



**Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras**

Monografia para obtenção do grau de licenciatura em Geologia Marinha

## **Identificação dos Minerais Presentes no Rio Búzi, Província de Sofala**



**Autora:**

Fátima Lisboa António

Quelimane, Março de 2019



UNIVERSIDADE  
E D U A R D O  
MONDLANE

**Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras**

**Identificação de Minerais presentes no Rio Búzi, Província de Sofala**

**Autora:**

Fátima Lisboa António

**Orientado Por:**

Noca Bernardo Furaca da Silva, *MSc*

---

Quelimane, Março de 2019

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho a minha mãe Saquina Ibraimogy e ao meu pai Lisboa Quanda António pelo apoio incondicional, ao meu irmão Pascoal Lisboa e a sua esposa Ermelinda Saquina Lisboa pelo apoio e suporte que sempre me deram e por tornarem possível a realização dos meus estudos.

## **Agradecimentos**

Agradeço em primeiro lugar a Deus que iluminou o meu caminho durante esta caminhada e me deu força e saúde para que todos os meus objetivos fossem cumpridos.

Agradeço a minha mãe Saquina Ibraimogy e ao meu pai Lisboa Quanda que apesar de todas as dificuldades me apoiaram em tudo quanto precisei de tal forma que, palavras não são capazes de expressar o quanto sou grata a eles.

Agradeço aos meus irmãos Quanda António, Ibraimogy Lisboa, Pascoal Lisboa, Gilberto Lisboa e Maria Lisboa pelo apoio, pelo companheirismo, pelos puxões de orelha, por terem servido de exemplo e por sempre terem cuidado de mim. A minha cunhada Ermelinda Saquina Lisboa por todo o apoio que me tem dado e a minha tia Eurídice Oliveira por me ter acolhido na cidade de Quelimane e por me ter apoiado durante todo esse percurso, palavras seriam incapazes de descrever o quão sou agradecida a todos vocês.

Agradeço ao meu namorado Celso Macassa que de forma especial e carinhosa me deu força e coragem, me apoiando nos momentos difíceis. As minhas amigas Selma Cinema, Verónica Diogo, Nélcia Santaca e em especial a Zuneide Yura que esteve do meu lado desde o início dessa temporada me apoiando em todos bons e maus momentos.

Agradeço a Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras da Universidade Eduardo Mondlane pela oportunidade de fazer o curso de licenciatura em Geologia Marinha. Agradeço ao meu supervisor MSc. Noca Bernardo Furaca da Silva pelo empenho dedicado à elaboração deste trabalho científico e a todos os meus docentes. Agradeço ao Departamento de Geologia e a faculdade de Agronomia da UEM por abrirem espaço para a realização das análises.

Agradeço a todos os meus colegas especificamente aos da turma de Geologia Marinha de 2015 por me proporcionarem bons momentos e por me apoiarem sempre que precisei, a Suraya Carsidasse, Nelson Artur e Jorge Augusto pelas horas extras de estudo, agradeço a Fernanda Cadeado e a Lúcia Banze pelos momentos que vivemos juntas e pelo suporte que me deram.

A todos que de forma directa ou indirecta contribuíram para que a minha formação académica fosse possível muito obrigado.

## **Declaração de Honra**

Eu, Fátima Lisboa António, declaro por minha honra que este trabalho intitulado Estudo de Minerais presentes no Rio Búzi, Província de Sofala é fruto de uma pesquisa individual e das orientações dadas pelo meu supervisor. Entretanto, também declaro que o mesmo nunca foi apresentado na sua essência para obtenção de qualquer grau académico, e dispõe de fontes devidamente citadas, no texto e nas referências bibliográficas.

Quelimane, aos \_\_\_\_/\_\_\_\_/2019

Autora

---

(Fátima Lisboa António)

## Resumo

A mineralogia é um ramo importante da geologia, pois o conhecimento das frações mineralógicas fornecem informações da evolução de diferentes ambientes geológicos. O presente trabalho teve como objectivo principal a identificação dos minerais presentes nos sedimentos do rio Búzi, onde foram colectadas um total de 12 amostras de sedimentos em 4 diferentes bancos de areia ao longo do rio. A identificação desses minerais foi feita usando o método de difração de raios-X, usando o mesmo método foi possível fazer a quantificação desses minerais, foram identificados 24 espécies diferentes de minerais nas amostras nomeadamente: Quartzo, Tridimite, Albite, Macaite, Neodímio, Gipsita, Humerite, Arturite, Erionite, Heulandite, Sodalite, Boggsite, Keidishite, Caysichite, Analcime, Ravatite, Neptunite, Zeolite, Lipscombite, Bamfordite, Microcline, Lurionite, Krautite e Grafite. O Quartzo foi o único mineral identificados em todos os bancos de areia, atingiu os picos máximos de intensidade e percentagens baixas em algumas amostras e altas nas outras, esta variação do Quartzo provavelmente esta relacionado a sua estabilidade frente ao intemperismo, e a diferença de percentagens pode estar ligada a metodologia de colheita e por essa ter sido feita na superfície. A analcima, tridimite, albite, Microclínio, Lipscombite, Erionite e Quartzo foram os minerais que apresentaram maiores quantidades nas amostras com as percentagens de 58,3, 52,3, 36,3, 25,5, 23, 20,7 e 20,2 respetivamente. Os restantes minerais apresentaram quantidades relativamente baixas, Grafite com 0,5% o mineral com a menor percentagem, outros minerais como Laurionite com 2%, Bamfordite- 6,7%, Zeolite-14,5%, Boggsite-4,1%, Sodalite-8,2% e Heulandite com 5,1% foram os minerais que apresentaram as percentagens mais baixas nas respectivas amostras. No geral a quantidade dos minerais presentes no rio Búzi variam, estas variações podem estar associadas as suas origens e ou ao efeito de turbulências que são geradas pelas correntes hídricas ao longo do rio.

**Palavras-chave:** Sedimentos, Frações Mineralógicas e Difração de raios-X.

## Abstract

Mineralogy is an important branch of geology, as the knowledge of the Mineralogical fractions provide information of the evolution of different geological environments. The present work had as main objective the identification of minerals present in sediments of the Buzi River, where they were collected a total of 12 samples of sediments in 4 different sand banks along the river. The identification of these minerals has been made using the method of x-ray diffraction, using the same method it was possible to quantify these minerals were identified 24 different species of minerals in samples including: Quartz, Tridimite, Albite, Macaite, Neodymium, Gypsum, Humerite, Arturite, Erionite, Heulandite, Sodalite, Boggsite Keidishite Caysichite, Analcime, Ravatite, Neptunite, Zeolite, Lipscombite, Bamfordite, Microcline, Lurionite, Krautite and Graphite. Quartz was the only mineral identified in all the sand banks, reached the maximum intensity peaks and low percentages in some samples and high on the other, this variation of Quartz probably related to your stability facing the weathering, and the difference of percentages can be linked to harvest and methodology that have been made on the surface. The Leucite, Tridimite, Albite, microcline, Lipscombite, Erionite and Quartz were the minerals that showed larger quantities in samples with the percentages of 58.3, 52.3, 36.3, 25.5, 23, and 20.7 20.2 respectively. The remaining minerals showed relatively low quantities, Graphite with 0.5% the mineral with the lower percentage, other minerals like Laurionite with 2% Bamfordite-6.7%-14.5%, Zeolite, Boggsite-4.1%, Sodalite 8.2% and Heulandite with 5.1% were the minerals that showed the percentages more boxes in the respective samples. In general the amount of minerals present in the Buzi River range increasing and decreased, these variations may be associated with their origin and or to the effect of turbulence that are generated by the currents along the river.

**Keywords:** Sediment Fractions Mineralogical and X-ray Diffraction.

## Lista de Abreviaturas

<b>Abreviaturas</b>	<b>Significado</b>
ESCMC	Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras
UEM	Universidade Eduardo Mondlane
P	Ponto da colheita de Amostra
A	Amostra
P1A1	Ponto1 Amostra1
P1A2	Ponto1 Amostra2
P2A1	Ponto2 amostra1
P2A2	Ponto2 Amostra2
P3A1	Ponto3 Amostra1
P3A2	Ponto3 Amostra2
P4A1	Ponto4 amostra1
P4A2	Ponto4 amostra2
Mm	Micrómetros
Wt	Peso
I	Intensidade
I <sub>c</sub>	Intensidade do Corundo
MAE	Ministério da Administração Estatal



## Lista de Figuras

<b>Figura 1:</b> Localização da área de estudo.....	10
<b>Figura 2:</b> Imagens do trabalho de campo (colheita das amostras nos bancos de areia). .....	11
<b>Figura 3:</b> a) Balança semi-analítica e b) estufa.....	12
<b>Figura 4:</b> Peneiras usadas para crivagem das amostras.....	13
<b>Figura 5:</b> Difractómetro de raios-X Olympus.....	14
<b>Figura 6:</b> Intensidade de reflexão de raios-x em função dos ângulos de incidência do P1A1. ....	16
<b>Figura 7:</b> Intensidade de reflexão de raios-x em função dos ângulos de incidência do P1A2. ....	17
<b>Figura 8:</b> Intensidade de reflexão de raios-x em função dos ângulos de incidência do P2A1. ....	17
<b>Figura 9:</b> Intensidade de reflexão de raios-x em função dos ângulos de incidência do P2A2. ....	18
<b>Figura 10:</b> Intensidade de reflexão de raios-x em função dos ângulos de incidência do P3A1. ....	18
<b>Figura 11:</b> Intensidade de reflexão de raios-x em função dos ângulos de incidência do P3A2. ....	19
<b>Figura 12:</b> Intensidade de reflexão de raios-x em função dos ângulos de incidência do P4A1. ....	19
<b>Figura 13:</b> Intensidade de reflexão de raios-x em função dos ângulos de incidência do P4A2. ....	20

## Lista de Tabelas

<b>Tabela 1:</b> Fases (minerais) e suas percentagens do P1A1. ....	20
<b>Tabela 2:</b> Fases (minerais) e suas percentagens do P1A2. ....	21
<b>Tabela 3:</b> Fases (minerais) e suas percentagens do P2A1. ....	21
<b>Tabela 4:</b> Fases (minerais) e suas percentagens do P2A2. ....	22
<b>Tabela 5:</b> Fases (minerais) e suas percentagens do P3A1. ....	22
<b>Tabela 6:</b> Fases (minerais) e suas percentagens do P3A2. ....	22
<b>Tabela 7:</b> Fases (minerais) e suas percentagens do P4A1. ....	23
<b>Tabela 8:</b> Fases (minerais) e suas percentagens do P4A2. ....	23

