



## **Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras**

Monografia para obtenção do grau de licenciatura em Geologia Marinha

**Avaliação da Contribuição Mineralógica dos Rios Cuacua e Licuar no Estuário dos Bons Sinais-Quelimane, Zambézia.**

**Autor**

Benelves Macassane Mazive

Quelimane, 04 Abril de 2019



## **Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras**

Monografia para obtenção do grau de licenciatura em Geologia Marinha

**Avaliação da Contribuição Mineralógica dos Rios Cuacua e Licuar no Estuário dos Bons Sinais-Quelimane, Zambézia.**

**Autor:**

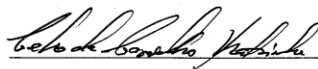
Benelves Macassane Mazive

**Supervisor:**

Celso de Carvalho Matsinhe

Quelimane, 04 de Abril de 2019

Tomei conhecimento do regulamento e aceito a responsabilidade de supervisor o trabalho acima citado.



O Supervisor

Aprovo o tema acima proposto para a Monografia.

---

Comissão Científica

## **Dedicatória**

Dedico aos meus pais Macassane Mazive e Dianora Nhachale pelo apoio moral e amor incondicional desde o ensino primário, ao mano Alfeu Mazive pelo apoio seu apoio moral tem dado. Aos meus irmãos Ronaldo Mazive, Luís Mazive, Alfabeto Mazive, Cecília Mazive, a minha Cunhada Crilária Mazive, ao meu tio, amigo Jeremias Ernesto Minzo. Sobretudo a todos que de forma directa ou indirecta deram seu caloroso apoio para que eu erguesse a cabeça focando-se na minha formação académica.

## **Agradecimentos**

Agradeço á Jehova pela sabedoria e saúde dadas de modo que fosse possível enfreter esta etapa na vida, concretizando meus objectivos graças a sua vontade.

Aos meus pais por ter me trazido ao mundo, sendo exemplo de amor, lealdade e compreensão para mim. Ao meu querido irmão Alfeu por ter alavancado dando seu ombro sempre que pudesse, me incetivando nos momentos duros para que não fracassasse nos meu objectivos, pelo apoio financeiro estou muito grato pois tudo isso foi possível graças a mão que estenderão. Aos meus irmãos, sobrinhos, cunhadas e primos pelo vosso carinho e amor.

A todos os meus familiares e amigos, que não foram citados que contribuíram para a minha formação.

Ao corpo docente da ESCMC, em especial ao Msc. Celso de Carvalho Matsinhe, dr. Carlota Alves, Dr. Fialho Nehama, Msc. César Hogueane, Dr<sup>a</sup>. Eulália Mugabe, dr. Banito Majestade e Msc. Noca Furaca. Agradeço pelo conhecimento dado, foi através deste que conseguí realizar este trabalho.

Ao meu supervisor Msc. Celso Matsinhe e dr. Samuel Chichava, por terem me orientado tornando possível o desenvolvimento deste trabalho, encaminho o meu especial agradecimento.

Ao departamento de geologia em da UEM em Maputo, pela a sua especial paciência e atenção em trabalhar comigo, desde as análises sedimentológicas até as análises dos minerais por difratómetro dos raios-x, agradeço a todos em especial ao Dr. Sergio Ezequiel Goenha, ao tecnico do laboratorio de sedimentologia Leonel Carlos Chambalo.

A minha segunda família, Marcelino Rovisse, Manuel Mucove, Itelvino Coropa, pelos concelhos sempre que fosse possível ao meu grande amigo e seu espirito de irmandade.

Aos meus colegas da escola, Virgílio Mabjaia, Fernando Sibanda, Resito Moda, Nelito Venâncio, Keven Langa e Abdul Mugabe.

Ao Heitor José, Ivete da Conceção, Jeremias Minzo, Adélio Maló, Alberto Massingue, Paulo Maria, Felgos Chochel e Hermínio Machava pela amizade e pelo apoio que tem me prestado.

Aos meus colegas do Curso geologia Marinha 2015, Adriano Muhate, Geraldo Nhatsave, Luís da Rosa, Lai Wá Manaque, André Mutombene, Anoque Chakanga, Muatama, Fátima Lisboa, Nelson Cabazar,

Marlene Massique, Alcardina, Adélia Nduvane, Justino Chipanga, Vuja Júnior, Luciasse. Ao Deuclésio de Júbelo por ter me ajudado durante a minha saída ao campo, a todo esse conjunto o meu muito obrigado.

## **Declaração de honra**

Declaro por minha honra que este trabalho de licenciatura intitulado **Avaliação da Contribuição Mineralógica dos Rios Cuacua e Licuar no Estuário dos Bons Sinais- Quelimane, Zambézia** é da minha autoria, nunca foi apresentado na sua essência ou parte do mesmo para a obtenção de qualquer grau académico.

Quelimane, de 2019

---

(Benelves Macassane Mazive)

## Resumo

Esta pesquisa foi realizada em amostras de sedimentos do fundos dos rios Cuacua e Licuar, com intuito de Avaliação da Contribuição Mineralógica dos Rios Cuacua e Licuar no Estuário dos Bons Sinais-Quelimane, Zambézia. Portanto, para tornar possível essa pesquisa foi necessário a colheita de 6 amostras de sedimentos do fundo de cada rio com recurso a um amostrador de fundo.

Apos a colheita as amostras foram submetidas a tratamentos sedimentológicos, desde a ataques químicos de modo a eliminar impurezas contidas nelas e posteriores análises mineralógicas através do difratómetro dos raios-x. Onde foi possível identificar as fases de minerais e quantificar suas concentrações cristalinas nas amostras, sendo que os minerais identificados nos dois rios fazem um conjunto de 9 tipos de minerais nomeadamente, albita, quartzo, ilita, topázio, moscovita, zeolita, apatita e monazita.

No entanto, o mineral albita que representa os feldspatos alcaninos é tipo de mineral com maior predominância dos dois rios, ocorre em maiores concentrações chegando de atingir o máximo de 82% , seguindo de quartzo com seu valor máximo de 31% , ilita com 40%, topázio com 70%, moscovita com 25%, zeolita com 13 % , apatita com 5% e monazita com 1%. Embora o mineral quartzo apresenta-se com menores concentrações em relação a outros minerais, este por sua vez encontra-se mais repetivo nas amostras comparando-o com estes, mostrando a sua predominância.

A ocorrência irregular do mineral quartzo, possivelmente está voltado a granulometria das fases minerais com quais encontra-se associado. A albita por sua vez dominante, refletindo sua resistência aos agentes intempéricos, uma vez que este ocorrem com cristais muito finos que confere-le sua resistência aos ataques químicos e físicos.

**Palavras-Chaves:** Rios Cuacua e Licuar, Sedimentos do fundo, Contribuição mineralógica.



### ***Abstract***

This research was carried out on sediment samples from the Cuacua and Licuar rivers, with the purpose of Evaluating the Mineralogical Contribution of the Cuacua and Licuar Rivers in the Estuary of the Bons Sinais - Quelimane, This research was carried out on sediment samples from the Cuacua and Licuar rivers, with the purpose of Evaluating the Mineralogical Contribution of the Cuacua and Licuar Rivers in the Estuary of the Bons Sinais - Quelimane, Zambézia. Therefore, to make possible this research it was necessary to collect 6 sediment samples from the bottom of each river using a bottom sampler.

After the harvest the samples were submitted to sedimentological treatments, from chemical attacks in order to eliminate impurities contained in them and subsequent mineralogical analyzes through the X-ray diffractometer. It was possible to identify the phases of minerals and to quantify their crystalline concentrations in the samples, and the minerals identified in the two rivers make a set of 9 types of minerals namely, albite, quartz, illite, topaz, muscovite, zeolite, apatite and monazite.

