



UNIVERSIDADE  
E D U A R D O  
M O N D L A N E

**ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS MARINHAS E COSTEIRAS**

Monografia para Obtenção do Grau de Licenciatura em Geologia Marinha

**ESTUDO COMPARATIVO DA DISTRIBUIÇÃO DOS MINERAIS PESADOS NOS  
SEDIMENTOS DA PRAIA DE ZALALA E MADAL – QUELIMANE, ZAMBEZIA**



**Autor**

Geraldo Valente Nhatsave

Quelimane, Março de 2019



UNIVERSIDADE  
E D U A R D O  
MONDLANE

ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS MARINHAS E COSTEIRAS

Monografia para Obtenção do Grau de Licenciatura em Geologia Marinha

**ESTUDO COMPARATIVO DA DISTRIBUIÇÃO DOS MINERAIS PESADOS NOS  
SEDIMENTOS DA PRAIA DE ZALALA E MADAL – QUELIMANE, ZAMBEZIA**

**Autor**

Geraldo Valente Nhatsave

**Supervisor**

---

Dr. Helder Machaieie

**Co-supervisora**

---

dra. Carlota Alves Emílio

Quelimane, Março de 2019

## **Dedicatória**

### **Dedico este trabalho:**

Ao meu Senhor e Salvador Jesus Cristo pelo seu amor e fidelidade, Aos meus Pais Valente Betuel Nhatsave e Cremilda Carlos Mavie Nhatsave por me trazerem ao mundo e transferirem valores éticos, morais e culturais nos quais hoje me regozijo.

A todos que testemunharam o esforço e com suas palavras me fortaleceram em prol do meu sucesso.

## **Agradecimentos**

Agora, meu Deus, dou graças e louvo o teu glorioso nome por tudo que Senhor tem feito por mim. Eu ainda no ventre da minha mãe o Senhor tem-me protegido e tem-me feito prosperar dia após dia.

De forma profunda e imensurável agradeço aos meus Pais Valente Betuel Nhatsave e Cremilda Carlos Mavie Nhatsave que num lugar de sacrifício empreenderam todas as suas forças para aquisição deste grau, e aos meus amados irmãos Francélia Nhatsave, Norgénia Nhatsave e Cremildo Nhatsave pelo vosso amor e apoio todos os instantes.

Agradeço imensamente aos meus supervisores Dr. Helder Machaieie e dra. Carlota Alves Emílio, por aceitarem e ter o privilégio de ser assistido por vós, mesmo com muitos afazeres sempre procuraram se dar tempo para me atender e me auxiliarem com suas sugestões, críticas e sobre tudo a força para continuar, por isso do fundo do meu coração lhes digo muito obrigado.

Aos docentes da Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeira por repartirem do vosso saber em todas as vertentes para mim em particular ao Msc Noca Furaca, Msc Humberto Mabote, Msc. César, Ph.D. Hogueane, PhD. Eulália, Msc. Naftal, Msc. Pita, Msc. Ferraz, Eng.<sup>a</sup> Joana, Msc. Mocuba, Msc. Alfandega, dr. Banito, Msc. Yolanda, dr. Lopes, dra. Alaze, e a todos os docentes que durante os 4 anos contribuíram com ensinamentos diversificados para minha formação e ao Senhor Leonel pelo apoio durante as análises laboratoriais.

Aos meus amigos: Luís, Carlota, André, Yara, Adriano, Lucas, Sérgio, Juvenal, Chiposse, Fundisse, Armando, Recilda, pela vossa ajuda, compreensão, companheirismo, repreensões e por estarem sempre do meu lado todo o instante.

A todos meus colegas da turma de Geologia Marinha à destacar Alberto Jeque, Felismino, Valentim, Anoque, Nelson Artur, Suraya, Benelves, Augusto, Marlene, Fátima, Adélia, Betânia, Alcardina, Deuclesio, Félix, Lai wa, Eduine, Ribeiro. Todos Colegas de Química especialmente Leuvistónia, Luísa, António. Colegas de Biologia, destacando-se Guílcia, Mugadui, Abdul, colegas de Oceanografia, e outros colegas de outros níveis em especial Adelina Langa e Balbina Siteo. A todos vós muito obrigado pelo companheirismo e pelo apoio diversificado que prestaram em mim durante os 4 anos intenso e de muita aprendizagem.

Em suma, OBRIGADO a todos que directo ou indirectamente, me apoiaram em todos os sentidos em prol da minha formação, Deus vos abençoe grandemente.

## Declaração de honra

Eu, Geraldo Valente Nhatsave, certifico e declaro por minha própria honra que a presente Monografia intitulado **Estudo Comparativo da Distribuição dos Minerais Pesados nos Sedimentos da Praia de Zalala e Madal – Quelimane, Zambézia**, é da minha própria autoria e nunca havia sido apresentado ou submetido numa outra instituição para a obtenção de qualquer grau académico, podendo este ser submetido agora na UEM-ESCMC para a obtenção de grau de Licenciatura em Geologia Marinha.

Asseguro que a informação contida neste trabalho é o fruto das pesquisas efectuadas, sendo que as contribuições dos outros autores neste trabalho foram devidamente citadas e referenciadas na página concernente à referências bibliográficas.

O autor

---

(Geraldo Valente Nhatsave)

Quelimane, Março de 2019

## Resumo

A praia de Zalala e Madal são praias arenosas constituídas maioritariamente por sedimentos muito finos distribuídos ao longo das praias, são sedimentos caracterizados por coloração escura distribuídos em todos os ambientes de praia principalmente na linha alta da maré. Essas características revelam ambientes de acumulo de minerais pesados (MP), que são minerais que se distingue dos comuns como o quartzo e feldspato pela sua densidade e coloração. Este estudo tem como objectivo principal conhecer os minerais pesados distribuídos nos sedimentos da praia de Madal e de Zalala. Para tal, foi desenvolvido um estudo que de correu em três fases fundamentais: primeira fase saída de campo que decorreu na baixa-mar da maré de sizígia nos dias 06 e 07 de Dezembro de 2017, segunda fase trabalho laboratorial e terceira processamento de dados. O trabalho laboratorial foi desenvolvido no laboratório de sedimentologia da UEM no departamento de Geologia, onde fez-se a preparação das amostras para as análises, os sedimentos foram imersos num período de 24 horas por imersão em HCl e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> para a eliminação das influências dos carbonatos e matéria orgânicas nos grãos, e posteriormente lavados em água destilada e secados em estufa. Após a lavagem e secagem, seguiu-se a separação dos sedimentos em crivos milimétricos, para análise da natureza dos sedimentos que constituem as praias, e para selecção do tamanho granulométrico ideal para análise de MP. A fracção seleccionada para análise de MP foi de 0,125mm de cada amostra, onde fez-se a separação dos minerais leves com pesados na fracção usando o líquido denso CH<sub>2</sub>I<sub>2</sub> e Xileno para neutralização do líquido. E por fim a fracção separada foi levada ao laboratório de petrologia do mesmo departamento para a identificação e quantificação dos MP com a lupa binocular.

Ao longo das praias estudadas foi identificado os seguintes minerais: Clorita, Muscovita, Tremolita, Hornblenda, Augita, TiCl<sub>2</sub>, Apatita, Andaluzita, Silimanita, Epidoto, Topázio, Calcomenita, Cianita, Azurita, Xenotime, Titanomagnetita, Hematita, Curita e Kelyanita. Sendo que maior variedades de minerais foram observadas na praia de Madal em relação a praia de Zalala o que evidencia a contribuição massiva do estuário dos Bons Sinais durante as descargas fluviais. Contudo, em ambas praias maior concentração dos MP dá-se na linha alta da maré, ocasionado pelo movimento de fluxo e refluxo das ondas.

**Palavras-chaves:** praia de areais pretos; Minerais pesados e condições de distribuição.

## **Abstract**

The Zalala and Madal beaches are sandy beaches consisting mainly by very fine sediments distributed along the beaches; the sediments are characterized by dark coloration distributed in the whole beach environment, mostly in the high tide line. These characteristics reveal environments of accumulation of heavy minerals (HM), which are minerals that are distinguished from the common ones like quartz and feldspar by their density and coloration. This study has as main objective to know the heavy minerals distributed in the sediments of Madal and Zalala Beaches . In order to answer the question, work was took place in three fundamental phases: first phase of the field that took place in the low tide during syzygy tide on 6th and 7th December, 2017, second phase laboratory work and third processing of data. The laboratory work was developed in the sedimentology laboratory of the UEM in the geology department, where the samples were prepared to analyze, the sediments were immersed during 24 hours by immersion in HCl and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> for the elimination of carbonate influences and organic matter in the grains, and then washed in distilled water and dried in an oven. After washing and drying, the sediment separation was carried out in millimeter screens, to analyze the nature of the sediments that constitute the beaches, and to select the ideal granulometric size for HM analysis. The fraction selected for HM analysis was 0.125 mm from each sample, where the light or heavy minerals were separated in the fraction using the dense liquid CH<sub>2</sub>I<sub>2</sub> and Xylene for neutralization of the liquid. And finally the separate fraction was taken to the petrology laboratory of the same department for the identification and quantification of HM by binocular loupe.

The following minerals were identified along the studied beaches: Chlorite, Muscovite, Tremolite, Hornblende, Augite, TiCl<sub>2</sub>, Apatite, Andaluzite, Silimanite, Epidote, Topaz, Chalcomenite, Kyanite, Azurite, Xenotime, Titanomagnetite, Hematite, Curite and Kelyanite. Being that greater varieties of minerals were observed in Madal beach than Zalala beach which shows the massive contribution of Bons Sinais estuary during the river discharge. However, in both beaches, the higher HM concentration occurs in the high tide line, caused by the flow and reflux movement of the waves.

**Keywords:** black sand beach; Heavy Minerals and Distribution Conditions.

## **Lista de Abreviaturas**

AS – Amostra de Sedimentos

ASZ – Amostras de Sedimentos de Zalala

ASM – Amostras de Sedimentos de Madal

PASM – Ponto de Amostragem de sedimentos em Madal

PASZ – Pontos de Amostragem de sedimentos em Zalala

PM – Praia de Madal

PZ – Praia de Zalala

MP – Minerais Pesados

HM – Heavy mineral

ML – Minerais Leves

AG – Areia Grossa

AM – Areia Média

AF – Areia Fina

AMF – Areia Muito Fina

SG – Silte Grosso

MO – Matéria Orgânica

ESCMC – Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

UEM – Universidade Eduardo Mondlane

## Lista de Figuras

Figure 1: Diagrama sistemática amostrando processos que controlam assembleia dos minerais pesados nos sedimentos, modificado por (Morton & Hallsworth, 1999).....	6
Figure 2: Separação de minerais na zona de rebentação com base no conceito de equivalente hidráulico, Kudrass (1987) citado por (Hareddy, 2003).....	8
Figure 3: Mapa de localização da área de estudo. (Fonte: Google Earth).....	9
Figura 4: Colecta das amostras sedimentares. ....	12
Figura 5: Material usado para eliminação dos carbonatos e matéria orgânica, secagem e pesagem dos sedimentos. ....	13
Figure 6: Crivo em escala milimétrica, vibrador e balança semi analítica utilizada para a separação e a pesagem dos sedimentos. ....	14
Figure 7: a) etapa de separação dos minerais usando líquido denso; b) filtração e lavagem dos minerais com xileno após a separação com líquido denso; c) secagem dos filtros e d) conservação dos MP colectados nos filtros para pesagem. ....	15
Figure 8: Lupa binocular <i>Nikon SMZ1270</i> e <i>X Ray Olympus</i> utilizados para identificação dos minerais.....	16
Figure 9:ilustração da identificação dos minerais pesados com base na cor e o brilho do mineral extraído pela Lupa Binocular das praias de Madal e Zalala. ....	19
Figure 10:Gráficos percentuais da concentração dos minerais pesados nos sedimentos da praia de a) Madal e b) Zalala.....	21
Figure 11: Histogramas de acumulação percentual dos minerais pesados identificados na a) praia de Zalala e b) praia de Madal ao longo da linha baixa da maré. ....	22
Figure 12: Histograma de acumulação percentual dos minerais pesados identificados na a) praia de Zalala b) praia de Madal ao longo da zona linha média maré. ....	23
Figure 13: Histograma de acumulação percentual dos minerais pesados identificados na a) praia de Zalala e b) praia de Madal ao longo da linha alta da maré. ....	24
Figure 14: Histogramas de acumulação percentual dos minerais pesados identificados perpendicularmente a a) praia de Zalala b) praia de Madal.....	25

## **Listas de tabelas**

Tabela 1: Conjunto de material usado durante a realização do estudo.....	10
Tabela 2:Coordenadas dos perfis de AS nas praias, colhidos durante a baixa-mar da maré viva. ....	11
Tabela 3:Percentagem do diâmetro médio das partículas ao longo das praias .....	18
Tabela 4: Características básicas dos minerais pesados identificados, em ordem crescente da densidade.....	20