## Índice

CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS .....	1
1. Introdução .....	1
1.2. Problematização .....	2
1.3. Justificativa e Relevância do Estudo .....	2
1.4. Objectivos .....	3
1.4.1. Objectivo Geral .....	3
1.4.2. Objectivos Específicos .....	3
CAPÍTULO II: REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1. Minerais .....	4
2.1.1. Formação de Minerais .....	4
2.1.2. Propriedades dos Minerais .....	4
2.2. Sedimentos Fluviais .....	4
2.3. Métodos de Identificação das Fases Minerais .....	6
2.3.1. Difração de raios-X .....	6
2.3.2. Fluorescência de raios-X .....	6
2.3.3. Microscopia Óptica .....	7
2.3.4. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) .....	7
2.3.5. Microscopia Electrónica de Transmissão (MET) .....	8
2.3.6. Espectrometria de Massas por Iões Secundários (EMIS) .....	9
CAPÍTULO III: METODOLOGIA .....	10
3.1. Caracterização da área de Estudo .....	10
3.2. Materiais/Equipamentos Necessários .....	11
3.3. Colheita de Amostras .....	11
3.4. Procedimento Laboratorial .....	12
3.4.1. Preparação das Amostras .....	12
3.4.2. Eliminação de Carbonatos .....	12
3.4.3. Eliminação da Matéria Orgânica .....	13

3.4.4. Crivagem.....	13
3.5. Análises Mineralógicas .....	13
3.5.1. Identificação dos Tipos de Minerais .....	14
3.5.2. Determinação das Concentrações dos Minerais .....	14
3.5.3. Avaliação da Viabilidade do Aproveitamento dos Minerais .....	14
3.5.4. Tratamento de dados .....	15
CAPÍTULO IV: RESULTADOS .....	16
4.1. Identificação dos tipos de Minerais Presentes no rio Búzi .....	16
CAPÍTULO V: DISCUSSÃO.....	24
5.1. Identificação e Determinação das Concentrações dos tipos de Minerais Presentes nos Sedimentos do Rio Búzi. ....	24
5.2. Avaliação da Viabilidade dos Minerais presentes nos Sedimentos do rio Búzi .....	25
CAPÍTULO VI: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	26
6.1. Conclusões .....	26
6.2. Recomendações .....	26
Referências Bibliográficas .....	27

# CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS

## 1. Introdução

Os minerais são substâncias sólidas, cristalinas, de ocorrência natural e com uma composição química específica, com elementos encontrados naturalmente na crosta terrestre. Uma das particularidades que torna único cada tipo de mineral é a sua composição química e a forma como os átomos estão dispostos na sua estrutura interna (Luz, 2012).

Segundo Nunes e Júnior (2009) os minerais são os constituintes básicos das rochas que formam a litosfera. A sua disponibilidade no mundo e em Moçambique não é homogênea. As províncias de Zambézia, Manica e Nampula são as que mais dispõem destes recursos. Apesar de não ser homogênea a disponibilidade, a maior parte dos lugares existentes, a sua densidade é consideravelmente menor, mas devido ao processo de transporte pelo ciclo hidrológico é possível que estes sejam concentrados no leito dos rios que nascem no interior (Vasconcelos, 2014).

Estudos recentes sobre minerais destacam-se os efectuados por Chichava (2017) e João (2018) no estuário Bons Sinas na qual foram identificados minerais como o Quartzo, Muscovita, Topázio, Titanita e Albite. Estes resultados foram obtidos através do uso do método de Difração de raios-X.

Apesar de serem elemento que estão presentes na natureza, as metodologias para a sua identificação em sedimento tem sido uma das principais limitações devido a carência de equipamentos ou técnicas para sua análise. No presente trabalho foi feita a identificação dos minerais presentes nos sedimentos do rio Búzi baseando-se no método de Difração de raios-X.

Os resultados deste trabalho podem ajudar na descoberta de novos minerais que tenham valores científico e económico visto que o rio Búzi atravessa dois países e no seu percurso transporta sedimentos vindos das regiões do interior, abrindo espaço para realização de novos estudos na área em estudo.

## **1.2. Problematização**

Os Minerais despertam sempre uma atração especial sobre o homem, a descoberta de novos jazigos de minerais exercem um impacto notável para o desenvolvimento de algumas regiões. Atualmente, estão sendo desenvolvidas pesquisas referentes aos minerais e estão sendo empregues novas aplicações industriais do mesmo.

No rio Búzi até então foram realizados poucos estudos científicos, e dentre eles nenhum aborda acerca da mineralogia do mesmo, sendo que esse faz parte dos principais rios de Moçambique. Por essa razão, houve a necessidade de se realizar esse trabalho de pesquisa no rio Búzi com o intuito de responder a seguinte questão:

- *Quais são os minerais presentes no rio Búzi?*

## **1.3. Justificativa e Relevância do Estudo**

Os rios representam um dos mais importantes agentes geológicos e desempenham papel de grande relevância no tipo de relevo, no condicionamento ambiental e na própria vida do ser humano (Sugiuo, 2003). Assim como a água constitui o principal agente do intemperismo e erosão, são os rios os agentes mais importantes no transporte dos materiais intemperizados das áreas elevadas para as mais baixas dos continentes e para o mar (Christofolletti, 1980).

No entanto, a identificação de minerais no rio Búzi será de extrema importância pois, dos estudos desenvolvidos acerca dos minerais na ESCMC a maior parte deles estão relacionados com os estuários e praias. Até então, não há registros de estudos científicos sobre minerais desenvolvidos nos rios. Porque os rios são uma das principais fontes de sedimentos para os estuários e mares, e esses desempenham um papel muito importante na disponibilidade de minerais presentes nos sedimentos dos mesmos.

Os resultados desse estudo também podem contribuir para a descoberta de novos minerais e na extração de minérios que podem ajudar no desenvolvimento socioeconómico da região e do país. Para além disso, o estudo poderá contribuir na existência de novas referências para estudos vindouros na região.

## **1.4. Objectivos**

### **1.4.1. Objectivo Geral**

- Identificar os minerais presentes no rio Búzi.

### **1.4.2. Objectivos Específicos**

- Determinar as concentrações dos minerais presentes no rio Búzi; e
- Avaliar a viabilidade do aproveitamento dos minerais presentes no rio.

## **CAPÍTULO II: REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Minerais**

#### **2.1.1. Formação de Minerais**

Press *et al.* (2006) definem que a formação dos minerais se dá através do processo de cristalização, que é o crescimento de um sólido a partir de um gás ou líquido. As estruturas cristalinas são em grande parte determinadas pela forma como os anions estão dispostos e pela maneira como os cátions se colocaram entre eles. A cristalização começa com a formação de cristais microscópicos individuais, que são arranjos tridimensionais ordenados de átomos nos quais o arranjo básico repete-se em todas as direções (Luz, 2012).

#### **2.1.2. Propriedades dos Minerais**

Segundo Klein e Dutrow (2012) as propriedades físicas dos minerais são expressões de sua composição interna, especialmente de sua estrutura e composição química. Pelo facto dessas propriedades serem características de cada tipo de mineral, diferentes amostras devem apresentar propriedades físicas semelhantes, as quais podem ser usadas para determinar a sua identidade.

As propriedades dos minerais são agrupadas de acordo com a aparência (forma cristalina e hábito), interação com a luz (brilho, cor, cor de traço e luminescência), propriedades mecânicas (dureza, tenacidade, clivagem, fratura e partição), massa (peso específico e densidade relativa) e outras propriedades úteis (magnetismo, radioatividade, reatividade a ácido) (Klein e Dutrow, 2012).

### **2.2. Sedimentos Fluviais**

Carvalho (2008) define sedimento como a partícula derivada da rocha ou de materiais biológicos por processos físicos ou químicos, que é transportada pela água ou pelo vento do lugar de origem aos rios e locais de deposição. Segundo o autor, os processos responsáveis pela sedimentação são muito complexos, abrangendo erosão, deslocamento das partículas por enxurradas ou outros meios até os rios, transporte do sedimento nos cursos de água, deposição do sedimento na calha dos rios, lagos e reservatórios e sua compactação.

Os sedimentos podem ser definidos como fragmentos de rochas e de solo desagregados pelo processo de intemperismo e erosão. Além das partículas minerais, as partículas orgânicas também são consideradas sedimentos. Quando os sedimentos são transportados pelo escoamento dentro da calha fluvial passam a ser denominados sedimentos fluviais (Edwards, 2007).



Os sedimentos são resultantes da deposição do material transportado por rio, sendo que, as camadas grosseiras, correspondem ao depósito da carga do leito durante correntes fortes, as camadas finas consistem principalmente de carga em suspensão, depositadas em locais onde há ausência de correntes (Santos, 1983).

Segundo Santos (2012) além da deposição de partículas transportadas, pode ocorrer também a precipitação do material, originalmente em solução ou em suspensão coloidal, dando origem aos minerais autogénicos ou neoformados. Assim, os sedimentos oferecem informações tanto sobre a intensidade de processos da bacia de drenagem, como a erosão, como também, sobre as condições físico-químicas do meio.

Segundo Poletto (2007) os ambientes fluviais são encontrados sedimentos de diferentes tamanhos, natureza mineralógica e composição orgânica. Essas variações são decorrentes de vários factores, como a geologia, o relevo, o uso do solo, o clima e a ação antrópica de lançamento ou não de efluentes.

De uma forma geral, em regiões próximas a nascente, a calha fluvial terá uma proporção grande de sedimentos grosseiros compostos por fragmentos de rochas, enquanto nos trechos inferiores da bacia, é mais comum encontrar-se sedimentos originados da erosão do solo e que são compostos basicamente por partículas que variam de tamanho, entre areia e argila. Sob o ponto de vista da qualidade dos sedimentos, estes são produtos de uma composição de partículas primárias como grãos de quartzo ou argilominerais combinados com a matéria orgânica e óxidos formando um agregado (Poletto, 2007).

A composição química do material transportado pela água ao longo dos rios pode ser modificada devido ao aporte de afluentes e a variação do substrato geológico, o que dificulta sua correlação com a rocha fonte (Borges *et al.*, 2008). As frações mais grossas dos sedimentos de ambiente fluvial são compostas essencialmente de Quartzo (hialino, branco, fume e rosado) e outros tipos de grão (micas, feldspato, piroxenas, granadas, olivinas). Seus grãos tem granulometria uniforme e são arredondados, o que indica que passaram por longo transporte e suas áreas fontes estão distantes. Têm algum brilho que se deve o facto de terem sido transportados pela água (são lavados pela água, sendo-lhes retirado qualquer tipo de sujidade), muitas vezes têm colorações diversas pelo facto de se depositarem à superfície (sofrem oxidação). As fracções mais finas além de Quartzo contém Caulinita, Montmorillonita e Illita e Muscovita (Queiroz *et al.*, 2011).

