções concorrentes e complementares na caracterização de ambientes aluviais*. Revista Electrónica de Ciências da Terra., 1: 1-35.

- PEJRUP, M. (1988). *The triangular diagram used for classification of estuarine sediments: a new approach*. In: Boer, P.L., van Gelder, A. e Nio, S.D. (editor). *Tide-influenced Sedimentary Environments and Facies*. D.Reidel, Dordrecht.
- PERILLO, G. M. E. (1996). *Geomorphology and sedimentology of estuaries*. Elsevier, Amsterdam. 471 p.
- SANTOS, C. T. N. (2010). *Reconstrução das condições paleoambientais epaleoclimáticas no estuário do Tejo durante o Holocénico (~ 12000 anos)*. Dissertação de Mestrado em Ciências do Mar. Universidade do Porto.
- SILVA, F. A. (2012). *Análise do Comportamento Sedimentológico e Hidrodinâmico da Desembocadura Norte do Canal de Santa Cruz- PE*. Tese de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- SUGUIO, K. (1973) *Introdução à sedimentologia*. Edgard Blucher, 317 p., São Paulo.
- SUGUIO, K. (1980). *Rochas sedimentares: Propriedades, gênese, importância e economia*. Edgard Blucher: Ed. da Universidade de São Paulo, São Paulo. 500 p.
- SCHETTINI, A. C. A. (2003). *Estudo do regime de correntes e material particulado em suspensão ao largo do estuário do rio itajaí-açu*. Brasil.
- SHEPARD, F.P. (1954). *Nomenclature based on sand-silt-clay ratios*. *Journal of Sedimentary Petrology*, 24:151-158.
- SHEPARD, F. P.; MOORE, D. G. (1954). *Sedimentary environments differentiated by coarse fraction studies*. *Geol.*, 38:1792- 1802.
- TUCCI, C.E.M. (org.) (2007) *Hidrologia: ciência e aplicação*, 4 ed. Porto Alegre, RS: Editora da Universidade Federal Rio Grande do Sul, ABRH,. Vol 4.
- UDDEN, J. A. (1898) *Mechanical composition of wind deposits*. 1:1-69
- WENTWORTH, C. K. (1922) *A scale of grade and glass terms for clastic sediments*. , 30:377-392.
- WENTWORTH, C. K. (1933) *Fundamental limits to the sizes of clastic grains*. , 77:633-634.

## 9. ANEXOS

**Tabela 3:** Pesos retidos em cada diâmetro das peneiras no testemunho LM.

<b>Diâmetro da peneira(mm)</b>	<b>0-10</b>	<b>10-20</b>	<b>20-30</b>	<b>30-40</b>	<b>40-50</b>	<b>50-60</b>	<b>60-70</b>	<b>70-80</b>
2.000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1.000	0,003	0,000	0,059	0,059	0,048	0,179	0,014	0,024
0.710	0,015	0,024	0,101	0,101	0,493	0,447	0,420	0,071
0.500	0,019	0,039	0,146	0,146	0,711	0,215	0,089	0,128
0.355	0,059	0,629	0,226	0,226	0,184	0,474	0,229	0,210
0.250	0,168	2,839	0,404	0,404	0,339	0,801	0,521	0,533
0.180	0,823	0,673	1,513	1,513	0,825	1,693	1,691	1,821
0.125	2,126	0,792	2,503	2,503	0,578	1,723	1,010	1,104
0.075	5,040	2,930	2,630	2,630	1,436	1,607	1,504	1,921
0.063	1,683	0,872	3,202	3,202	0,804	1,577	1,210	1,424
0.050	0,760	1,360	0,680	0,964	2,800	0,520	1,280	0,800
0.032	2,280	3,120	2,640	1,720	3,200	2,840	3,000	3,280
0.016	1,880	1,520	1,240	1,280	1,960	1,880	2,280	1,080
0.008	0,280	0,960	0,720	1,120	1,920	0,720	1,500	1,480
0.002	2,160	1,842	1,522	1,602	2,162	2,184	1,882	2,762
Total (g)	17,296	17,600	17,586	17,470	17,460	16,860	16,630	16,638

**Tabela 4:** Comportamento do diâmetro médio e desvio padrão em profundidade do testemunho LM.

<b>Testemunho LM</b>	<b>Profundidade (cm)</b>	<b>Diâmetro médio (<math>\Phi</math>)</b>	<b>Desvio padrão (<math>\Phi</math>)</b>
<b>L1</b>	0-10	4.11	1.59
<b>L2</b>	10-20	3.88	1.99
<b>L3</b>	20-30	3.90	1.62
<b>L4</b>	30-40	4.03	1.73
<b>L5</b>	40-50	4.52	2.11
<b>L6</b>	50-60	4.06	2.09
<b>L7</b>	60-70	4.35	2.00
<b>L8</b>	70-80	4.56	2.12