## Índice

Dedicatória.....	i
Agradecimentos.....	ii
Declaração de honra .....	iii
Resumo .....	iv
Abstract.....	v
Lista de Abreviaturas.....	vi
Lista de Figuras .....	vii
Listas de tabelas .....	viii
1. Introdução .....	1
1.1. Problematização .....	2
1.2. Justificativa .....	2
1.3. Objectivos .....	3
1.3.1. Objectivo Geral.....	3
1.3.2. Objectivos Específicos .....	3
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Formação de depósitos dos Minerais Pesados .....	4
2.2. Identificação dos minerais pesados .....	4
2.3. Concentração dos minerais pesados no ambiente costeiro .....	5
2.3.1. Factores que controlam a distribuição dos minerais pesados .....	5
3. Metodologia .....	9
3.1. Área de Estudo .....	9
3.1.1. Geologia da área de estudo .....	9
3.1.2. Condições climáticas e oceanográficas da área .....	10
3.1.3. Hidrologia.....	10
3.2. Materiais .....	10
3.3. Trabalho de campo .....	11
3.4. Trabalho laboratorial .....	12

3.4.1.	Tratamento das amostras .....	12
3.4.2.	Separação granulometria .....	13
3.4.3.	Separação mineralógica.....	14
3.4.4.	Identificação e quantificação dos minerais.....	15
3.4.5.	Determinação das concentrações dos minerais.....	16
3.4.6.	Processamento de dados .....	16
4.	Resultados.....	18
4.1.	Caracterização granulométrica dos sedimentos de ambas praias.....	18
4.1.1.	Distribuição percentual do diâmetro médio das partículas em cada ponto de amostragem.....	18
4.2.	Caracterização dos minerais pesados dos ambientes estudados .....	18
4.2.1.	Identificação das espécies dos minerais pesados ocorrentes nos sedimentos ao longo dos perfis das praias estudados. ....	18
4.3.	Determinação das concentrações dos minerais pesados distribuído paralelamente e perpendicularmente as praias.....	21
4.3.1.	Distribuição percentual dos minerais pesados nos sedimentos das praias ao longo dos perfis de amostragem.....	21
4.3.2.	Distribuição dos minerais pesados nos sedimentos ao longo dos perfis paralelamente a praia	22
4.3.3.	Distribuição dos minerais pesados nos sedimentos ao longo dos perfis perpendicularmente a praia .....	25
5.	Discussão .....	26
5.1.	Caracterização granulométrica dos sedimentos de ambas praias.....	26
5.1.1.	Distribuição percentual do diâmetro médio das partículas em cada ponto de amostragem.....	26
5.2.	Caracterização dos minerais pesados dos ambientes estudados .....	27
5.2.1.	Identificação das espécies dos minerais pesados ocorrentes nos sedimentos ao longo dos perfis das praias estudados. ....	27
5.3.	Determinação das concentrações dos minerais pesados distribuído paralelamente e perpendicularmente as praias.....	28

5.3.1. Distribuição dos minerais pesados nos sedimentos ao longo dos perfis paralelamente a praia	28
5.3.2. Distribuição dos minerais pesados nos sedimentos ao longo dos perfis perpendicularmente a praia .....	29
6. Conclusão.....	31
6.1. Recomendações.....	31
6.2. Limitações.....	31
7. Referencias Bibliográficas .....	32

## 1. Introdução

Mineral é uma substância de ocorrência natural, sólida, cristalina, geralmente inorgânica, com uma composição química específica. Os minerais são homogêneos pois eles não podem ser divididos por meios mecânicos em componentes menores (Press, 2006).

Os minerais cristalizam – se em condições geológicas ideais, a sua organização atômica interna se manifestará em uma forma geométrica externa, com o aparecimento de faces, arestas e vértices naturais (Press, 2006). Eles podem ser divididos em dois grandes grupos em função da sua densidade: minerais leves com densidade menor que  $2,85\text{g/cm}^3$  e minerais pesados, que são minerais detríticos oriundos das rochas ígneas, sedimentares ou metamórficas, tendo peso específico maior que  $2,85\text{ g/cm}^3$  e comumente formando constituintes menores ou minerais acessórios das rochas em geral (Bates, 1980).

Suguio (1980) citado por (Souza, 2007), os minerais pesados apresentam um peso específico maior do que os minerais mais comuns das rochas sedimentares, como feldspato e quartzo, cujo peso específico é de  $2,6\text{ g/cm}^3$ . A quantidade dos minerais pesados em um determinado local depende da sua abundância na área fonte e da intensidade do processo de transporte, que inclui a sua capacidade de resistência ao intemperismo, à abrasão e a sua segregação devido a diferenças na densidade e forma (Ali, Hibberd, & Stoikovich, 2018).

Os minerais pesados que compõem os plácemes marinhos são oriundos de uma determinada rocha fonte que podem ser ígneas, sedimentares ou metamórficas, que sofreram intemperismo e erosão, desagregando e liberando os minerais detríticos para o transporte pelos agentes superficiais (rios, vento, águas pluviais, gelo e ação da gravidade) (Silva, 2000), dos quais destaque-se os rios, que carregam grande parte dos sedimentos juntamente com os minerais detríticos e desaguam no mar, e logo após o material ser descarregado, interage com as ondas e correntes costeiras, fazendo a distribuição em função da sua densidade, sendo que eles se concentram em ambientes de alta energia devido ao maior peso específico (Ali, Hibberd, & Stoikovich, 2018).

Moçambique é um país costeiro, caracterizado por 2700 km de extensão de costa, constituindo deste modo a terceira maior de África, e sendo caracterizado por praias rochosas no norte do país, praias lodosas no centro e praias arenosas no sul, altamente dinâmicos, com dunas muito altas e cobertas por vegetação muito frágil (Hoguane, 2007).

A praia de Zalala e de Madal localizadas no centro do país, são praias constituídas por sedimentos arenosos, sendo que, o tamanho de sedimentos mais predominante são areias finas, com uma

coloração escura especialmente na linha alta da maré, característica dos sedimentos que apresentam concentrações de minerais pesados, cujo estudo busca conhecer, e além disso são constituídas por uma extensa zona de praia principalmente no período de maré de sizígia, devido a suas inclinações suaves.

O estudo tem em vista fazer uma comparação da concentração e distribuição dos minerais pesados nos sedimentos da praia de Madal e Zalala.

### **1.1.Problematização**

A maioria das praias arenosas são constituídas por sedimentos de coloração clara, isso pelo facto de serem maioritariamente constituídas por partículas terrígenas como o quartzo, o feldspato, e algum grupo das micas que são minerais leves e maiores constituintes da crosta terrestre. Todavia, em determinados troços costeiros mais restritos é possível observar sedimentos arenosos distinguidos por sua coloração escura, como as praias de Zalala e Madal. Característica comum de praias ricas em minerais pesados, que são visualmente distinguidos pela sua coloração mais escura (Casalho J. , 2016). Por outro lado, como sugere o Estudo da Distribuição Granulométrica de Sedimentos nestes ambientes de Praias feito por (Muhai, 2017), há evidência de existir minerais pesados porque, a maior concentração dos sedimentos quanto ao tamanho varia de areia fina a muito fina, isto é, de 250-63 micrómetros.

No âmbito da carência de dados relacionados a estes aspectos, não havendo nenhum estudo desenvolvido que retrata da distribuição dos minerais pesados nos sedimentos das praias de Madal e de Zalala, este estudo busca compreender:

Como é que os minerais pesados encontram se distribuídos nos sedimentos das praias de Madal e Zalala?

### **1.2.Justificativa**

É de extrema importância compreender a distribuição de minerais pesados em sedimentos pois, são de grande aplicabilidade nos estudos e na interpretação de resultados em vários aspectos relacionados à geologia, a destacar: Sedimentologia, Estratigrafia, Análise Ambiental e Geologia Económica (Souza, 2007). Por exemplo, a deposição e distribuição dos minerais num dado ambiente de sedimentação podem ser utilizadas como indicativos das direcções das correntes preferenciais do transporte sedimentar.

Este estudo tem em vista compreender a distribuição dos minerais pesados nos sedimentos da praia de Madal e Zalala, que poderá contribuir com o desenvolvimento científico detalhado sobre a matéria, visto que o nosso Moçambique ainda carece de banco de dados científicos sobre a distribuição dos minerais pesados em regiões costeiras, especialmente nos ambientes de praias. O conhecimento da distribuição dos minerais pesados pode auxiliar na caracterização sedimentológica da região, além disso, a sua compreensão pode ser considerada como um dos primeiros passos para a avaliação da possível exploração dos minerais costeiros de interesse económico.

### **1.3.Objectivos**

#### **1.3.1. Objectivo Geral**

Conhecer a distribuição de minerais pesados em sedimentos na praia de Madal e Zalala-Quelimane, Zambézia.

#### **1.3.2. Objectivos Específicos**

- ✓ Identificar as espécies dos minerais pesados ocorrentes nos sedimentos ao longo dos perfis das praias estudados.
- ✓ Determinar as concentrações dos minerais pesados distribuído paralelamente e perpendicularmente as praias.
- ✓ Inferir os possíveis causadores da distribuição com base do padrão dos MP distribuídos ao longo das praias.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Formação de depósitos dos Minerais Pesados**

**Minerais pesados** são minerais detríticos oriundos das rochas ígneas, sedimentares ou metamórficas, com um peso específico maior que  $2,85 \text{ g/cm}^3$  e comumente formando constituintes menores ou minerais acessórios das rochas em geral (Bates, 1980). Os depósitos originam-se quando as rochas da superfície da terra são submetidas à acção do intemperismo, que as altera a partir de desagregação física e decomposição química, liberando seus constituintes minerais ao transporte pelos agentes superficiais, como rios, ventos, águas pluviais, gelo e acção da gravidade.

Dum modo geral os depósitos de pláceres e de um alto valor económico (ouro, diamante e a cassiterite) são de origem fluvial, onde a sua concentração ocorre em virtude da perda de energia da corrente produzida pelo agente de transporte, permitindo a deposição desses materiais mais densos nos lugares mais propícios, contudo, há casos que os agentes de concentração dos minerais pesados sejam também marinhos, eólicos ou glaciais, diferindo em tipo de material mineral concentrado (Souza, 2007).

Os minerais como ouro e cassiterite que são minerais de um alto peso específico são denominados minerais pesados (pesados) e sofrem transporte de curtas distâncias concentrando-se normalmente formando pláceres fluviais e aluviais, enquanto os pláceres de praia são maioritariamente constituídos por minerais pesados leves que compreendem principalmente a ilmenita, o rutilo, o zircão, a monazita e a magnetita, etc., mas também incorpora pequenos fragmentos de tamanho fino do ouro e da cassiterite, que chegam mais comumente às zonas costeiras, concentrando-se em ambientes de deposição de alta energia (Emerye Noakes, 1968) citado por (França, 2013).

A classificação geral de minerais pesados é baseada nas propriedades ópticas, isto é, no grau de transparência, assim sendo, os minerais pesados podem ser divididos em duas categorias: opacos e os transparentes. Os opacos são principalmente óxidos e sulfetos, que normalmente se integram na classe correspondente aos minérios enquanto os transparentes consistem predominantemente de silicatos (França, 2013).

### **2.2. Identificação dos minerais pesados**

A identificação da presença dos minerais pesados em sedimentos arenosos de um determinado ambiente de posicional, provavelmente, seja uma das primeiras actividades de prospecção em depósitos economicamente valiosos. Além disso, desde há muito tempo se reconhece a sua utilidade como instrumento para interpretar a proveniência e o transporte sedimentar, sendo que, o interesse

do seu estudo tem crescido em paralelo com o desenvolvimento da tecnologia (Mange e Wright 2007) citado por (Cascalho & Joana, 2014).

O processo de identificação dos minerais pode ser desenvolvido por diferentes tipos de instrumentos de acordo com as propriedades físicas ou químicas, dependendo do calibre do instrumento. Por exemplo, a identificação dos minerais pesados com a lupa binocular dá-se pelo reconhecimento das propriedades físicas dos minerais como a densidade, brilho e forma.