## **2.3. Métodos de Identificação das Fases Minerais**

### **2.3.1. Difração de raios-X**

Dentre os vários métodos de identificação de minerais, um dos que fornecem as informações mais conclusivas é o que utiliza raios-X, obtendo-se uma fotografia da reação ou um difratograma, ambos feitos a partir da análise do mineral pulverizado. Assim, no estudo de um mineral, este é frequentemente o primeiro a ser feito, e muitas das vezes o único mesmo que outros testes mais simples possam ser utilizados (Klein e Dutrow, 2012).

O método da difração de raios X baseia-se na interação de ondas na frequência de raios X com os planos de repetição sistemática do retículo cristalino, porém, aplicam-se apenas a materiais cristalinos, e não a amorfos. (Neumann *et al.*, 2002).

Segundo Valadão e Araújo (2007) a radiação produzida através da difração de raios X, é produzida em um tubo de raios X, que contém uma fonte de elétrons e dois elétrodos metálicos. Os elétrons são acelerados pela diferença de potencial entre os elétrodos, o que o fazem chocar com elevada velocidade junto ao ânodo. Na região de impacto são gerados os raios X irradiando-se por todas as direções.

A difração de raios X pelos cristais resulta de um processo em que esses raios são espalhados pelos elétrons dos átomos, sem mudança de comprimento de onda. Um feixe difratado é produzido somente quando algumas condições geométricas são satisfeitas (Valadão e Araújo, 2007).

Segundo Porphírio *et al.* (2010) a técnica de difração de raios X requer uma quantidade baixa de amostra, menor que 1g, e seus procedimentos são de baixo custo operacional, além de serem rápidos, quando totalmente automatizado.

### **2.3.2. Fluorescência de raios-X**

Esta técnica também conhecida como espectrografia de por emissão de raios-X é utilizada na maioria dos laboratórios de pesquisa que estudam a química das substâncias inorgânicas. É um método amplamente utilizado pelos petrólogos para qualificar a composição química total das rochas incluindo o teor total das terras raras. É também utilizado em uma ampla gama de aplicações nas indústrias mineradoras (Klein e Dutrow, 2012).

A análise qualitativa de fluorescência de raios-X envolve a identificação de todas as linhas espectrais atribuindo-as aos elementos responsáveis por elas. A análise quantitativa é mais exigente porque cada intensidade dos raios-X deve ser quantitativamente comprada com aquela do padrão (de composição

conhecida) da mesma configuração elementar. Tanto o pico como as intensidades de fundo próximos ao pico são contada para permitir uma estimativa das alturas dos picos, o procedimento de correção quantitativa são feitos online num intervalo de tempo extremamente curto (Klein e Dutrow, 2012).

Segundo Klein e Dutrow (2012) a análise por fluorescência de raios-X pode ser utilizada para uma determinação quantitativa dos elementos maiores, o diâmetro maior do feixe de raios-X permite a análise de amostras maiores do que os feixes de elétrons e permite melhor estatística, a FRX é também muito sensível para a determinação de elementos traço devido a intensidade de fundo ser muito baixa.

### **2.3.3. Microscopia Óptica**

O trabalho em lupa ou microscópio estereoscópico permite análise das amostras em grão, onde os minerais são identificados por cor, brilho, hábito, clivagens, fratura, e é possível utilizar técnicas auxiliares directas. A caracterização de alguns minérios pode ser feita exclusivamente por microscópio estereoscópico, uma vez que os cristais são grandes, limpos e bem liberados, e a identificação é segura, quando associada a fracionamentos magnético e eletrostático prévio, a quantificação estimada dos minerais por produto é bastante eficaz. O microscópio estereoscópico é fundamental na identificação de fragmentos metálicos oriundos de desgaste de equipamento, como britadores e moinhos, principalmente em frações fortemente magnéticas (Neumann *et al.*, 2002).

As microscopias ópticas de luz transmitida para minerais transparentes e de luz refletida para minerais opacos, são os métodos de identificação de minerais mais tradicionais. Baseiam-se ambos na interação da luz (geralmente luz branca do espectro visível) com os minerais, e são bastante precisos e flexíveis para análises qualitativas. (Valadão e Araújo, 2007).

Segundo Valadão e Araújo (2007) os equipamentos utilizados nas análises microscópicas são mais sofisticados e necessitam que a preparação das amostras seja mais elaborada. A microscopia óptica é utilizada para avaliar as propriedades ópticas de um mineral que se encontra em escala microscópica.

### **2.3.4. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)**

Segundo Dedavid *et al.* (2007) A MEV é a técnica de caracterização microestrutural mais versátil disponível, tendo suas aplicações ligadas a diversas áreas do conhecimento, principalmente engenharias metalúrgica e de minas, ciências dos materiais, geociências, ciências biológicas. É um aparelho que pode fornecer rapidamente informações sobre a morfologia e identificação de elementos químicos de uma amostra sólida, tendo como principal razão de sua utilidade, a alta resolução que pode ser obtida quando as amostras são observadas.

Uma característica importante do microscópio eletrônico de varredura é, além de sua imagem complementar a informação dada pela imagem óptica, a aparência tridimensional da imagem das amostras (Dedavid *et al.*, 2007).

Com a adaptação de detectores de raios X na câmara da amostra do microscópio eletrônico de varredura, o seu potencial aumenta ainda mais, fazendo com que o MEV possa realizar análise química na amostra em observação. Através da captação pelos detectores e da análise dos raios-X característicos emitidos pela amostra, é possível obter informações qualitativas e quantitativas da composição da amostra. Atualmente quase todos os MEV são equipados com detectores de raios-X, sendo que devido à confiabilidade e principalmente devido à facilidade de operação, a grande maioria faz uso do detector de energia dispersiva (EDX). Provavelmente a maior aplicação do MEV para tecnologia mineral, é a verificação da morfologia de minerais (Neumann *et al.*, 2002).

Segundo Valadão e Araújo (2007) uma grande vantagem do microscópio eletrônico de varredura em relação ao microscópio óptico é que seu limite de resolução é muito melhor que do microscópio óptico.

### **2.3.5. Microscopia Electrónica de Transmissão (MET)**

Segundo Klein e Dutrow (2012) a MET consiste em um feixe de electrões precisamente dirigido que chocam contra uma fina estampa do material sob investigação e pode ser utilizado para exibir imagens de padrões de difração de electrões e microscopia de transmissão de alta resolução (METAR). A estampa fina com poucos nanómetros de espessura, permite que o feixe de electrões seja transmitido através do material e é fixada num porta-amostra centrado no feixe de electrões.

Os MET permitem uma avaliação textural, cristalográfica e química de áreas muito pequenas. Esta técnica é especialmente potente em elucidar feições estruturais com escalas de dimensões de 100 a 10000 Å, as quais não podem ser directamente avaliadas por técnicas de difração de raios-X. Estudos de MET permitem a identificação de partículas extremamente pequenas tais como (a identificação de minerais asbestiformes) ou intercrescimento de padrões de resolução em minerais de empilhamento de polítipos e defeitos estruturais (Klein e Dutrow, 2012).

### **2.3.6. Espectrometria de Massas por Iões Secundários (EMIS)**

Segundo Klein e Dutrow (2012) este método oferece uma análise quantitativa de alta sensibilidade, *in situ*, com limites de detecção na escala de partes por milhão até partes por bilhão, a maioria dos elementos químicos bem como seus isótopos, podem ser analisados. O equipamento emprega um feixe focalizado de iões que colide com a superfície sólida da amostra, os átomos da superfície da amostra são extraídos como iões secundários e analisados utilizando um espectrômetro de massa.

Na maior parte dos instrumentos utilizados para análises mineralógicas, os iões secundários produzidos por espalhamento na superfície da amostra, são extraídos e focalizados em um espectrômetro de dupla focalização e que separa iões com base na energia e massa. A espectrometria de massa é extremamente sensível e pode detectar diferenças de massa entre isótopos do mesmo elemento (Klein e Dutrow, 2012).

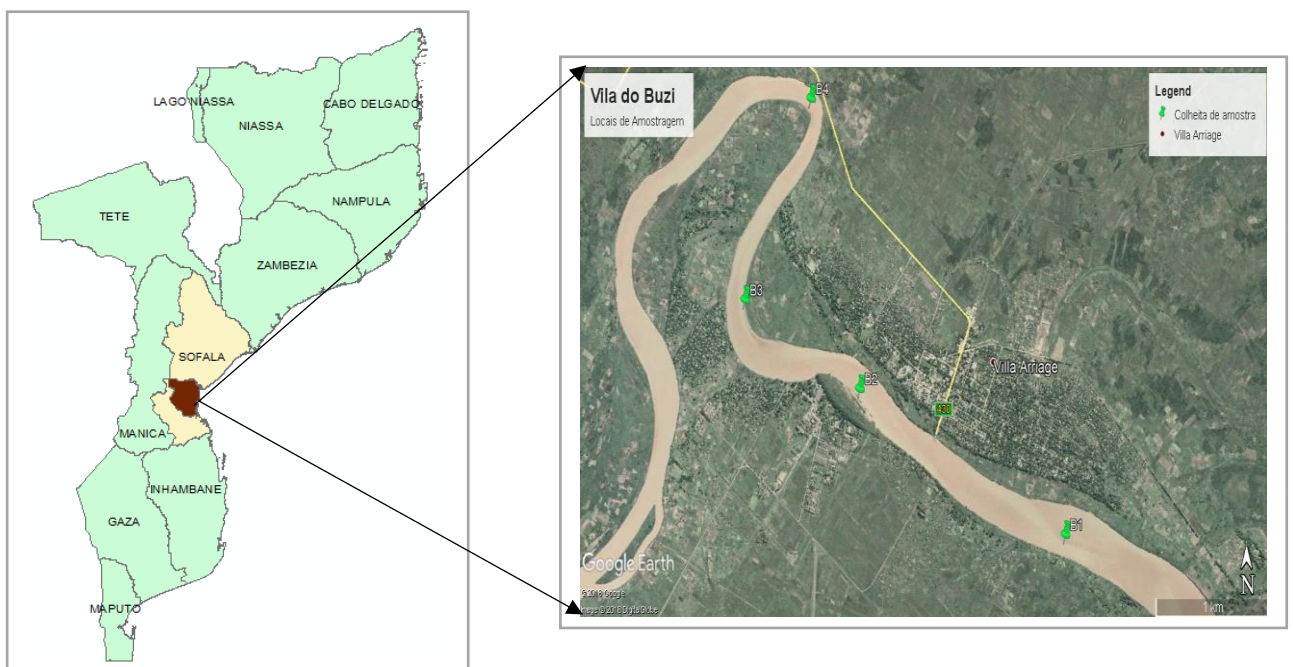
Embora a EMIS possa ser usado para determinar a concentração de qualquer elemento químico, é geralmente aplicado para a determinação da abundância e distribuição dos elementos leves, elementos terras-raras e isótopos. Os elementos leves afectam a estequiometria do mineral e podem fornecer informações sobre as condições de formação do mineral, também permite discriminar a composição isotópica para utilizar em datações absolutas e para estudos de difusão em minerais (Klein e Dutrow, 2012).