However, the albite mineral that represents the alkanine fedspatos is a type of mineral with greater predominance of the two rivers, occurs in higher concentrations reaching a maximum of 82%, followed by quartz with its maximum value of 31%, illite with 40%, topaz70%, muscovite 25%, zeolite 13%, apatite 5% and monazite1%. Although the mineral quartz presents with smaller concentrations in relation to other minerals, this in turn is more repetitive in the samples comparing it with these, showing its predominance.

The irregular occurrence of quartz dominance is possibly related to the granulometry of the mineral phases with which it is associated. The dominant albite, reflecting its resistance to the intemperic agents, since this occurs with very fine crystals which confers it resistance to chemical and physical attacks.

**Keywords:** Cuacua and Licuar Rivers, Sediment of the bottom, Mineralogical Contribution.

## Lista de abreviaturas

<b>Sigla</b>	<b>Significado</b>
ESCMC	Escola Superior Ciências Marinhas e Costeiras
UEM	Universidade Eduardo Mondlane
GPS	Sistema de Posicionamento Global
MDRC	Margem Direita Rio Cuacua
PMRC	Ponto Médio Rio Cuacua
MERC	Margem Esquerda Rio Cuacua
MDRL	Margem Direita Rio Licuar
PMRL	Ponto Médio Rio Licuar
MERL	Margem Esquerda Rio Licuar
%	Porcentagem
Å	Angstrom
µm	Micrómetro
Lat	Latitude
Long	Longitude

## Lista de figuras

Figura 1: Área do estudo

Figura 2. Amostras submetidas a ataques para a eliminação de impurezas e estufa para secar.

Figura 3. Crivos para a separação de sedimentos

Figura 4. Difractómetro de raios-X marca Olympus, modelo BTXII, resolução 0,25 graus em função de ângulos  $2\theta$  com o seu respectivo porta-amostra, usado para análises mineralógicas.

Figura 5. Intensidade de reflexão de raios-x em Angstrom ( $\text{Å}$ ), em função dos ângulos de incidência do MDRC.

Figura 6. Intensidade de reflexão de raios-x em Angstrom ( $\text{Å}$ ), em função dos ângulos de incidência do PMRC.

Figura 7. Intensidade de reflexão de raios-x em Angstrom ( $\text{Å}$ ), em função dos ângulos de incidência do MERC.

Figura 8. Intensidade de reflexão de raios-x em Angstrom ( $\text{Å}$ ), em função dos ângulos de incidência do MDRL.

Figura 9. Intensidade de reflexão de raios-x em Angstrom ( $\text{Å}$ ), em função dos ângulos de incidência do PMRL.

Figura 10. Intensidade de reflexão de raios-x em Angstrom ( $\text{Å}$ ), em função dos ângulos de incidência do MERL.

Figura 11. Concentrações de fases de minerais nos sedimentos do fundo dos rios Cuacua e Licuar respectivamente.

## Lista de tabelas

**Tabela 1.** Pontos de amostragens e suas respectivas coordenadas geográficas

## Índice

Dedicatória .....	ii
Agradecimentos.....	iii
Lista de figuras.....	ix
Lista de tabelas .....	x
CAPÍTULO 1 .....	1
1. Introdução.....	1
1.1. Problematização .....	2
1.3. Objectivos .....	3
1.3.1. Geral .....	3
1.3.2. Específicos .....	3
CAPÍTULO 2.....	4
II. REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2. Descrição dos minerais que ocorrem em sedimentos Fluviais .....	4
2.1.1. Quartzo .....	5
2.1.2. Titanita.....	5
2.1.3 Topázio .....	5
2.1.4. Ilita.....	6
2.1.5. Moscovita.....	6
2.1.6. Albita .....	6
2.1.7. Monazita .....	7
2.1.8. Zeolita .....	7
2.1.9. Apatita.....	7
2.1.10. Relação do tamanho cristalino dos minerais com a intensidade de reflexão dos raios-x.....	8
CAPÍTULO 3.....	9
III. METODOLOGIA .....	9
3. Área de estudo .....	9
Pontos de amostragem rio Cuacua.....	10
3.1. Materias e softwares usados .....	10
3.2. Colheita das amostras .....	11
3.3. Procedimento laboratorial.....	11

3.4. Preparação das amostras .....	11
3.5. Eliminação dos carbonatos .....	11
3.6. Eliminação da materia orgânica .....	11
3.7. Crivagem.....	12
3.8. Análises mineralógicas .....	12
3.9. Determinação das concentrações dos minerais .....	13
3.10. Tratamento de dados.....	13
CAPÍTULO 4.....	14
IV. RESULTADOS .....	14
4.1. Identificação dos minerais dos sedimentos superficiais dos rios Cuaca e Licuar.....	14
4.2. Quantificação dos minerais dos sedimentos superficiais nos rios Cuacua e Licuar .....	17
4.3. Discução .....	18
V. Conclusões e Propostas .....	20
Conclusão .....	20
VI. Referências Bibliográficas.....	21
Lista de Referências .....	21
Anexo.....	22

# CAPÍTULO 1

## I. INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS

### 1. Introdução

A origem dos minerais em ambientes estuarinos com influência constante dos aportes marinhos e fluviais pode ser de dois tipos, como alóctone e autóctone. Os minerais de origem detrítica são trazidos de outros ambientes pela acção hídrica e eólica, enquanto que os minerais autóctones são formados in situ, (Prada, Vidal-Torrado, & Ferreira, 2004). Sendo que cerca de 90% correspondem, em média, ao primeiro tipo. Existe uma mistura de sedimentos marinhos, depositados nas áreas baixas, que sofrem influência das correntes de maré, e de sedimentos continentais carregados pela acção hídrica e eólica (HILLIER, 1995). Os minerais autigênicos tem origem no local da deposição dos sedimentos, a partir de precipitação dos iões presentes em altas concentrações na solução ou transformação de minerais precursoros.

Mineral é um sólido de ocorrência natural com um arranjo atômico altamente ordenado e uma composição química homogênea definida, sendo frequentemente formado a partir de processos inorgânicos, (Klein & Dutrow, 2012).

A ocorrência dos minerais e sua dispersão nos sedimentos tem variado em função das condições do processo do intemperismo na área-fonte e na dinâmica de transporte, os teores, as granulometrias dos minerais da fonte e principalmente a resistência física e química aos agentes naturais são de extrema importância. A identificação das espécies presentes em certos sedimentos possibilita-nos conhecer as suas fontes tal como os diversos estágios da evolução sedimentar, uma vez que, a evolução ocorre com a mutação sucessiva das espécies não estáveis, (Debrot, 2013).

Estuário é um sistema de vale inciso afogado que é delimitado de um lado pelo rio e do outro pelo mar, recebe sedimentos das duas fontes e possui a presença de fácies influenciadas pela maré, ondas e processos fluviais, (Dyer K. R., 1997).

### **1.1.Problematização**

A maior parte do aporte sedimentar que chega aos estuários tem proviniência fluvial, levando consigo diversidade de minerais, tornando desse modo a mineralogia dos estuários diversificada, uma vez que os sedimentos são um conjunto de material sólido não coesivo, composto por partículas minerais, (Lima, 2015).

A exploração mineira tem sido intensa á nível mundial desde há séculos passados, proporcionando a sua menor produção devido a dificuldade de descobrir-se novos depósitos de minerais. Minerais com maior valor económico são os mais difíceis de os localizar espacialmente devido a sua quantidade que é menor e a ocorrência na Natureza.