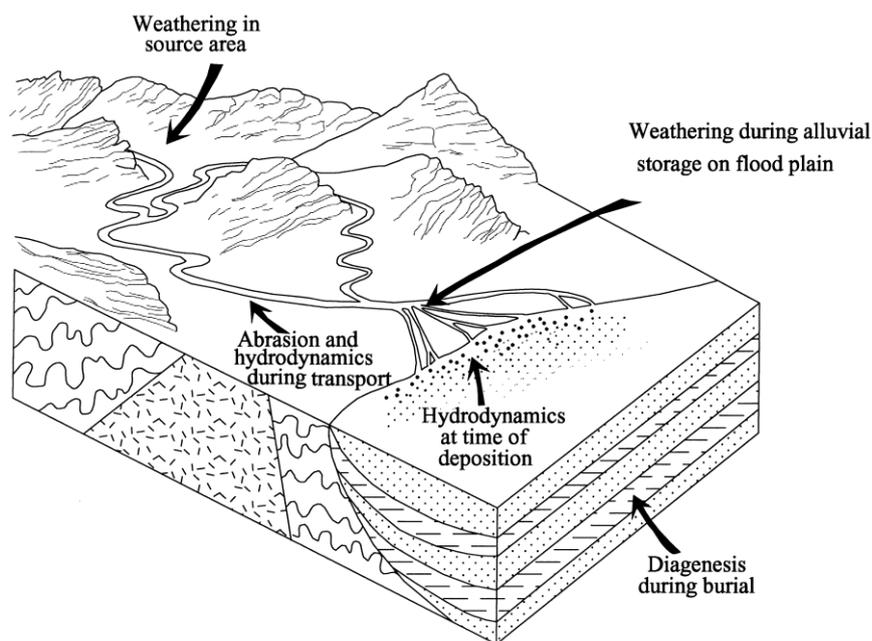
### **2.3. Concentração dos minerais pesados no ambiente costeiro**

Os processos que formam depósitos de minerais pesados nas areias costeiras começam no interior e está directamente relacionado ao processo de transporte sedimentar desde a área fonte até a área de deposição. Segundo (Addad, 2010) a composição dos sedimentos trazidos na costa por um rio é redistribuída na direcção da deriva litorânea. A areia mais grossa e o cascalho, geralmente ficam retidos em estuários, lagunas ou depositados em praias próximas à desembocadura, enquanto os sedimentos mais finos são levados deriva abaixo. Os minerais pesados acompanham o padrão e, na maioria dos casos, onde as rochas metamórficas e ígneas de alta qualidade que contém minerais pesados resistentes, desgastam-se contribuindo com detritos compostos de areia, silte, argila e minerais pesados para os sistemas fluviais. Os rios e riachos transportam os detritos para a costa, onde são depositados em uma variedade de ambientes costeiros, como nos deltas, na praia, ilhas ou dunas e lagoas de maré. (Gosen, Fey, Shah, Verplanck, & Hoefen, 2014)

Os sedimentos que chegam a costa, são retrabalhados por ondas, marés, correntes costeiras e ventos, que são mecanismos eficazes para classificar os grãos minerais com base em diferenças de tamanho e densidade, sendo que os minerais mais densos são os mais eficazes. Os minerais pesados se acumulam, formando embalagens sedimentares ricas em minerais, laminadas ou em forma de lentes, que podem ter vários metros e até dezenas de metros de espessura (Gosen, Fey, Shah, Verplanck, & Hoefen, 2014).

#### **2.3.1. Factores que controlam a distribuição dos minerais pesados**

Existe múltiplos factores que afectam a distribuição e modificam os minerais pesados desde a sua fonte até os ambientes de deposição. Segundo (Morton & Hallsworth, 1999) esses factores incluem o intemperismo em diferentes estágios entre as rochas geradoras, e os ambientes sedimentares, abrasão mecânica durante o transporte classificação física e processos digenéticos durante o soterramento, como ilustra a figura abaixo.



**Figure 1:** Diagrama sistemática amostrando processos que controlam assembleia dos minerais pesados nos sedimentos, modificado por (Morton & Hallsworth, 1999).

A classificação física ocorre como resultado das condições hidrodinâmicas operativas durante os estágios de transporte e deposição, e controla a abundância absoluta ou relativa de minerais pesados. A abrasão mecânica ocorre durante o transporte e faz com que os grãos diminuam de tamanho, por uma combinação de facturamento e arredondamento. A dissolução causa a perda parcial ou completa de minerais pesados em uma variedade de condições geoquímicas em vários estágios do ciclo de sedimentação, desde intemperismo na fonte, exposição subaérea em ambientes de posicionais não marinhos, durante o sepultamento e finalmente durante o intemperismo no afloramento (Morton & Hallsworth, 1999).

É importante salientar que a influência dos factores acima nas assembleias dos MP varia significativamente em diferentes ambientes na mesma região (por exemplo, costa, plataforma e bacia). Essa variação significativa está associada à distância de transporte entre a rocha geradora e os ambientes sedimentares, a taxa de elevação da rocha geradora, a intensidade do intemperismo, as condições meteorológicas e hidrodinâmicas da área. Por exemplo, minerais pesados instáveis podem ser destruídos por intemperismo intenso e longa distância de transporte. Além disso, as condições hidrodinâmicas dentro dos ambientes costeiros poderiam redistribuir as suítes minerais pesadas nos sedimentos (Haredy, 2003).

As diferenças nas propriedades de grão (densidade, tamanho e forma) entre grãos minerais pesados e leves resultam em diferentes propriedades hidráulicas, pelo que um grão de mineral pesado será

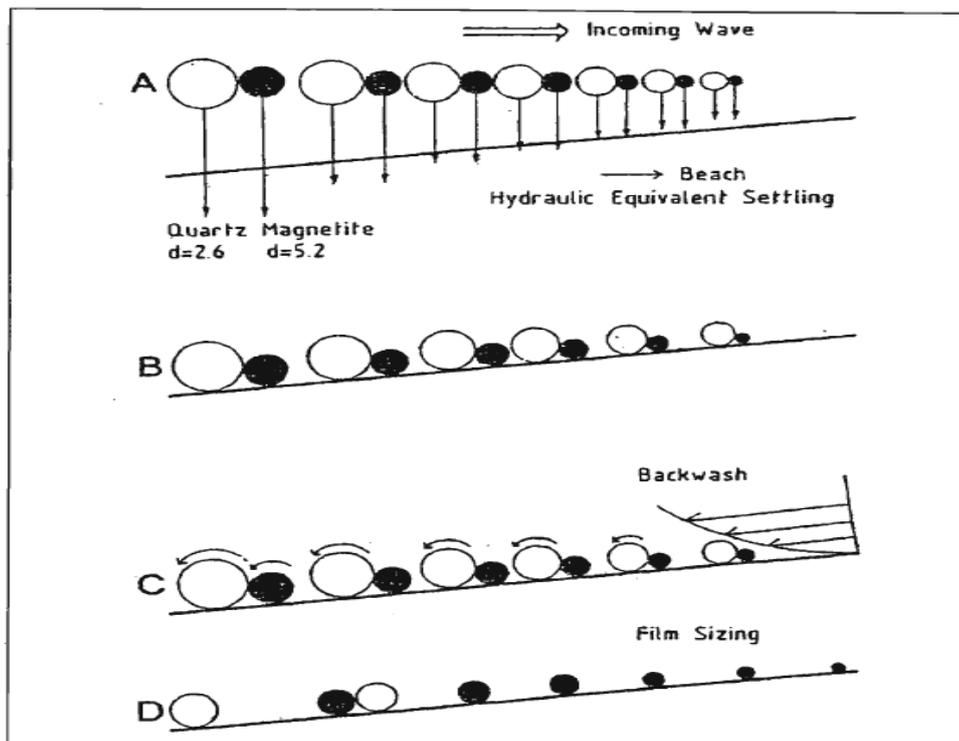
hidraulicamente equivalente a um grão mineral leve de tamanho maior, baseado na gravidade específica do grão. Onde, o equivalente hidráulico é definido como a diferença no tamanho entre uma dada espécie mineral pesada e tamanho de uma esfera de quartzo com a mesma configuração velocidade na água (Selley, 2000) e (Hareddy, 2003). Além disso, diz-se que um mineral pesado dificilmente é arrastado e transportado pelas correntes do que um outro grão mineral leve da mesma forma e tamanho (Hareddy, 2003).

Em relação a forma do mineral, é muito importante quando comparado minerais pesados de densidade aproximadamente iguais, mas de forma diferentes. Os minerais com forma menos esférica e menor peso específico são transportados em longas distancias que os mais esféricos e mais densos, apesar de seus diâmetros serem similares, modificando as relações entre as frequências das diferentes espécies mineralógicas (Souza, 2007)

Gosen; et al (2014) descreve de a actuação dos agentes oceanográfico sobre as assembleias de minerais pesados da seguinte maneira:

A acção forte e sustentada das ondas move a areia do mar para a costa, onde a areia e os minerais pesados são classificados por tamanho e densidade. A classificação mineral ocorre principalmente na parte superior da zona de swash da onda da maré alta, onde o movimento do swash e backwash permite a selecção das partículas em função do seu tamanho e densidade, como ilustra o esquema baixo de separação de minerais na zona de rebentação com base no conceito de equivalente hidráulico elaborado por Kudrass (1987) citado por (Hareddy, 2003).

.



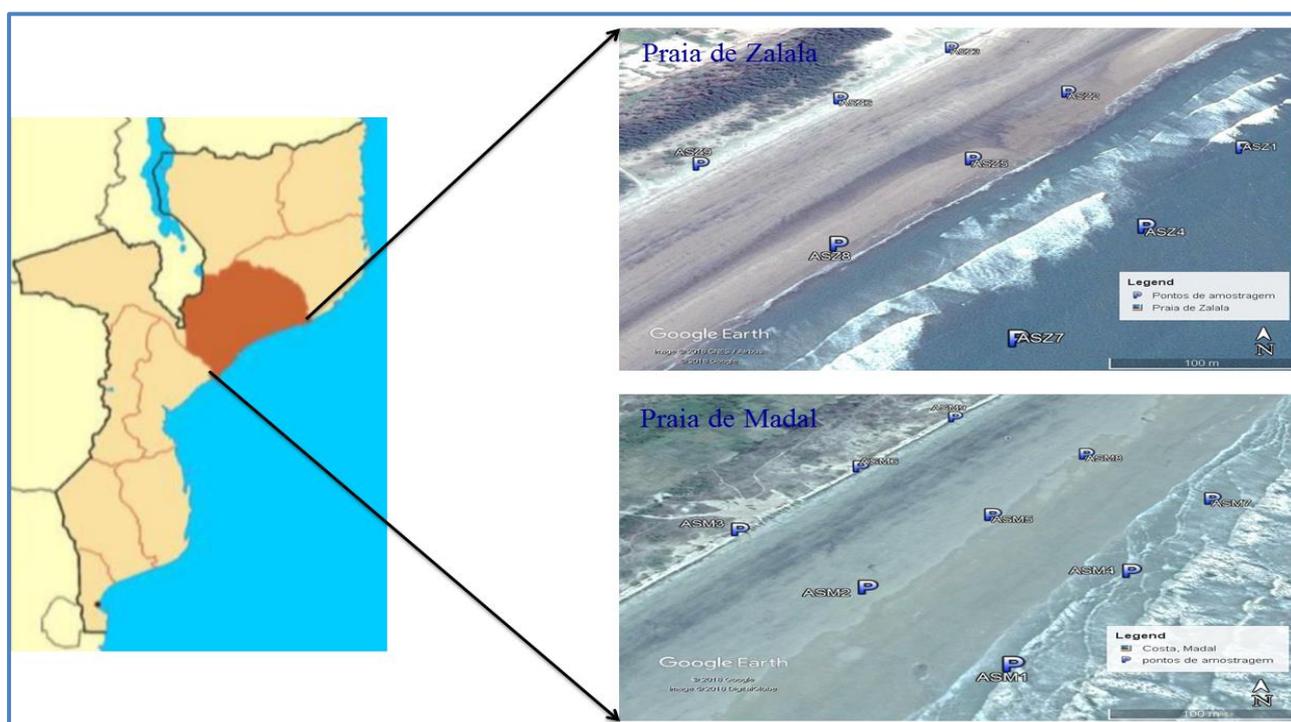
**Figure 2:** Separação de minerais na zona de rebentação com base no conceito de equivalente hidráulico, Kudrass (1987) citado por (Haredy, 2003).

Os ventos que são responsáveis por seleccionar as areias de grãos finos e minerais pesados depositados ao longo da praia formando dunas de areias ricas em minerais na anti-praia. Para além das ondas e ventos, destaca-se também a actuação da deriva costeira e as mudanças do nível do mar onde, a acção da deriva costeira combinada com a geomorfologia da costa exerce forte influência na localização dos depósitos de minerais pesados. As mudanças do nível do mar são uma função das mudanças climáticas, como as áreas do gelo, onde o aumento do nível do mar regional (transgressão) e diminuição do nível do mar (regressão) influenciam fortemente a deposição e preservação dos minerais pesados. A maior parte do acumulo de areias pesadas e minerais parece relacionada à progradação da costa em direcção ao mar durante os eventos de regressão.

### 3. Metodologia

#### 3.1. Área de Estudo

As Praias de Zalala e Madal situam-se no centro do país, concretamente na província da Zambezia, sendo que a Praia de Zalala localiza-se a 17°50'6.36''S e 37°07'23.09''E e a de Madal Localiza-se a 17°58'11.03''S e 37°1'21.27''E.



**Figure 3:** Mapa de localização da área de estudo. (Fonte: Google Earth)

##### 3.1.1. Geologia da área de estudo

Dum modo geral, a praia Zalala e Madal assim como a geologia de Quelimane são constituídos por formações sedimentares da era quaternária, sendo que as principais unidades são aluvião, areia, silte, cascalho; coluvião; duna de areia costeira e praia de areia; areia argilosa aluvial de várzea; lama aluvial de origem flúvio-marinha e lama aluvial de várzea (Souto, 2014).

Os solos dessas regiões são solos são arenosos de dunas costeiras e de origem hidromórfica (mangais e rios). Os solos arenosos geralmente são profundos a muito profundos, excessivamente bem drenados, com baixa capacidade de retenção de nutrientes e água. Os solos fluviais e marinhos ocorrem ao longo da costa e nas planícies estuarinas, onde se desenvolvem mangais, com solos argilosos profundos, muito mal drenados, salinos e ricos em sódio (Mae, 1985a) citado por (Souto, 2014).

Especificamente, a praia de Madal é constituído por maior concentração do material sedimentar de coloração escura enquanto, a praia de Zalala apresenta mais a mistura de coloração entre claro e escuro.