## CAPÍTULO III: METODOLOGIA

### 3.1. Caracterização da área de Estudo

O presente trabalho foi realizado no leito do rio Búzi entre as Latitude 19°52'S e Longitude de 34°46'. O Rio Búzi tem uma extensão de 260km sendo 66 km no território Zimbabwiano e 194km no território Moçambicano. Em Moçambique atravessa as províncias de Manica e Sofala num total de 3 distritos, Sussundenga na província de Manica, Chibabava e Búzi em Sofala. O sistema hidrológico é periódico mas no local de amostragem é contínuo com uma descarga média é de 71m<sup>3</sup> (MAE, 2014).

Desde a sua nascente o rio Búzi atravessa regiões com solos predominantemente aluvionares de textura média e pesada, solos arenosos, areias eólicas e pleistocénicas e solos residuais do soco- Pré-câmbrico derivados de rochas ácidas do granito e gnaisse. Nas suas margens são praticadas as actividades como a agricultura, garimpo e criação de gados (Métier, 2005). A região é caracterizada por dois tipos de clima nomeadamente: tropical chuvoso de savana ao longo da faixa costeira e tropical temperado húmido no interior tendo duas estações seca (Abril a Outubro) e chuvosa (Novembro a Março). A temperatura média é de 24.7°C e a precipitação média anual é inferior a 1000mm. O mês mais seco é Agosto com a precipitação média de 14mm e o mês mais chuvoso é Fevereiro com precipitação média de 224mm (MAE, 2014).



**Figura 1:** Localização da área de estudo.

### 3.2. Materiais/Equipamentos Necessários

Para efetivação do presente trabalho foram usados os seguintes materiais:

- Uma pá para colheita de sedimentos;
- Uma câmara fotográfica de 5 megapixel para registo das imagens durante a colheita e análises dos dados;
- Sacos plásticos de 15x20cm para conservação das amostras;
- Etiquetas para identificar as amostras;
- Estufa WT Binder 250°C para secagem das amostras;
- Água destilada para lavagem dos sedimentos;
- Ácido clorídrico para retirada de carbonatos;
- Água oxigenada para retirar a matéria orgânica;
- Balança semi-analítica Uni Bloc UW-1020H com precisão de 0,001g;
- Peneiras de 150  $\mu\text{m}$  e Crivo VS-1000 com amplitude máxima de 100;
- Triturador; e
- Difractómetro de Raios-X modelo BTXII, resolução 0,25 graus em função de ângulos  $2\theta$  usado para as análises mineralógicas.

### 3.3. Colheita de Amostras

Foi usada uma pá para colheita das amostras, permitindo a colheita de sedimentos na superfície de bancos de areia do rio Buzi. A colheita das amostras foi feita em 4 bancos de areia do rio Búzi, para cada banco foram colhidas 2 amostras de sedimentos (no início do banco e no meio do banco) totalizando um número de 8 amostras. Estas amostras foram mantidas em sacos plásticos de 15x20cm, de seguida foram submetidas a análises laboratoriais.



**Figura 2:** Imagens do trabalho de campo (colheita das amostras nos bancos de areia).

### 3.4. Procedimento Laboratorial

Após a colheita das amostras, essas foram levadas para o Laboratório de Solos da ESCMC, onde foram colocadas a secar na estufa durante 48 horas a uma temperatura de 60°C. Após a secagem, as amostras foram levadas para o Laboratório de Sedimentologia no Departamento de Geologia, na Faculdade de Ciências da UEM em Maputo, para posterior análises.

#### 3.4.1. Preparação das Amostras

Após a secagem dos sedimentos, foi feita a preparação das amostras que foi baseada na pesagem das amostras numa balança semi-analítica para se obter 20g de sedimentos, em seguida as amostras foram colocadas numa solução composta por ácido clorídrico (HCL) e água destilada para a eliminação dos carbonatos.



**Figura 3:** a) Balança semi-analítica e b) estufa.

#### 3.4.2. Eliminação de Carbonatos

A eliminação dos carbonatos foi feita com uma solução composta por 1l de água destilada e 100 ml de ácido clorídrico que foi colocada nas amostras e ficaram durante um período de 48 horas. A posterior foi retirada a solução das amostras usando uma seringa de 60ml e adicionado água destilada nas amostras para reduzir a acidez, passados 10 minutos foi retirada a água das amostras e submetidas novamente à secagem na estufa à temperatura de 60°C durante 24 horas, após a secagem, as amostras sem carbonatos foram pesadas na balança semi-analítica e de seguida foram submetidas a uma solução composta por água destilada e Peróxido de hidrogénio (água oxigenada) para eliminação da matéria orgânica.

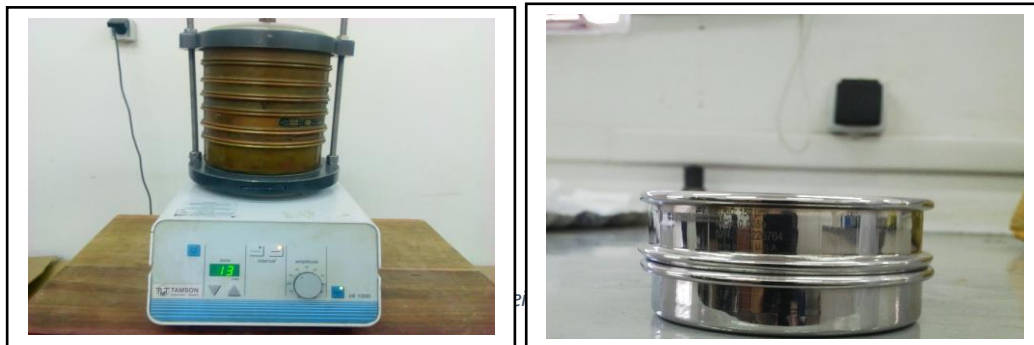


### 3.4.3. Eliminação da Matéria Orgânica

Para a eliminação da matéria orgânica, as amostras foram submetidas a uma solução composta por 1l de água destilada e 120ml de peróxido de hidrogénio (água oxigenada). Passadas 4h foi retirada a solução das amostras e adicionada água destilada nas amostras para a redução dos ácidos. A posterior, foi retirada a água destilada das amostras e direcionadas a estufa para a secagem numa temperatura de 60°C durante 72 horas. Após essa fase as amostras foram retiradas da estufa e submetidas a pesagem sem a matéria orgânica.

### 3.4.4. Crivagem

Após a eliminação dos carbonatos e da matéria orgânica, foi feita a separação das amostras usando água destilada e uma peneira de 0,038mm para retirada da argila. Em seguida as amostras foram submetidas a secagem durante 24 horas e submetidas a crivagem para obtenção da granulometria. Foram usados crivos a partir de 2.00mm até 0.250mm onde, os sedimentos mais grossos foram triturados por uma espátula para que pudessem passar em uma peneira com diâmetro de 150 micrómetro ( $\mu\text{m}$ ) para a obtenção da fração mais fina da areia, e em seguida foram submetidas as análises mineralógicas.



**Figura 4:** Peneiras usadas para crivagem das amostras.

### 3.5. Análises Mineralógicas

Após as amostras terem sido preparadas, foram colocadas no Difractómetro de Raios-x para serem feitas as análises dos minerais. No Difractómetro atingiu-se a temperatura de 45°C. de seguida o porta-amostra foi retirado para que as amostras fossem colocadas no sulco com espátula, foram geradas vibrações que possibilitaram o movimento da amostra até a cela do porta-amostra ficar na medida que se pretendia em seguida. Em seguida o porta-amostra foi inserida na câmara de amostra

do analisador e foi conectada ao aparelho com *Wi-Fi* onde finalmente foi atribuído o nome de cada amostra antes do início da análise.

### 3.5.1. Identificação dos Tipos de Minerais

Para a identificação mineralógica as amostras foram submetidas ao processo de leitura no Difractómetro de raios-X com auxílio de um *software* que contém uma base de dados com estrutura de cristal. Os registros foram obtidos através do detector que capturou imagens da dispersão de raios-X, que foram produzidas pela interação cristalina do material.



**Figura 5:** Difractómetro de raios-X Olympus.

### 3.5.2. Determinação das Concentrações dos Minerais

Após identificar os minerais, foi feita a determinação das concentrações dos minerais com o padrão completo das análises com auxílio do *software X Powder versão. 2010. 01. 35 pro*. Este *software* possui um pacote completo composto por método de razão de intensidade de referência (*Reference Intensity Ratio [RIR]*).

### 3.5.3. Avaliação da Viabilidade do Aproveitamento dos Minerais

A avaliação da viabilidade do aproveitamento dos minerais foi feita com base nos minerais encontrados, essa avaliação consistiu na quantidade dos minerais encontrados no rio olhando para o seu valor económico tanto quanto o seu valor científico.