A necessidade de se conhecer a contribuição mineralógica dos rios (CuaCua e Licuar) que confluem para o estuário dos Bons Sinais, para que se faça uma busca sistemática das suas fontes primárias quanto para se fazer um estudo de aproveitamento desses minerais, impulsionou a realização desse trabalho de pesquisa que tem como objectivo responder as seguintes perguntas:

*Qual é a influêncial mineralógica dos rios Licuar e Cuacua no que conserne os sedimentos do fundo do estuário dos Bons Sinais?*

*Qual dentre os dois rios (Licuar e Cuacua) tem maior contribuição em termos mineralógicos no estuário dos Bons Sinais?*

### **1.2 Justificativa**

Embora, um estudo relacionado com a composição mineralógica do estuário dos Bons sinais tenha sido desenvolvido recentemente , pesquisas focadas à a contribuição mineralógica dos rios ( Cuacua e Licuar) que desaguam no estuário, sendo parte das fontes dos minerais lá presentes ainda não foram desenvolvidas. Portanto, é de extrema importância conhecer-se a influência dos rios Cuacua e Licuar em termos de minerais com vista a contribuir na descoberta de depósitos de minerais, proporcionando deste modo a geração de novos empregos na prospecção e extração, bem como contribuir para a participação de Moçambique no mercado mundial, acrescendo a sua socio-economia e também dilatar o conhecimento científico.



### **1.3. Objectivos**

#### **1.3.1. Geral**

- ❖ Descrever a influência mineralógica dos rios Cuacua e Licuar para o Estuários dos Bons Sinais.

#### **1.3.2. Específicos**

- ❖ Identificar os minerais provenientes em cada rio;
- ❖ Quantificar os minerais provenientes em cada rio;

## CAPÍTULO 2

### II. REVISÃO DE LITERATURA

#### 2. Descrição dos minerais que ocorrem em sedimentos Fluviais

As propriedades texturais e mineralógicas dos sedimentos fluviais dependem principalmente da natureza das rochas fonte e das condições morfo-climáticas, sendo que o transporte e a deposição dos sedimentos são comandados pelas leis da hidrodinâmica, (Debrot, 2013).

A dinâmica sedimentar característica nos estuários é controlada principalmente pela hidrodinâmica, atuante nos processos de maré e transporte de sedimentos dentro dos limites do estuário, (Bianchi, 2007).

Nos estuários, os padrões de circulação residual da água e das marés são factores de extrema importância para determinação do transporte global de sedimentos. A selecção dos materiais finos e grossos é determinada pelos fluxos existentes dentro dos estuários, como consequência da variação da energia no transporte. Os modos de transportes são de três tipos: carga de lavagem (washload); suspensão (suspension) e carga do fundo (bedload).

O facto de existir mudanças no conteúdo de partículas em cada um dos modos de acordo com a velocidade da corrente da água torna mais fácil e muito clara a distinção desses modos de transportes. Havendo diferenciação entre as respostas das areias e silte não coesivo, argilas e siltes coesivos em relação à diferentes velocidades de corrente, (Dyer K. , 1995).

A maior parte da carga sedimentar que chega nos estuários tem proviniência fluvial, levando consigo diversidade de minerais, tornando desse modo a mineralogia dos estuários diversificada, ja que os sedimentos são um conjunto de material sólido não coesivo, composto por partículas minerais, (Lima, 2015).

Os minerais são úteis na determinação da suas rochas matrizes. Em particular, alguns minerais podem individualmente diagnosticar determinados tipos de rochas matrizes, (Debrot, 2013). Cada mineral possui sua taxa de dispersão própria, em função de suas propriedades físicas e químicas e que o conhecimento dessa taxa pode definir critérios para a pesquisa aluvionário.

O estuário é um intermédio entre o rio e o mar, ou seja, este corpo de água é limitado na parte superior por rio e inferior pelo mar, No que toca as fontes de sedimentos estuárinos, os rios são de extrema importancia, no transporte de elementos intemperizados n o continente. Nos sedimentos transportados pelo rio para o estuário, fazem parte os minerais. Portanto, estudos recentes apontam a ocorrência de diferentes fazes de minerais no estuario dos Bons Sinais.

### **2.1.1. Quartzo (SiO<sub>2</sub>)**

E um mineral comum e abundante, ocorrente em ampla diversidade de ambiente geológicos. Geralmente é encontrado em rochas ígneas e metamórficas, sendo um importante componente dos pegmatitos graníticos, caracterizando-se também por possuir uma alta estabilidade química quanto física, possui uma cristalografia hexagonal e sendo possível identificar oela difração dos raios-x a partir de um comprimento de onda correspondente a 4,41 Å (Klein & Dutrow, 2012).

### **2.1.2. Titanita CaTiO(SiO<sub>4</sub>)**

E mineral caracterizado pelos cristais em forma de cunha e intenso brilho, ocorre em pequenos cristais como mineral acessório comum em granitos, granodioritos, dioritos, nefelinassienitos. Sendo encontrado em grandes cristais em rochas metamórficas, anfibolitos, cloritaxistos e mármore. Ocorrendo também em minérios de ferro, apatita piroxênio, anfibólio, escapolita, zircão, feldspato e quartzo. Este mineral tem sido minerado` como fonte de Titânio. (Klein & Dutrow, 2012).

### **2.1.3 Topázio Al<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>(F,OH)**

E um mineral mineral gema, formado por fluidos ricos em fluor durante os ultimos estagios de cristalização das rochas igneas silicosas. E tido como um mineral raro, com uma cristalografia ortorrômbica ou seja apresenta-se sob forma de prismas sendo que este é identificado pelo raios-x a partir de um comprimento de onda correspondente a 8.40 Å, possuindo características gemológicas( mineral gema).

Ocorrem em cavidades de lavas riolíticas e graníticas, é também característico de pegmatitos, especialmente aqueles com estanho . ocorre associado a turmalina, cassiterita, apatita, berilo, mica e

feldspato, sendo encontrado certas regiões como seixos rolados em sedimentos de corrente. (Klein & Dutrow, 2012)

#### **2.1.4. Ilita** $KAl_2(Si_2O_{10})(OH)_2$

É considerada uma mica deficiente em alcalis próximo da composição da muscovita, diferenciando-se da mica propriamente dita devido ao facto de ter menor substituição de alumínio (Al) por silício (Si), por ter maior quantidade de moléculas de água e por ter potássio (K) substituído por cálcio e magnésio (Mg). Este mineral é um constituinte primário de muitos folhelhos, ocorre num sistema monoclinico o seu comprimento de onda no qual é identificado pelos raios-x de  $\lambda$  é de 10 Å (Klein & Dutrow, 2012).

#### **2.1.5. Moscovita** $(KAl_2[Si_3AlO_{10}](OH,F)_2)$

A mais importante das micas, é um mineral formador de rochas comum e abundante, sendo característico de granito e pegmatitos graníticos. Nos pegmatitos, a moscovita associa-se ao quartzo e feldspato, comum em rochas metamórficas da clorita, sendo constituinte característico de xistos a albita-clorita-moscovita.

Na forma de sericita, a moscovita forma-se como resultado da alteração das paredes de veios de minério de origem hidrotermal. (Klein & Dutrow, 2012).

#### **2.1.6. Albita** $(CaAl_2Si_2O_8)$

É um tipo de feldspato plagioclásio, que é incluída com ortoclásio e microclínico no que são designados de feldspato alcalinos, tem uma cristalografia triclinica todos de ocorrência semelhante. Estes são geralmente encontrados nos granitos, sienitos, riolitos e traquitos, sendo que a albita é comum em pegmatitos, onde substitui o microclínico precoce. Seu comprimento de onda no qual é identificado pelos raios-x é de 7.16 Å (Klein & Dutrow, 2012).

### **2.1.7. Monazita** ( Ce, La,Y,Th)PO<sub>4</sub>

E um fosfato de metais de terras-raras, com cristalografia monoclínica, seus cristais são pequenos muitas vezes achatados ou alongados segundo seu eixo cristalográfico. Ocorre geralmente como acessório de granitos, aplitos, pegmatitos e na maioria das rochas metamórficas. Este mineral mostra alta resistência aos ataques químicos e possui alta densidade relativa.

Para além da sua ocorrência nas rochas, é também encontrado associado em outros minerais resistivos e pesados, assim como constituinte de sedimentos provenientes da desintegração dessas rochas, considerado um mineral raro. O seu comprimento de onda no qual é identificado pelos raios-x é de 6,46 Å (Klein & Dutrow, 2012).