### 3.1.2. Condições climáticas e oceanográficas da área

O principal tipo de clima é tropical com duas estações. A precipitação anual é de 1.428 milímetros ao redor de Quelimane e Inhassunge. O período de chuva varia de Novembro a Abril. A temperatura média é de 25°C. O mês mais seco é Setembro, com 20 mm, maior parte da precipitação cai em Janeiro, com uma média de 260 mm (Souto, 2014).

Praia do Madal é caracterizada por maior intensidade de energia das ondas, menores amplitudes de marés, e fortes correntes longitudinais (Litorâneas) que causam maior taxa de erosão contribuindo para o recuo da linha da costa quando comparada com a Praia de Zalala (Muhai, 2017).

### 3.1.3. Hidrologia

Existem vários rios em redor de Quelimane e por causa do terreno plano, todos eles são influenciados por períodos de maré, inibindo a sua utilização para fins de consumo. Toda a área está encharcada e os rios principais são os seguintes: R. Chipoca, R. Maiua, R. Catuela, R. Dabada, Rio Cuacua, R. Licuari, R. Lava, Rio dos Bons Sinais e R. Namacurra. (Souto, 2014). Além disso, esses rios representam principais fontes de sedimentos que cobrem as zonas de praias, onde, os rios descarregam sedimentos e as ondas e correntes fazem a redistribuição ao longo dos perfis de praias.

## 3.2. Materiais

**Tabela 1:** Conjunto de material usado durante a realização do estudo.

Material do Campo	Equipamento Laboratorial	Reagentes
GPS	Uma proveta	Água destilada
Uma fita métrica	Uma espátula de vidro	Ácido clorídrico (HCl)
Um computador	18 Copos de Becker	
Um tudo de PVC	Funil e papel de filtro	Alcool Etílico (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH)
18 Sacos plásticos	10 Crivos milimétricos	Di-iodometano (CH <sub>2</sub> I <sub>2</sub> )
Uma máquina fotográfica	Lupa Binocular & DRX	Xileno (C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> )
Bloco de notas e esferográfica	Balão de Erlemayer (2000ml)	
Cápsula de petric	Estufa 250°C	Peróxido de hidrogénio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )
	Balança semi-analítica de 10 <sup>-3</sup> g	

### 3.3.Trabalho de campo

A colecta das amostras ao longo das praias foi feita na baixa-mar da maré de sizígia (maré viva), nos dias 06 e 07 de Dezembro de 2017 na praia de Zalala e Madal respectivamente, onde, a baixa-mar da praia de Zalala calhava as 11horas e 43minutos com uma altura da maré de 0.92 m e na praia de Madal as 12horas e 23minutos com uma altura de 1.11m. Esta fase da maré foi escolhida pelo facto de ser a fase que permite maior exposição da parte da praia devido a grandes amplitudes da maré em relação ao nível médio do mar.

A selecção de locais estratégicos de amostragem foi definida com GPS num sistema de grelha, paralelamente e perpendicularmente a linha de costa, onde na forma paralela, foi medida uma extensão de 300m e foram marcados 3 perfis ao longo da linha baixa da maré separados por uma distância de 150m, os quais serviram de referência para marcação dos restantes perfis perpendicularmente a linha de costa medido desde a linha alta até a linha baixa maré, e marcando-se perfis no meio e na linha alta maré, totalizando assim 9 perfis de amostragens por cada praia, ao longo das coordenadas abaixo:

**Tabela 2:**Coordenadas dos perfis de AS nas praias, colhidos durante a baixa-mar da maré viva.

Coordenadas dos Perfis – ASZ					
ASZ1	17°50'27.50"S	ASZ4	17°50'31.20"S	ASZ7	17°50'35.10"S
	37°07'31.30"E		37°07'27.90"E		37°07'24.50"E
ASZ2	17°50'24.20"S	ASZ5	17°50'28.10"S	ASZ8	17°50'31.90"S
	37°07'27.50"E		37°07'24.40"E		37°07'21.10"E
ASZ3	17°50'21.00"S	ASZ6	17°50'24.70"S	ASZ9	17°50'28.40"S
	37°07'24.50"E		37°07'21.10"E		37°07'17.70"E
Coordenadas dos Perfis – ASM					
ASM1	17°58'37.50"S	ASM4	17°58'33.60"S	ASM7	17°58'29.60"S
	37°01'05.60"E		37°01'08.90"E		37°01'12.00"E
ASM2	17°58'34.50"S	ASM5	17°58'30.60"S	ASM8	17°58'26.60"S
	37°01'02.90"E		37°01'06.20"E		37°01'09.40"E
ASM3	17°58'31.80"S	ASM6	17°58'27.90"S	ASM9	17°58'23.90"S
	37°01'00.00"E		37°01'03.00"E		37°01'06.00"E

A colecta das amostras sedimentares foi feita através dum PVC, colectando sedimentos subsuperficiais ao longo dos perfis previamente definidas com o GPS, onde, o PVC foi cravado 15cm de profundidade no solo e de forma gradual retirava-se para que não soltasse as amostra. Este processo foi aplicado em todos os pontos mas, nas regiões que apresentavam maior humidade como a linha baixa da maré, para além de usar o PVC simplesmente, usava-se também a pá para retirar as amostras, e todas as amostras foram conservadas nos sacos plásticos devidamente codificadas.



**Figura 4:** Colecta das amostras sedimentares.

### **3.4.Trabalho laboratorial**

Após o trabalho de campo seguiu-se o trabalho laboratorial, que foi dividida em duas partes fundamentais, a destacar: análise da granulometria e da mineralogia dos sedimentos, onde para a granulometria foram utilizados os crivos milimétricos, adaptando metodologia de Suguio (1973) e de (Kulkarni, Deshandari, & Jayappa, 2015) e para análise mineralógica foi uma metodologia similar a do Sam Boggs (2006) e do Souza (2007).

#### **3.4.1. Tratamento das amostras**

**1ª Fase** – As amostra trazidas do campo foram submetidos a secagem numa estufa disponível no laboratório de solos da ESCMC, numa temperatura de 60°C e num período de 48horas, procedimento que permitiu a retirada de humidade para não danificar as propriedades e melhor conservação das amostras para análises posteriores executados no laboratório de Sedimentologia no departamento de Geologia em Maputo.

**2ª Fase** – No laboratório de sedimentologia, das amostras trazidas da ESCMC, foi subtraída uma fracção 20g por amostra para um copo de Becker, peso medido por uma balança semi analítica de 10<sup>-3</sup>g de precisão, peso correspondente a Peso 1 (P1).

**3ª Fase** – Cada fracção da amostra medida foi submetida a eliminação de carbonatos (CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>) e matéria orgânica (MO) usando ácido clorídrico (HCl) e peróxido de hidrogénio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) respectivamente, num período de 24horas por ataque pois, segundo (Hanke D, 2015) a interacção de compostos orgânicos com minerais pode alterar o tamanho dos cristais.

A eliminação dos  $\text{CO}_3^{2-}$  procedeu-se pela mistura de 120ml de HCl medidos numa proveta com 1L de água destilada num balão de Erlemayer – 2000ml, onde, a mistura foi repartida em todas amostras. Após o tempo previamente estabelecido, as amostras foram lavadas 3 vezes para a neutralização e deixadas a secar durante 24 horas e finalmente foram pesados para determinação dos carbonatos abaixo. O mesmo procedimento anterior foi aplicado também usando 90 ml de  $\text{H}_2\text{O}_2$ .

a) Determinação dos carbonatos:

$$\% \text{CO}_3^{2-} = \frac{P_2 - P_1}{20\text{g}} \times 100$$

b) Determinação da matéria orgânica:

$$\% \text{MO} = \frac{P_3 - P_2}{20\text{g}} \times 100$$



**Figura 5:** Material usado para eliminação dos carbonatos e matéria orgânica, secagem e pesagem dos sedimentos.

### 3.4.2. Separação granulometria

A separação granulométrica permitiu a selecção dos intervalos ideais para o estudo de minerais pesados. O método para a determinação do tamanho dos grãos de sedimentos não-consolidados depende da ordem de grandeza do mesmo, podendo ser divididas basicamente em 3 grupos: medição directa, peneiramento/crivagem e velocidade de sedimentação (Veloso, 2001).

Neste estudo, pelo facto das áreas estudadas serem ambientes de praia constituído por sedimentos arenosos, a separação de tamanhos sedimentares nas amostras foi feita através da crivagem usando crivos milimétricos de malha que varia: 1.0mm, 0.710mm, 0.50mm, 0.355mm, 0.250mm,

0.180mm, 0.125mm, 0.075mm, 0.063mm e 0.045mm, e cada fração de sedimentos que restavam numa dada peneira eram colocadas num pedaço de folha A4 e pesado para determinação de tamanho de sedimentos predominantes.



**Figure 6:** Crivo em escala milimétrica, vibrador e balança semi analítica utilizada para a separação e a pesagem dos sedimentos.

### 3.4.3. Separação mineralógica

A separação dos minerais leves dos pesados é realizada pela imersão dos sedimentos em líquido orgânico denso, que os separa em função da sua densidade suspendendo os ML e decantando os MP. Neste estudo para separação tomou-se como base a metodologia descrita por Sam Boggs (2006) e Souza (2007), alterando simplesmente os reagentes de separação, onde para além de usar o Bromofórmio e o álcool, usou-se o líquido ( $\text{CH}_2\text{I}_2$  com  $d=3,32\text{g/ml}$ ) e Xileno, sendo líquidos orgânicos também usuais para o mesmo fim segundo (Araújo, 2015).

**1ª Fase** – Dos resultados da crivagem dos sedimentos, foi medido 10g de sedimentos na fracção 0.125mm de todas amostras correspondentes a areias finas para análise mineralógica, sendo este um dos intervalos ideais para análise mineralógica, por apresentar maior concentração de MP e facilita a identificação mineralógica por microscópio petrográfico.

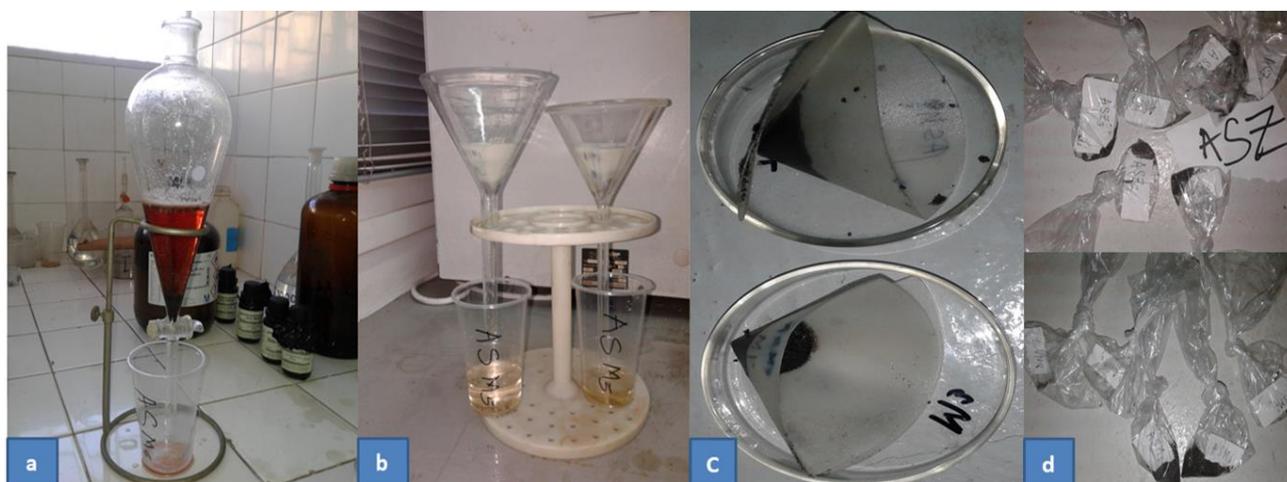
**2ª Fase** – Com recurso a um suporte universal, ampola de decantação, funil cónico, copos de Becker, papéis de filtros,  $\text{CH}_2\text{I}_2$  e Xileno, montou-se a estrutura de separação dos minerais. Fixou-se a ampola de decantação num suporte universal, com a torneira fechada, preencheu-se a ampola com 60ml de  $\text{CH}_2\text{I}_2$  e com um copo de Becker em baixo para recuperação do líquido, em seguida, foi colocado os sedimentos de cada amostra na ampola contendo líquido e deixado até que os minerais de peso maior estarem totalmente decantados, num período aproximado de 10 minutos.

**3ª Fase** – Após os minerais tiverem decantado, tomando dois funis cónicos montados num suporte e colocando-se um filtro em cada funil, foi aberta a torneira da ampola de forma gradual sobre os funis contendo filtros, deixando passar primeiramente os minerais decantados num e a parte suspensa no outro.

**4ª Fase** – Os minerais colectados pelos filtros, foram lavados com Xileno para limpar e/ou neutralizar o  $\text{CH}_2\text{I}_2$  e foram deixados secar numa estufa a  $60^\circ\text{C}$  durante 24 horas, e finalmente fez-se a pesagem para determinação da percentagem dos MP contidos por amostra e a fracção ML que manteve suspenso foi descartado.

$$\text{a) \%MP} = \frac{\text{MP(g)} \times 100\%}{10\text{g}}$$

$$\text{b) \%ML} = \frac{\text{ML(g)} \times 100\%}{10\text{g}}$$



**Figure 7:** a) etapa de separação dos minerais usando líquido denso; b) filtração e lavagem dos minerais com xileno após a separação com líquido denso; c) secagem dos filtros e d) conservação dos MP colectados nos filtros para pesagem.