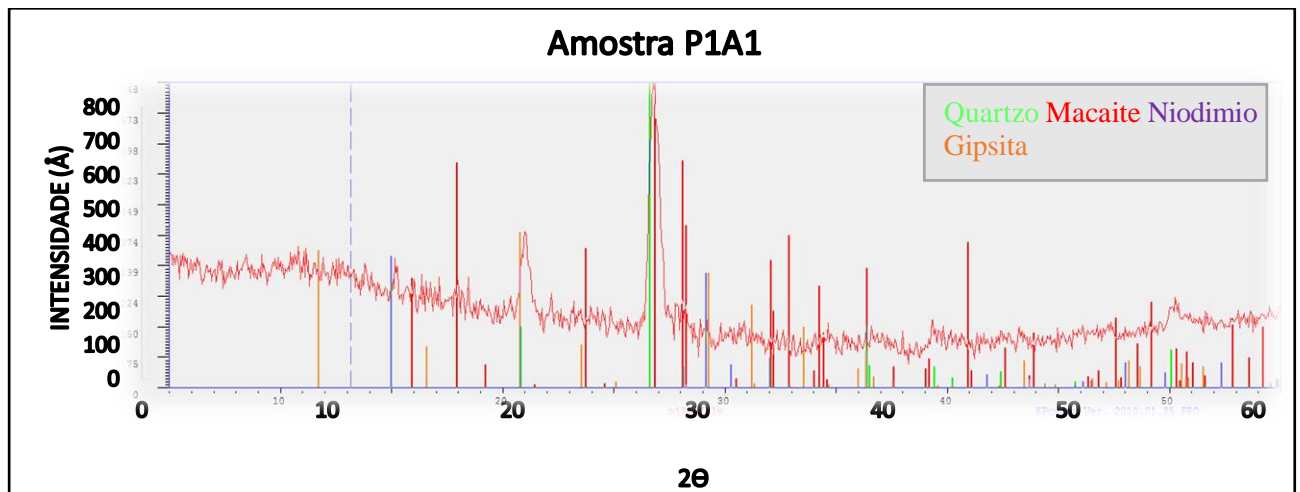
#### **3.5.4. Tratamento de dados**

Os dados obtidos das análises foram processados através do *software X poder versão. 2010. 01. 35 pro* que permitiu a obtenção de gráficos através da conversão de imagens bidimensionais em um quadro de análises por correlação entre intensidade e energia, por sua vez permitiu a conversão da energia em função de ângulos  $2\theta$  para uma correlação com os dados provenientes do difractómetro. O método de razão de intensidade de referência foi convertido em tabelas pelo *software*, permitindo a obtenção dos resultados em forma de gráficos para a identificação, e tabelas para a determinação dos minerais.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

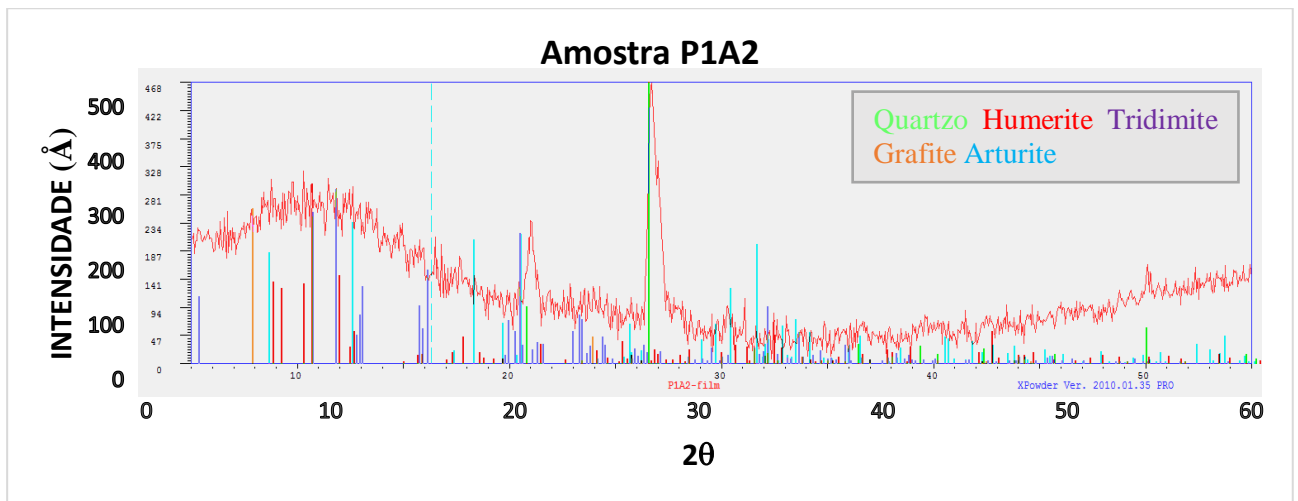
### 4.1. Identificação dos tipos de Minerais Presentes no rio Búzi

Os resultados obtidos a partir do Difratômetro de raios-X mostram que os principais minerais presentes nos sedimentos do rio Búzi são: Quartzo, Albite, Macaite, Humerite, Niodímio, Gipsite, Tridimite, Sodalite, Erionite, Heulandite, Arturite, Bogsite, Keidishite, Caysichite, Analcime, Ravatite, Neptunite, Zeolite, Lipscombite, Bamfordite, Microcline, Laurionite, Grafite e Krautite. O Quartzo é mineral com maior abundância nos sedimentos do rio Búzi sendo que esses encontram-se na maior parte das amostras. Observa-se na figura 6 os picos da intensidade em função do ângulo de incidência com as variações de (150Å à 746,43Å) e (21° à 50°) para Quartzo, (100 Å à 271 Å) e (18° à 53°) para Macaite, (100Å à 320Å) e (15° à 34°) para Niodímio e (130 Å à 340 Å) e (11° à 45°) para Gipsita.



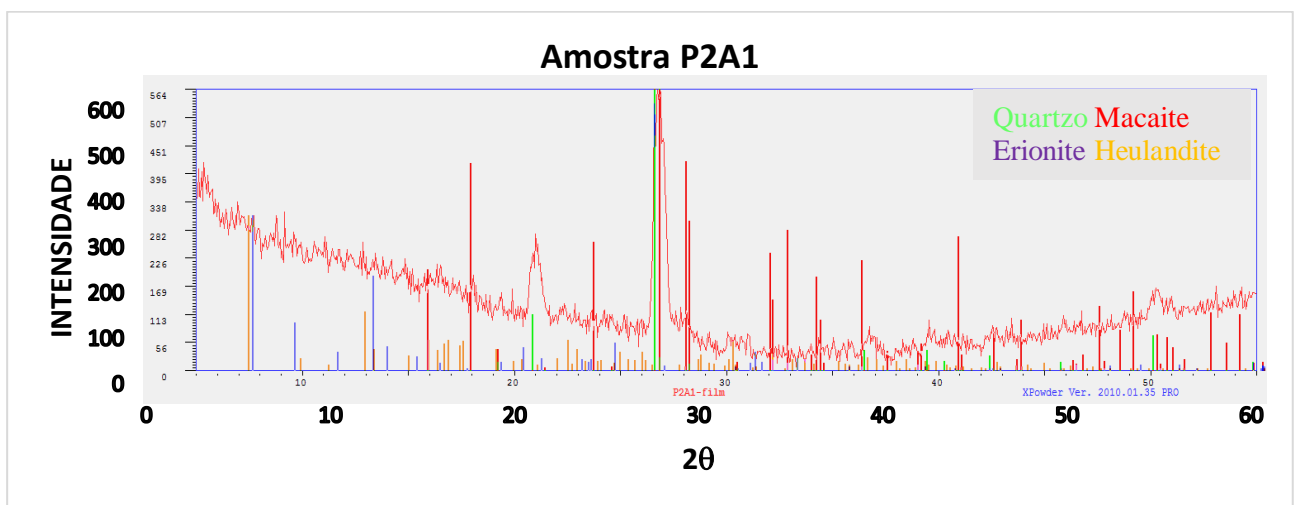
**Figura 6:** Intensidade de reflexão de raios-x em função dos ângulos de incidência do P1A1.

Na figura 7 correspondente a segunda amostra do primeiro ponto de amostragem, o Quartzo continua sendo o mineral com maiores valores dos picos intensidade variando entre (160Å à 470 Å) e (21° à 50°), seguido de Humerite com (140 Å à 340 Å) e (8° à 32°), Arturite com (70 Å à 290 Å) e (9° à 55°), Tridimite (60 Å à 280 Å) e (5° à 25°) e Grafite.



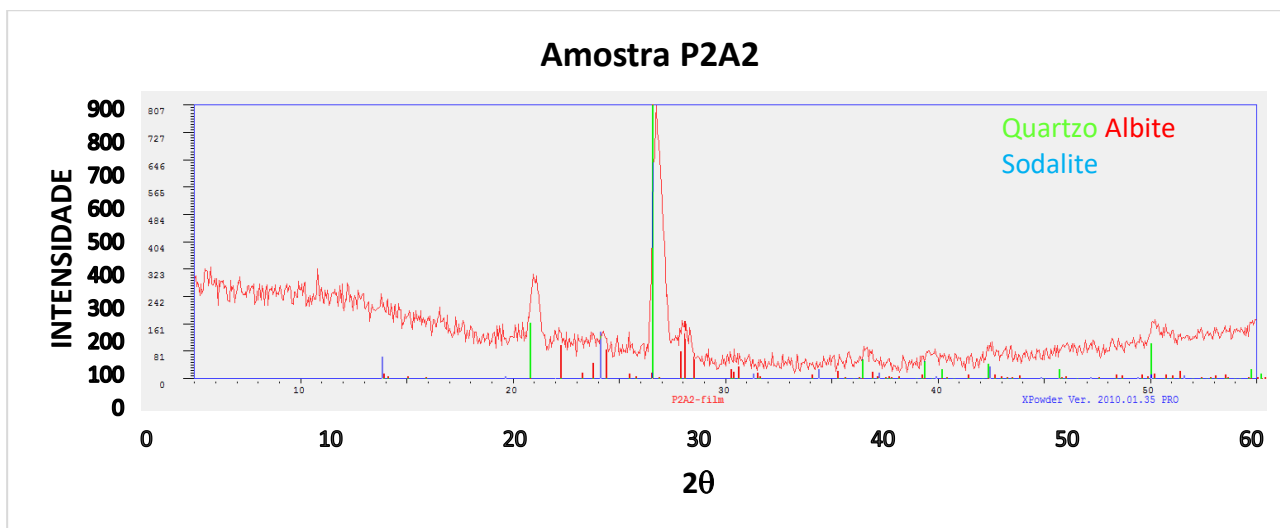
**Figura 7:** Intensidade de reflexão de raios-x em função dos ângulos de incidência do P1A2.

A figura 8 mostra que o quartzo continua com maior pico de intensidade e o ângulo com valores que variam entre (180Å à 550Å) e (21° à 50°) respectivamente, Macaite com valores do pico de intensidade próximos aos do quartzo, variando ente (80 Å à 540 Å) e ângulo de incidência entre (16° à 38°), Erionite (280 à 320 Å) e (8° à 12°) e por fim Heulandite com menores picos de incidência variando entre (80 Å à 100 Å) e (42° à 46°).