### **2.1.8. Zeolita** Ca<sub>5</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>(F,Cl,OH)

Um mineral que forma um grupo de silicatos hidratados que apresentam semelhança na composição, associação e modos de ocorrência. É produto de alteração de diagenética de tufos silicosos, este preenche cavidades de basaltos associada com a calcita, seu ângulo de difração é de 4.5Å (Klein & Dutrow, 2012). A relativa instabilidade das Zeolitas, não favorece a subsistência de mineralizações mais antigas, a essa característica justifica a sua menor abundância (Mata, Resende, & Paiva, 2013).

### **2.1.9. Apatita** Ca<sub>5</sub>(PO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>(F,Cl,OH)

Este mineral é que possui uma cristalografia hexagonal, seus cristais tem um hábito prismático alongado tabular, sendo este mineral comum e largamente disseminado como mineral acessório de rochas ígneas, sedimentares, metamórficas e é também encontrado em pegmatitos. Nos depósitos sedimentares este mineral, apresenta-se sob forma de massas compactas e nodulares, é identificado pela difração do raios-x num ângulo de 6,89Å (Klein & Dutrow, 2012).

### 2.1.10. Relação do tamanho cristalino dos minerais com a intensidade de reflexão dos raios-x

Os cristais, são definidos como sólidos homogêneos cuja ordem interna dos átomos é regular ou por outra, dos íons que formam este mesmo átomo. Classificando-se em monocristais quando o composto sólido de um certo átomo apresenta-se numa estrutura periódica tridimensional se estendendo por todo material, quando os sólidos tem como constituintes pequenos monocristais que diferem um do outro nas suas orientações são designados policristais (Klein, 1994).

O diâmetro ou tamanho das partículas é definido com base na equação de Sherrer a seguir:

$$D_{hkl} = \frac{k\lambda}{\beta \cos(\theta)}$$

Onde:

D - diâmetro médio das partículas;

K - constante que depende da forma das partículas (esfera = 0,94);

$\lambda$  - comprimento de onda da radiação eletromagnética;

$\theta$  - ângulo de difração;

$\beta$  - ( $2\theta$ ) - largura na metade da altura do pico de difração;

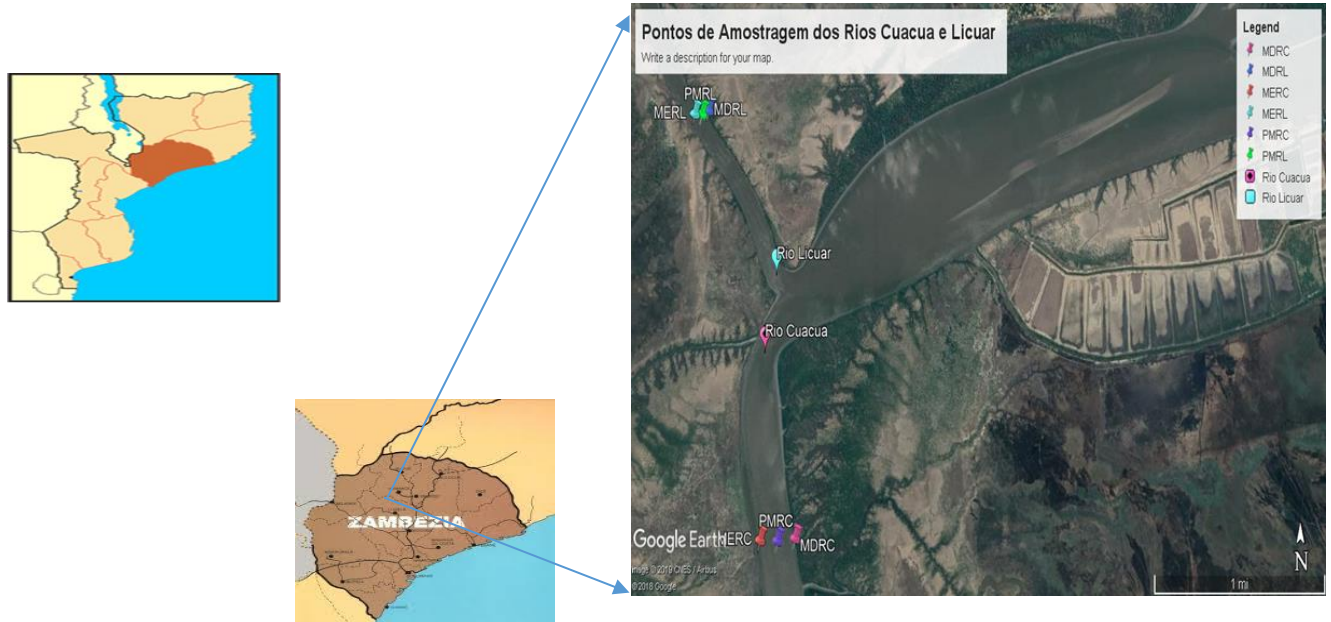
## CAPÍTULO 3

### III. METODOLOGIA

#### 3. Área de estudo

Os rios Cuacua e Licuar conjunto confluem formando o Estuário dos Bons Sinais, cujo seu curso passa pela cidade de Quelimane cerca de 28 km antes de desaguar no oceano Índico. Onde o rio Cuacua consiste em curso principal e o rio Licuar é o seu afluente.

Os rios situados numa região geográfica com clima tropical e caracterizadom por estações chuvosas e secas, com início nos mês de Outubro a Março e Abril a Setembro.



**Figura 1:** Localização geográfica da área do estudo (Autor)

**Tabela 1.** Pontos de amostragem e as suas respectivas coordenadas geográficas

<b>Pontos de amostragem rio Cuacua</b>	
<b>Pontos</b>	<b>Coordenadas</b>
<b>MDRC</b>	Lat:17°55'25.32'' S Long: 36°48'36.63'' E
<b>PMRC</b>	Lat: 17°55'25.91 S Long: 36°48'31.02''E
<b>MERC</b>	Lat:17°55'26.73'' S Lat: 36°48'25.45''
<b>Pontos de amostragem rio Licuar</b>	
<b>MDRL</b>	Lat: 17°53'53.42'' S Long: 36°48'8.76'' E
<b>PMRL</b>	Lat: 17°53'54.13'' S Long: 36°48'6.65''E
<b>MERL</b>	Lat: 17°53'54.12'' S Long: 36°48'4.30'' E

### **3.1. Materias e softwares usados**

Durante o desenvolvimento desse trabalho foram utilizados os seguintes materiais:

- ❖ Barco de 7m, motor 40 HP existente na Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras para as saídas do campo;
- ❖ Um GPS IIIplus – para a localização das estações;
- ❖ Amostrador do fundo;
- ❖ Um computador para o processamento de dados;
- ❖ Uma máquina fotográfica para registo de imagens durante a colecta de amostras.
- ❖ Sacos plásticos para conservação das amostras;
- ❖ Difractómetro de raios-x da marca Olympus, modelo BTXII, para a identificação e quantificação mineralógica;
- ❖ Crivos para crivar as amostras;
- ❖ Triturador e espátula;
- ❖ Guinchos e taras
- ❖ Balança analítica;
- ❖ Álcool para retirar impurezas;
- ❖ Água destilada e ácido clorídrico;



- ❖ Estufa para a secagem das amostras;
- ❖ Software X Powder versão. 2010. 01. 35 pro;
- ❖ Google earth pro;

### **3.2. Colheita das amostras**

A colheita das amostras consistiu em apenas uma saída do campo que teve lugar no dia 08 de Julho de 2018, onde foram seleccionadas 3 pontos de amostragem para cada rio, constituindo um total de 6 amostras. Tendo-se distanciando 450 metros dentro em relação a confluência do estuário em cada um dos rios.