#### 3.4.4. Identificação e quantificação dos minerais

Com recurso a lupa binocular de referência *Nikon SMZ1270* com um aumento até 80X foi feita a identificação dos MP, onde nas amostras colectados pelos filtros e sacados, foi subtraído uma parcela em cada amostra montada na platina foi feita o reconhecimento dos MP, tendo como base a cor, brilho e forma, fazendo a comparação visual dos minerais observados com a lupa com Atlas fotográfico de classificação dos minerais pesados (Addad, 2010). A lupa facilitou a aquisição de imagens dos minerais presentes nos sedimentos dos ambientes estudados.



**Figure 8:** Lupa binocular *Nikon SMZ1270* e *X Ray Olympus* utilizados para identificação dos minerais.

A cor, brilho e a forma não são suficiente para se ter a fiabilidade dos resultados durante a identificação devido à similaridade que determinados minerais apresentam, pela presença de certas impurezas ou mesmo no seu estado natural. Para se eliminar as incertezas, recorreu-se a identificação usando o Difratómetro de Raio X, que auxiliou na leitura dos elementos (composição química) e dos sistemas cristalinos dos minerais.

#### **3.4.5. Determinação das concentrações dos minerais**

Para além da identificação seguiu-se também a contagem sistemática sob lupa binocular de 150 grãos correspondente ao número (N) total da amostra 100%, que é uma representatividade escolhida de forma aleatória, contando se cada espécie de mineral presente e determinando-se a sua percentagem. A contagem foi feita nos sedimentos de tamanho 0.125mm correspondente a um dos intervalos eficaz para o estudo dos minerais pesados.

#### **3.4.6. Processamento de dados**

Após a obtenção de dados, estes foram digitados e compilados com auxílio da planilha do programa computacional designado por *Software Microsoft Excel 2010*, procedimento que auxiliou organização de dados concernentes a fracções da granulometria e mineralógica, convertendo-os em valores percentuais para o plot dos gráficos e tabelas que ilustram a distribuição granulométrica e mineralógica ao longo dos pontos de amostragem apresentado no capítulo dos resultados.

Os dados gerados com DRX foram processados no computador instalado o *software X poder versão 2010. 01. 35pro*, uma vez que este possui um pacote composto por método de razão de intensidade de referência. Contudo os seus resultados não serão apresentados neste trabalho devido a presença

de ruído nos seus gráficos causado principalmente minerais ferro-magnésios que dificultam a interpretação dos gráficos, que devia ter se tirado com íman de mão, mas pela falta do instrumento não foi possível remove-los e nem identificar.

## 4. Resultados

### 4.1. Caracterização granulométrica dos sedimentos de ambas praias

#### 4.1.1. Distribuição percentual do diâmetro médio das partículas em cada ponto de amostragem

Os ambientes das praias estudadas concretamente praia de Zalala e Madal são constituídos principalmente por sedimentos arenosos. Onde a praia de Zalala cerca de 15% corresponde a areia fina, 84% areia muito fina e 1% de silte grosso, enquanto a Madal Praia de apresenta 1% de areia média, 18% de areia fina, 80% de areia muito fina e silte grosso.

A distribuição do tamanho granulométrico ao longo das praias está representada na tabela 3 em percentagem.

**Tabela 3:** Percentagem do diâmetro médio das partículas ao longo das praias

	AG	AM	AF	AMF	SG		AG	AM	AF	AMF	SG
ASZ1			1%	98%	1%	ASM1		7%	28%	64%	1%
ASZ2			42%	58%		ASM2		1%	25%	74%	
ASZ3			7%	92%	1%	ASM3			4%	93%	3%
ASZ4			12%	87%		ASM4			25%	74%	1%
ASZ5			24%	76%		ASM5		2%	32%	66%	
ASZ6			2%	95%	3%	ASM6			5%	92%	3%
ASZ7		1%	7%	85%	7%	ASM7			4%	95%	1%
ASZ8		1%	33%	66%		ASM8		1%	34%	65%	
ASZ9			3%	95%	2%	ASM9			2%	94%	4%

### 4.2. Caracterização dos minerais pesados dos ambientes estudados

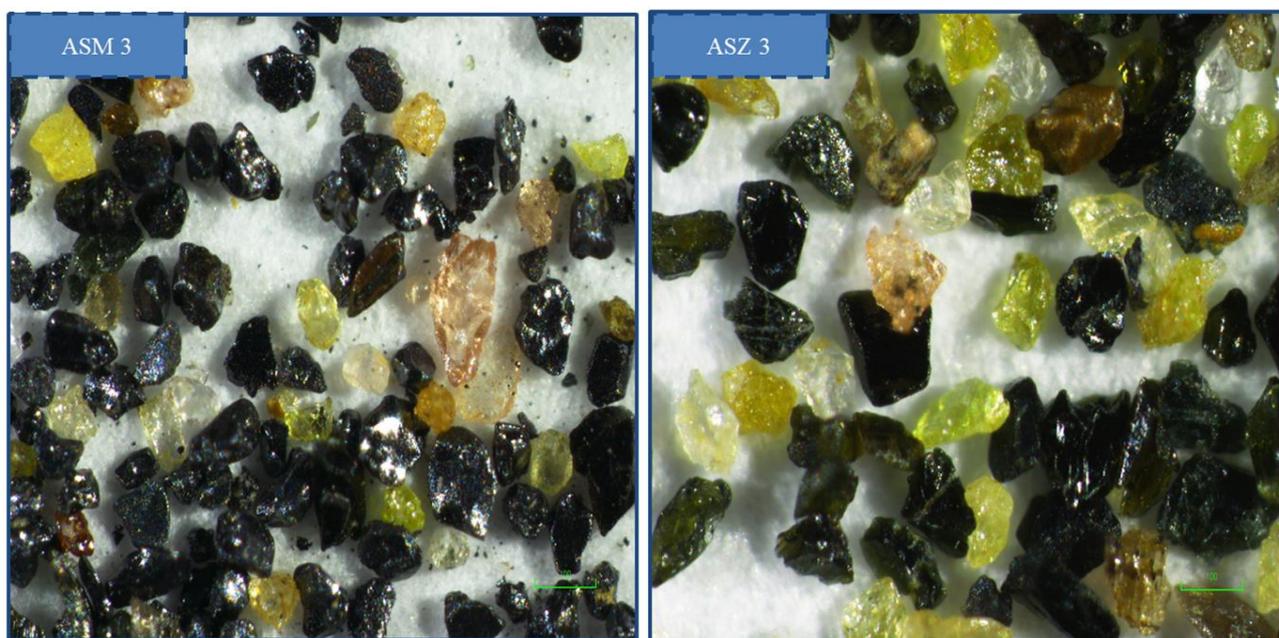
#### 4.2.1. Identificação das espécies dos minerais pesados ocorrentes nos sedimentos ao longo dos perfis das praias estudados.

Os minerais pesados presentes nos sedimentos das áreas estudadas, constituem uma pequena parte da fracção arenosa de 0.125mm, por ser uma fracção que apresenta maior concentração de sedimentos e sendo um dos intervalos ideais para a identificação, contudo não representa percentagem total da amostra.

Dum modo geral, em ambas praias verifica-se maior concentração de minerais leves do que minerais pesados, onde na praia de Madal cerca de 86% corresponde a mineiras leves e 14% de

minerais pesados, enquanto a praia de Zalala apresenta cerca de 93% de minerais leves e 7% dos minerais pesados. É possível notar que na fracção de areia analisada a praia de Madal apresenta-se mais enriquecido que a praia de Zalala.

Com o auxílio da lupa binocular e do DRX foi identificado cerca de 19 minerais pesados em 8 amostras seleccionadas das duas praias estudadas, sendo que cerca de 10 diferentes espécies foram identificado na praia de Zalala que são: Clorita, Muscovita, Andaluzita, Silimanita, Topázio, Calcomenita, Azurita, Xenotime, Hematita e Curita, enquanto a praia de Madal foi identificado cerca de 16 espécies: Clorita, Muscovita, Tremolita, Hornblenda, Augita,  $TiCl_2$ , Apatita, Andaluzita, Epidoto, Topázio, Calcomenita, Cianita, Azurita, Titanomagnetita, Curita e Kelyanita, dispostos em função das suas densidades que variam de 2.7 a 8.6g/cm<sup>3</sup>, e as suas concentrações em cada ponto estão patenteados na figura 10 deste artigo.



**Figure 9:** ilustração da identificação dos minerais pesados com base na cor e o brilho do mineral extraído pela Lupa Binocular das praias de Madal e Zalala.

As características básicas dos minerais pesados identificados pela lupa binocular estão descritos na tabela 4 abaixo, em ordem crescente das suas densidades.

Tabela 4: Características básicas dos minerais pesados identificados, em ordem crescente da densidade.

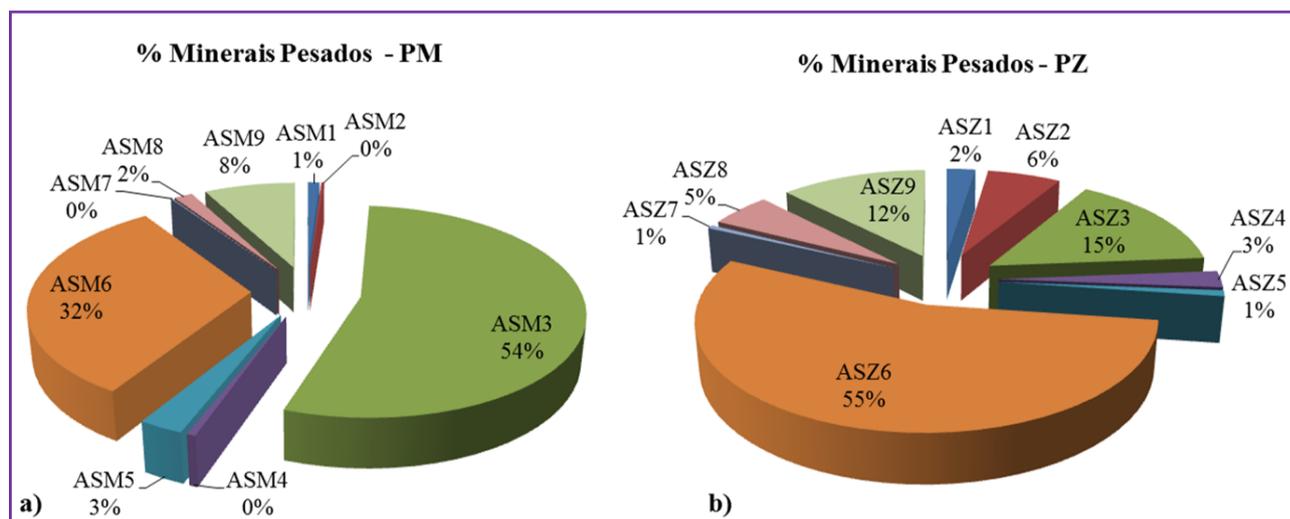
<b>Minerais Pesados</b>	<b>Características básicas</b>
Clorita (2.6 - 3.4)	Grãos de tons esverdeados a branco, de brilho vítreo nacarado
Muscovita (2.7-3.0)	Grãos transparentes incolores com brilho vítreo
Tremolita (2.9-3.03)	Grãos prismáticos, que se apresentam subangulosos, de cor verde acinzentadas, com brilho vítreo
Hornblenda (2.9-3.4)	Grãos prismáticos, razoavelmente arredondados, de cor verde acastanhado, com variante quase preto e com brilho vítreo
Augita (2.9 - 3.5)	Grãos angulosos e alongadas com tendência ao arredondamento, de cor preto ao verde muito escuro, com brilho vítreo a resinoso.
Apatita (3.1-3.2)	Grãos prismáticos alongados, verde e azul com tendência violeta brilho vítreo
Andaluzita (3.15)	Grãos angulosos e subarredondados, com um brilho vítreo, incolores com tendência a verde pálido
Sillimanita (3.24)	Grãos prismáticos triangulares, angulosos, incolores e acastanho claro, de brilho vítreo
Epidoto (3.3-3.6)	Grãos de coloração verde amarelada, subangulosos – arredondados com brilho vítreos
Topázio (3.4-3.6)	Grãos arredondados, incolores a amarelo alaranjado, com brilho vítreo
Calcomenita (3.35)	Grãos de cor azul pálida, com brilho vítreo
Cianita (3.6-3.7)	Grãos achatados e alongados, incolor e amarelados, de brilho vítreo a nacarado
Azurita (3.7-3.8)	Grãos prismáticos, de cor azul muito escuro com brilho vítreo
Xenotime (4.4-5.1)	Grãos bipiramidais ou prismáticos, arredondados, de cor acastanho claro e castanho amarelado, com brilho vítreo
Titanomagnetita (4.78)	Identificado com DRX
Hematita (4.9-5.3)	Grãos maciços, subarredondados – arredondados, opacos, com cor cinza escura – preto, brilho metálico
curita (6.9-7.4)	Grãos dipiramidais, angulosos – subangulosos de cor que variam de laranja avermelhado e amarelo acastanhado, com brilho adamantino
Kelianita (8.5-8.6)	Identificado com DRX

### 4.3. Determinação das concentrações dos minerais pesados distribuído paralelamente e perpendicularmente as praias.

#### 4.3.1. Distribuição percentual dos minerais pesados nos sedimentos das praias ao longo dos perfis de amostragem

No geral, de acordo com os gráficos da distribuição dos minerais pesados nos sedimentos figura 10, em ambas praias verifica-se maiores concentrações dos minerais pesados nos sedimentos ao longo da linha alta da maré de sizígia paralelamente a praia. Comparando as duas praias, subdividindo-as em três partes conforme a metodologia de amostragem (linha alta maré, zona intermédia e linha baixa da maré), a praia de Madal apresenta 94% na linha alta, 5% na zona intermédia, e 1% na linha baixa da maré, enquanto a praia de Zalala apresenta 82% na linha alta, 12% na zona intermédia e 4% na linha baixa, sendo que a praia de Madal apresenta maior concentração de minerais na linha alta em relação a praia de Zalala, e baixa concentrações na zona intermédia e na linha baixa em relação a Zalala.