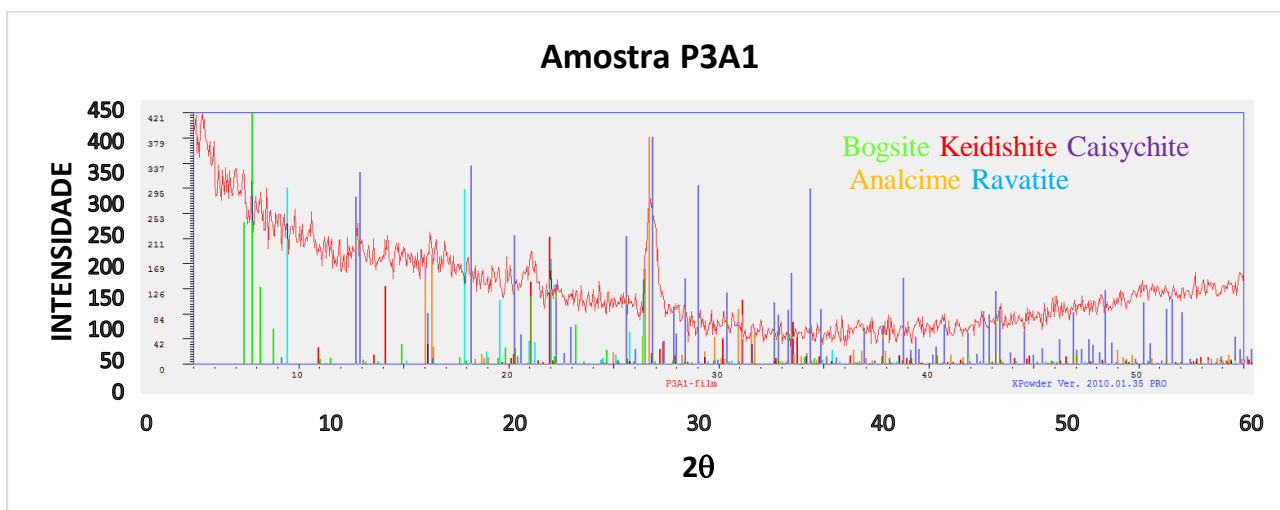
**Figura 8:** Intensidade de reflexão de raios-x em função dos ângulos de incidência do P2A1.

Os valores apresentados na figura 9 mostram que o Quartzo mantém-se com os valores máximos do pico de intensidade com valores que variam entre (90 Å à 900 Å) e o ângulo entre (21° à 50°) e com menores variações nos picos de intensidade temos a Albite com (80 Å à 190 Å) e (22° à 31°), seguido de Sodalite com variações entre (100 Å à 280 Å) e o ângulo entre (13° à 25°).



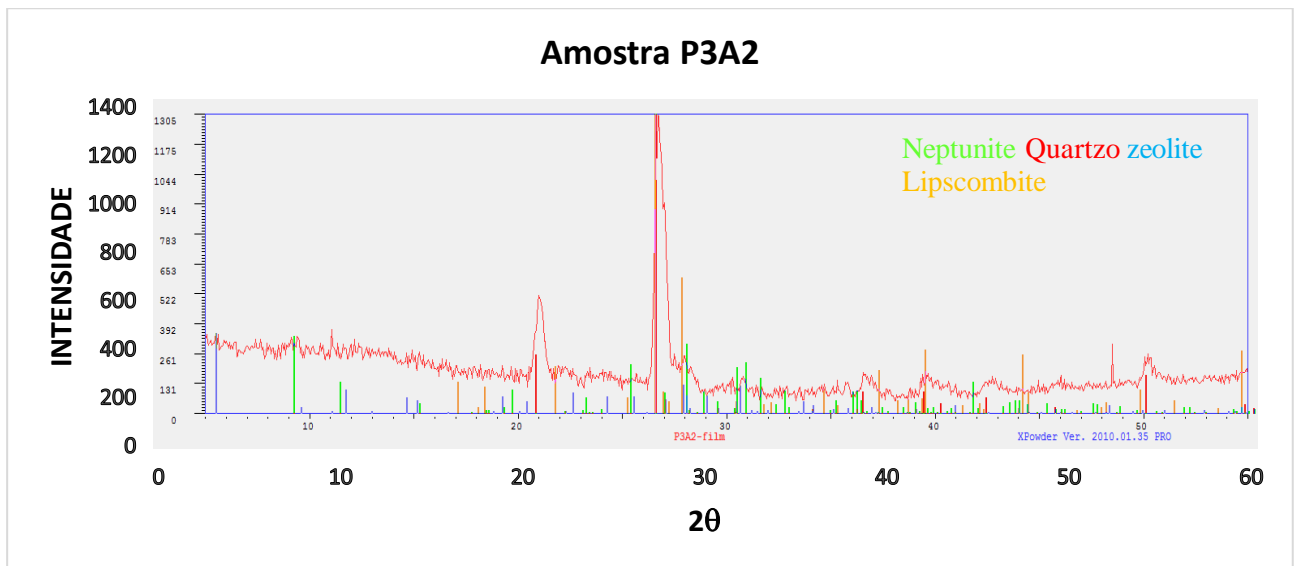
**Figura 9:** Intensidade de reflexão de raios-X em função dos ângulos de incidência do P2A2.

No terceiro ponto de amostragem (figura10) foram identificados 5 minerais diferentes em relação aos outros pontos, onde os picos de intensidade e o ângulo de incidência variaram entre (150 Å à 320 Å) e (8° à 25°), (80 Å à 180 Å) e (22° à 32°), (98 Å à 280 Å) e (12° à 51°), (198 Å à 230 Å) e (18° à 28°), (80 Å à 275 Å) e (10° à 37°) para Bogsite, Keidishite, Caisychite, Analcite e Ravatite respectivamente.



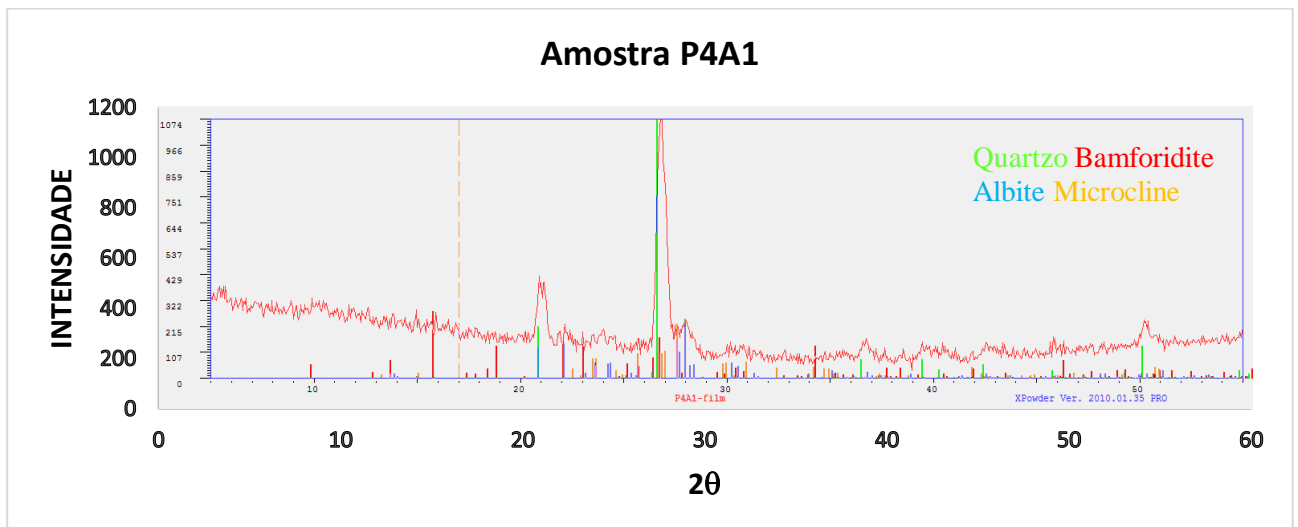
**Figura 10:** Intensidade de reflexão de raios-x em função dos ângulos de incidência do P3A1.

Na figura 11 observa-se que o Quartzo volta a atingir os picos máximos dos valores da intensidade, variando entre (190 Å à 1250 Å) e o ângulo de (21° à 51°), seguido de Lipscombite com (180 Å à 820 Å) e ângulo de (8° à 45°), com os picos mínimos de intensidade e o ângulo de incidência estão Zeolite e Neptunite, com variações entre (200 Å à 380 Å) e (5° à 22°) e (180 Å à 380 Å) e (9° à 31°) respectivamente.



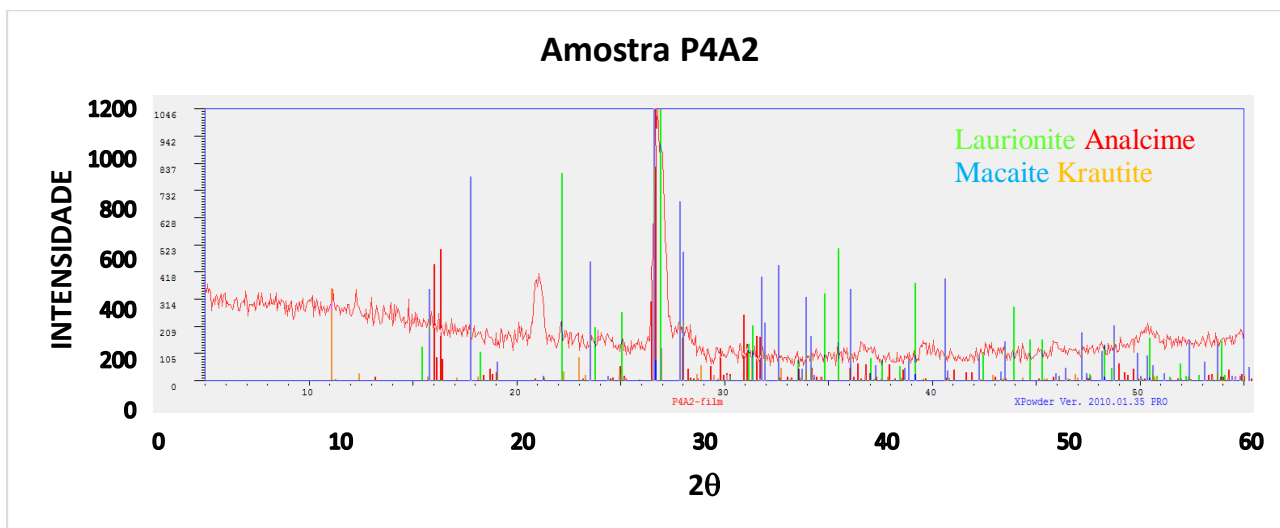
**Figura 11:** Intensidade de reflexão de raios-x em função dos ângulos de incidência do P3A2.