### **3.3. Procedimento laboratorial**

Feita a colheita, as amostras foram submetidas a uma temperatura de 60° C durante um período de 24 horas no laboratório da Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeira (ESCMC), permitindo a perda de água (secagem). Após esta fase, as amostras foram levadas ao laboratório de sedimentologia no Departamento de Geologia da Faculdade de Engenharia da UEM em Maputo, com finalidade de serem analisadas.

### **3.4. Preparação das amostras**

Para a preparação das amostras foi necessário uma balança semi-analítica, onde 20 gramas eram pesadas numa tara, onde em seguida cada amostra era submetida a ataques químicos com finalidade de eliminar os carbonatos e a matéria orgânica existente na amostra. Para atenuar o impacto do ácido, a amostra foi primeiramente humedecida por água destilada, evitando deste modo danificar a amostra.

### **3.5. Eliminação dos carbonatos**

Durante o processo de eliminação dos carbonatos, cada amostra foi submetida a uma solução formada por 1,5l de água destilada e 120 ml de ácido clorídrico para se efectuar o ataque. Cada ataque ocorreu durante um período de 24 horas, em seguida foi lavada 3 vezes por água destilada. Após a lavagem, a amostra foi levada a uma estufa a uma temperatura de 60°C durante 24 horas para eliminar a água contida na amostra (secagem) e por fim foi pesada novamente livre de carbonatos.

### **3.6. Eliminação da matéria orgânica**

Esta etapa de eliminação da matéria orgânica nas amostras, é similar ao procedimento de eliminação dos carbonatos. Preparou-se uma solução composta por 80 ml de peróxido de hidrogénio e 1 litro de

água destilada, onde submeteu-se as amostras à esta solução durante 24 horas de tempo, em seguida foram lavadas 3 vezes com recurso a água destilada. Feita a lavagem foram colocadas na estufa a uma temperatura de 60°C também por 24 horas e finalmente pesadas sem a matéria orgânica.



**Figura 2.** Amostras submetidas a ataques para a eliminação de impurezas e estufa para secar.

### 3.7. Crivagem

Feita a eliminação de carbonatos e da matéria orgânica, as amostras foram crivadas a um crivo com diâmetro igual a 63 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) que equivalem a 63mm ( fracção específica usada no difratómetro), tendo se efectuado posteriormente as análises mineralógicas no difratómetro de raios-x.



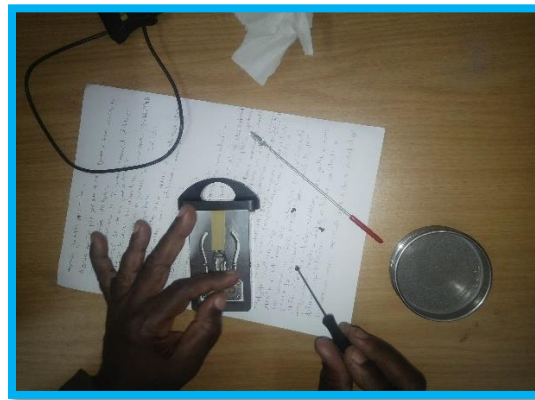
**Figura 3.** Crivos para a separação de sedimentos

### 3.8. Análises mineralógicas

Com recurso ao X Powder versão 2010.01.35 pro, um software que consite em um quite completo da análise mineralógica, que usa o método da razão de intensidade de referência. As quantidades de

minerais foram determinadas pela relação da razão de intensidade dos mesmos minerais com o padrão completo das análises.

Para tal efeito, retirou-se do difratômetro o porta-amostra para colocar as amostras no sulco, em seguida escolheu-se a opção shake para produzir vibrações fazendo com que o pó movimentasse até ao interior do porta amostra. introduzida a amostra no porta-amostra, discou-se X e inseriu-se o porta-amostra na câmara de amostra do analisador e conectou-se a rede Wi-Fi, escolhendo o BTX-525 no menu do computador, dando início as análises primindo o start após ter codificado a amostra.



**Figura 4.** Difratômetro de raios-X marca *Olympus*, modelo BTXII, resolução 0,25 graus em função de ângulos  $2\theta$  com o seu respectivo porta-amostra, usado para análises mineralógicas.

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

A determinação das concentrações dos minerais, foi feita através da relação da razão de intensidade dos minerais com o padrão das análises, com recurso ao software X powder versão 2010. 01. 35 pro. Este consiste em um pacote completo composto por método de razão de intensidade de referência ( Reference Intensity ratio). Após ter-se obtido a concentração dos minerais em tabelas percentuais, com auxílio do Microsoft Office.Pro.Plus. 2013 foi possível plotar-se gráficos percentuais usando uma folha do Excel.

### **3.10. Tratamento de dados**

Com auxílio do software X Powder, foi possível a obtenção de difatogramas (gráficos) convertendo-se as imagens bidimensionais em um quadro de análises por correlação entre a intensidade e a energia. Tendo-se convertido a energia em função de ângulos  $2\theta$  estabelecendo a relação com dados provenientes do difratômetro, permitindo deste modo a obtenção dos resultados na forma de difratogramas.

# CAPÍTULO

## IV. RESULTADOS

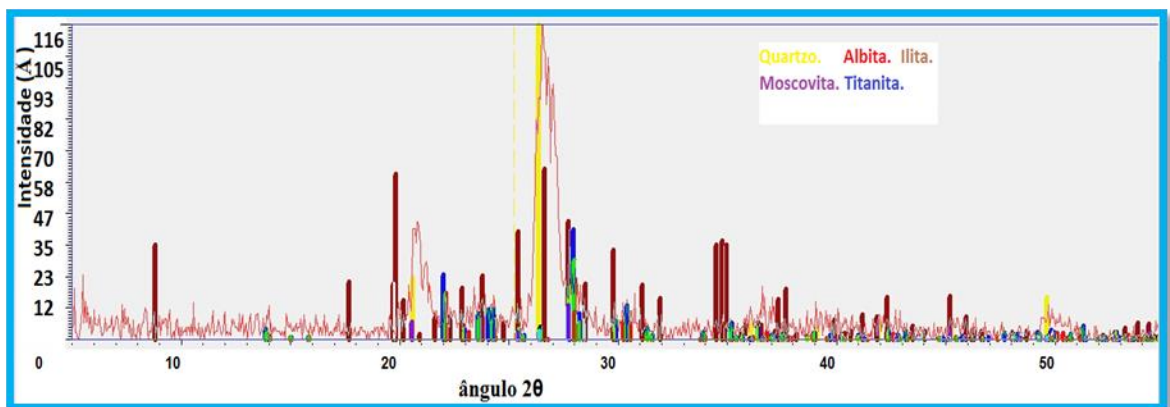
### 4.1. Identificação dos minerais dos sedimentos superficiais dos rios Cuaca e Licuar

Os difratogramas obtidos na análise dos minerais superficiais dos rios Cuaca e Licuar, indicam a ocorrência de 09 fases de minerais nomeadamente o Quartzo, Albita, Ilita, Moscovita, Zeolita, apatita, Titanita, Monazita e Topázio.

Os picos de intensidade variam dentre (5 Å a 116 Å), (5 Å a 146 Å), (7 Å a 123 Å), com seus ângulos de refletância de (15° a 57°), (13° a 56°), (14° a 54°) obedecendo a ordem dos difratogramas no que concerne os pontos de amostragem do Rio Cuaca.