Análise mais criteriosa, a praia de Madal apresenta maiores concentrações dos minerais e bem distribuída ao longo dos pontos em relação a praia de Zalala, que apresenta elevada concentração num ponto (ASZ6) e os restantes com baixas concentrações.

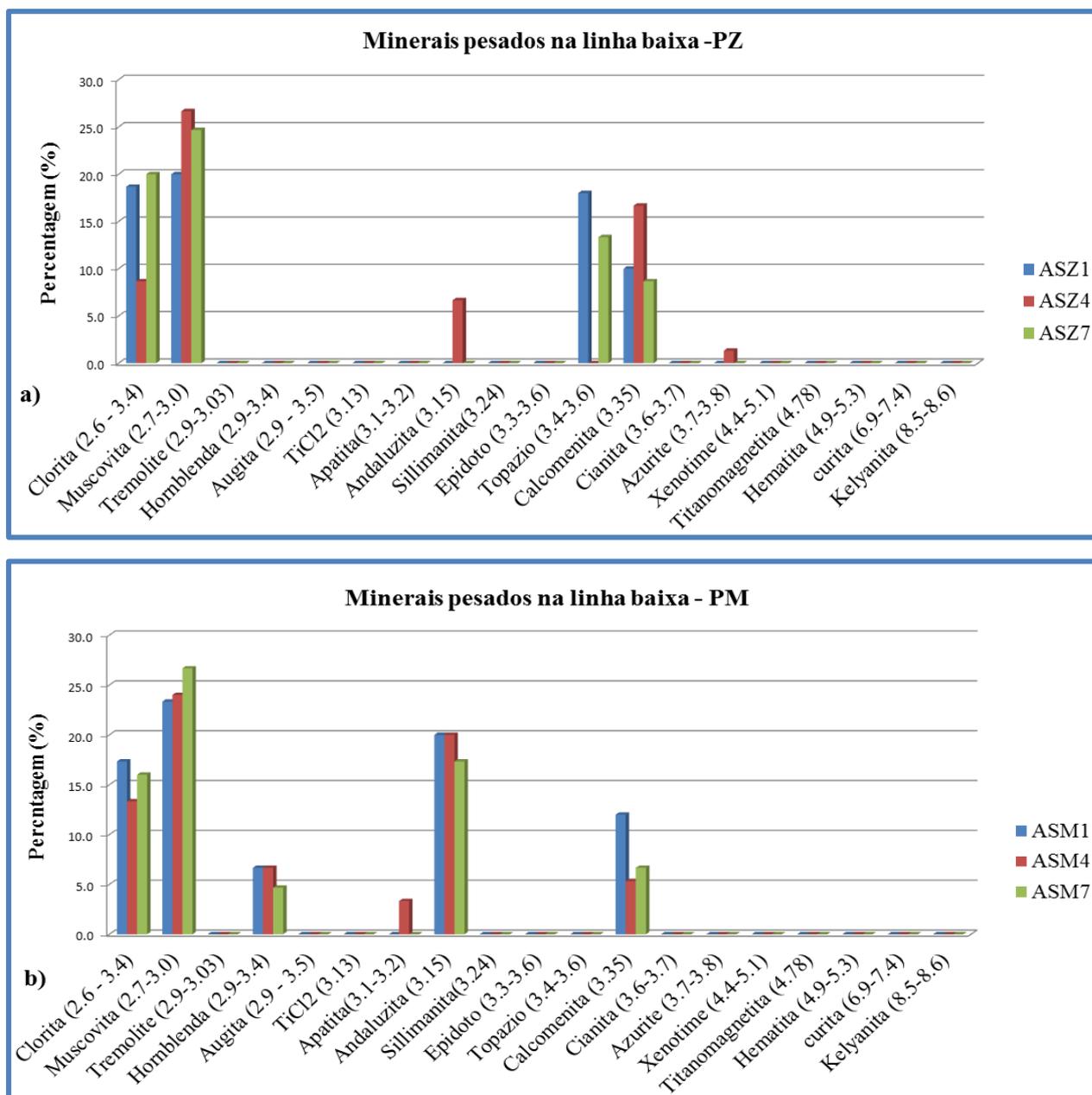


**Figure 10:** Gráficos percentuais da concentração dos minerais pesados nos sedimentos da praia de a) Madal e b) Zalala.

### 4.3.2. Distribuição dos minerais pesados nos sedimentos ao longo dos perfis paralelamente a praia

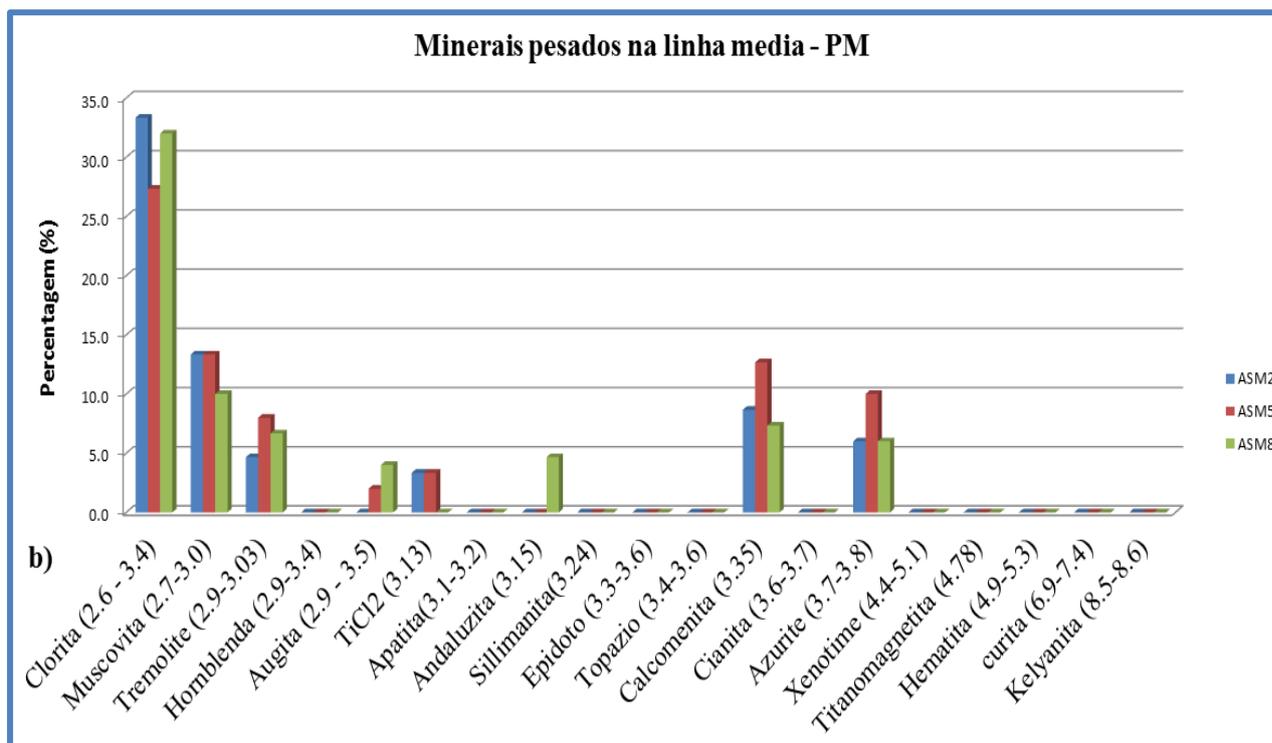
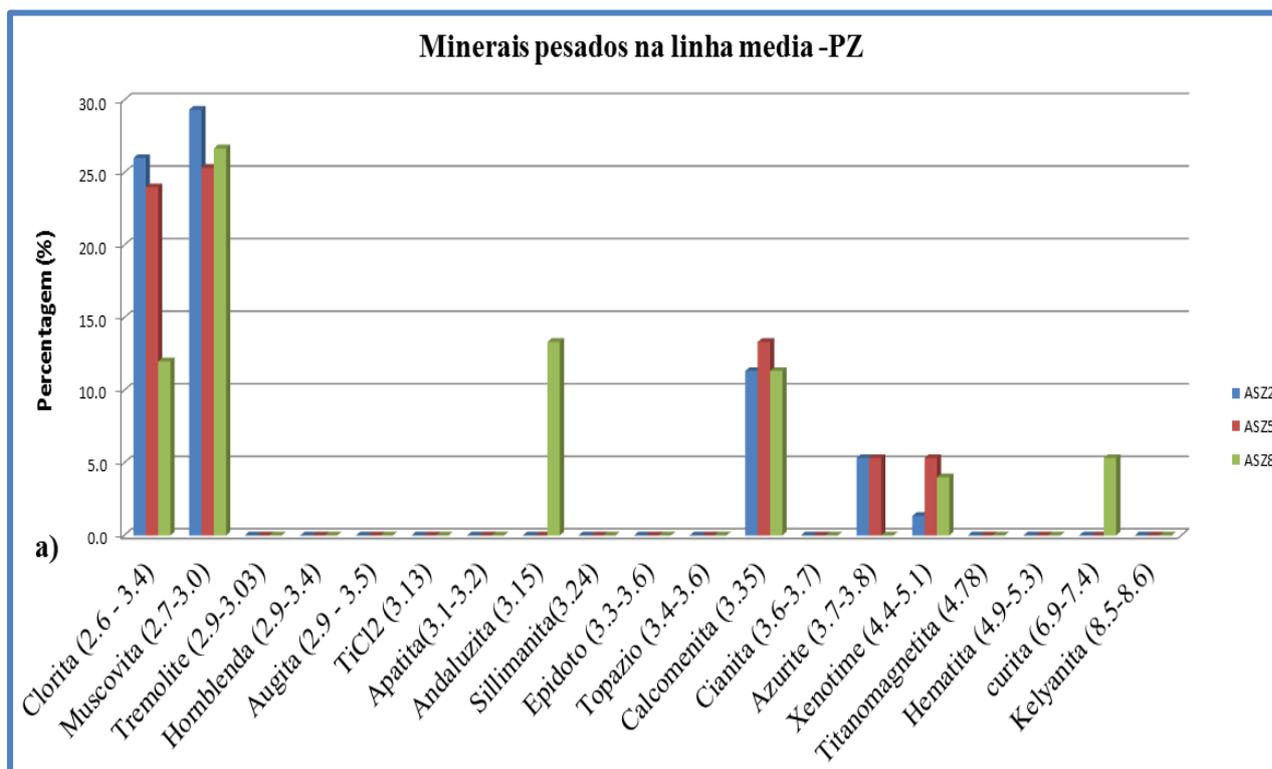
A análise da distribuição dos minerais pesados nos sedimentos ao longo dos perfis de amostragem paralelamente a praia é feita subdividindo a região da praia em três ambiente, linha baixa da maré, zona intermédia da maré e linha alta da maré, como ilustra os histograma de acumulação percentual dos minerais pesados identificados das figuras 11, 12 e 13 respectivamente.