Os valores da intensidade e do ângulo de incidência representados na figura 12 variam entre (180 Å à 1100 Å) e (21° à 51°), (220 Å à 250 Å) e (17° à 23°), (180 Å à 280 Å) e (25° à 31°), (180 Å à 300 Å) e (15° à 52°) para Quartzo, Bamforidite, Albite e Microcline respectivamente, sendo o Quartzo com maior pico de intensidade e Bamforidite com menor pico de intensidade.



**Figura 12:** Intensidade de reflexão de raios-x em função dos ângulos de incidência do P4A1.

Na figura 13 observam-se maiores valores dos picos de intensidade para Analcime e maior angulo de incidência para Laurionite, e menor pico de intensidade para Macaite e menor ângulo de incidência para Analcime. Os valores variam entre (180 Å à 1000 Å) e (26° à 32°) para analcime, (175 Å à 900 Å) e (23° à 55°) para Laurionite, (175 Å à 300 Å) e (15° à 53°) para Macaite e (180 Å à 380 Å) e (12° à 36°) para Krautite.



**Figura 13:** Intensidade de reflexão de raios-x em função dos ângulos de incidência do P4A2.

#### 4.1. Determinação das Concentrações dos Minerais Presentes no Rio Búzi

Na maior parte das amostras de sedimentos colhidos no rio Búzi há presença do mineral Quartzo o que indica que os sedimentos do rio é composto maioritariamente por Quartzo, as concentrações dos minerais encontrados variam para cada amostra. No geral, dos minerais encontrados para além do Quartzo, a Albite, o Gesso, Lipscombite, Analcime e Tridimite foram os que registraram maiores concentrações.

Para a amostra P1A1 presente na tabela 1, o Gesso foi o mineral com maior concentração com 29,4% seguido do Quartzo com 16,7% e o mineral Macaite foi o que apresentou menores concentrações com 2,1%.

**Tabela 1:** Fases (minerais) e suas percentagens do P1A1.

Set-Fil	Phase name	Q	Fract	RIR.	Weight	I/Ic	I%	Wt %
014294	Quartz= Si O2	1	1.000	14.57	30.9(3.9)	34.5	27.1(3.9)	16.7(2.4)
029232	Mackayite= Fe	1	1.000	22.29	20.2(3.9)	221.2	21.6(3.9)	13.3(2.4)
020046	Neodymium= Nd	1	0.429	63.27	03.1(3.1)	374.0	03.4(3.4)	02.1(2.1)
011830	Gypsum= Ca S O6	1	0.510	5.02	45.8(8.6)	178.0	47.9(8.6)	29.4(5.3)
	Global amorphous	1	0.313	0.50	62.6(6.3)			38.5(4.3)



Para a segunda amostra representada na tabela 2 a percentagem do Quartzo caiu para 1,7% nesse caso, o mineral Tridimite foi o que apresentou maior percentagem com 52,3% seguido de Humerite com apenas 3,1% e Grafite foi o mineral que apresentou a menor percentagem com apenas 0,5%.

**Tabela 2:** Fases (minerais) e suas percentagens do P1A2.

Set-Fil	Phase name	Q	Fract	RIR.	weight	I/Ic	I%	Wt%
022516	Quartz= Si O2	1	1.000	14.79	03.0(3.0)	34.5	02.8(2.8)	01.7(1.7)
016226	Hummerite= V5	1	0.640	5.90	04.8(4.8)	101.9	05.2(5.2)	03.1(3.1)
017281	Tridymite= Si O2	0	0.620	0.31	87.9(8.5)	51.5	87.8(8.5)	52.3(5.1)
028700	Graphite	1	0.550	18.64	01.3(1.3)	4.6	00.9(0.9)	00.5(0.5)
027816	Arthurite= Cu	1	0.504	7.27	03.0(3.0)	94.5	03.3(3.3)	02.0(2.0)
	Global amorphous	1	0.339	0.50	67.8(6.5)			40.4(4.4)

De acordo com os valores representados na tabela 3, Erionite foi o mineral que apresentou maiores concentrações com 20,7% e o Quartzo com uma percentagem muito próxima ao da Erionite, com 20,2 % seguido de Macaite com 16,4% e Heulandite foi o mineral que apresentou a menor percentagem apenas 5,1%.

**Tabela 3:** Fases (minerais) e suas percentagens do P2A1.

Set-Fil	Phase name	Q	Fract	RIR.	weight	I/Ic	I%	Wt%
010839	Quartz= Si O2	1	1.000	14.65	34.1(3.9)	34.5	32.4(3.9)	20.2(2.4)
029232	Mackayite= Fe	1	1.000	22.29	22.4(3.9)	221.2	26.3(3.9)	16.4(2.4)
027330	Erionite-K=	1	0.550	7.82	35.2(8.2)	33.0	33.2(8.2)	20.7(5.1)
013021	Heulandite-Sr=	1	0.550	33.44	08.2(8.2)	45.8	08.1(8.1)	05.1(5.1)
	Global amorphous	1	0.300	0.50	60.1(6.2)			37.5(4.3)

Na tabela 4, Albite foi o mineral com maiores concentrações com 36,3%, seguido do Quartzo com 25,5% e Sodalite com apenas 8,2%.

**Tabela 4:** Fases (minerais) e suas percentagens do P2A2.

Set-Fil	Phase name	Q	Fract	RIR.	weight	I/Ic	I%	Wt%
022516	Quartz= Si O2	1	1.000	14.79	36.5(2.8)	34.5	36.4(2.8)	25.5(1.9)
011707	Albite= Na Al	1	0.210	2.18	51.9(8.2)	34.2	51.9(8.2)	36.3(5.7)
013446	Sodalite= Na4	1	0.170	7.90	11.6(8.5)	36.7	11.7(8.5)	08.2(5.9)
	Global amorphous	1	0.214	0.50	42.9(5.4)			30.0(3.9)

Na tabela 5, Analcime apresenta maior percentagem com com 20% seguido de Caysichite e Ravatite com 13,8% e 13,7% respetivamente, Boggsite e Keldishite foram os minerais que apresentaram as menores concentrações, 4,5% para Keldishite e 4,1% para Boggsite.

**Tabela 5:** Fases (minerais) e suas percentagens do P3A1.

Set-Fil	Phase name	Q	Fract	RIR.	weight	I/Ic	I%	Wt%
013608	Boggsite=	1	1.000	10.83	06.7(5.0)	40.0	07.3(5.0)	04.1(2.8)
024306	Keldyshite= Na	1	0.507	5.75	06.4(6.4)	120.8	08.0(8.0)	04.5(4.5)
015584	Caysichite-(Y)=	1	0.904	3.07	21.2(6.2)	62.9	24.6(6.2)	13.8(3.5)
014164	Analcime= Na1.71	1	0.904	1.92	34.0(6.2)	30.8	35.7(6.2)	20.0(3.5)
020865	Ravatite= C7	1	0.701	1.59	31.8(8.8)	4.6	24.4(8.8)	13.7(4.9)
	Global amorphous	1	0.392	0.50	78.4(6.9)			43.9(4.5)

Na tabela 6 Lipsicombite e Neptunite foram os minerais que apresentaram as maiores concentrações, com 23% para Lipsicombite e 20% para Neptunite, 15,9% e 14,5% foram as menores percentagens para Quartzo e Zeolite respetivamente.

**Tabela 6:** Fases (minerais) e suas percentagens do P3A2.

Set-Fil	Phase name	Q	Fract	RIR.	weight	I/Ic	I%	Wt%
018341	Neptunite= Na2 K	1	0.259	3.20	27.2(6.2)	87.3	27.9(6.2)	20.6(4.6)
028957	Quartz= Si O2	1	1.000	14.76	22.8(2.2)	42.8	21.5(2.2)	15.9(1.6)
022137	Zeolite-L= K6	1	0.269	4.31	21.0(6.2)	39.0	19.6(6.2)	14.5(4.6)
011253	Lipscombite=	1	1.000	11.57	29.0(2.2)	129.3	31.1(2.2)	23.0(1.6)
	Global amorphous	1	0.176	0.50	35.3(5.0)			26.1(3.7)

Na tabela 7 Microcline foi o mineral com maior percentagem com 25,5%, seguido de Albite e Quartzo com 23% e 15,3% respetivamente, e com menor percentagem está o mineral Bamfordite com apenas 6,7%.

**Tabela 7:** Fases (minerais) e suas percentagens do P4A1.

Set-Fil	Phase name	Q	Fract	RIR.	weight	I/Ic	I%	Wt%
010839	Quartz= Si O2	1	1.000	14.65	22.5 (2.6)	34.5	21.7 (2.6)	15.3 (1.8)
011986	Bamfordite= Mo2	1	0.259	10.36	08.2 (7.4)	145.2	09.5 (7.4)	06.7 (5.2)
011061	Albite= Al Si3	1	0.230	2.22	34.1 (7.6)	32.5	32.6 (7.6)	23.0 (5.3)
010765	Microcline= K	1	0.209	1.95	35.3 (7.7)	55.1	36.2 (7.7)	25.5 (5.4)
	Global amorphous	1	0.208	0.50	41.6 (5.3)			29.4 (3.9)

Na tabela 8, Analcime é o mineral dominante com 58,3%, os outros minerais estão em menores concentrações sendo 6,8% para Macaite, 2,8% para Krautite e 2% para Laurionite.

**Tabela 8:** Fases (minerais) e suas percentagens do P4A2.

Set-Fil	Phase name	Q	Fract	RIR.	weight	I/Ic	I%	Wt%
023856	Laurionite= Pb	1	1.000	70.64	02.3 (2.3)	201.1	02.8 (2.7)	02.0 (1.9)
014164	Analcime= Na1.71	1	1.000	1.92	86.1 (2.7)	30.8	83.3 (2.7)	58.3 (1.9)
027895	Mackayite= Fe	1	1.000	20.99	07.9 (2.7)	228.9	09.7 (2.7)	06.8 (1.9)
010804	Krautite= Mn As	1	0.339	15.42	03.6 (3.6)	123.3	04.2 (4.2)	02.9 (2.9)
	Global amorphous	1	0.215	0.50	42.9 (5.4)			30.0 (3.9)

## CAPÍTULO V: DISCUSSÃO

### 5.1. Identificação e Determinação das Concentrações dos tipos de Minerais Presentes nos Sedimentos do Rio Búzi.

Com base nos resultados obtidos a partir da difração de raios-X a quantidade dos minerais no rio Búzi variam aleatoriamente ao longo do rio, como foi observado por Mbegue (2004) no estudo da distribuição mineralógica na Lagoa do Caço, esta variação pode estar ligada a origem dos minerais e ao efeito de turbulência geradas pelas correntes hídricas ao longo do rio.