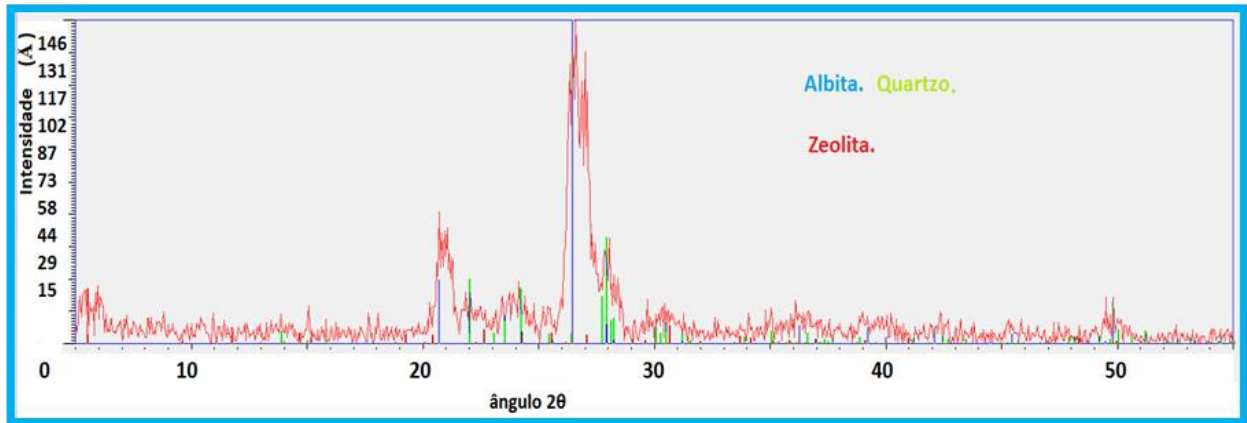
Tendo-se identificado diferentes fases de minerais tais como: albita, quartzo, zeolita, apatita, ilita, Titanita, moscovita.

Observam-se no difatograma ( figura 5) a seguir ilustra uma variação da intensidade dos raios-x dos minerais como albita, quartzo, ilita, moscovita e titanita. O quartzo tem seu pico máximo de equivalente a 116 Å. Os seus ângulos de incidência são (22 ° a 55 °), (24 ° a 51 °), (9 ° a 59 °), (21 ° a 48 °), ( 23 ° 54 °) correspondente aos minerais quartzo, albita, ilita, titanita respectivamente.



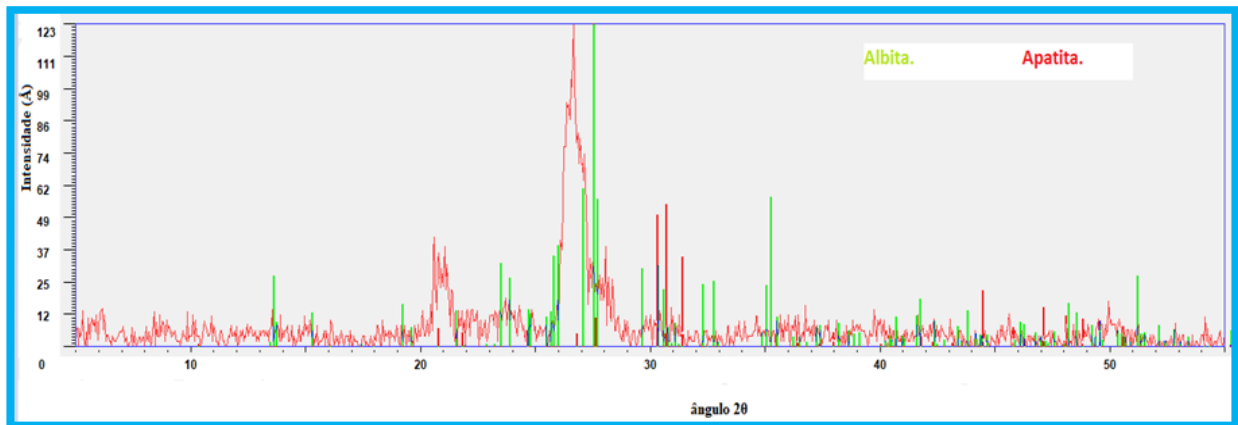
**Figura 5.** Intensidade de reflexão de raios-x em Angstrom (Å), em função dos ângulos de incidência do MDRC.

Observa-se a presença do quartzo e albita, associados ao mineral zeolita como ilustra o difratograma (figura 6). Sendo que a albita comporta-se com um pico máximo da intensidade dos raios-x de 146 Å. Os seguintes ângulos de incidência, (1° a 56°), (21° a 52°), (20° a 46 °) para quartzo, albita e zeolita respectivamente.



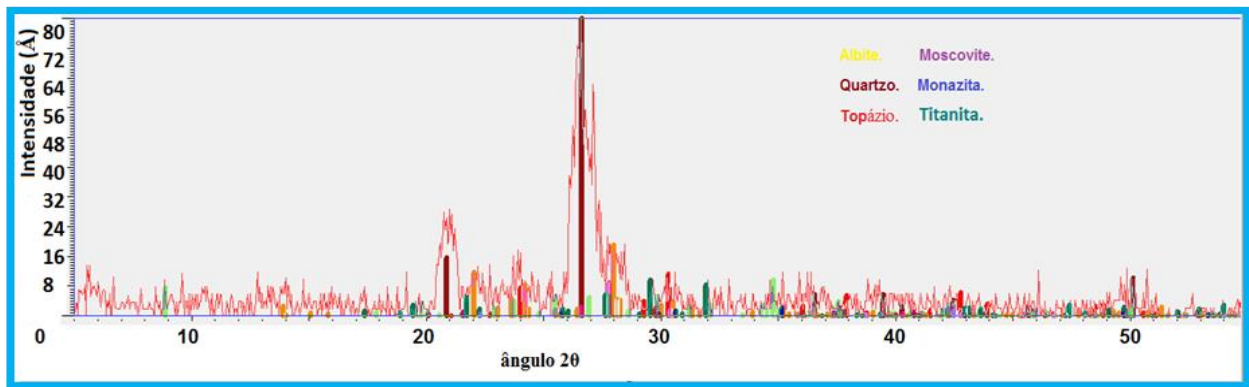
**Figura 6.** Intensidade de reflexão de raios-x em Angstrom (Å), em função dos ângulos de incidência do PMRC.

A albita e a apatite, mostram uma constância tendo a albita com o pico máximo de intensidade dos raios-x é de 120 Å, seus ângulos de incidência variam desde (13 ° a 55 °) para a albita e (20 ° a 49 °) para a apatite. Como ilustra-se no difratograma a seguir (figura 7).



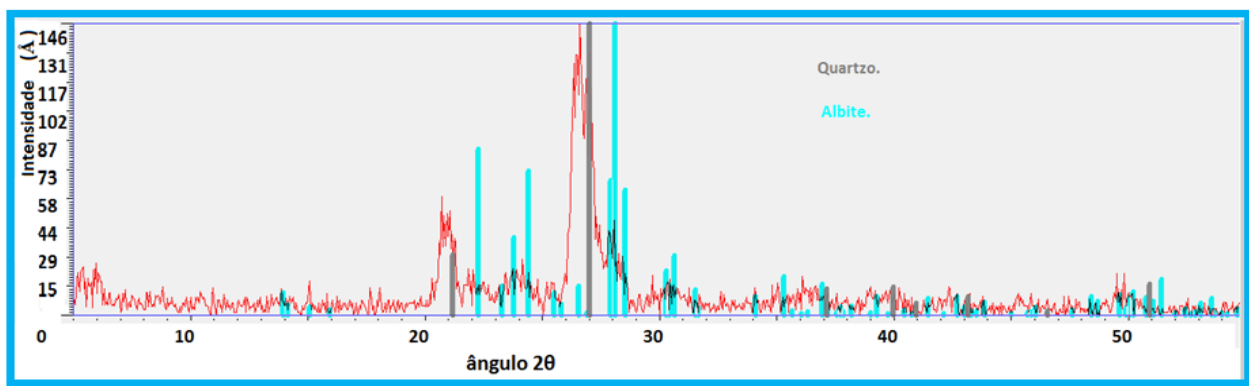
**Figura 7.** Intensidade de reflexão de raios-x em Angstrom (Å), em função dos ângulos de incidência do MERC.