#### *Linha baixa da maré*



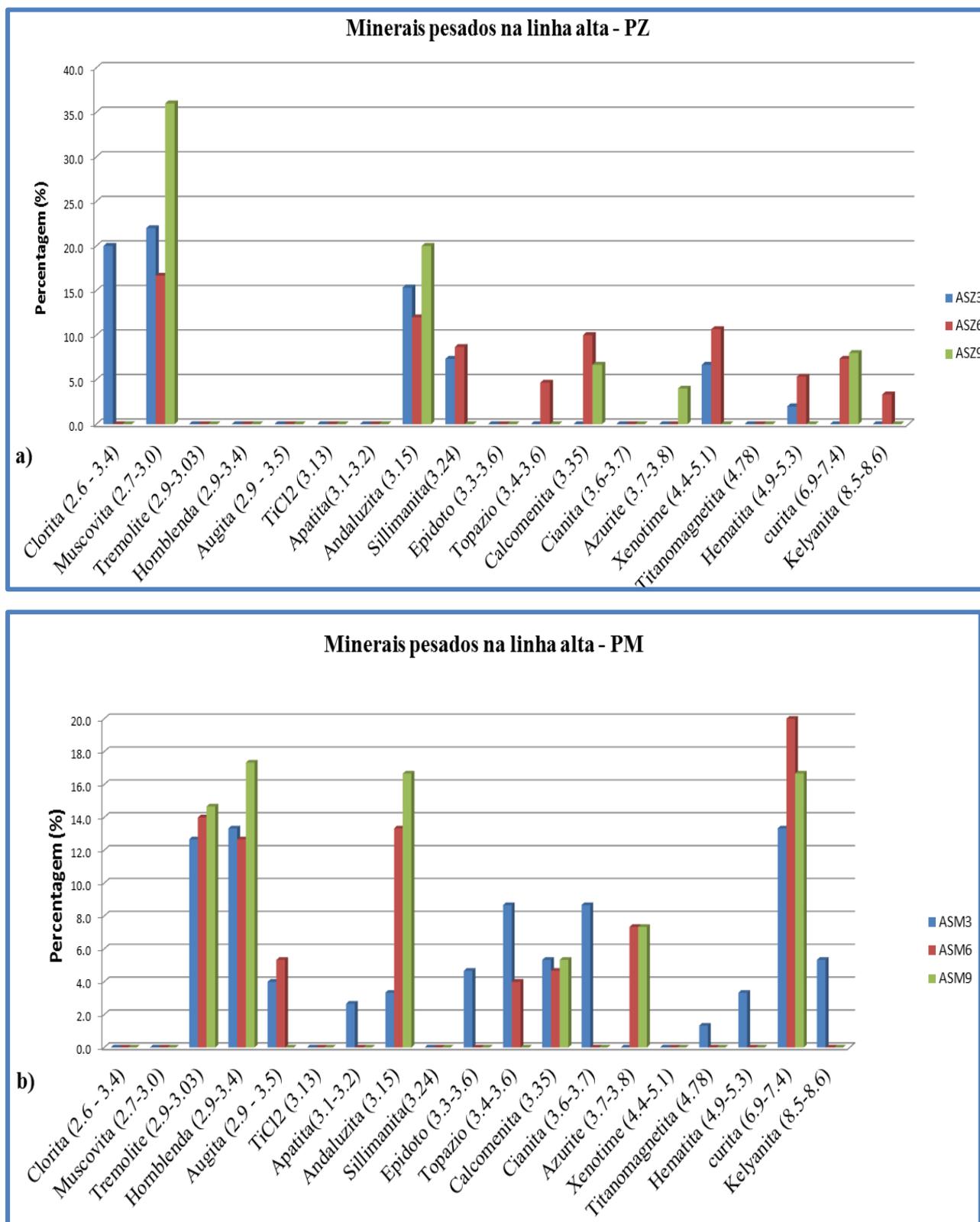
**Figure 11:** Histogramas de acumulação percentual dos minerais pesados identificados na a) praia de Zalala e b) praia de Madal ao longo da linha baixa da maré.

Zona intermédia da maré



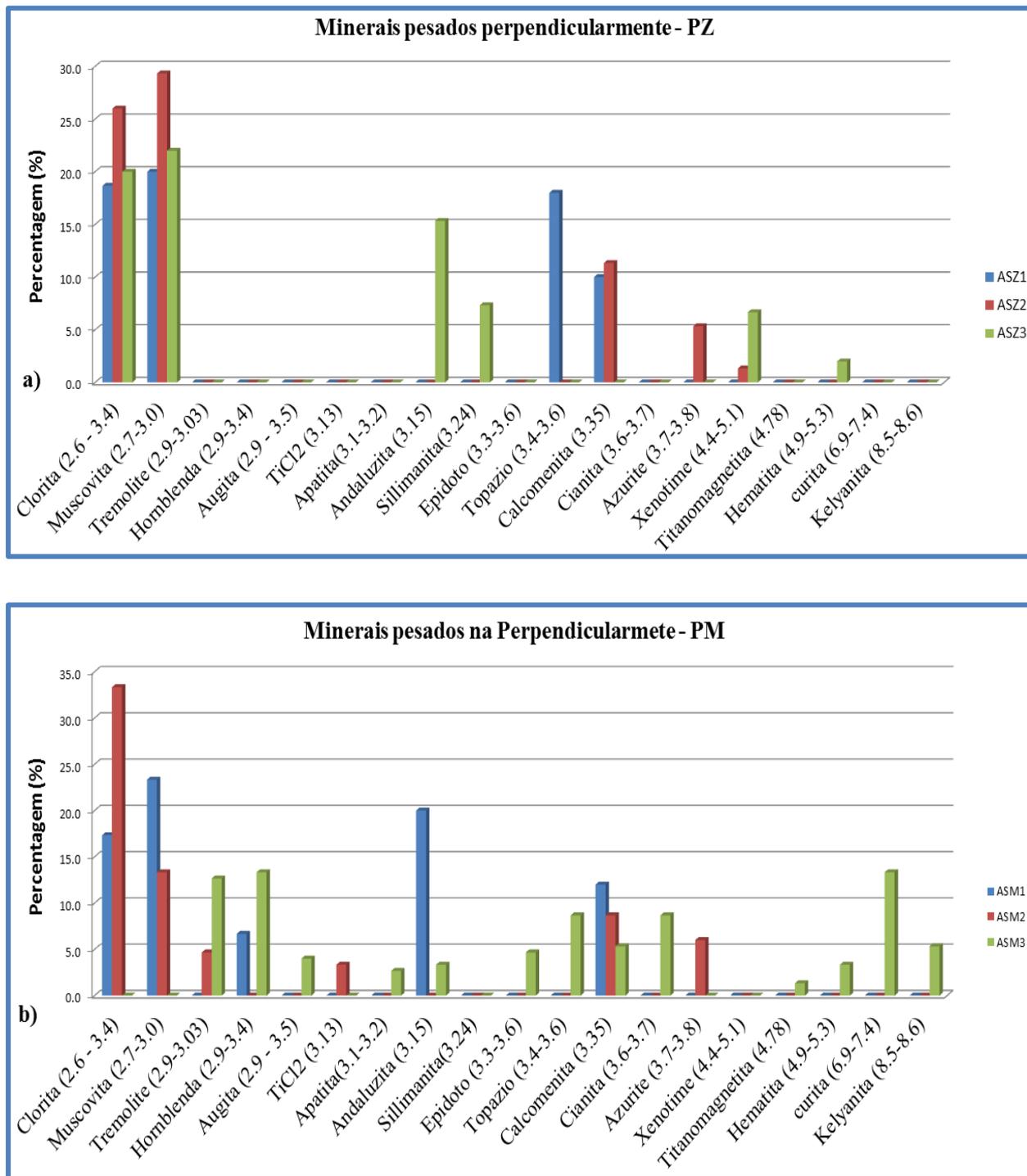
**Figure 12:** Histograma de acumulação percentual dos minerais pesados identificados na a) praia de Zalala b) praia de Madal ao longo da zona linha média maré.

*Linha alta da maré*



**Figure 13:** Histograma de acumulação percentual dos minerais pesados identificados na a) praia de Zalala e b) praia de Madal ao longo da linha alta da maré.

### 4.3.3. Distribuição dos minerais pesados nos sedimentos ao longo dos perfis perpendicularmente a praia



**Figure 14:** Histogramas de acumulação percentual dos minerais pesados identificados perpendicularmente a a) praia de Zalala b) praia de Madal.

## **5. Discussão**

### **5.1. Caracterização granulométrica dos sedimentos de ambas praias**

#### **5.1.1. Distribuição percentual do diâmetro médio das partículas em cada ponto de amostragem**

Consoante o diâmetro médio percentual analisado em cada perfil de praias estudadas, indica que em ambas praias há predominância de sedimentos muito fino, que a sua concentração varia de lugar para lugar. Ao se fazer a divisão de praia em três subdivisões: linha alta da maré, zona intermédia e linha baixa da maré, perpendicularmente a praia verifica-se que o diâmetro médio percentual apresenta maiores concentrações de sedimentos muito finos na linha alta da maré, onde em Madal está nos intervalos de 92% a 94% e em Zalala 92% a 95%, em seguida na linha baixa da maré sendo que Madal varia de 64% a 74% e em Zalala 85% a 87% e por fim baixas concentrações na zona intermédia que na praia de Madal que varia de 65% a 74% e em Zalala 58% a 76%.

Pode-se observar que em ambas praias verifica-se baixas concentrações de sedimentos muito fino na zona intermédia da praia, particularidade que caracteriza praias dominadas por correntes litorâneas que transportam os sedimentos e deposita-os em outros ambientes. As correntes longitudinais são fluxos paralelos à costa gerados por ondas. Após o processo de arrebentação sua intensidade aumenta atingindo o máximo no meio da zona de surfe decrescendo daí em direcção a praia (Jung, Pereira, & Calliari, 2007).

Os sedimentos finos (lama) e areia muito fina tende a se acumular em ambientes de baixa energia de ondas, enquanto os sedimentos, tamanho grosso (cascalho) e areia grossa tendem a se acumular em ambientes de alta energia de ondas Davis & Fitzgerald (2004) citado por (Muhai, 2017). Todavia para o presente estudo foi notado maiores concentrações na linha alta da maré, cujo para Muhai (2017) a concentração de sedimentos muito fino dá-se no momento da estagnação quando as velocidades são relativamente iguais a zero, e segundo (Manjate, 2017) sedimentos finos encontrados na linha alta da maré são provenientes das dunas, erodidos durante a maré de sizígia. Além disso, a concentração dos sedimentos de tamanho muito fino nesses locais pode estar inteiramente ligada ao peso específico dos grãos encontrados nessas regiões, que descreve a concentração dos minerais pesados que tem a capacidade de se sedimentar em ambientes de alta energia (França, 2013) e (Ali, Hibberd, & Stoikovich, 2018).

Para as restantes classificações (areia fina, areia média e areia grossa), a praia de Madal apresenta concentrações que variam de 4% a 34% de areia fina, 1% a 7% de areia média contudo nem todos

os pontos apresentam sedimentos médios em Madal. Enquanto a praia de Zalala areia fina variam de 1% a 42% e 1% de areia média que foi identificado em dois pontos simplesmente ASZ7 e ASZ8.

Em ambas praias não há registro de sedimento do tipo área grossa, coincidindo com o mesmo resultado encontrado por Muhai (2017), contudo deferindo em relação aos resultados referente a areias finas e média, tendo ele registado para areia fina intervalos que variam de 4% a 40%, e areia média 1% a 2% para a praia de Madal, e 10% a 53% de areia fina e 1% a 2% de areia média para a praia de Zalala. O que dá a entender a diferenciação de deposição de sedimentos durante as estações do ano, entre o período chuvoso e seco. As praias podem perder areia para o transporte mar a fora durante a estações mais chuvosa, quando os estuários e canais de marés apresentam um maior volume de água e as ondas tendem a ser mais energéticas que as das estações menos chuvosas Masselink e Short (1993) citado por (Manjate, 2017).

## **5.2.Caracterização dos minerais pesados dos ambientes estudados**

### **5.2.1. Identificação das espécies dos minerais pesados ocorrentes nos sedimentos ao longo dos perfis das praias estudados.**

Os minerais pesados presentes em ambientes de praias têm como sua gênese associada aos processos aos de intemperismos, erosão, transporte e deposição. Ao serem depositados pelos rios nas regiões costeiras, os sedimentos interagem com as ondas e correntes de deriva litorânea, em associação com as variações do nível relativo do mar (Sousa, Castro, & Guedes, 2017).

Os grãos de minerais pesados identificados ao longo dos ambientes estudados como ilustra a figura 9 e descritos na tabela 4, são majoritariamente caracterizados por sua angulosidade e subangulosidade, mesmo que alguns dos quais são minerais instáveis que facilmente se desgastam as suas aristas com o transporte. A concentração dos minerais pesados na praia que apresentam características angulosas ou subangulosas evidenciam a imaturidade textura das areias e indicam pouca abrasão mecânica relacionada ao transporte (Sousa, Castro, & Guedes, 2017). Essa característica dos minerais prova transporte em curtas distância, sugerindo as proximidades das áreas fontes e que sofreram pouca interferência dos agentes de transporte como as ondas e correntes de deriva litorânea.

Os minerais pesados angulosos ou subangulosas são indicativo de transporte fluvial, o que deixa nos a saber a contribuição dos estuários de Mazuze e de Bons Sinais como principais agentes de descargas de sedimentos que cobrem as praias estudadas, concordando desse modo com o estudo da distribuição granulométrica de Muhai (2017) ao afirmar que a assimetria positiva observada

nas praias de Zalala e Madal está associada com as descargas fluviais através de estuários de Macuze ed Bons Sinais além da influência de processos costeiros, ondas e correntes que moldam os sedimentos.

No geral, dos minerais identificados, a Clorita(2.6 – 3.4 g/cm<sup>3</sup>) e muscovita (2.9 – 3.03) estão presentes praticamente em todas as amostras identificadas e em percentagem que variam de 8% - 33% e 10% - 36%, minerais que fazem parte do grupo dos filossilicatos, um dos subgrupo dos minerais da classe dos silicatos, e segundo Press (2006) os silicatos representa o grupo de minerais mais abundantes da crosta representados maioritariamente por Quartzo (SiO<sub>2</sub>).