O Quartzo foi o mineral que apresentou maiores valores nos picos da intensidade em todos os pontos de amostragem, estando ausente em apenas duas amostras (P3A1 e P4A2). A maior estabilidade do Quartzo frente ao intemperismo provavelmente tenha proporcionado a maior presença nos sedimentos, o que explica a variação dos valores de intensidade nos gráficos. Essa descrição do Quartzo vai de acordo com os resultados encontrados por Barros *et al.* (2015) e Chichava (2017) nos sedimentos do fundo do estuário dos Bons Sinais.

Por outro lado, não se observou um padrão definido na sua distribuição e houve uma grande diferença de percentagens nos diferentes pontos, melhor explicação deste facto pode estar relacionado com a metodologia de colheita das amostras, sendo que a colheita foi feita na superfície dos bancos, pode ser que parte do Quartzo encontrado no local tenha sido depositado antes da camada recente. Para reforçar essa suposição Mbegue (2004), encontrou resultados semelhantes em que mostrou que o Quartzo foi o único mineral que mostrou uma distribuição não normal.

A Albite, a Tridimite, o Gesso e Microclínio apresentaram valores de intensidade baixos e maior concentração nas amostras identificadas, o facto desses minerais apresentarem maiores percentagens nas tabelas e menor intensidade nos gráficos pode estar ligado ao tipo de transporte que os sedimentos sofreram, no caso dos sedimentos terem sofrido um rápido transporte e pouca influencia do intemperismo. O perfil da intensidade e as concentrações da Albite vai de acordo com os resultados obtidos por Chichava (2017) e João (2018). Por outro lado, Macaite e Lipscombite apresentaram valores altos tanto na intensidade como na sua concentração nas amostras, assim como o Quartzo esses valores podem estar associados a resistência desses minerais ao intemperismo.

Para as Zeólitas (Analcima, Heulandita e Erionita), Analcime foi o mineral que apresentou as maiores percentagens nas amostras de sedimentos e os picos de intensidade variaram de alta para baixa nas amostras identificadas, o facto de a Analcima ser membro do grupo das zeólitas e por outro lado sua estrutura, composição química e a sua ocorrência serem muito similares as dos feldspatoides pode

estar ligada a essa diferença. Foram observados baixas concentrações de Heulandita e de Herionita sendo que a Erionita apresentou uma concentração maior em relação a Heulandita, este facto associa-se a ocorrência da Heulandita por ser um mineral que geralmente encontra-se associado a outras zeólitas (Klein e Dutrow, 2012).

Os restantes minerais, a Sodalita, Laurionite, Krautite, Bamforidite, Neptunite, Ravatite, Caisyshite, Keidishite, Bogsite, Arturita, Humerita e Grafite apresentaram valores extremamente baixos nos gráficos da intensidade e nas tabelas de concentrações, os valores baixos desses minerais nas amostras pode se associar ao facto de serem minerais relativamente raros.

## **5.2. Avaliação da Viabilidade dos Minerais presentes nos Sedimentos do rio Búzi**

A maior parte dos minerais identificados nos sedimentos do rio Búzi têm um certo valor económico assim como científico, como o caso do Gesso, Quartzo e Sodalita que são minerais gemológicos de grande importância económica, e alguns dos minerais são formadores de rochas que além da importância económica também são importantes indicadores para estudos das mudanças ambientais e paleoambientais dos sedimentos.

Numa avaliação da viabilidade económica de acordo com os resultados apresentados nas tabelas, a quantidade desses minerais não são suficientes para formar reservas para sua exploração pois o custo de investimento seria maior que o ganho. Também Baudson (2008) considera que na avaliação económica das jazidas minerais, procura-se encontrar o seu valor económico, o qual Paione (1998) define como “a importância em dinheiro que poderia ser agora investido de modo que os lucros líquidos obtidos no futuro assegurassem uma taxa de rendimento e lhe garantisse a sua reposição ao término das operações”.

No entanto, dada a distribuição e concentração destes recursos na região em estudo é recomendável o aproveitamento do Quartzo. Este aproveitamento pode ser direcionado para as indústrias de extração de minérios e neles haveria necessidade de se avaliar o custo e benefício dado que muitas das mineradoras têm criado problemas ambientais para o ecossistema.

## **CAPÍTULO VI: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

### **6.1. Conclusões**

Com base nos resultados obtidos e na discussão feita a partir da leitura e interpretação dos dados foi possível concluir que:

- Os sedimentos do rio Búzi são constituídos por 24 fases de minerais, nomeadamente: Quartzo, Tridimite, Albite, Macaite, Neodímio, Gipsita, Humerite, Arturite, Erionite, Heulandite, Sodalite, Bogsite, Keidishite, Caysichite, Analcime, Ravatite, Neptunite, Zeolite, Lipscombite, Bamfordite, Microcline, Laurionite, Krautite e Grafite.
- A maior parte dos minerais encontrados nos sedimentos do rio são formadores de rochas e apresentam silício na sua composição química, dentre eles fazem parte o grupo dos Feldspatos, Feldspatoides, Zeólitas e Sílicas.
- O Quartzo é o mineral mais abundante nos sedimentos do rio Búzi, apesar de não ter apresentado percentagens muito altas nas amostras ele encontra-se distribuído em quase todo o rio.

### **6.2. Recomendações**

As recomendações que deixo ficar para as indústrias mineradoras e a comunidade científica para a realização de estudos futuros em relação ao tema são:

- Comparar a disponibilidade de minerais entre as épocas (chuvosa e seca) no rio Búzi;
- Identificar os minerais em diferentes fracções granulométricas (areia, silte e argila) dos sedimentos do rio Búzi;
- Estudar as fontes e a distribuição dos minerais no rio Búzi e;
- Utilizar outros métodos para a colheita de sedimentos e para a identificação dos minerais.

## Referências Bibliográficas

- Barros, L. C., Valença, L. M., & Neto, J. A. (2015). *Composição Mineralógica da Fração Argilosa nos Sedimentos Superficiais de Fundo da Região Estuarina do Complexo Industrial e Portuário de Suape (Pe)*. Pernambuco, Brasil.
- Baudson, A. J. G.S. (2008). *Aplicativo para a avaliação económica de jazidas minerais*. Departamento de Engenharia de Minas da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, Brazil.
- Borges, J.B., Huk, Y., Moon, S., & Noh, H. (2008). *Provenance and weathering control in river bed 308 sediments of the Eastern Tibetan Plateau ad the Russian Far East*. *Chemical Geology*. 254: 52-72.
- Carvalho, N. O. (2008). *Hidrossedimentologia Prática*. (2ª. ed.). Rio de Janeiro, Brasil.
- Chichava, S. (2017). *Estudo de Minerais Presentes nos Sedimentos Superficiais do Fundo do Estuário dos Bons Sinais*. Universidade Eduardo Mondlane (ESCMC). Quelimane, Moçambique.
- Christofollett, I. A. (1980). *Geomorfologia*. São Paulo, Brasil: SP.
- Dedavid, B. A., Gomes, I. C. & Machado, G. (2007). *Microscopia Electrónica de Varredura, Aplicações e Preparação das Amostras*. Porto Alegre, Brasil.
- Edwards, K. H. (2007). *Fluvial Environments*. UK: Blackwell publishing.
- João, M. M. C. (2018). *Estudo da Distribuição dos Minerais Pesados Existentes nos Bancos de Areia do Estuário dos Bons Sinais*. Universidade Eduardo Mondlane (ESCMC). Quelimane.
- Klein, C. & Dutrow, B. (2012). *Manual de Ciência dos Minerais*. (23ª. ed.). Universidade do Novo México e Universidade do Estado de Luisiana. EUA.
- Luz, V. S. P. (2012). *Uma Revisão Sintética Sobre Minerais, o Processamento Mineral e Mineralogia Aplicada*. Tese de Licenciatura. Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais.
- Mbegue, A. (2004). *Distribuição mineralógica dos Sedimentos Superficiais da Lagoa do Caço*. Universidade Federal Fluminense. Brasil.

Métier- Consultoria e Desenvolvimento, Lda (2005). *Perfil do Distrito de Búzi Província de Sofala*. Ministério da Administração Estatal. Edição 2005. Maputo, Moçambique.

Ministério da Administração Estatal (2014). *Perfil do Distrito do Búzi Província de Sofala*. Edição 2014. Maputo, Moçambique.

Neumann, R., Scheneider, Cláudio, L., & Neto, A. (2002). *Caracterização Tecnológica de Minérios, Tratamento de Minérios*. Rio de Janeiro, Brasil.

Nunes, E. & Júnior, O. (2009). *Minerais e Rochas*. Universidade Federal do Rio Grande do Norte e Universidade Estadual da Paraíba.

Paione, J. A. (1998). *Jazida mineral: como calcular seu valor*. Rio de Janeiro, Brasil.

Poleto, C. (2007). *Fontes potenciais e qualidade dos sedimentos fluviais em suspensão em ambiente urbano*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Instituto de Pesquisas Hidráulicas), Porto Alegre, Brasil.

Porphírio, N. H., Barbosa, M. I., & Bertolino, L. C. (2010). *Caracterização Mineralógica de Minérios. Tratamento de Minérios*. 5ª Edição. Rio de Janeiro, Brasil.

Press, F., Grotzinger, John, Siever, Raymond, Jordan, Thomas H. (2006). *Para entender a Terra*. (4ª ed.). Porto Alegre, Brasil: Bookman.

Quiroz, M. M. A., Horbe, A. M. C., & Moura, C. A. V. (2011). *Mineralogia e Química dos Sedimentos de Fundo do Medio e Baixo Madeira e de seus Principais Tributários*. Amazonas, Brasil.

Santos, D. A. (1983). *Distribuição de Metais Pesados (Fe, Mn, Zn e Cu) em Sedimentos Superficiais da lagoa de Araruama*. Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro.

Valadão, G. E. S., & Araújo, A. C. (2007). *Introdução ao Tratamento de Minérios*. Belo Horizonte - UFMG.

Vasconcelos, L. (2014). *Breve Apresentação Sobre os Recursos Geológicos e Moçambique*. Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, Moçambique.