Para os resultados obtidos nos pontos de amostragem do rio Licuar seus picos de intensidade tem sua variação a partir de (4 Å a 80 Å), (3 Å a 146 Å), (3 Å a 80 Å) e seus ângulos de reflexão variando desde (8° a 58°), (15° a 59°), (15° a 57°), sendo que os minerais revelados são: Albita, moscovita, monazita, topázio, titanita e quartzo. Neste difratograma (figura 8), os minerais como quartzo, titanita e monazita mostram-se constantes, com o quartzo que possui seu pico máximo de 80, seus ângulos de incidência varia desde (17° a 57°), (21° a 50°), (14° a 57°), (26° a 43°), (16° a 42°) e (19° a 57°) para albita, quartzo, topázio, moscovita, monazita e titanita, respectivamente.



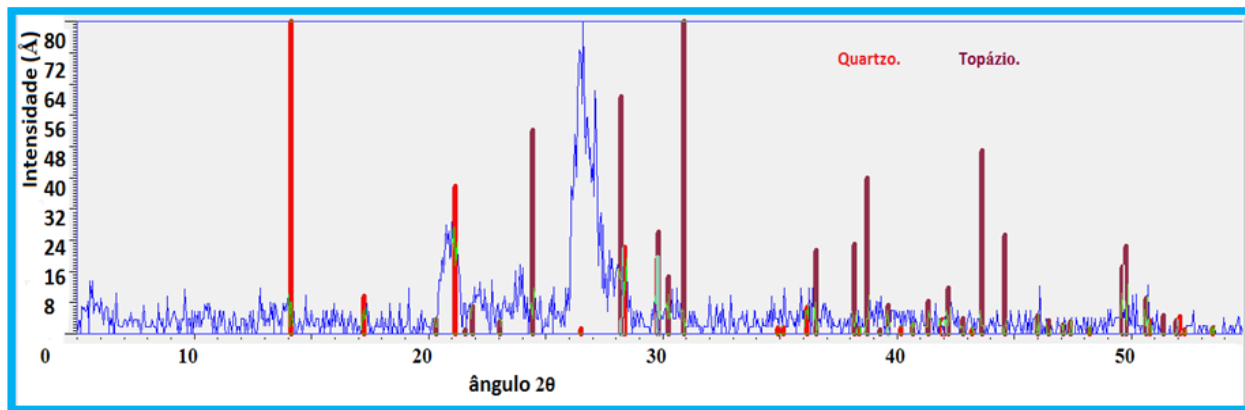
**Figura 8.** Intensidade de reflexão de raios-x em Angstrom (Å), em função dos ângulos de incidência do MDRL.

O quartzo e a albita, são os únicos minerais identificados neste difatograma ( figura 9), ambos tem seu pico máximo o 146 Å, com ângulos de incidência que variam a partir de (14° a 59°), (22° a 52°) para albita e quartzo respectivamente.



**Figura 9.** Intensidade de reflexão de raios-x em Angstrom (Å), em função dos ângulos de incidência do PMRL.

Foram identificados neste ponto, o quartzo e o topázio como ilustra o difratograma ( figura 10), ambos com seus picos máximos correspondendo a 80 Å. Tendo seus ângulos de incidência a variar a partir dos ( 15 ° a 54 °), (23 ° a 50 °) para quartzo e topázio respectivamente.



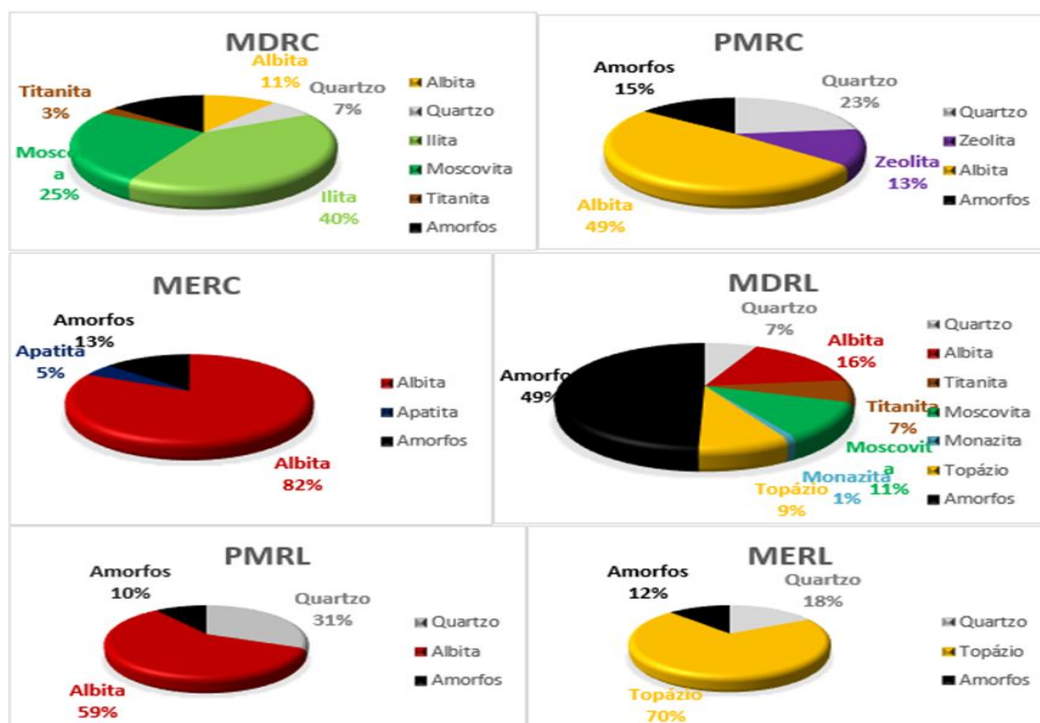
**Figura 10.** Intensidade de reflexão de raios-x em Angstrom (Å), em função dos ângulos de incidência do MERL.

#### 4.2. Quantificação dos minerais dos sedimentos superficiais nos rios Cuacua e Licuar

Os rios Licuar e Cuacua, exercem influências meio semelhantes entre si, no que concerne a contribuição mineral no Estuário dos Bons Sinais. Das nove fases (Quartzo, albita, Ilita, Moscovita, Titanita, Zeolita, Apatita, Monazita e Topázio) encontradas, apenas quatro dessas fases são as que tornam notória as suas diferenças quanto ao fornecimento de minerais. Sendo que estas incluem o Topázio, Monazita, Apatita e Zeolita.

Os minerais Topázio e Monazita, estão exclusivamente presentes nos sedimentos do rio Licuar, por outro lado encontra-se nos sedimentos do rio Cuacua os minerais Apatita e Zeolita. Portanto, as outras cinco fases coexistem em ambos rios. Portanto, a presença do mineral quartzo fez-se sentir em quase todos rios, sendo um factor que implica sua abundância nos sedimentos de ambos os rios, as suas variações na percentagens mostram uma grande variação segundo o ponto amostragem. A albita, ocorre com maior percentagem no rio Cuacua chegando a atingir 82%, seguindo a apatite com 51% e

ilita com 40%. Quanto ao rio Licuar, topázio é fase mineral com maior percentagem chegando de atingir 70% seguido por a albita com 50%.



**Figura 11.** Concentrações de fases de minerais nos sedimentos do fundo dos rios Cuacua e Licuar respectivamente.

### 4.3. Discução

Os minerais dos sedimentos dos rios ( Cuacua e Licuar) que confluem nos estuário dos Bons Sinais revelam que são produtos de intemperismo ( Químico e físico) dos solos e rochas localizados ao longo dos seus cursos e nas suas nascentes, onde cristais e outro tipo de partículas clásticas, seu tamanho é reduzido durante o seu transporte e esses são drenados no mesmo estuário.

De acordo com (Chichava, 2017), no seu estudo de Minerais Presentes nos sedimentos superficiais no fundo do estuário dos Bons Sinais, no estuários dos Bons Sinais ocorre cinco fases de minerais, nomeadamente o Mineral Quartzo, Albita, Titanita, Topázio e Moscovita.