### **5.3.Determinação das concentrações dos minerais pesados distribuído paralelamente e perpendicularmente as praias.**

As ondas, correntes e ventos que actuam nas zonas de praia são responsáveis pela reorganização do material sedimentar e mineralógico que é descarregado pelos rios no mar em função do seu tamanho, forma e densidade que constitui a partícula. Verificando os seus efeitos no presente estudo é possível notar que a concentração e distribuição dos minerais pesados estão da seguinte forma:

#### **5.3.1. Distribuição dos minerais pesados nos sedimentos ao longo dos perfis paralelamente a praia**

Numa análise paralela dos minerais pesados de acordo com os Histogramas de acumulação percentual dos minerais pesados identificados na praia de Zalala e praia de Madal ao longo da linha baixa, zona intermédia e linha alta da maré (figuras 11, 12 e 13 respectivamente) é possível notar que:

Na linha baixa da maré as concentrações dos minerais identificados são relativamente constantes a linha baixa paralelamente as praias, e com predominância de minerais de menor peso específico como Clorita(2.6 – 3.4 g/cm<sup>3</sup>), muscovita (2.9 – 3.03) e calcominite (3.35), que eventualmente foram depositados simultaneamente com os minerais leves de tamanho maior no tempo de refluxo da onda após a sua quebra ao longo da praia. Essa classificação mineral para (Haredy, 2003) ocorre principalmente na parte superior da zona de swash da onda da maré alta, onde o movimento do swash e backwash permite a selecção das partículas em função do seu tamanho e densidade.

Na zona intermédia da maré, em ambas praias verifica-se um aumento ligeiro da diversidade dos minerais, porém em menores concentrações mas de maior densidades. Esse panorama pode estar relacionado com actuação das ondas no momento de fluxo e refluxo, mas também há predominância de corrente de deriva litoranea nas proximidades desse ponto que se move no

sentido sul-norte, que justifica a fraca deposição e concentração de sedimentos finos propícios para o acumulo de mineais pesados.

Na linha alta da maré de ambas praias no geral verifica-se maior concentração dos minerais pesados paralelamente a praia, onde, comparando as duas praias a praia de Madal apresenta maiores concentrações nesses ambientes e maior diversidade das espécies dos minerais pesados especialmente no ponto ASM3 e diminuindo ligeiramente a sua concentração e minerais mais densos em direção aos pontos ASM6 e ASM9, enquanto a praia de Zalala apresenta pouca diversidade das espécies de minerais mas as suas concentrações diminuem de ASM9 à ASM3, em ambas praias a diminuição dos minerais pesados dá-se no sentido Sul - norte.

O sentido da distribuição dos minerais na linha alta da maré evidencia de forma clara que além da actuação de ondas que transportam as partículas durante os seus movimentos de fluxo e refluxo, há actuação de correntes litorâneas que se propagam no sentido sul-norte, acompanhando o sentido de distribuição dos minerais pesados. A composição dos sedimentos descarregados à costa é redistribuída na direcção da deriva litorânea, assim como devido a processos de transporte transversal à costa (Addad, 2010).

A maior diversidade das espécies no ponto ASM3 provavelmente dá-se em virtude proximidade do ponto à foz do rio dos Bons Sinais, como fora previamente referenciado o estuário dos bons sinais é maiores um dos principais contribuintes com os sedimentos e minerais nas praias nas praias estudada, como também afirmam (Gonçalves & Silva, 2002) que as variações nas especies de minerais pesados nas areias das praias ocorrem em virtude da aproximação à desembodura do rio ou estuário.

Além da possível proximidade da foz do ponto ASM3, a concentração nos pontos ASM3 e ASZ6 dos minerais pesados pode estar relacionado as áreas de erosão, que são áreas que estão associadas a sedimentos mais ricos em seu conteúdo total de minerais pesados, como resultado forma-se um depósito residual constituído por quartzo de tamanho maior e minerais pesados mais denso, que em geral, se concentram nas frações de areia muito fina (Tomazzoli, Oliveira, & Filho, 2007).

### **5.3.2. Distribuição dos minerais pesados nos sedimentos ao longo dos perfis perpendicularmente a praia**

A distribuição perpendicular dos minerais pesados ao longo dos perfis das praias estudadas é controlada exclusivamente pelas ondas que redistribuem os sedimentos em função do seu tamanho e densidade, como assegura (Haredy, 2003) que classificação mineral ocorre principalmente na parte

superior da zona de swash da onda da maré alta, onde o movimento do fluxo e refluxo permite a selecção das partículas em função do seu tamanho e densidade, e segundo (França, 2013) e (Ali, Hibberd, & Stoikovich, 2018) os minerais pesados com densidade superior a  $2.90\text{g/cm}^3$  tendem a concentrar em ambientes de deposição de alta energia das ondas. Concordando com os autores acima, nos ambientes é possível notar a intervenção das ondas, onde, os minerais de maior peso específico estão na linha alta da maré, depositados no momento da onda da quebra da onda, e o material de menor peso é arrastado simultaneamente com os minerais leves em direcção ao mar.

Em suma, a distribuição dos minerais pesados na praia de Madal e Zalala com base no padrão da distribuição dos minerais pesados tanto paralelamente assim como perpendicularmente, e secundado com a distribuição do diâmetro médio é controlado exhaustivamente pelas ondas e correntes de deriva litorânea, que promove o espalhamento de todo material sedimentar descarregado nas proximidades dos locais estudados pelos estuários em função do seu tamanho, forma e densidade das partículas. (Komar & Wang, 1984) Sugerem que os processos selectivos como ondas e correntes seleccionam os minerais pesados de acordo com seu tamanho, densidade e forma, tanto paralelamente assim como transversalmente à linha de costa.

## **6. Conclusão**

- ✓ As áreas estudadas são constituídas maioritariamente por sedimentos muito fino (0.125 – 0.063mm), depositados em condições de energia relativamente baixa que permitem acumulação de sedimentos finos ao longo das praias, porém, Comparado as duas praias foi observado que a praia Madal apresenta taxas de concentração de sedimentos muito fino maiores que a praia de Zalala.
- ✓ Os grãos dos sedimentos distribuídos ao longo das praias apresentam-se comumente de forma angulosa à quase rolada, característica que aponta transporte fluvial de curtas distâncias e pouco retrabalhamento dos agentes oceânicos (ondas e correntes) antes da sua deposição na face da praia.
- ✓ As assembleias dos minerais pesados identificados ao longo das praias são relativamente diversificada Clorita, Muscovita, Tremolita, Hornblenda, Augita,  $TiCl_2$ , Apatita, Andaluzita, Silimanita, Epidoto, Topázio, Calcomenita, Cianita, Azurita, Xenotime, Titanomagnetita, Hematita, Curita e Kelyanita. A maior parte destes, especialmente de densidades maiores são encontrados ao longo da linha alta da maré, sincronizando deste modo com o tamanho do grão também mais abundante nessa parte da praia.
- ✓ Na classe granulométrica analisada, os resultados sugerem maior concentração de minerais pesados na praia de Madal em relação a de Zalala, especialmente no ponto ASM3, dando a entender a contribuição massiva do estuário Bons sinais nas descargas de material sedimentar nas proximidades da praia.
- ✓ De acordo com o padrão de distribuição dos minerais pesados nas praias, pode-se concluir que a dispersão dos sedimentos e dos minerais é controlado especialmente por ondas durante o movimento de fluxo e refluxo no momento de quebra da onda, e também pela corrente de deriva litorânea no sentido Sul – Norte.

### **6.1.Recomendações**

- Fazer um estudo da distribuição dos minerais pesados em profundidade, sabendo que os factores oceanográficos e sincronismo com os ventos actuantes no ambiente de praia são responsáveis pela reorganização sedimentar em função do seu tamanho e densidades;
- Fazer um estudo proveniência dos minerais pesados distribuídos ao longo das praias estudadas.

### **6.2.Limitações**

Não foi possível determinar as concentrações dos minerais pesados transparentes e opacos pois não foi possível fazer a separação dos minerais magnéticos devido a falta do ímã de mão, além disso.

## 7. Referencias Bibliográficas

- Addad, J. E. (2010). *Minerais Pesados: Uma Ferramenta para Prospecção, Proveniencia, Paleogeografia e análise ambiental* (2 ed ed.). São Paulo, Brasil: Edição Independente.
- Ali, M., Hibberd, P., & Stoikovich, B. (2018). Origin and prospectivity of heavy mineral enriched sand deposits along the Somaliland coastal areas. *South Africa: Journal of African Earth Sciences*.
- Araújo, R. d. (2015). *Separação de Minerais por Meio Denso: Uma Revisão da Literatura*. Monografia de Pós-graduação, Universidade Federal de Goiás, Catalão.
- Bates, R. &. (1980). *Glossary of geology*. American Geological institute.
- Cascalho, J. (2016). *Os Minerais Pesados da Praia Grande do Rodízio (Colares, Sintra): da Fonte ao Depósito Sedimentar*. University Lisbon.
- Cascalho, J., & Joana, R. (2014). *Os Minerais Pesados e a proveniencia Sedimentar: Estudo de Casos de sudoeste de Península Ibérica*.
- França, P. P. (2013). *Caracterização de Minerais Pesados e Avaliação da Radioatividade Natural “In Situ” em Sedimentos Praiais de Acaú, Carne de Vaca de Ponta de Pedras do Estuário do Rio Goiana*. RECIFE, PE: Universidade Federal de Pernambuco.
- Gonçalves, C. Z., & Silva, C. G. (2002). *Proveniência e Distribuição dos Minerais Pesados no Complexo Deltaico do Rio Paraíba do Sul*. Universidade Federal Fluminens, Depto. de Geologia, Brasil.
- Gosen, B. S., Fey, D. L., Shah, A. K., Verplanck, P. L., & Hoefen, T. M. (2014). *Deposit Model for Heavy-Mineral Sands in Coastal Environments*. Virginia: USGS-science for a changing world.
- Hanke D, a. a. (2015). *Influencia da Materia Organica no Diametro Medio de Minerais da Fracao Argila de Solos Desenvolvidos de Basalto no Sul do Brasil*. Universidade Federal de Parana, Departamento de Solos e Engenharia Agricola, Brasil.
- Haredy, R. A. (2003). *Distribution and Provenance of Heavy Minerals in the Surficial of the Minnamurra Estuary and the Adjacent Shelf Between Minnamurra and Bass Point New South Wales-Australia*. University of Wollongong Thesis Collection.
- Hoguane, A. M. (2007). *Perfil Diagnóstico da Zona Costeira de Moçambique*. Quelimane, Moçambique: Gestão Costeira Integrada.
- Jung, G. B., Pereira, P. d., & Calliari, L. J. (2007). *Intensidade e Direcção de Correntes Litorâneas Longitudinais através de Dados de Sistema Argus e Aparelhos in situ na Praia do Cassino*. RS: Fundação Universidade Federal do Rio Grande.
- Komar, P. D., & Wang, C. (1984). *Processes of Selective grain transpot and formation of placer onbeaches*. *Journal of Geology*.
- Kulkarni, S., Deshandari, P., & Jayappa, K. (2015). *Seasonal Variation in Textural Characteristics and Sedimentary Environments of Beach Sediments, Karnataka Coast, India*. aDepartment of Marine Geology, Mangalore University . Karnataka, India: Aquatic Procedia.

Manjate, E. T. (2017). Caracterização Morfológica e Sedimentar da Praia de Zalala. Quelimane: Discertação de Licenciatura UEM - ESCMC.

Morton, A. C., & Hallsworth, C. R. (1999). Processes Controlling the Composition of Heavy Mineral Assemblages in Sandstos. ELSEVIER.

Muhai, L. V. (2017). Estudo Comparativo da ditribuição Granulometrica de Sedimentos da praia de Madal e Zalala-Quelimane,Zambezia. Tese de Licenciatura, Universidade Eduardo Mondlane, Quelimane.

Press, S. G. (2006). Para Entender a Terra. Porto alegre: Bookman.

Selley, R. C. (2000). Applied Sedimentology (Second Edition ed.). London, United Kingdom: ACADEMIC PRESS.

Silva, C. G. (2000). Placeres Marinhos. In U. F. Fluminense (Ed.). Rio de Janeiro: Departamento de Geologia/Laboratório de Geologia Marinha – LAGEMAR.

Sousa, S. S., Castro, J. W., & Guedes, E. (2017). Variações Granulométricas e Minerais Pesados das Praias do Norte do Estado do Rio de Janeiro, SE, Brasil: Condições de Distribuição e Deposição dos Sedimentos. ResearchGate.

Souto, M. (2014). Governação e Crescimento Partilhado das Pescas no Sudoeste do Oceano Índico em Moçambique (SWIOFish). Maputo: SWIOFish Moçambique.

Souza, D. R. (2007). Distribuicao dos Minerais Pesados ao Longo do Curso inferior do Rio Itajai-Aca/ SC e sua Correlacao Sedimentar com a Planicie Costeira, Praia e Plataforma Continental Interna Adjacente. Tese de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciencias Humanas, Florianopolis.

Tomazzoli, E. R., Oliveira, U. R., & Filho, N. O. (2007). Proveniencia dos Minerais de Oxidos de Fe-Ti nas Areias da Praia do Pantano do Sul, Ilha de Santa Catarina (Sc), Sul do Brasil. Revista Brasileira de Geofísica, 13.

Veloso, J. d. (2001). Consideraçoe Sobre a Analise Granulométrica de Sedimentos Praiais. Tese de pos-graduacao, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Engenharia, Rio de Janeiro, Brasil.