Resultados semelhantes foram obtidos por (João, 2017) no estudo da distribuição dos Minerais pesados existentes nos Bancos de areias do estuário dos Bons Sinais. Portanto, está patente uma clara concordância quando se confronta estes estudos com resultados observados na contribuição mineralógica dos rios em causa.

No que concerne aos picos e concentrações desses minerais, identifica-se a presença de picos predominantes do Feldspato alcalino (albita) e quartzo mostrando-se presente em todas amostras, isso possivelmente explica-se pela resistência dos cristais de quartzo que confere a estabilidade do mineral e existência de cristais de albita em maior concentração nas amostras, referir ainda que o quartzo e albita ocorrem associados na rocha fonte. Para o rio Cuacua as concentrações variam de 11%, 49% e 82%, seguido do quartzo, a ocorrência da apatita e explica-se pela existência de concentrações de Fósforo suspenso, que permitiu a autoênese desse mineral. (Klein & Dutrow, 2012), afirma que quartzo é um mineral resistente aos ataques químicos quanto físicos, uma realidade também por (Chichava, 2017).

Ainda no que toca a albita, quanto à sua predominância nos sedimentos desses dois rios possivelmente deve-se à sua estabilidade, uma vez mesmo em altas temperaturas quanto em baixas é estável. Nos feldspatos os membros da série sanidina-Albita de alta temperatura são estáveis, porém em temperaturas baixas apenas duas fases são estáveis, sendo albita e o microclínico (Klein & Dutrow, 2012).

A pouca representatividade das fases de topázio e moscovita, argumenta-se pelo facto destes constituir fases de minerais raros. Observa-se também a ocorrência de monazita e zeolita em pequenas concentrações, a pouca ocorrência do metamorfismo nas rochas fontes possivelmente explica o comportamento da zeolita. As zeolitas são resultados da alteração diagenética de tufos silicosos, relatando o metamorfismo regional, (Klein & Dutrow, 2012).

A alta percentagem do mineral topázio, que atingem 70% no rio Licuar indicações de que a medida que nos deslocamos para rio dentro nos próximos da rocha fonte. Este mineral sendo uma fase de alto valor económico ou por outra um mineral gema desperta maior atenção olhando nos valores que apresenta. Para estudos desenvolvidos ao longo do estuário dos Bons Sinais, este mineral apresentou uma percentagem máxima de 10% para (João, 2017), que fez seu estudo nos bancos de areia, essa percentagem foi ainda observada sendo 13% para (Chichava, 2017), que fez seu estudo numa escala maior no estuário dos Bons Sinais. Portanto, esta situação abre uma porta para uma futura prospecção.

## V. Conclusões e Propostas

### Conclusão

- ✓ Os sedimentos dos rios (Cuacua e Licuar) que confluem no Estuário do Bons Sinais, são composto por 09 fases de minerais nomeadamente, albita, topázio, ilita, moscovita, topázio, titanita, monazita, zeolita e apatita;
- ✓ Os dois rios possuem em comum 03 minerais, que são a albita, o quartzo e a moscovita;
- ✓ Os minerais como a apatita, a ilita, a zeolita e a titanita ocorrem exclusivamente no rio Cuacua;
- ✓ O rio Licuar tem especial a ocorrência de Topázio e monazita, sendo o primeiro um mineral de alto valor económico e que sua rocha fonte encontra-se cada vez mais próximo a medida que nos deslocamos para o rio dentro;
- ✓ A albita é mineral que ocorre nos dois rios e com maiores concentrações chegando de atingir 82% numa amostra, seguindo de quartzo com seu valor máximo de 31%, ilita com 40%, topázio com 70%, moscovita com 25%, zeolita com 13 %, apatita com 5% e monazita com 1%.

### Propostas para futuros estudos

Para os futuros estudos recomenda-se que desenvolva-se pesquisas relacionadas focadas a:

- ✓ A outras fontes dos minerais dos sedimentos dos estuários dos bons Sinais para além das duas já estudadas;
- ✓ Evolução Morfosedimentar dos minerais dos rios Cuacua e Licuar;
- ✓ Desenvolva um estudo com finalidade de identificar a rocha fonte do topázio que ocorre ao longo do rio Licuar;

## VI. Referências Bibliográficas

### Lista de Referências

- ✓ Bianchi, T. (2007). *Biogeochemistry of estuaries*. New York:: Oxford University Press.
- ✓ Chichava, S. (Outubro de 2017). Estudo de Minerais Presentes nos Sedimentos Superficiais do Fundo do Estuário dos Bons Sinais, Quelimane – Província da Zambézia. *Estudo de Minerais Presentes nos Sedimentos Superficiais do Fundo do Estuário dos Bons Sinais, Quelimane – Província da Zambézia*.
- ✓ Debrot, P. A. (23 de de Janeiro de 2013). A Determinacao de Areas Fontes de minerais Gemologicos Atraves da Analise do Desgaste Fluvial.
- ✓ Dyer, K. (1995). Sediment transport processes in estuaries. In: G.M.E. Perillo (ed). *Geomorphology and Sedimentology of Estuaries*. Developments in Sedimentology. Elsevier Science.
- ✓ Dyer, K. R. (1997). *Estuaries: A Physical Introduction*. 2nd. Baffins Lane.
- ✓ HILLIER, S. (1995). Origin and mineralogy of clays: clays and the environment. Em B. VELDE, *Erosion, sedimentation and sedimentary origin of clays*.
- ✓ João, M. M. (Novembro de 2017). Estudo da Distribuição dos mnerais Pesados existentes nos Bancos de areia do Estuários dos Bons Sinais. *Estudo da Distribuição dos mnerais Pesados existentes nos Bancos de areia do Estuários dos Bons Sinais*.
- ✓ Klein, C., & Dutrow, B. (2012). *Manual de Ciências dos Minerais*.
- ✓ Lima, M. W. (2015). *Analise Temporal da composicao granulometrica e Mineralogia Aplicada*. Tese de licenciatura. Universidade de Minas, Minas Gerais.
- ✓ Mata, N. d., Resende, M. B., & Paiva, P. R. (14 de Maio de 2013). *Zeolitas Naturais*.
- ✓ Prada, R. M., Vidal-Torrado, P., & Ferreira, T. O. (Abril de 2004). Mineralogy and physical chemistry of mangrove soils from Iriri River at the Bertioiga channel.

## Anexo

-Planilha de dados laboratoriais

Separação Granulométrica e Mineralógica dos Sedimentos dos rios Licuar e Cuacua

Tabela 1: Eliminação dos Carbonatos e MO nos sedimentos com HCl e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> respectivamente

<b>Perfil de Amostragem de Sedimentos Rio Licuar</b>					
Nome	Tara (Backer)	Tara + Amostras	Amostra	E. Carbonatos	E. MO
R L MD	1.807 g	61.859g	60	56.269g	51.96g
R L PM	1.988 g	62.021g	60	52.4g	60.672
R L ME	1.845 g	62.181g	60	57.857g	59.209
<b>Perfil de Amostragem de Sedimentos rio Cuacua</b>					
Nome	Tara (Backer)	Tara + Amostras	Amostra	E. Carbonatos	E. MO
R C MD	1.866 g	62.0.63g	60	57.835g	59.363g
R C PM	1.927 g	62.302g	60	55.995g	57.274g
R C ME	1.833 g	62.104g	60	56.832g	61.573g

<b>Peso da fração areia</b>	
MD R L	27.364g
PM R L	15.661g
ME R L	44.316g
MD R C	23.714g
PM R C	24.247g
ME R C	37.747g

NB: Para eliminação dos carbonatos, Matéria orgânica e crivagem foi usado 20-40g de sedimentos de cada amostra de sedimentos.

Autor: Benelves Macassane Mazive & Técnico responsável pelo laboratório: Leonel Carlos Chambalo